



Demande d'examen au cas par cas préalable à la réalisation éventuelle d'une évaluation environnementale

Article R. 122-3-1 du code de l'environnement

Ce formulaire sera publié sur le site internet de l'autorité chargée de l'examen au cas par cas.
Avant de remplir cette demande, lire attentivement la notice explicative.

Ce document est émis par le ministère en charge de l'écologie.

Ce formulaire peut se remplir facilement sur ordinateur. Si vous ne disposez pas du logiciel adapté, vous pouvez télécharger Adobe Acrobat Reader gratuitement [via ce lien](#) 

Cadre réservé à l'autorité chargée de l'examen au cas par cas

Date de réception : 2 8 / 1 1 / 2 0 2 4

Dossier complet le : 2 8 / 1 1 / 2 0 2 4

N° d'enregistrement : F-052-24-C-0265

1 Intitulé du projet

2 Identification du (ou des) maître(s) d'ouvrage ou du (ou des) pétitionnaire(s)

2.1 Personne physique

Nom

Prénom(s)

2.2 Personne morale

Dénomination

Raison sociale

N° SIRET

Type de société (SA, SCI...)

Représentant de la personne morale : Madame

Monsieur

Nom

Prénom(s)

La loi n° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux données nominatives portées dans ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour ces données auprès du service destinataire.

3 Catégorie(s) applicable(s) du tableau des seuils et critères annexé à l'article R. 122-2 du code de l'environnement et dimensionnement correspondant du projet

N° de catégorie et sous-catégorie	Caractéristiques du projet au regard des seuils et critères de la catégorie (Préciser les éventuelles rubriques issues d'autres nomenclatures (ICPE, IOTA, etc.)

3.1 Le projet fait-il l'objet d'un examen au cas par cas dans le cadre du dispositif prévu aux I et II de l'article R.122-2-1 du code de l'environnement ? (clause-filet) ?

Oui Non

3.2 Le projet fait-il l'objet d'une soumission volontaire à examen au cas par cas au titre du III de l'article R.122-2-1 ?

Oui Non

4 Caractéristiques générales du projet

Doivent être annexées au présent formulaire les pièces énoncées à la rubrique 8.1 du formulaire.

4.1 Nature du projet, y compris les éventuels travaux de démolition

4.2 Objectifs du projet

4.3 Décrivez sommairement le projet

4.3.1 Dans sa phase travaux



4.3.2 Dans sa phase d'exploitation et de démantèlement



4.4 À quelle(s) procédure(s) administrative(s) d'autorisation le projet a-t-il été ou sera-t-il soumis ?

① La décision de l'autorité chargée de l'examen au cas par cas devra être jointe au(x) dossier(s) d'autorisation(s).



4.5 Dimensions et caractéristiques du projet et superficie globale de l'opération - préciser les unités de mesure utilisées

Grandeurs caractéristiques du projet	Valeurs

4.6 Localisation du projet

Adresse et commune d'implantation

Numéro : Voie :

Lieu-dit :

Localité :

Code postal : BP : Cedex :

Coordonnées géographiques^[1]

Long. : ° ' " Lat. : ° ' "

Pour les catégories 5° a), 6° a), b) et c), 7°a), 9°a), 10°,11°a) b),12°,13°, 22°, 32°, 33°, 34°, 35°, 36°, 37°, 38°, 43° a), b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement

Point de départ : Long. : ° ' " Lat. : ° ' "

Point de d'arrivée : Long. : ° ' " Lat. : ° ' "

Communes traversées :

Précisez le document d'urbanisme en vigueur et les zonages auxquels le projet est soumis :

 Joignez à votre demande les annexes n°2 à 6.

4.7 S'agit-il d'une modification/extension d'une installation ou d'un ouvrage existant ?

Oui Non

4.7.1 Si oui, cette installation ou cet ouvrage avait-il fait l'objet d'une évaluation environnementale ?

Oui Non

[1] Pour l'outre-mer, voir notice explicative.

4.7.2 Si oui, décrivez sommairement les différentes composantes de votre projet et indiquez à quelle date il a été autorisé ? En cas de modification du projet, préciser les caractéristiques du projet « avant /après ».

5 Sensibilité environnementale de la zone d'implantation envisagée

i Afin de réunir les informations nécessaires pour remplir le tableau ci-dessous, vous pouvez vous rapprocher des services instructeurs, et vous référer notamment à l'outil de cartographie interactive Géo-IDE, disponible sur le site de chaque direction régionale.

Le site Internet du ministère de l'environnement vous propose, dans la rubrique concernant la demande de cas par cas, la liste des sites internet où trouver les données environnementales par région utiles pour remplir le formulaire.

Le projet se situe-t-il :	Oui	Non	Lequel/Laquelle ?
Dans une zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique de type I ou II (ZNIEFF) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
En zone de montagne ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans une zone couverte par un arrêté de protection de biotope ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Sur le territoire d'une commune littorale ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans un parc national, un parc naturel marin, une réserve naturelle (nationale ou régionale), une zone de conservation halieutique ou un parc naturel régional ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Le projet se situe-t-il :	Oui	Non	Lequel/Laquelle ?
Sur un territoire couvert par un plan de prévention du bruit, arrêté ou le cas échéant, en cours d'élaboration ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans un bien inscrit au patrimoine mondial ou sa zone tampon, un monument historique ou ses abords ou un site patrimonial remarquable ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans une zone humide ayant fait l'objet d'une délimitation ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans une commune couverte par un plan de prévention des risques naturels prévisibles (PPRN) ou par un plan de prévention des risques technologiques (PPRT) ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Si oui, est-il prescrit ou approuvé ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans un site ou sur des sols pollués ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans une zone de répartition des eaux ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans un périmètre de protection rapprochée d'un captage d'eau destiné à la consommation humaine ou d'eau minérale naturelle ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Dans un site inscrit ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Le projet se situe-t-il dans ou à proximité :	Oui	Non	Lequel et à quelle distance ?
D'un site Natura 2000 ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
D'un site classé ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

6 Caractéristiques de l'impact potentiel du projet sur l'environnement et la santé humaine au vu des informations disponibles

6.1 Le projet est-il susceptible d'avoir les incidences notables suivantes ?

Veuillez compléter le tableau suivant :

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréciez sommairement l'impact potentiel
Ressources	Engendre-t-il des prélèvements d'eau ? Si oui, dans quel milieu ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Impliquera-t-il des drainages/ou des modifications prévisibles des masses d'eau souterraines ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Est-il excédentaire en matériaux ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Est-il déficitaire en matériaux ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Si oui, utilise-t-il les ressources naturelles du sol ou du sous-sol ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréciez sommairement l'impact potentiel
Ressources	Est-il en adéquation avec les ressources disponibles, les équipements d'alimentation en eau potable/ assainissement ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Est-il susceptible d'entraîner des perturbations, des dégradations, des destructions de la biodiversité existante : faune, flore, habitats, continuités écologiques ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Milieu naturel	Si le projet est situé dans ou à proximité d'un site Natura 2000, est-il susceptible d'avoir un impact sur un habitat / une espèce inscrit(e) au Formulaire Standard de Données du site ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il la consommation d'espaces naturels, agricoles, forestiers, maritimes ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Risques	Est-il concerné par des risques technologiques ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des risques naturels ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des risques sanitaires ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Est-il concerné par des risques sanitaires ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréciez sommairement l'impact potentiel	
Nuisances	Engendre-t-il des déplacements/des trafics ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Est-il source de bruit ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Est-il concerné par des nuisances sonores ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Engendre-t-il des odeurs ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Est-il concerné par des nuisances olfactives ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Engendre-t-il des vibrations ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Est-il concerné par des vibrations ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Engendre-t-il des émissions lumineuses ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Est-il concerné par des émissions lumineuses ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Émissions	Engendre-t-il des rejets dans l'air ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Engendre-t-il des rejets liquides ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		Si oui, dans quel milieu ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Incidences potentielles		Oui	Non	De quelle nature ? De quelle importance ? Appréciez sommairement l'impact potentiel
Émissions	Engendre-t-il des effluents ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il la production de déchets non dangereux, inertes, dangereux ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Patrimoine/Cadre de vie/Population	Est-il susceptible de porter atteinte au patrimoine architectural, culturel, archéologique et paysager ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Engendre-t-il des modifications sur les activités humaines (agriculture, sylviculture, urbanisme, aménagements), notamment l'usage du sol ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

6.2 Les incidences du projet identifiées au 6.1 sont-elles susceptibles d'être cumulées avec d'autres projets existants ou approuvés ?

Oui Non

Si oui, décrivez lesquelles :

6.3 Les incidences du projet identifiées au 6.1 sont-elles susceptibles d'avoir des effets de nature transfrontière ?

Oui Non

Si oui, décrivez lesquelles :

6.4 Description des principaux résultats disponibles issus des évaluations pertinentes des incidences sur l'environnement requises au titre d'autres législations applicables

6.5 Description, le cas échéant, des mesures et caractéristiques du projet susceptibles d'être retenues ou mises en œuvre pour éviter ou réduire les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine (en y incluant les scénarios alternatifs éventuellement étudiés) et permettant de s'assurer de l'absence d'impacts résiduels notables. Il convient de préciser et de détailler ces mesures (type de mesures, contenu, mise en œuvre, suivi, durée).

7 Auto-évaluation (facultatif)

① Au regard du formulaire rempli, estimez-vous qu'il est nécessaire que votre projet fasse l'objet d'une évaluation environnementale ou qu'il devrait en être dispensé ? Expliquez pourquoi.

8 Annexes

8.1 Annexes obligatoires

Objet		
1	Document CERFA n°14734 intitulé « informations nominatives relatives au maître d'ouvrage ou pétitionnaire » - non publié .	<input type="checkbox"/>
2	Si le projet fait l'objet d'un examen au cas par cas dans le cadre du dispositif prévu aux I et II de l'article R.122-2-1 du code de l'environnement (clause filet), la décision administrative soumettant le projet au cas par cas.	<input type="checkbox"/>
3	Un plan de situation au 1/25 000 ou, à défaut, à une échelle comprise entre 1/16 000 et 1/64 000 (Il peut s'agir d'extraits cartographiques du document d'urbanisme s'il existe).	<input type="checkbox"/>
4	Au minimum, 2 photographies datées de la zone d'implantation, avec une localisation cartographique des prises de vue, l'une devant permettre de situer le projet dans l'environnement proche et l'autre de le situer dans le paysage lointain.	<input type="checkbox"/>
5	Un plan du projet ou, pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux catégories 5° a), 6°a), b) et c), 7°a), 9°a), 10°, 11°a), b), 12°, 13°, 22°, 32°, 33°, 34°, 35°, 36, 37°, 38°, 43° a) et b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement un projet de tracé ou une enveloppe de tracé	<input type="checkbox"/>
6	Sauf pour les travaux, ouvrages ou aménagements visés aux 5° a), 6°a), b) et c), 7° a), 9°a), 10°, 11°a), b), 12°, 13°, 22°, 32°, 33°, 34°, 35°, 36, 37°, 38°, 43° a) et b) de l'annexe à l'article R. 122-2 du code de l'environnement : plan des abords du projet (100 mètres au minimum) pouvant prendre la forme de photos aériennes datées et complétées si nécessaire selon les évolutions récentes, à une échelle comprise entre 1/2 000 et 1/5 000. Ce plan devra préciser l'affectation des constructions et terrains avoisinants ainsi que les canaux, plans d'eau et cours d'eau	<input type="checkbox"/>
7	Si le projet est situé dans un site Natura 2000, un plan de situation détaillé du projet par rapport à ce site. Dans les autres cas, une carte permettant de localiser le projet par rapport aux sites Natura 2000 sur lesquels le projet est susceptible d'avoir des effets.	<input type="checkbox"/>

8.2 Autres annexes volontairement transmises par le maître d'ouvrage ou pétitionnaire

 Veuillez compléter le tableau ci-joint en indiquant les annexes jointes au présent formulaire d'évaluation, ainsi que les parties auxquelles elles se rattachent.

Objet		
1		<input type="checkbox"/>
2		<input type="checkbox"/>
3		<input type="checkbox"/>
4		<input type="checkbox"/>
5		<input type="checkbox"/>

9 Engagement et signature

Je certifie sur l'honneur avoir pris en compte les principaux résultats disponibles issus des évaluations pertinentes des incidences sur l'environnement requises au titre d'autres législations applicables

Je certifie sur l'honneur l'exactitude des renseignements ci-dessus

Nom

Prénom

Qualité du signataire

À

Fait le / /



Signature du (des) demandeur(s)



Dragage et traitement de sédiments, préalablement au remplacement de la porte amont de la forme Joubert à Saint-Nazaire

Demande d'examen au cas par cas

Annexes obligatoires

Novembre 2024

Grand port maritime de Nantes – Saint-Nazaire



Sommaire

1.	Informations nominatives relatives au maître d'ouvrage ou pétitionnaire.....	5
2.	Plan de situation.....	6
3.	Photographies de l'environnement du projet	8
4.	Plan des abords du projet	11
5.	Localisation du projet au regard du réseau Natura 2000	12

Table des figures

<i>Figure 1 : Plan de situation de la forme Joubert (source : Géoportail).....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 2 : Plan de situation de la forme Joubert – zoom (source : Géoportail).....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 3 : Plan de situation de la porte amont de la forme Joubert et de son enclave (source : Géoportail).....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 4 : Localisation des photographies des abords de la zone de projet (source : Géoportail).....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 5 : Plan du projet de dragage des sédiments (source : Groupement d'entreprises).....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 6 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZPS (Natura 2000, directive oiseaux) (source : Groupement d'entreprises).</i>	<i>12</i>
<i>Figure 7 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZSC (Natura 2000, directive habitats) (source : Géoportail).....</i>	<i>13</i>

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXES OBLIGATOIRES

2. Plan de situation

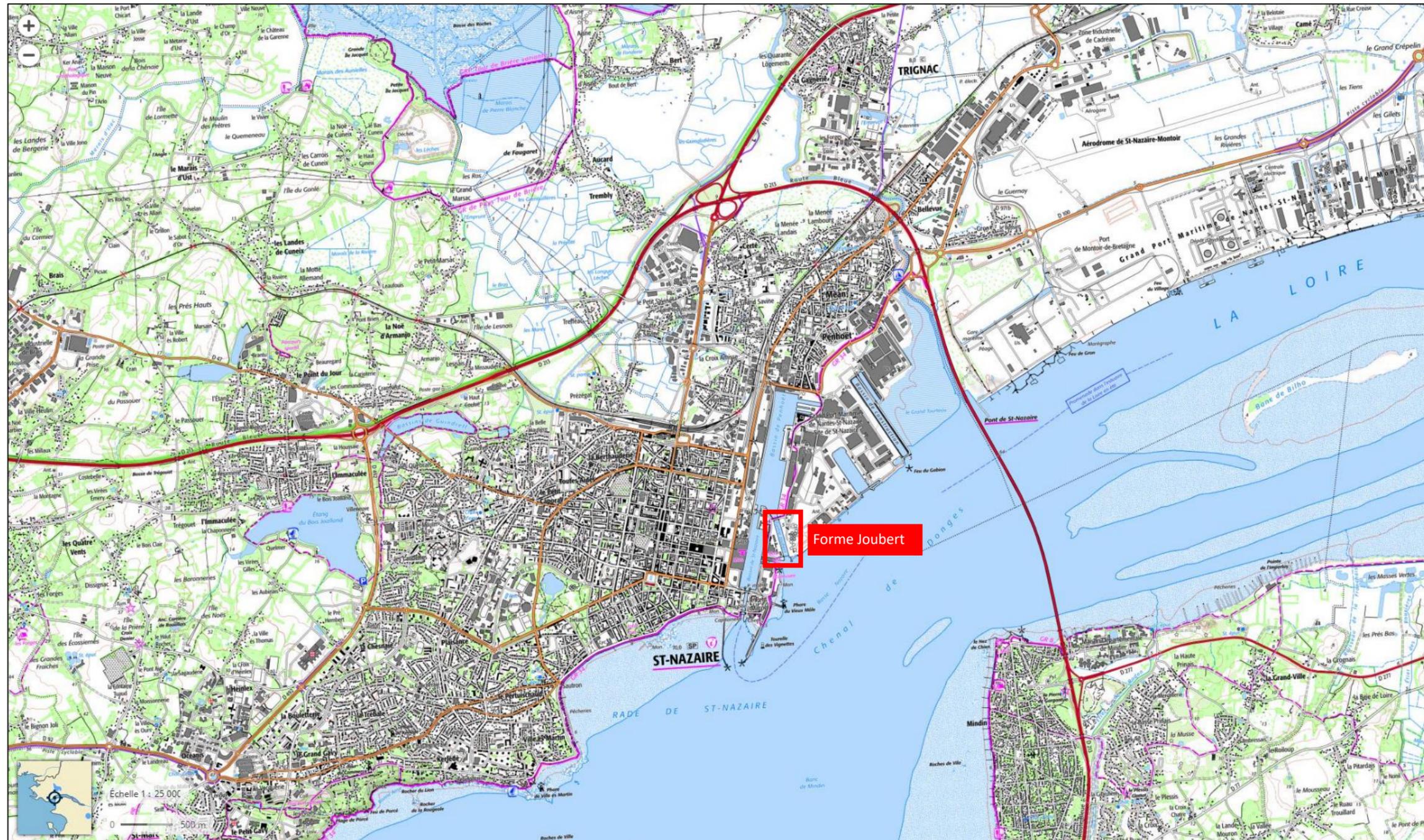


Figure 1 : Plan de situation de la forme Joubert (source : Géoportail).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXES OBLIGATOIRES

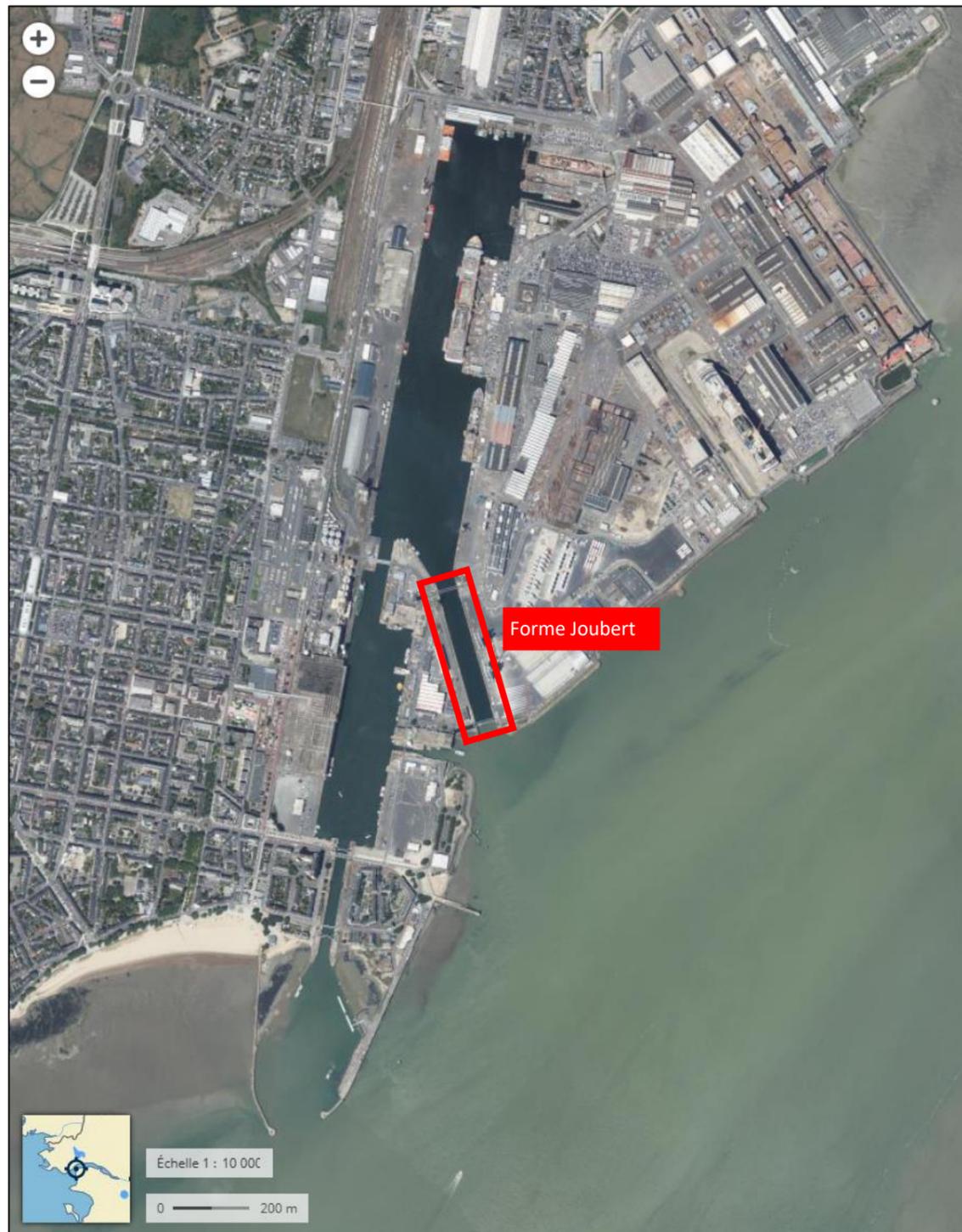


Figure 2 : Plan de situation de la forme Joubert – zoom (source : Géoportail).



Figure 3 : Plan de situation de la porte amont de la forme Joubert et de son enclave (source : Géoportail).

3. Photographies de l'environnement du projet



Figure 4 : Localisation des photographies des abords de la zone de projet (source : Géoportail).



Photographie n°1 : vue (dans les sens Ouest vers Est) de la porte amont de la forme Joubert, en position fermée (source : ACE³, 24/10/2024).



Photographie n°2 : vue (dans les sens Est vers Ouest) de l'enclave de la porte amont de la forme Joubert, enclave occupée quand la porte est en position ouverte (source : ACE³, 24/10/2024).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

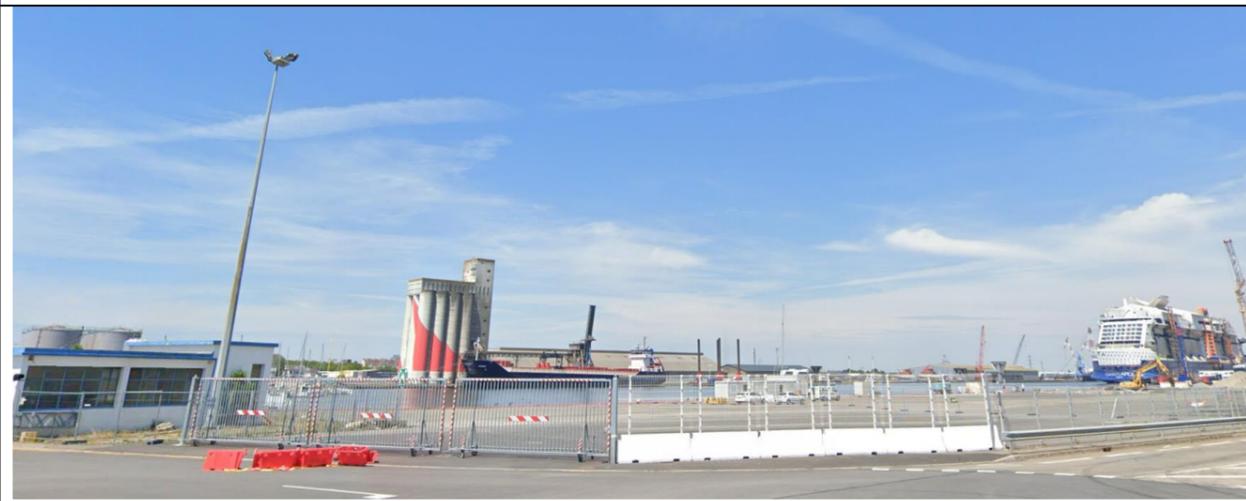
DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXES OBLIGATOIRES



Photographie n°3 : vue (dans les sens Sud vers Nord) du quai Ouest au Nord de la porte amont de la forme Joubert (source : ACE³, 24/10/2024).



Photographie n°4 : vue (dans les sens Sud vers Nord) du quai Est (quai de la prise d'eau) au Nord de la porte amont de la forme Joubert (source : Google street view, juin 2022).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXES OBLIGATOIRES

4. Plan des abords du projet

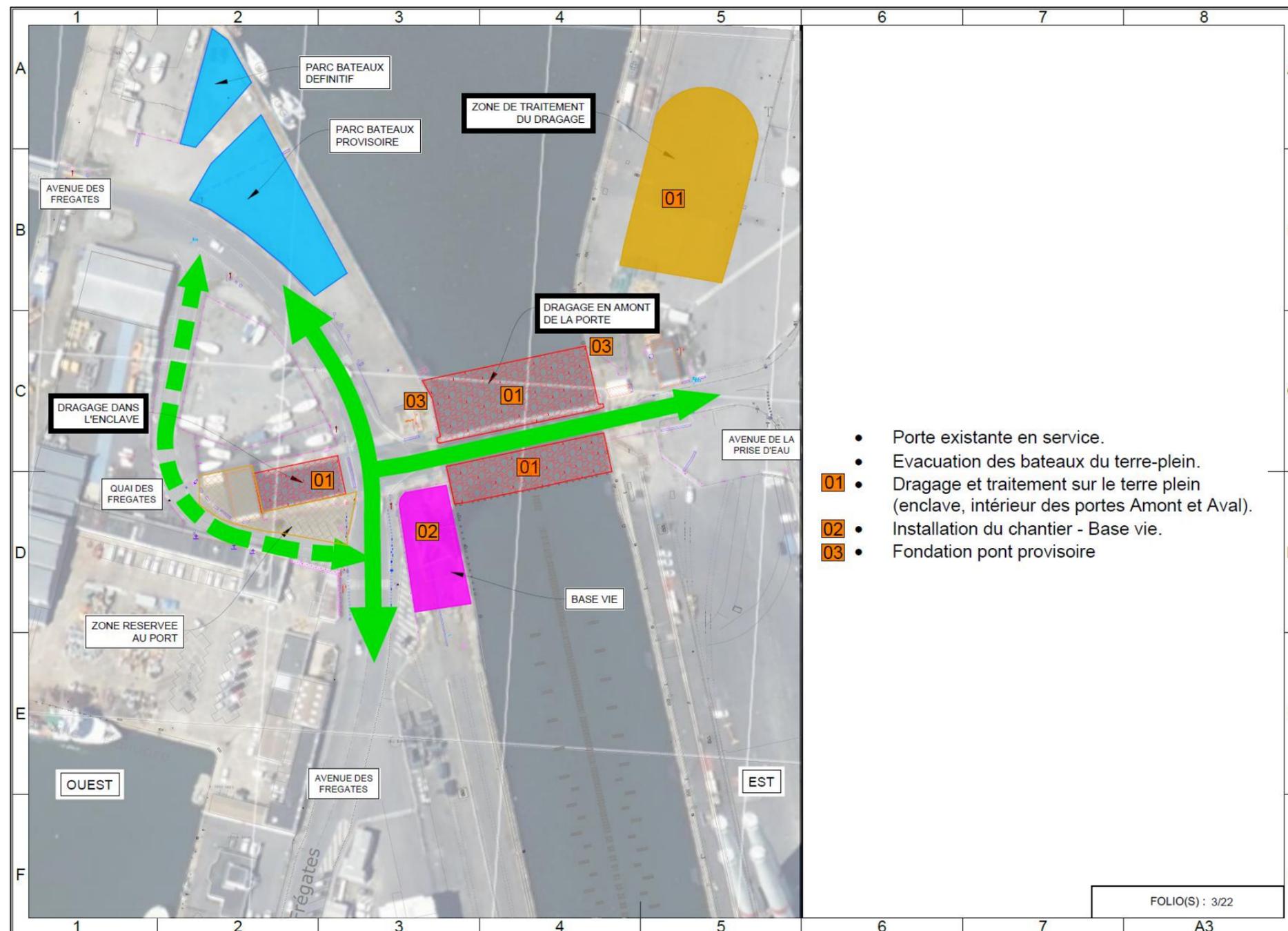


Figure 5 : Plan du projet de dragage des sédiments (source : Groupement d'entreprises).

5. Localisation du projet au regard du réseau Natura 2000



Figure 6 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZPS (Natura 2000, directive oiseaux) (source : Groupement d'entreprises).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXES OBLIGATOIRES



Figure 7 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZSC (Natura 2000, directive habitats) (source : Géoportail).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXES OBLIGATOIRES



Dragage et traitement de sédiments, préalablement au remplacement de la porte amont de la forme Joubert à Saint-Nazaire

Demande d'examen au cas par cas

Annexe facultative n°1 : note de présentation des travaux

Novembre 2024

Grand port maritime de Nantes – Saint-Nazaire



Sommaire

1. Remplacement de la porte amont de la forme Joubert : présentation générale de l'opération	7	3.2. Volume de sédiments à draguer	25
1.1. Présentation de la forme Joubert	7	3.3. Moyens mis en œuvre pour réaliser le dragage	25
1.2. Nécessité de remplacement de la porte amont de la forme Joubert	8	3.4. Devenir des sédiments de dragage	27
1.3. Travaux de remplacement de la porte amont de la forme Joubert	8	3.5. Zones draguées et zone de stockage	29
1.4. Travaux de dragage préalables à l'intervention <i>in situ</i>	8	3.6. Planning des opérations de dragage préalable	29
1.5. Composition de la présence annexe facultative n°1	8	3.7. Incidences négatives potentielles et mesures d'évitement et de réduction	30
2. Dragage préalable : contexte environnemental	9	3.8. Suivi environnemental mis en œuvre	31
2.1. Localisation de la zone de dragage au regard des périmètres de protection et d'inventaire des milieux naturels	9	3.8.1. Qualité des eaux de ressuyage	31
2.2. Enjeux environnementaux potentiels	13	3.8.2. Non-dissémination du bivalve <i>Arcuatula senhousia</i>	31
2.3. Qualité des sédiments à draguer	13	4. Cadre réglementaire de l'opération de remplacement de la porte amont de la forme Joubert	33
2.3.1. Introduction.....	13	4.1. Hypothèses structurantes pour le cadrage réglementaire	33
2.3.2. Synthèse technique de l'étude SCE.....	13	4.2. Autorité environnementale sollicité pour avis dans le cadre du projet	33
2.3.3. Fiche d'identité du site	14	4.3. Code de l'environnement	33
2.3.4. Prélèvements des sédiments réalisés	14	4.3.1. Demande d'examen au cas par cas ou évaluation environnementale systématique	33
2.3.5. Stratégie, conditionnement des échantillons et programme analytique	15	4.3.2. Déclaration ou autorisation au titre de la loi sur l'eau.....	35
2.3.6. Résultats des analyses sur les sédiments.....	15	4.3.3. Dérogation au titre des espèces protégées	36
2.4. Faune benthique	20	4.3.4. Non opposition aux objectifs de conservation des sites Natura 2000	36
2.4.1. Introduction.....	20	4.3.5. Autorisation spéciale de travaux en site classé.....	36
2.4.2. Localisation des stations	20	4.3.6. Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE)	37
2.4.3. Prélèvements réalisés	20	4.3.7. Autorisation environnementale.....	37
2.4.4. Analyses sédimentaires	20	4.3.8. Débat public et concertation préalable	37
2.4.5. Analyses faunistiques.....	21	4.3.9. Droit d'initiative.....	37
2.4.6. Indice de qualité biologique : AMBI	23	4.3.10. Déclaration de projet.....	38
3. Dragage préalable : description des travaux	25	4.3.11. Bilan des procédures au titre du Code de l'environnement	38
3.1. Introduction	25	4.4. Code de l'urbanisme	38
		4.5. Code du patrimoine	38
		4.6. Code des transports	39
		4.7. Synthèse des procédures identifiées applicables à l'opération	40

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

Table des figures

Figure 1 : Plan de situation de la forme Joubert (source : Géoportail).	6	Figure 20 : Stratégie d'échantillonnage de la faune benthique de la Forme Joubert (source : rapport BIO-LITTORAL).	20
Figure 2 : Plan de situation de la porte amont de la forme Joubert et de son enclave (source : Géoportail).	7	Figure 21 : Caractéristiques principales des 3 stations (source : rapport BIO-LITTORAL).	20
Figure 3 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZPS (Natura 2000, directive oiseaux) (source : Groupement d'entreprises).	10	Figure 22 : Fractions granulométriques des sédiments des stations de faune benthique prélevées près de la Forme Joubert en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).	20
Figure 4 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZSC (Natura 2000, directive habitats) (source : Géoportail).	11	Figure 23 : Taux de matière organique (MO) mesuré dans le sédiment par la technique de la perte-au-feu (source : rapport BIO-LITTORAL).	21
Figure 5 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZNIEFF (source : Géoportail).	12	Figure 24 : Nombre d'individus récoltés dans chacune des bennes de 0.1m2 sur les 3 stations de la Forme Joubert en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).	21
Figure 6 : Synthèse technique (source : rapport SCE).	13	Figure 25 : Pourcentage de chaque taxon par station (source : rapport BIO-LITTORAL).	22
Figure 7 : Fiche d'identité du site (source : rapport SCE).	14	Figure 26 : Richesse spécifique des organismes récoltés dans les bennes de la Forme Joubert en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).	22
Figure 8 : Plan de localisation des prélèvements (source : rapport SCE).	14	Figure 27 : Densité d'organismes récoltés sur chacune des 3 stations du bassin du Port de Nantes en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).	23
Figure 9 : Stratégie d'échantillonnage (source : rapport SCE).	15	Figure 28 : Indice écologique selon Hily (1984) des espèces échantillonnées sur les stations de la Forme Joubert dans le port de Nantes en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).	23
Figure 10 : Répartition des échantillons et profondeurs excavées en fonction de leur capacité d'immersion (source : rapport SCE).	16	Figure 29 : Résultats du calcul de l'indice AMBI (source : rapport BIO-LITTORAL).	23
Figure 11 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 0-0,5m (source : rapport SCE).	16	Figure 30 : Moyens mis en œuvre pour réaliser le dragage (source : Groupement d'entreprises).	25
Figure 12 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 0,5-1,5m (source : rapport SCE).	16	Figure 31 : Ponton CMR île de Groix (source : Groupement d'entreprises).	26
Figure 13 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 1,5-2,5m (source : rapport SCE).	17	Figure 32 : Pelle mécanique avec bras télescopique équipée d'une benne preneuse (source : Groupement d'entreprises).	26
Figure 14 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 2,5-3,5m (source : rapport SCE).	17	Figure 33 : Pompe de dragage (source : Groupement d'entreprises).	27
Figure 15 : Synthèse des résultats d'écotoxicité (source : rapport SCE).	17	Figure 34 : Principe général de fonctionnement des géotubes (source : www.tencategeotube.com). ..	27
Figure 16 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 0-0,5m (source : rapport SCE).	18	Figure 35 : Plan du projet de dragage des sédiments (source : Groupement d'entreprises).	29
Figure 17 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 0,5-1,5m (source : rapport SCE).	18		
Figure 18 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 1,5-2,5m (source : rapport SCE).	19		
Figure 19 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 2,5-3,5m (source : rapport SCE).	19		

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PRELABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

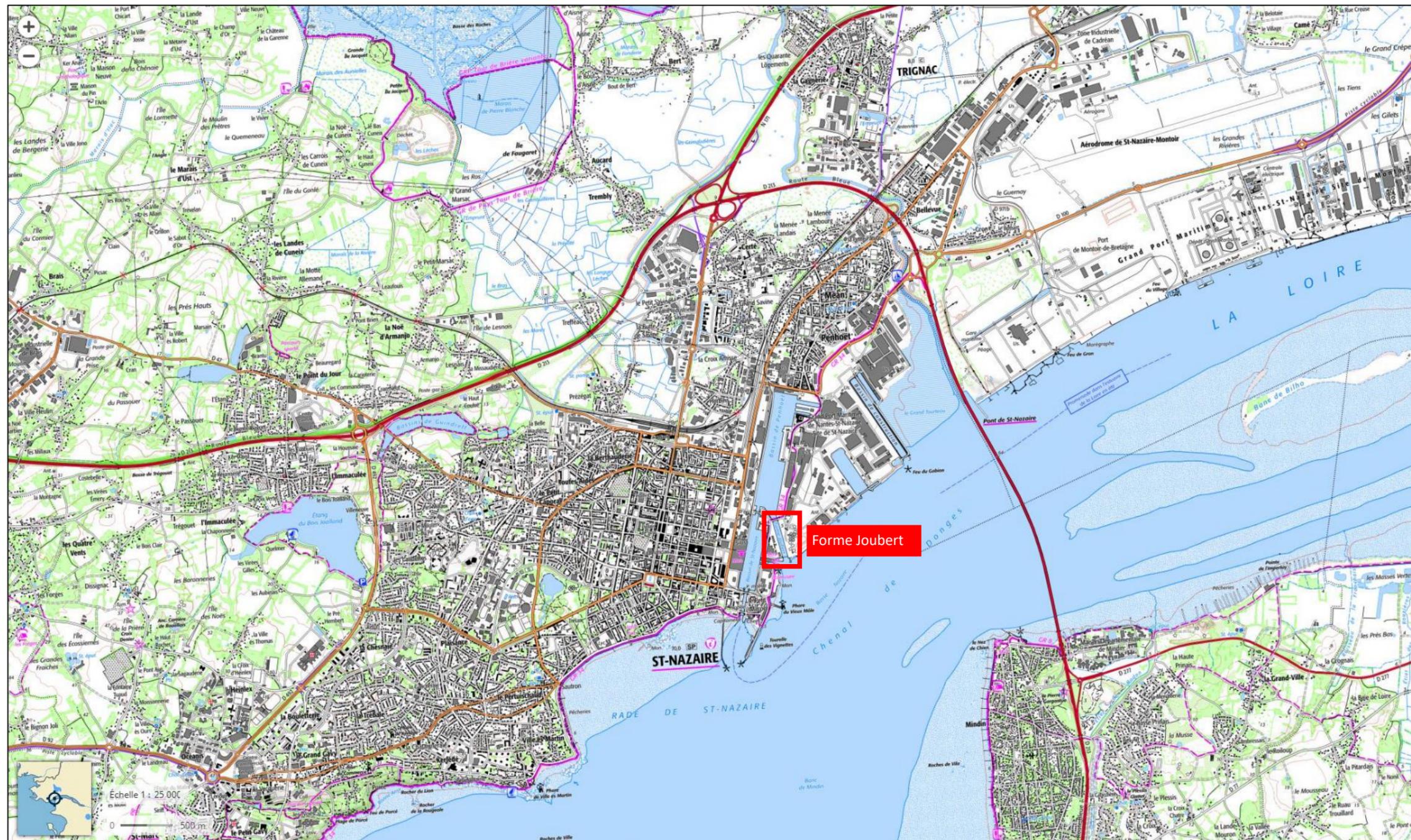


Figure 1 : Plan de situation de la forme Joubert (source : Géoportail).

1. Remplacement de la porte amont de la forme Joubert : présentation générale de l'opération

1.1. Présentation de la forme Joubert

La forme-écluse Joubert est un ouvrage sur l'estuaire de la Loire, servant de sas d'entrée au bassin de Penhoët du Grand port maritime de Nantes – Saint-Nazaire (GPMNSN)(cf. figure ci-contre).

Au même titre que l'estuaire de la Loire et le bassin de Penhoët qu'elle relie, la forme Joubert est partie intégrante du périmètre à l'intérieur duquel le GPMNSN mène ses opérations de dragage d'entretien, lesquelles sont encadrées par un arrêté préfectoral d'autorisation spécifique, lequel détaille les modalités de gestion des sédiments dragués, en fonction de leur localisation et de leur qualité (avec des paramètres dont le niveau est inférieure à N1).

Cette forme Joubert a été régularisée au titre de la loi sur l'eau (articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'environnement) par l'arrêté préfectoral en date du 08/11/2007.

La fermeture de la forme est assurée par deux portes qui ont été reconstruites en 1948. La porte aval, côté Loire, a été remplacée en 2011-2012.



Figure 2 : Plan de situation de la porte amont de la forme Joubert et de son enclave (source : Géoportail).

1.2. Nécessité de remplacement de la porte amont de la porte amont de la forme Joubert

L'état de dégradation de l'actuelle porte amont de la forme Joubert implique qu'elle doit faire de travaux de grosse réparation. Le GPMNSN a décidé de mener cette opération via un marché de conception – réalisation, qui sera confié, après une procédure de dialogue compétitif, à un Groupement d'entreprises qui interviendra en conception (dès la phase projet) jusqu'à la réception de l'ensemble des travaux.

Le marché de conception-réalisation sera notifié au Groupement d'entreprises d'ici la fin de l'année 2024 pour un engagement des missions de conception dès le début de l'année 2025.

1.3. Travaux de remplacement de la porte amont de la forme Joubert

Les travaux concernant cette porte amont de la forme vont comporter les étapes suivantes :

- Le démantèlement de la porte existante, du bâtiment et du système de manœuvre existants, ainsi que la dépose du tablier d'enclave,
- La construction d'une nouvelle porte en usine et son amenée sur site (y compris le pont routier situé en partie supérieure et la traine constituant la future couverture de l'enclave),
- Les travaux d'adaptation du génie civil existant permettant l'accueil de la nouvelle porte,
- Les travaux de réorganisation de la circulation routière dans la zone, ainsi que les travaux de sécurisation des opérations d'ouverture/fermeture de la porte,
- Les travaux d'équipements (système de mise en mouvement, contrôle commande, électricité, automatisme, ...) et de mise en marche du système.

L'opération intègre également des ouvrages provisoires et notamment un pont provisoire permettant d'assurer une continuité de circulation pendant les travaux (du fait de la période d'indisponibilité du pont routier présent en partie supérieure de la porte).

Les travaux *in situ* seront réalisés entre l'été 2026 et fin novembre 2028, après une phase de préfabrication de la « nouvelle porte » et de ses équipements.

1.4. Travaux de dragage préalables à l'intervention *in situ*

Préalablement à l'intervention *in situ* destinée à remplacer l'actuelle porte amont de la forme Joubert, il y a lieu de réaliser des travaux de dragage des sédiments qui sont présents :

- A l'intérieur de la porte actuelle ;
- Au droit des rails de guidage de la porte ;
- A l'intérieur de l'enclave à l'intérieur de laquelle la porte s'insère lorsque celle-ci est ouverte afin de laisser passer un navire ;
- Avant la porte, du côté u bassin de Penhoët (ce bassin s'envase au fur et à mesure des éclusées qui permettent l'entrée et la sortie des navires).

Le retrait de ces sédiments permettra au Groupement d'entreprises de réaliser, en tout sécurité les travaux :

- De retrait et de démantèlement de la porte actuelle ;
- De mise en place de la « nouvelle porte » et de ses équipements.

Ces travaux de dragage préalable, qui constituent le seul objet de la demande d'examen au cas par cas présentée par le GPMNSN.

1.5. Composition de la présence annexe facultative n°1

La présente annexe facultative n°1 est composée comme suit :

- Chapitre 1 : Remplacement de la porte amont de la forme Joubert : présentation générale de l'opération
- Chapitre 2 : Dragage préalable : contexte environnemental
- Chapitre 3 : Dragage préalable : description des travaux
- Chapitre 4 : Cadre réglementaire de l'opération de remplacement de la porte amont de la forme Joubert

2. Dragage préalable : contexte environnemental

2.1. Localisation de la zone de dragage au regard des périmètres de protection et d'inventaire des milieux naturels

La zone de dragage est localisée :

- A l'intérieur du bassin de Penhoët et de la porte amont de la forme Joubert, séparés de la Loire par la porte aval de la forme. La zone à draguer est donc sans contact direct avec la Loire, compte tenu du fonctionnement de la forme et de l'organisation des éclusées.
- A l'extérieur de tout périmètre de protection des milieux naturels Natura 2000 ; toutefois, elle est localisée à proximité immédiate (500 m à vol d'oiseau et sans connexion hydraulique directe via le réseau hydraulique) de deux sites Natura 2000 :
 - o La ZPS¹ « Estuaire de la Loire – Baie de Bourgneuf », FR5212014 ;
 - o La ZSC² « Estuaire de la Loire Nord », FR5202011.
- A l'extérieur de tout périmètre d'inventaire des milieux naturels ; toutefois, elle est localisée à proximité immédiate des sites suivants :
 - o ZNIEFF de type 1, « Vasière de Méans », n°520014631, à 1 500 m environ à vol d'oiseau de la zone de dragage et sans connexion directe via le réseau hydraulique ;
 - o ZNIEFF de type 2, « Marais de Grande Brière, de Donges et du Brivet », n°520006578, à 1 500 m environ à vol d'oiseau de la zone de dragage et sans connexion directe via le réseau hydraulique ;
 - o ZNIEFF de type 2, « Vallée de la Loire à l'aval de Nantes », n°520616267, à 1 500 m environ à vol d'oiseau de la zone de dragage et sans connexion directe via le réseau hydraulique ;

Les cartographies à suivre permettent de visualiser ces éléments.

¹ ZPS : Zone de protection spéciale (directive « oiseaux »).

² ZSC : Zone spéciale de conservation (directive « Habitats »).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX



Figure 3 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZPS (Natura 2000, directive oiseaux) (source : Groupement d'entreprises).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX



Figure 4 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZSC (Natura 2000, directive habitats) (source : Géoportail).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX



Figure 5 : Localisation de la porte amont de la forme Joubert et ZNIEFF (source : Géoportail).

2.2. Enjeux environnementaux potentiels

Le projet s'insère dans le contexte de la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire. Les principaux enjeux identifiés sont les suivants :

- Enjeu aquatique : les travaux prévus se feront au contact du milieu aquatique, au sein de la forme Joubert et du bassin de Penhoët. Ils sont localisés à l'extérieur du périmètre d'application des prescriptions du PPRI³. Aucune connexion directe avec les eaux de la Loire n'aura lieu dans le cadre des travaux ; toutefois, une attention particulière sera portée vis-à-vis d'éventuels rejets, d'eau et/ou de sédiments, tant en termes de quantité que de qualité ;
- Enjeu milieu naturel : même si le site n'est pas à l'intérieur du site Natura 2000, il est à proximité immédiate de l'estuaire de la Loire qui est protégé à ce titre. L'observation formulée pour l'enjeu aquatique s'applique ;
- Enjeu humain : le site se trouve dans la zone industrialo-portuaire de Saint-Nazaire avec, notamment, une route traversant l'ouvrage. La question du maintien des usages ou de la mise en œuvre de mesures destinées à réduire les incidences négatives potentielles devra être étudiée.

En complément, le projet est localisé en dehors de tout périmètre de protection de Monument historique et en dehors de tout champ d'application d'un PPRT⁴.

2.3. Qualité des sédiments à draguer

2.3.1. Introduction

Afin de déterminer les modalités de réalisation du dragage des sédiments présents dans la porte amont de la forme Joubert, au droit des rails, en amont de la porte et dans l'enclave, le GPMNSN a fait réaliser des analyses environnementales sur ces derniers, notamment par Tetis/Apave (2023) puis Eurofins (2024), qu'il convient d'interpréter au regard du projet.

Dans ce contexte, le GPMNSN a confié à la société SCE une mission d'interprétation des données analytiques disponibles concernant les sédiments dans l'environnement de la porte amont et l'identification de solutions de gestion.

Le rapport établi par SCE est joint à la demande d'examen au cas par cas : **annexe facultative n°2**.

Les chapitres ci-après présentent la synthèse du rapport susmentionné.

2.3.2. Synthèse technique de l'étude SCE

La figure ci-dessous reprend la synthèse technique de l'étude menée par SCE.

Synthèse technique

Le présent paragraphe expose une synthèse technique facilitant la lecture et la compréhension de l'étude. Cette synthèse est indissociable du présent rapport et de ses annexes et ne lui est pas opposable.

DIAG – A200-A210-A270

Investigations réalisées sur les sols	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 16 prélèvements de sédiments jusqu'à 3,5 m de profondeur pour analyse en laboratoire. ▶ Analyses en laboratoire : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pack ISDI total ou sur éluât (critères d'acceptation en ISDI selon arrêté du 12/12/2014) ▪ Pack « dragage » : Tributylétain, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc, HAP, PCB ▪ HP14 : Critère d'écotoxicologie des sédiments
--	---

Qualité des sédiments	<p>Les résultats sur les sédiments ont principalement mis en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ des dépassements en métaux lourds, HAP, PCB et Tributylétain vis-à-vis du seuil de l'arrêté du 27 mars 2024 définissant les conditions d'immersion des sédiments sur certains sédiments : <ul style="list-style-type: none"> ○ Les sédiments présents dans l'enclave, à l'exception du prélèvement Enclave 1 à 0,5 m de profondeur, ○ Les sédiments situés à l'Ouest de la porte (Porte 1) à 0,5 m de profondeur, ○ Les sédiments situés à l'Est du bassin (Bassin 2) à 1,5 m de profondeur. ▶ Le caractère non inerte des sédiments selon les critères définis dans l'arrêté du 12/12/2014 : des dépassements systématiques sur éluât sur la totalité des échantillons ; ▶ L'absence de dangerosité et d'écotoxicité des sédiments vis-à-vis des seuils définis par l'INERIS et le CEREMA. <p>Le volume de sédiment devant faire l'objet d'une évacuation à terre est estimé à :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Porte (partie Ouest) : 550 m³ ▶ Enclave et rail : 1200 m³ <p>La solution envisagée pour la gestion de ces sédiments est le dragage par aspiration puis traitement en géotube et évacuation en ISDD ou ISDND.</p> <p>Le cout estimé pour cette gestion est de : 730 850 K€. Il reste optimisable par de nouvelles analyses sur les sédiments excavés en phase chantier (au moment de l'ouverture des géotubes).</p>
------------------------------	---

Figure 6 : Synthèse technique (source : rapport SCE).

³ PPRI : Plan de prévention du risque inondation.

⁴ PPRT : Plan de prévention des risques technologiques.

2.3.3. Fiche d'identité du site

La figure ci-dessous reprend la fiche d'identité du site telle que présentée au sein de l'étude menée par SCE.

Site d'étude	
Adresse	Av. de la Forme Joubert à St Nazaire
Parcelle cadastrale	Parcelle n°038, 065 et 084 (en partie), section CL
Surface	~ 2 500 m ²
Alt.	~ 4m NGF
Description	La zone d'étude, délimitée ci-après en rouge, correspond à la porte amont de la forme-joubert, un ouvrage servant de sas d'entrée au bassin de Penhoët du Port de Saint-Nazaire.
	
Environnement du site	L'environnement du site est portuaire avec à l'est le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, à l'ouest et au nord les bassins de St Nazaire et de Penhoët et au sud le Chenal de Donges.

Figure 7 : Fiche d'identité du site (source : rapport SCE).

2.3.4. Prélèvements des sédiments réalisés

Les prélèvements ont été réalisés en deux campagnes distinctes :

- 1^{ère} campagne menée par TETIS/APAVE en mai 2023,
- 2^{nde} campagne menée par TETIS en mai 2024.

Le plan des prélèvements ci-dessous présente les investigations réalisées.

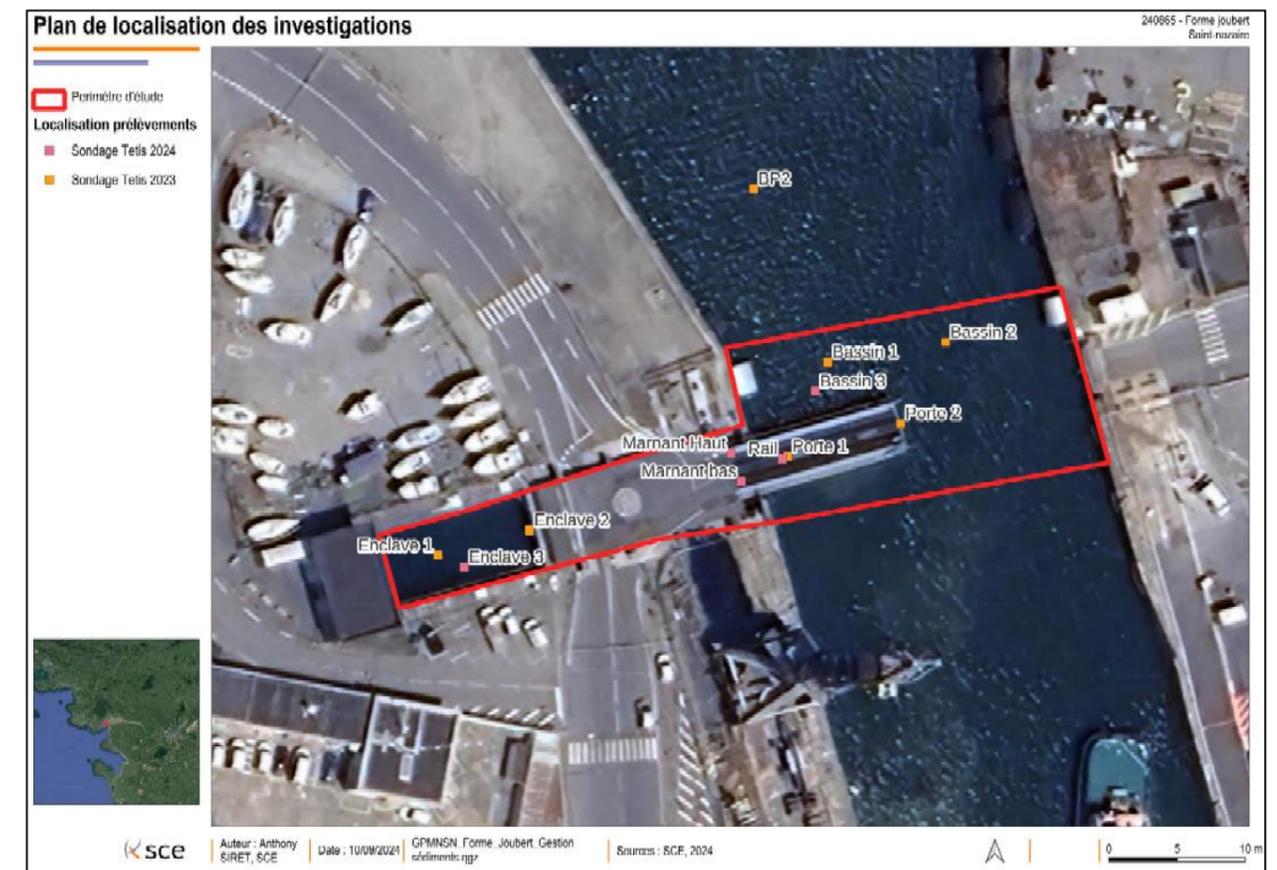


Figure 8 : Plan de localisation des prélèvements (source : rapport SCE).

2.3.5. Stratégie, conditionnement des échantillons et programme analytique

La stratégie d'échantillonnage ainsi que le programme analytique mis en place lors des investigations sont présentés dans le tableau ci-après :

Sondage	Profondeur échantillonnées	Analyses
Enclave 1	-0,5m	Pack ISDI sur éluât ¹ + seuils dragages ²
	-1,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-2,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Enclave 2	-3,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Enclave 3	-1,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-0,5	HP14 ³
Porte 1	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Porte 2	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Bassin 1	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-1,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Bassin 2	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-1,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Rail porte		Pack ISDI + seuils dragages + HP 14
Marnant haut		Pack ISDI + seuils dragages + HP 14
Marnant bas		Pack ISDI + seuils dragages
Enclave 3		HP 14
Bassin 3		HP 14

Figure 9 : Stratégie d'échantillonnage (source : rapport SCE).

2.3.6. Résultats des analyses sur les sédiments

2.3.6.1. Au regard des arrêtés ministériels du 09/08/2006 et du 27/03/2024

Les résultats d'analyses indiquent des dépassements des valeurs de référence :

- Pour les échantillons de l'enclave :
 - o Des dépassements des seuils N3 sur 5 des 6 échantillons analysés. Ces dépassements concernent les paramètres Tributylétain (2/6), HAP (4/6), métaux lourds (1/6) et PCB (5/6).
 - o L'échantillon ne présentant pas de dépassement vis-à-vis des seuils d'immersion (N3) [Enclave 1 (-0,5m)], présente des dépassements des seuils N1 sur les paramètres Tributylétain (TBT), HAP, métaux lourds et PCB ainsi qu'un dépassement du seuil N2 pour le PCB 52.
- Pour les échantillons du bassin (Hors BP2) :
 - o Des dépassements des seuils N2 sur l'ensemble des échantillons analysés. Ces dépassements concernent les paramètres HAP (3/4), métaux lourds (4/4) et PCB (1/4).
 - o Un dépassement des seuils d'immersion en PCB pour le prélèvement Bassin 2 à -1,5 m de profondeur.
- Pour les échantillons de la porte et du rail :
 - o Des dépassements des seuils N3 sur l'échantillon Porte 1 et sur l'échantillon Rail pour les paramètres PCB, métaux lourds, HAP et TBT.
 - o Des dépassements des seuils N2 pour les trois autres échantillons analysés sur les paramètres HAP, métaux lourds et PCB.

Compte tenu de ces éléments, la possibilité d'immerger en mer les sédiments dragués n'est pas envisageable pour une partie de ceux-ci :

- Les sédiments présents dans l'enclave et dans la partie Ouest de la porte ne sont pas immergeables pour la couche 0-0,5m,
- Les sédiments présents dans la partie Est et dans le bassin de la porte sont immergeables pour la couche 0-0,5m,
- Les sédiments présents dans l'enclave et dans la partie Est du bassin sont non immergeables pour la couche 0,5-1,5m,
- Les sédiments présents en partie Ouest du bassin sont immergeables pour la couche 0,5m-1,5m,
- Les sédiments présents dans l'enclave sont non immergeables pour la couche 1,5-3,5m.

Les figures suivantes présentent la localisation des impacts par couche, vis-à-vis des arrêtés du 09/08/2006 et du 27/03/2024.

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

Echantillon	Profondeur	Immergeable
Enclave	0-0,5m	Non
	0,5-1,5	Non
	1,5-2,5	Non
	2,5-3,5	Non
Porte ouest (Porte 1)	0-0,5m	Non
Porte est (Porte 2)	0-0,5m	Oui
Bassin 1	0-0,5m	Oui
	0,5-1,5m	Oui
Bassin 2	0-0,5m	Oui
	0,5-1,5m	Non

Figure 10 : Répartition des échantillons et profondeurs excavées en fonction de leur capacité d'immersion (source : rapport SCE).

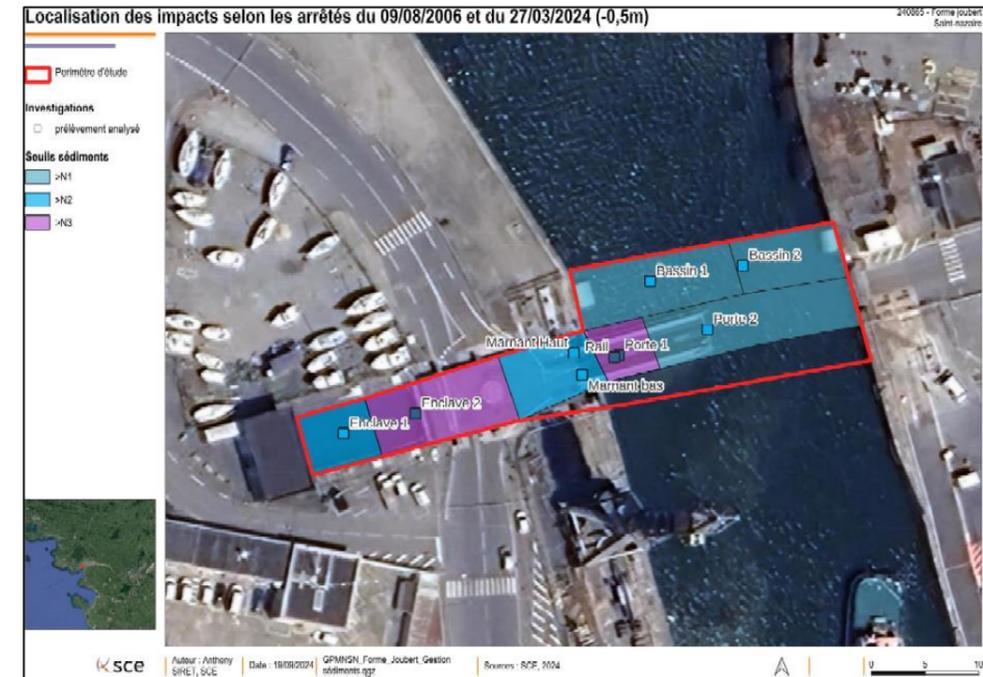


Figure 11 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 0-0,5m (source : rapport SCE).

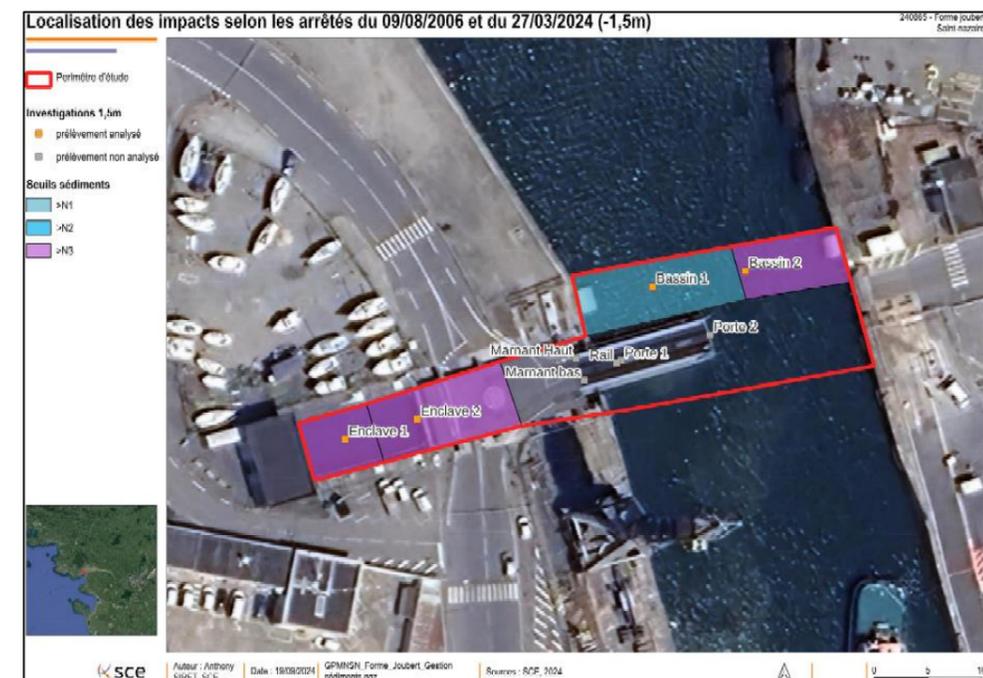


Figure 12 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 0,5-1,5m (source : rapport SCE).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D’EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

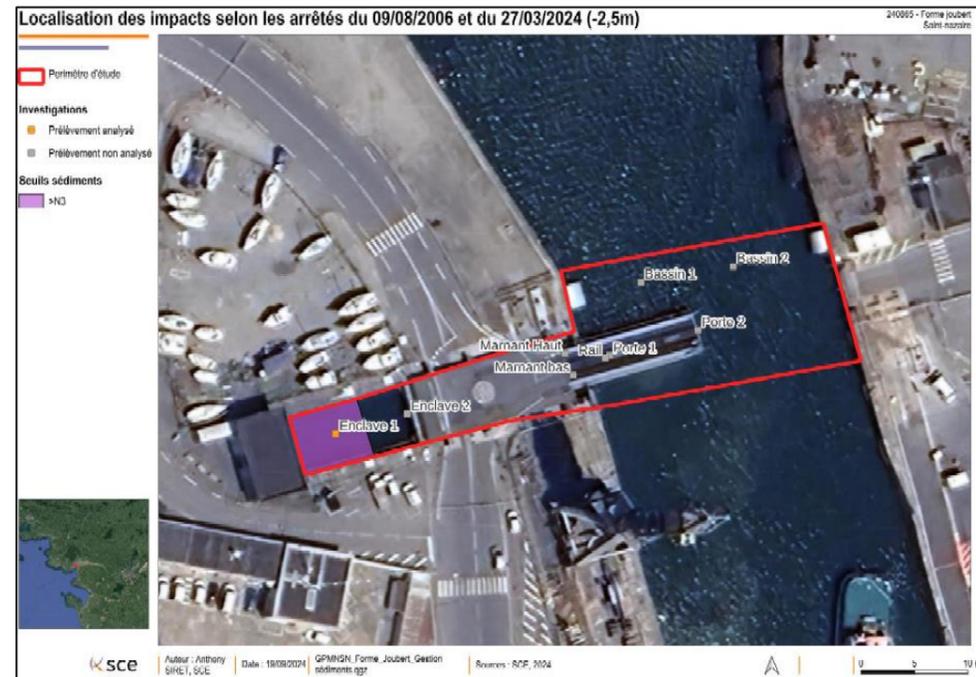


Figure 13 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 1,5-2,5m (source : rapport SCE).



Figure 14 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 2,5-3,5m (source : rapport SCE).

2.3.6.2. Au regard du guide INERIS-CEREMA, 2017 (Seuils pour la valorisation de sédiments en technique routière)

Dans le cas d’une gestion à terre, le rapport de l’INERIS et du CEREMA (rapport INERIS- DRC-16-149793-00431B de février 2017) a fixé des seuils pouvant permettre l’évaluation de la dangerosité des sédiments.

Les résultats d’analyses mettent en évidence l’absence de dépassement vis-à-vis de ces seuils.

2.3.6.3. Au regard de l’écotoxicité (Test HP14)

Une synthèse des résultats relatifs à l’écotoxicité des sédiments est présentée dans le tableau ci-après :

Test de toxicité	Test	Descripteur toxicologique	Résultats (%)	Seuil de dangerosité (%)
Aiguë	Microtox	CE 50 - 5min	>80	<10
		CE 50 - 15min	>80	<10
		CE 50 - 30min	>80	<10
Chronique	Brachionus	CE 20 - 48h	>90	<1
Terrestre	Avoines germination	CE 50 - 7j	>15,9	<10
		Avoines croissance	CE 50 - 14j	>32,2

Figure 15 : Synthèse des résultats d’écotoxicité (source : rapport SCE).

Les résultats d’analyse montrent l’absence d’écotoxicité aiguë, chronique et terrestre des sédiments selon le classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l’Ecologie, du Développement Durable et de l’Energie.

2.3.6.4. Au regard de l’arrêté ministériel du 12/12/2014

Les résultats d’analyses sur les échantillons individuels ont été comparés aux seuils définis dans l’arrêté ministériel du 12/12/2014 précisant les conditions d’admissibilité des déchets en Installations de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) afin d’appréhender leurs modalités de gestion hors site, le cas échéant. Ces résultats mettent en évidence des dépassements des seuils de l’arrêté sur la totalité des échantillons pour un ou plusieurs paramètres ci-après :

- COT sur brut,
- HCT C10-C40,
- Chlorures,
- Sulfates,
- Fraction soluble,

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

- Antimoine sur éluât,
- Molybdène sur éluât.

Ces dépassements s'expliquent notamment en raison du contexte marin à l'exception du molybdène lié à l'activité humaine. Le reste des composés analysés ne présente pas de dépassement des valeurs de référence.

La quasi-totalité des sédiments dragués et ne pouvant pas être immergés devront faire l'objet d'une évacuation en ISDD à l'exception des sédiments issus du prélèvement Enclave 2 (-1,5m) qui pourraient être évacués en ISDND.

Sur la base des investigations réalisées et de leur extrapolation, la cartographie du zonage des filières pressenties en cas d'évacuation, est présentée à suivre.

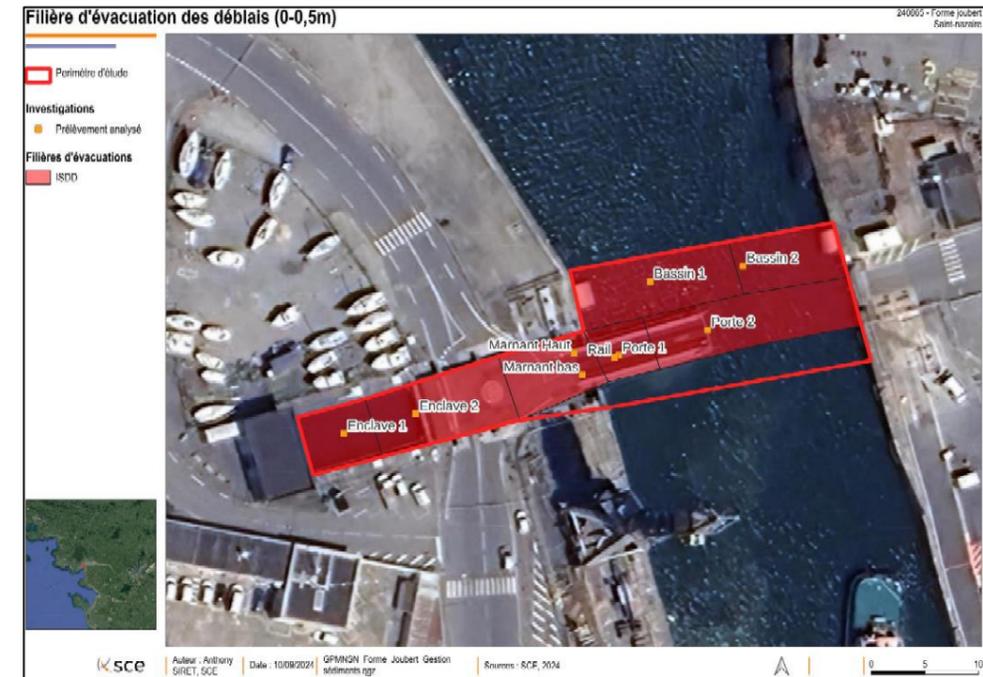


Figure 16 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 0-0,5m (source : rapport SCE).

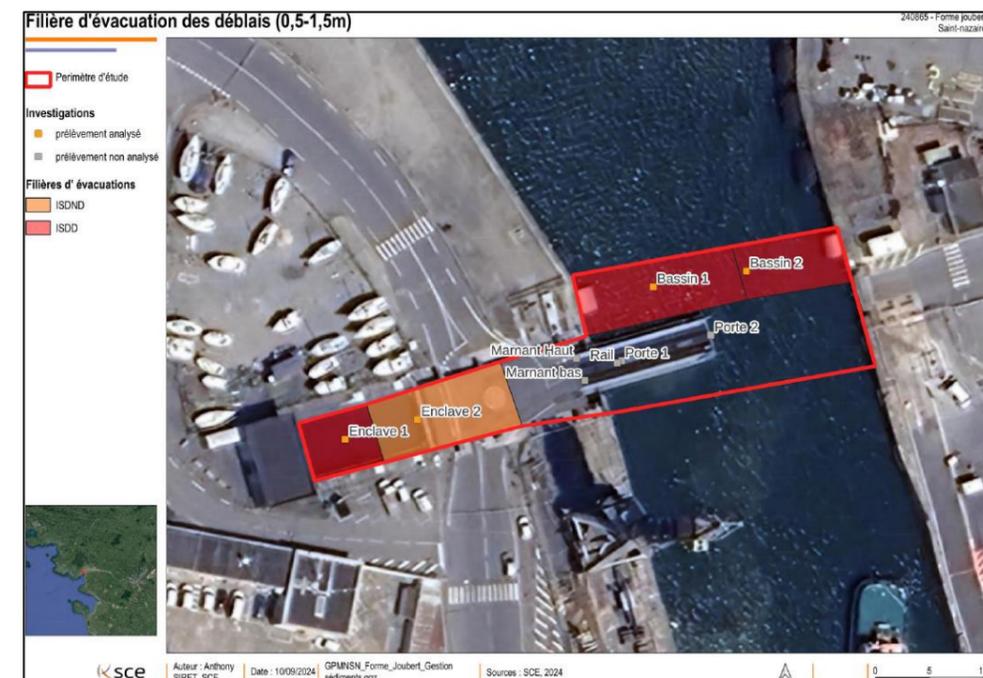


Figure 17 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 0,5-1,5m (source : rapport SCE).

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

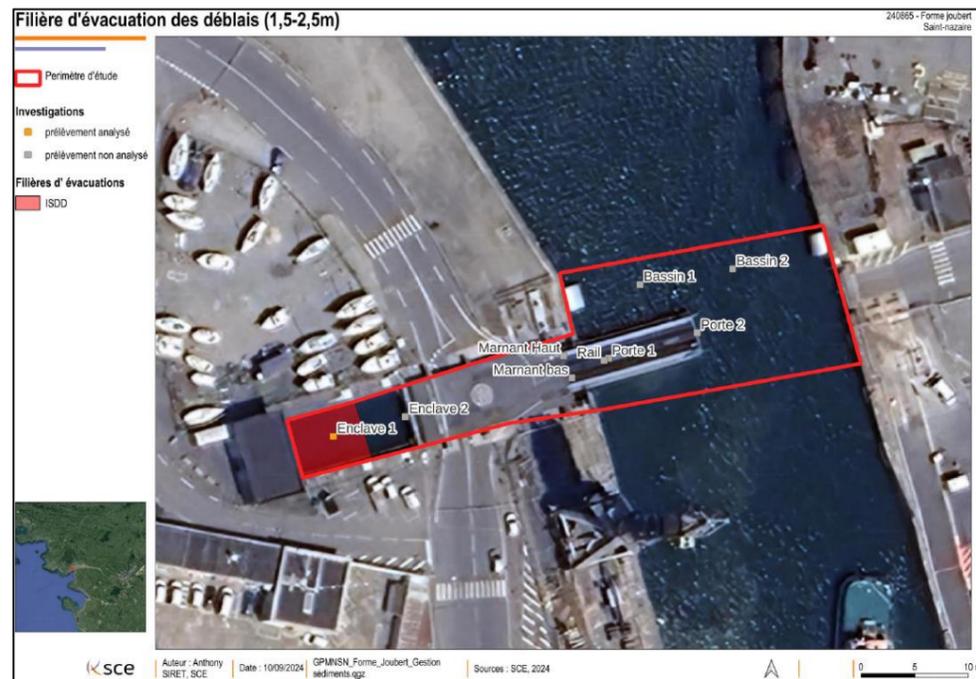


Figure 18 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 1,5-2,5m (source : rapport SCE).

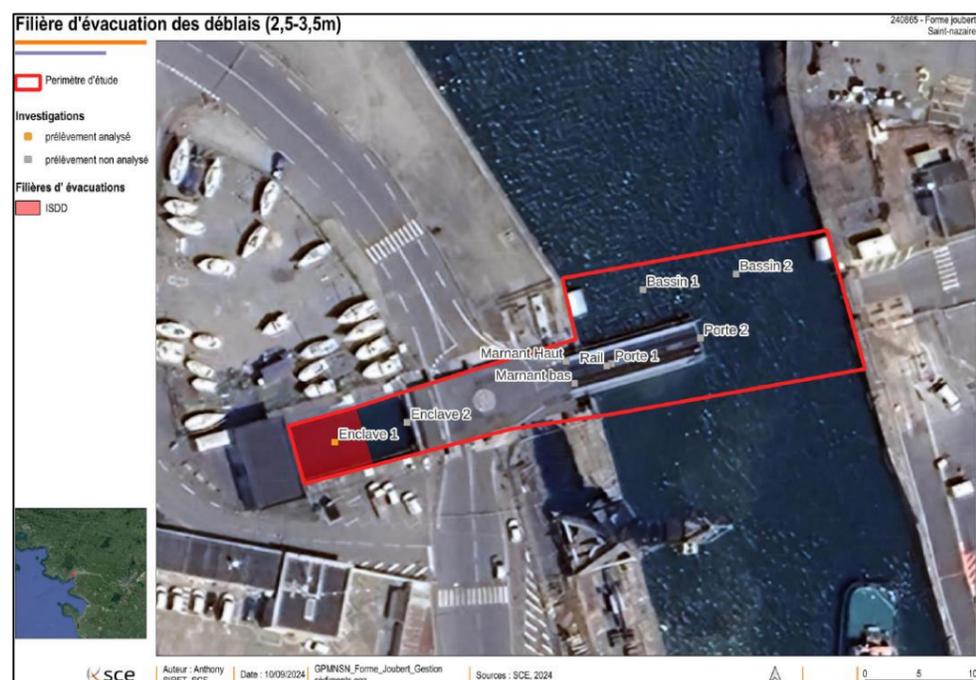


Figure 19 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 2,5-3,5m (source : rapport SCE).

2.4. Faune benthique

2.4.1. Introduction

La société BIO-LITTORAL a réalisé, en août 2024 et en septembre 2024, des prélèvements dans l'objectif de caractériser la faune benthique au droit de 3 stations.

Le rapport établi par BIO-LITTORAL est joint à la demande d'examen au cas par cas : **annexe facultative n°3**.

Les chapitres ci-après présentent la synthèse du rapport susmentionné.

2.4.2. Localisation des stations

Le plan d'échantillonnage comprend 3 stations définies par le GPMNSN :

- Deux stations sont situées devant la porte (stations n°1 et n°2) ;
- Une station est situé dans l'enclave (station n°3).

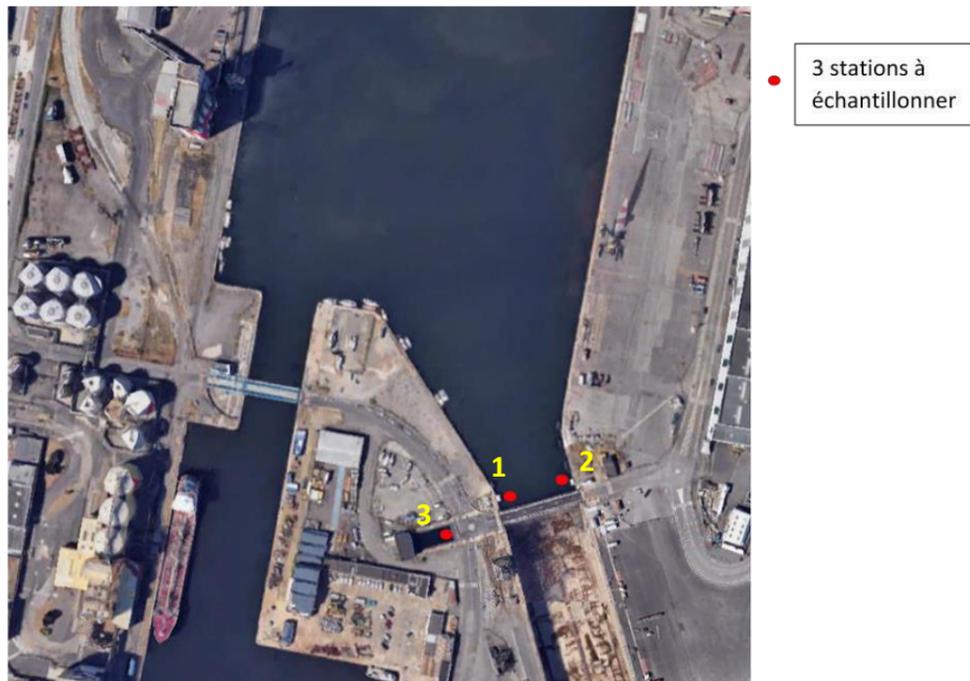


Figure 20 : Stratégie d'échantillonnage de la faune benthique de la Forme Joubert (source : rapport BIO-LITTORAL).

2.4.3. Prélèvements réalisés

Le protocole mis en œuvre répond aux normes ISO 16 665 établies pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement des échantillons de la macrofaune marine de fonds meubles. Il correspond également au protocole antérieur avec 3 réplicats par station.

Les caractéristiques des 3 stations au droit desquelles les prélèvements ont été réalisés sont les suivantes :

Station	Latitude	Longitude	Date	Heure	Moyen
1	47° 16.733'N	2° 11.890'O	26/08/2024	14h47	Tzigane (TETIS), benne Van Veen
2	47° 16.737'N	2° 11.866'O	26/08/2024	15h06	Tzigane (TETIS), benne Van Veen
3	47° 16.720'N	2° 11.933'O	09/09/2024	10h00	MRT, benne Van Veen

Figure 21 : Caractéristiques principales des 3 stations (source : rapport BIO-LITTORAL).

2.4.4. Analyses sédimentaires

2.4.4.1. Granulométrie

L'analyse granulométrique des sédiments des 3 stations indique un sédiment essentiellement vaseux avec une proportion de vase (fraction fine > 63µm) supérieure :

- à 70% pour la station 1,
- à 95% pour la station 2,
- à 86% pour la station 3.

2024	% Fraction																	
Station	4 mm	2 mm	1,6 mm	1,25 mm	1 mm	800 µm	630 µm	500 µm	400 µm	315 µm	250 µm	200 µm	160 µm	125 µm	100 µm	80 µm	63 µm	Receptacle
ST1	3,55%	1,54%	1,09%	1,36%	1,21%	1,48%	2,07%	2,96%	2,72%	2,81%	2,57%	1,48%	0,80%	0,74%	0,59%	0,65%	0,74%	71,97%
ST2	0,00%	0,37%	0,09%	0,34%	0,34%	0,61%	0,61%	0,61%	0,43%	0,31%	0,21%	0,31%	0,09%	0,15%	0,31%	0,31%	0,21%	95,09%
ST3	1,44%	1,97%	0,86%	0,65%	0,86%	1,13%	1,13%	1,16%	1,03%	0,89%	0,92%	0,65%	0,44%	0,40%	0,32%	0,37%	0,27%	86,11%

Figure 22 : Fractions granulométriques des sédiments des stations de faune benthique prélevées près de la Forme Joubert en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).

2.4.4.2. Taux de matière organique

La matière organique mesurée correspond à de la matière organique détritique et de la très petite faune (bactéries, microalgues ou méiofaune < 1mm). Cette matière organique peut être consommée par une large partie de la macro-faune benthique (dont la taille est > 1mm), cependant un trop fort taux de matière organique peut entraîner une très forte diminution de la macro-faune car la biodégradation de cette matière organique conduit à un sédiment réduit (Pearse et Rosenberg, 1978).

Différents niveaux de stress liés aux teneurs en matière organique ont été définis par Schann et Marchand (1994) pour la faune benthique de l'estuaire de la Loire à la suite de plusieurs campagnes. En effet, des densités maximales de faune macro-benthique étaient toujours obtenues pour des teneurs en matière organique proche de 6% tandis que les stations étaient généralement azoïques pour des valeurs supérieures à 12%. Les nombreuses études de Bio-Littoral en estuaire de Loire confirment ce phénomène.

Le taux de matière organique mesuré dans le sédiment montre des taux variant de 7,32 % à 9,59 % dans les trois stations proche de la Forme Joubert, ce qui représente des taux de matière organique importants mais qui permettent encore le développement d'une certaine faune benthique. Des valeurs similaires étaient attendues compte tenu de la couleur noire du sédiment.

Station	ST1	ST2	ST3
MO	8,41%	9,59%	7,32%

Figure 23 : Taux de matière organique (MO) mesuré dans le sédiment par la technique de la perte-au-feu (source : rapport BIO-LITTORAL).

2.4.5. Analyses faunistiques

2.4.5.1. Abondance

93 organismes vivants ont été retrouvés sur la totalité des 9 bennes prélevées près de la Forme Joubert. 79 organismes dont 77 annélides ont été récoltés dans les 3 bennes de la station 1. Seuls 14 individus ont pu être comptabilisés dans les 3 bennes de la station 2. La station 3, située dans le bassin de recul de la porte, est complètement azoïque.

2024	Annelida	Crustacea	Mollusca	Total
Station 1	77	1	1	79
1,1	17	0	0	17
1,2	40	1	1	42
1,3	20	0	0	20
Station 2	11	3		14
2,1	5	0	0	5
2,2	6	3	0	9
2,3	0	0	0	0
Station 3	0	0	0	0
3,1	0	0	0	0
3,2	0	0	0	0
3,3	0	0	0	0

Figure 24 : Nombre d'individus récoltés dans chacune des bennes de 0.1m2 sur les 3 stations de la Forme Joubert en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).

2.4.5.2. Biodiversité

10 espèces ont été récoltées sur les 9 bennes de 0,1 m² dont 6 annélides, 3 crustacés et 1 bivalve. Lorsque la vie est possible, les annélides forment l'essentiel de la faune benthique récoltée dans cette vase riche en matière organique, ce qui est un résultat attendu car de nombreux annélides sont peu sensibles au fort taux de matière organique.

La détermination à l'espèce des annélides s'est avérée difficile car les individus bien que vivants avaient des soies abîmées.

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

Phylum	Taxons	Station 1	Station 2	Station 3
Crustacea	<i>Amphibalanus improvisus</i>		7%	
Mollusca	<i>Arcuatula senhousia</i>	1%		
Annelida	<i>Capitella capitata</i>	1%		
Crustacea	<i>Crangon crangon</i>		7%	
Annelida	<i>Dipolydora</i>	1%	36%	
Crustacea	<i>Mysida</i>	1%	7%	
Annelida	<i>Notomastus latericeus</i>	1%		
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	33%	14%	
Annelida	<i>Streblospio</i>	34%	21%	
Annelida	<i>Tharyx</i>	27%	7%	

Figure 25 : Pourcentage de chaque taxon par station (source : rapport BIO-LITTORAL).

ID	Station	Réplicat	Phylum	Espèce	Nb ind / benne 0,1m ²
1.1	1	1	Annelida	Oligochaeta	4
1.1	1	1	Annelida	Streblospio	8
1.1	1	1	Annelida	Tharyx	5
1.2	1	2	Annelida	Capitella capitata	1
1.2	1	2	Annelida	Oligochaeta	15
1.2	1	2	Annelida	Streblospio	15
1.2	1	2	Annelida	Tharyx	9
1.2	1	2	Crustacea	Mysida	1
1.2	1	2	Mollusca	Arcuatula senhousia	1
1.3	1	3	Annelida	Dipolydora	1
1.3	1	3	Annelida	Notomastus latericeus	1
1.3	1	3	Annelida	Oligochaeta	7
1.3	1	3	Annelida	Streblospio	4
1.3	1	3	Annelida	Tharyx	7
2.1	2	1	Annelida	Dipolydora	1
2.1	2	1	Annelida	Oligochaeta	1
2.1	2	1	Annelida	Streblospio	2
2.1	2	1	Annelida	Tharyx	1
2.2	2	2	Annelida	Dipolydora	4
2.2	2	2	Annelida	Oligochaeta	1
2.2	2	2	Annelida	Streblospio	1
2.2	2	2	Crustacea	Amphibalanus improvisus	1
2.2	2	2	Crustacea	Crangon crangon	1
2.2	2	2	Crustacea	Mysida	1

Figure 26 : Richesse spécifique des organismes récoltés dans les bennes de la Forme Joubert en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).

Mollusques

Le seul mollusque récolté présente un intérêt particulier car le petit bivalve *Arcuatula senhousia* est une espèce exotique d'origine asiatique de type invasif qui a fortement colonisé la mer Méditerranée et qui fait actuellement l'objet d'un recensement en Atlantique et Manche. Il a été récemment observé dans l'étang de Thau et à Dinard.

Crustacés

Les rares crustacés récoltés correspondent à 1 crevette grise (*Crangon crangon*), 2 mysidacées (suprabenthos) et 1 cirripède (*Amphibalanus improvisus*) qui vit fixé sur des substrats dur comme des cailloux ou des débris métalliques. Ces organismes ne vivent pas dans le sédiment mais au-dessus. Il faut garder à l'esprit que la benne n'est pas l'engin adapté pour leur capture.

Annélides

Certains taxons comme les *oligochaeta* ou *Capitella capitata* sont généralement trouvés dans des milieux vaseux à fort taux de matière organique. Les espèces *Tharyx sp.* et *Streblospio sp.* ne sont observées en estuaire de Loire que sur certaines stations mais elles sont toujours associées. Ces deux espèces forment plus de 50% des 93 organismes récoltés (20 *Tharyx sp.* et 30 *Streblospio sp.*) sur les 3 stations de la Forme Joubert en 2024.

2.4.5.3. Densité

Les densités d'organismes par mètre carré sont calculées en moyennant les abondances des 3 réplicats de 0,1 m² et en multipliant par 10.

La moyenne observée est la suivante :

- Station 1 : 253 annélides/m² ;
- Station 2 : 37 annélides/m².

Les *Streblospio* étant toujours les plus abondants avec :

- Station 1 : 90 ind/m² ;
- Station 2 : 10 ind/m².

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

Phylum	Taxons	Densité (nb ind.m ²)		
		Station 1	Station 2	Station 3
Crustacea	<i>Amphibalanus improvisus</i>	0	3	0
Mollusca	<i>Arcuatula senhousia</i>	3	0	0
Annelida	<i>Capitella capitata</i>	3	0	0
Crustacea	<i>Crangon crangon</i>	0	3	0
Annelida	<i>Dipolydora</i>	3	17	0
Crustacea	<i>Mysida</i>	3	3	0
Annelida	<i>Notomastus latericeus</i>	3	0	0
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	87	7	0
Annelida	<i>Streblospio</i>	90	10	0
Annelida	<i>Tharyx</i>	70	3	0

Figure 27 : Densité d'organismes récoltés sur chacune des 3 stations du bassin du Port de Nantes en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).

2.4.6. Indice de qualité biologique : AMBI

L'AMBI (AZTI Marine Biotic Index) est un indice biotique développé dans le cadre de la DCE⁵ pour permettre d'évaluer la qualité des eaux côtières à partir de la macrofaune benthique de milieu meuble (Borja et al., 2003 ; Muxika et al., 2007).

Pour le calcul de l'AMBI, les espèces macrobenthiques sont réparties dans cinq groupes écologiques (GI, GII, GIII, GIV, GV) identifiés par Hily (1984) en fonction de leur sensibilité aux perturbations (essentiellement basée sur leur sensibilité à l'enrichissement en matière organique).

Ces cinq groupes écologiques, sont définis comme suit :

- Groupe écologique I : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a hypertrophisation du milieu ;
- Groupe écologique II : espèces indifférentes à une hypertrophisation. Ce sont des espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de matière organique ;
- Groupe écologique III : espèces tolérantes à une hypertrophisation. Elles sont naturellement présentes dans les vases ; comme leur prolifération est stimulée par un enrichissement du milieu, elles sont alors un indice du déséquilibre du système ;
- Groupe écologique IV : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées ;
- Groupe écologique V : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits.

La faune benthique des vases de la Forme Joubert est caractéristique d'un milieu perturbé et riche en matière organique, ce qui est cohérent avec les valeurs de matière organique mesurées dans le sédiment.

Phylum	Espèce	Groupe
Mollusca	<i>Arcuatula senhousia</i>	III
Annelida	<i>Capitella capitata</i>	V
Annelida	<i>Dipolydora</i>	IV
Annelida	<i>Notomastus latericeus</i>	IV
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	V
Annelida	<i>Streblospio</i>	III
Annelida	<i>Tharyx</i>	IV

Figure 28 : Indice écologique selon Hily (1984) des espèces échantillonnées sur les stations de la Forme Joubert dans le port de Nantes en 2024 (source : rapport BIO-LITTORAL).

Les résultats du calcul de l'indice AMBI sur le site AZTI indiquent que les 2 stations (station 1 et station 2) situées dans le bassin du port de Nantes près de la Forme Joubert sont de médiocre qualité et que la station 3 située dans la zone de recul de la porte est de très mauvaise qualité écologique, ce qui est logique puisqu'elle est azoïque.

AMBI	Valeur	Etat écologique
Station 1	4.43	Médiocre
Station 2	5.23	Médiocre
Station 3	6.00	Très mauvais

Figure 29 : Résultats du calcul de l'indice AMBI (source : rapport BIO-LITTORAL).

⁵ DCE : Directive cadre sur l'eau.

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

3. Dragage préalable : description des travaux

3.1. Introduction

L'opération de remplacement de la porte amont de la forme Joubert à Saint-Nazaire, opération dont les travaux de dragage préalable font partie, a fait l'objet d'une procédure de dialogue compétitif, menée par le GPMNSN, avec comme objectif de confier à un Groupement d'entreprises un marché de conception – réalisation portant sur l'opération.

La procédure de dialogue compétitif est arrivée à son terme ; le Groupement d'entreprises a été sélectionné.

Les chapitres suivants exposent la méthodologie qui sera mise en œuvre par ce Groupement pour assurer le dragage préalable au remplacement de la porte amont de la forme Joubert.

3.2. Volume de sédiments à draguer

A la suite des différentes études techniques préalables menées, le volume à draguer, préalablement au remplacement de la porte amont de la forme Joubert, se répartit comme suit :

- A l'intérieur de la porte actuelle : 600 m³
- Au droit des rails de guidage de la porte : 250 m³
- A l'intérieur de l'enclave : 1 600 m³
- Avant la porte, du côté du bassin de Penhoët : 500 m³
- Après la porte, du côté de la forme Joubert : 0 m³
- **Total :** 2 950 m³

3.3. Moyens mis en œuvre pour réaliser le dragage

Les moyens mis en œuvre dépendent de la zone à draguer ; le tableau ci-après présente le détail des moyens déployés pour retirer les sédiments.

Localisation des sédiments à retirer	Moyens humains déployés	Moyens matériels mis en œuvre
Dans la porte	Espace accessible uniquement par des plongeurs, à une cadence faible	Pompe de dragage manœuvrée par les plongeurs
Enclave (partie subaquatique)	Espace accessible uniquement par des plongeurs, à une cadence faible	Pompe de dragage manœuvrée par les plongeurs
Rails de guidage (après enlèvement de la porte)	Espace accessible uniquement par des plongeurs, à une cadence faible car nécessité d'un dragage précis	Pompe de dragage manœuvrée par les plongeurs
Enclave (partie émergée)	Opérateurs de manœuvre du ponton et de la pelle	Ponton avec pelle mécanique grand bras équipée d'une benne preneuse ou d'une pompe en fonction des besoins
Avant la porte	Opérateurs de manœuvre du ponton et de la pelle	Ponton avec pelle mécanique grand bras équipée d'une benne preneuse ou d'une pompe en fonction des besoins

Figure 30 : Moyens mis en œuvre pour réaliser le dragage (source : Groupement d'entreprises).

Les figures suivantes permettent de visualiser les matériels qui seront mis en œuvre.

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX



Figure 31 : Ponton CMR île de Groix (source : Groupement d'entreprises).

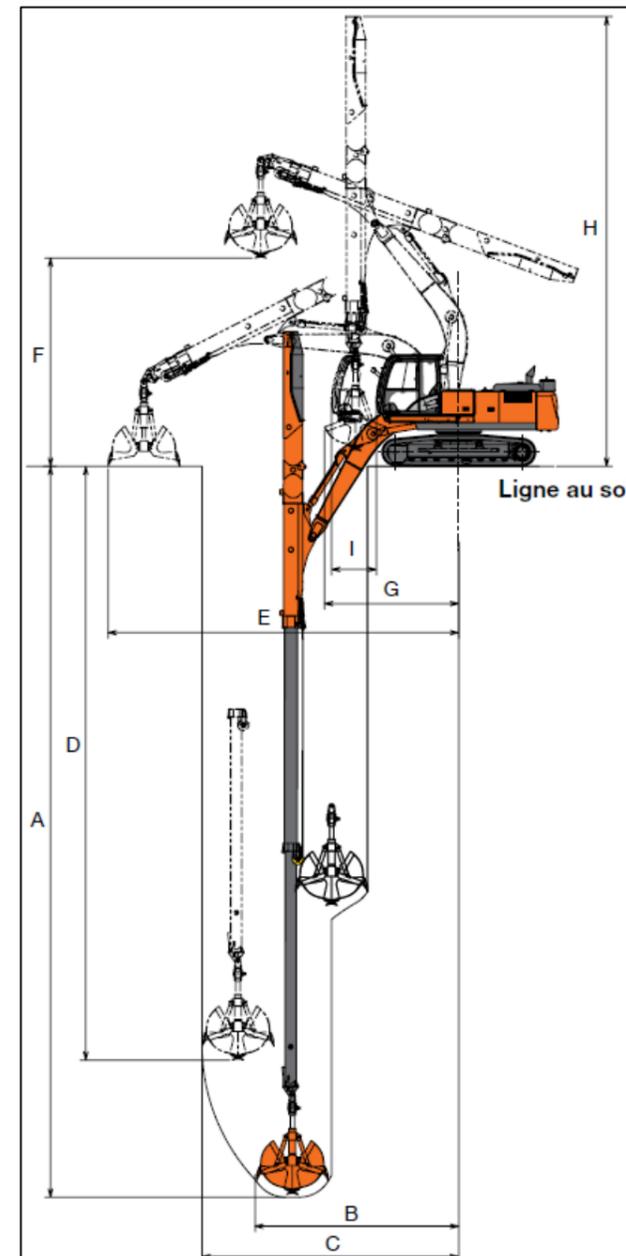


Figure 32 : Pelle mécanique avec bras télescopique équipée d'une benne preneuse (source : Groupement d'entreprises).

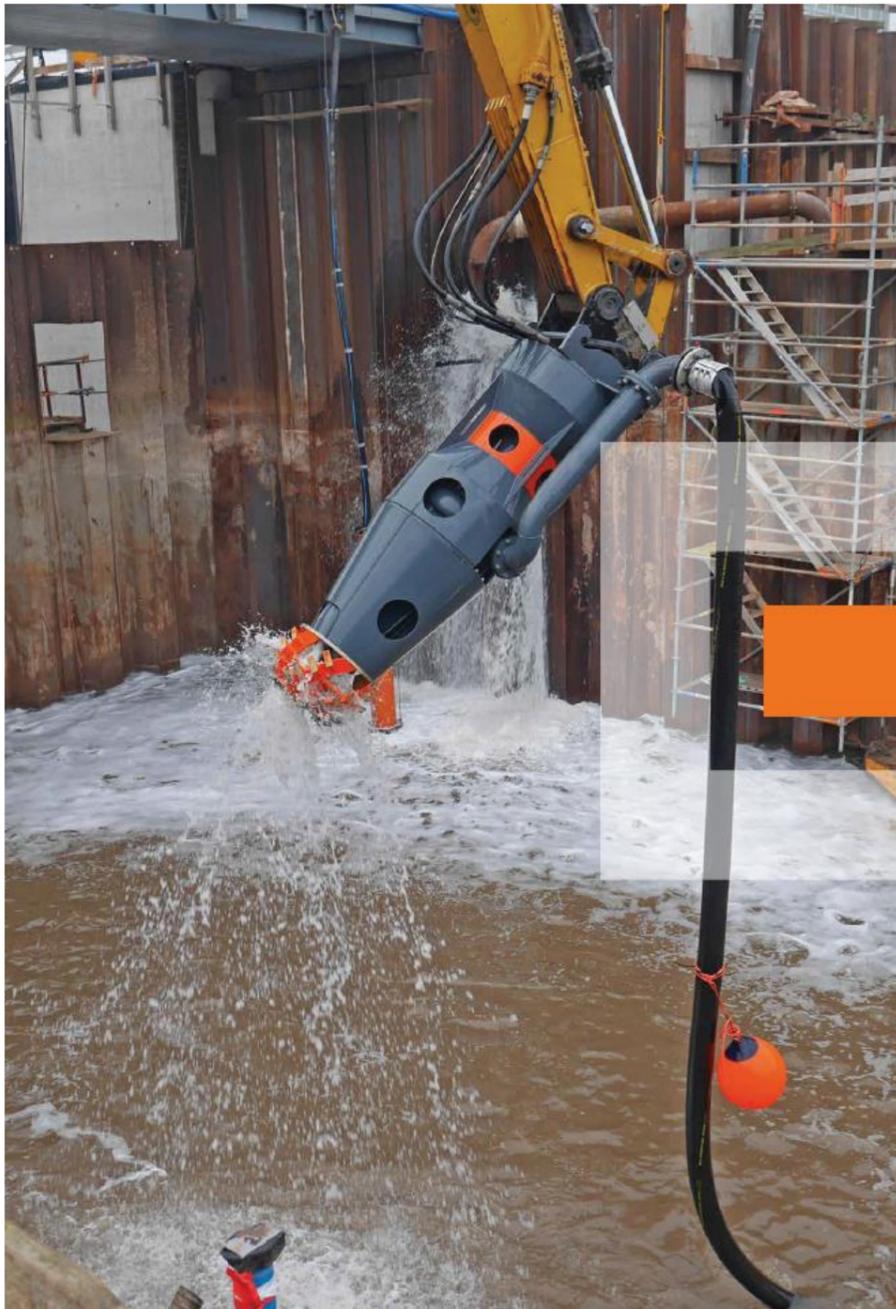


Figure 33 : Pompe de dragage (source : Groupement d'entreprises).

3.4. Devenir des sédiments de dragage

Tous les sédiments dragués seront prélevés et destinés à être gérés à terre ; ils feront l'objet d'un traitement par floculation et une déshydratation au sein de géotubes. Une fois la déshydratation achevée, les sédiments seront évacués en ISDND⁶ ou ISDD⁷.

Les matériaux extraits par aspiration seront placés dans des géotubes (d'une hauteur comprise entre 1 m et 1,5 m, empilables). Chaque géotube sera associé à une qualité de matériaux donnée (ISDND ou ISDD).

Après une période d'assèchement de 3 mois à 6 mois environ (durée moyenne), les matériaux pourront être à nouveau testés avant évacuation (certains paramètres pourront être affectés par le stockage en géotube).

A l'issue de cette période et de ces analyses, les matériaux pourront être évacués en filière agréée, ceci par voie terrestre, ce qui nécessitera de faire circuler entre 110 et 130 camions sur plusieurs semaines.

Le principe général de fonctionnement des géotubes est le suivant⁸ :



Figure 34 : Principe général de fonctionnement des géotubes (source : www.tencategeotube.com).

Page suivante sont présentés deux exemples d'utilisations de géotubes dans le cadre d'opérations de dépollution⁹.

⁶ ISDND : Installation de stockage de déchets non dangereux.

⁷ ISDD : Installation de stockage de déchets dangereux.

⁸ Source : https://www.tencategeotube.com/media/b1da47e7-5419-4ff0-a1d2-cf76eb3bebd2/6g2VjA/TenCate%20Water%20and%20Environment/Documents/PDF/Brochures/Geotube%C2%AE%20Dewatering%20brochures/TenCate_Geotube_Dewatering_General_Brochure_FR_961163.pdf

⁹ Source : Idem.



Etude de cas

Application | Dépollution d'un site pollué au mercure
Lieu | Pauliström, Suède
Produit | Technologie d'essorage GEOTUBE®

Des sites industriels polluants sont situés le long de la rivière Pauliström depuis les années 1700. Svartsjöarna a servi pendant longtemps de bassin de sédimentation pour la pulpe de bois provenant de la papeterie de Pauliström, située à 3 km en amont du lac. Au milieu des années 60, un produit à base de mercure fut utilisé pour protéger la pulpe des bactéries, formant ainsi des sédiments contaminés composés de fibres de cellulose polluées au mercure. On estime la quantité totale de fibres rejetées par la papeterie entre 15 et 20 000 tonnes. Les travaux de dépollution du lac Svartsjöarna demandent l'enlèvement de 260 000 m³ de sédiments à base de fibres et contaminés par le mercure. Ces sédiments sont pompés dans un bassin en remblai voisin tout spécialement préparé pour ce projet. Ils sont ensuite traités avec des polymères (floculants) puis envoyés dans des unités GEOTUBE®. Une joint-venture entre DEC et Dredging International a remporté le contrat de conception et de réalisation.

Réhabilitation environnementale

Endiguement efficace pour des projets à petite ou à grande échelle

Les rivières, baies, ports, marinas, chenaux et bassins de docks ont tous collecté pendant de nombreuses années des sédiments contaminés provenant des écoulements industriels. Dans de nombreux cas, ces sédiments représentent des dangers considérables pour l'environnement, et leur traitement est une entreprise complexe et onéreuse.

Boues essorées retirées d'une unité GEOTUBE® à l'aide d'un excavateur.

Les sédiments marins peuvent être endigués et drainés facilement à l'aide de la technologie GEOTUBE®. Cette opération peut être effectuée sur le site ou à proximité, en utilisant un bassin où les unités GEOTUBE® peuvent être empilées en plusieurs couches afin de minimiser l'espace nécessaire. Les dimensions GEOTUBE® peuvent s'adapter à des applications à plus ou moins grande échelle. Ce système est capable de contenir des matières, même dangereuses, d'en réduire le volume mais aussi de réduire significativement les coûts d'élimination.

4 |

Etude de cas

Application | Essorage de résidus miniers acides
Lieu | Skytop Mountain, Etats-Unis
Produit | Technologie d'essorage GEOTUBE®

Pendant la construction de la I-99 en Pennsylvanie, les ouvriers ont découvert plus de 500 000 m³ de roche contenant de la pyrite extraite des mines. L'acide provenant de ce matériau menaçait les sources locales et les eaux de surface. La solution : un processus utilisant la technologie d'essorage GEOTUBE®.

La roche pyritique a été concassée et traitée avec un agent neutralisant. Les rejets acides provenant de ce traitement ont été collectés dans un bassin de sédimentation et ensuite pompés et traités au travers d'un système GEOTUBE®. Au final, une eau claire et neutre est sortie du conteneur GEOTUBE®, sans nécessité de traitements complémentaires.

Extraction et traitement des minéraux

Facilité de stockage des unités GEOTUBE®

Les résidus miniers, les boues de charbon ainsi que d'autres matériaux peuvent être gérés et traités de manière économique grâce à la technologie GEOTUBE®. Comme les unités GEOTUBE® peuvent être dimensionnées en fonction de l'application, elles peuvent ainsi être placées dans les espaces disponibles entre d'autres structures et retirées lorsque l'essorage est terminé. La technologie d'essorage GEOTUBE® est une alternative économiquement rentable en comparaison avec les procédés mécaniques. Elle réduit les coûts d'évacuation en consolidant les solides de façon plus optimale, tout en nécessitant une très faible maintenance.

Essorage de déchets de charbon à l'aide de la technologie GEOTUBE®.

Les effluents peuvent être pompés directement depuis le site de production. Si un purificateur ou un épaisseur est utilisé, les effluents peuvent être renvoyés dans le conteneur GEOTUBE®, éliminant ainsi tout besoin de disposer d'un système d'essorage mécanique coûteux. Les unités Geotube peuvent être utilisées dans les déchets miniers pour retenir les fines, les vases ou les argiles, avant de rejeter les liquides propres dans les bassins ou directement dans les cours d'eau. Les unités GEOTUBE® vont séparer et essorer les fines et permettre leur évacuation sans l'utilisation coûteuse d'opérations de dragage et de transport. Dans certains cas, des conditionneurs ou des polymères sont utilisés pour déclencher la floculation et améliorer la rétention encore plus rapide des solides ainsi que la qualité du filtrat. La technologie GEOTUBE® peut également servir à faciliter l'emploi des fines pour la construction de digues ou de bassins de rétention.



6 |

3.5. Zones draguées et zone de stockage

La figure ci-dessous permet de localiser les zones draguées et la zone de stockage des géotubes qui présente une superficie de 3 000 m² à proximité directe de la zone de travail.

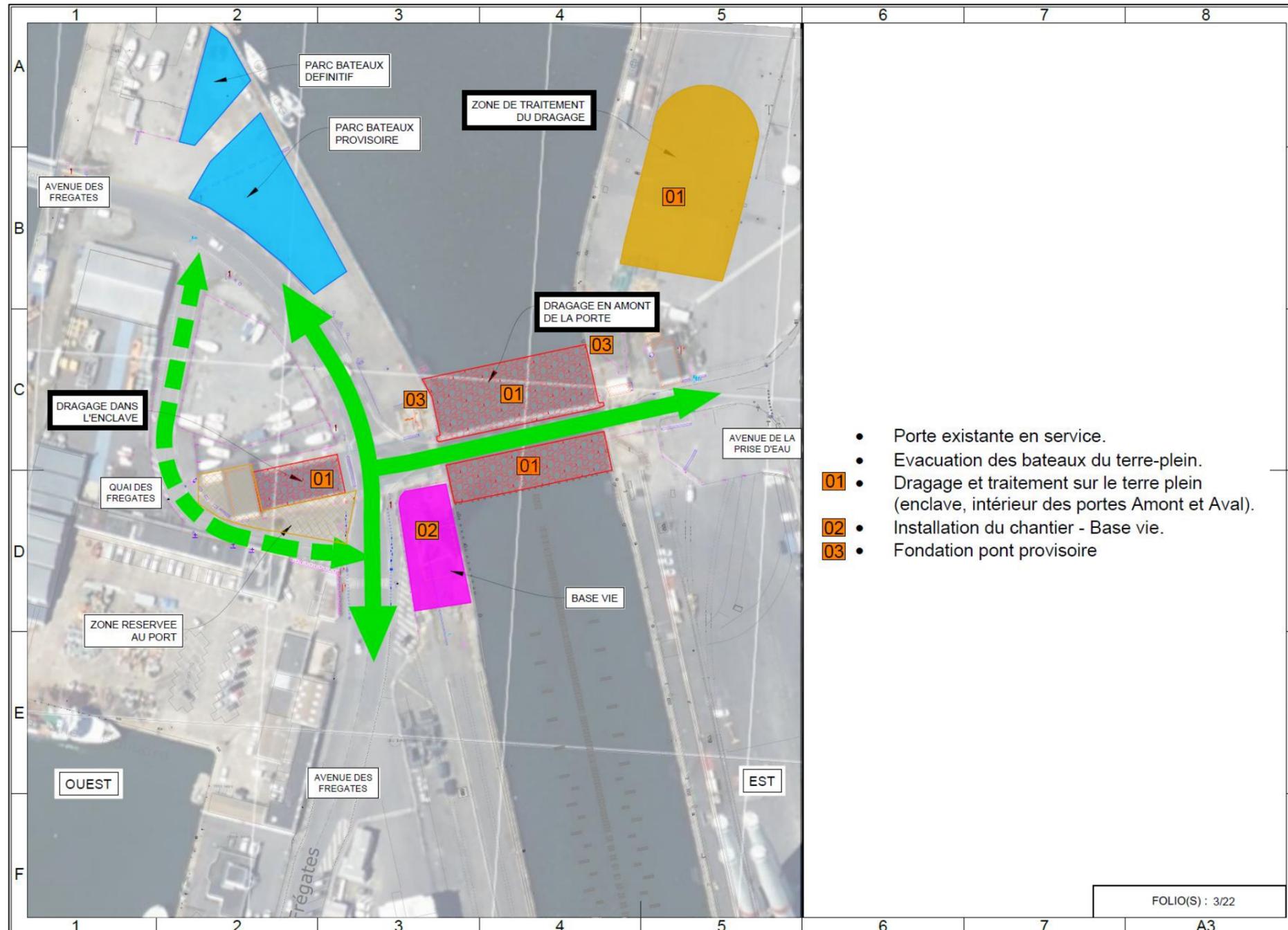


Figure 35 : Plan du projet de dragage des sédiments (source : Groupement d'entreprises).

3.6. Planning des opérations de dragage préalable

Les opérations de dragage préalable, en l'état actuel du planning opérationnel, vont se dérouler entre fin septembre 2026 et fin mars 2027.

Ce délai inclut le dragage en tant que tel ainsi que la gestion à terre des sédiments et leur évacuation.

- Porte existante en service.
- Evacuation des bateaux du terre-plein.
- 01 • Dragage et traitement sur le terre plein (enclave, intérieur des portes Amont et Aval).
- 02 • Installation du chantier - Base vie.
- 03 • Fondation pont provisoire

3.7. Incidences négatives potentielles et mesures d'évitement et de réduction

Le dragage préalable au remplacement de la porte amont de la Forme Joubert sera sans incidence négative notable sur l'eau, les milieux naturels aquatiques et la biodiversité, compte tenu des modalités de réalisation des travaux et de l'absence d'enjeu environnemental au droit du site.

Le risque de pollution accidentelle, conséquence d'un dysfonctionnement d'engin de chantier, est le seul risque identifié. Les entreprises auront l'obligation de mettre en œuvre les mesures préventives et, si besoin, curatives, relatives à ce risque.

Compte-tenu de ce risque de pollution accidentelle et des incidences négatives qu'elle peut générer, qui peuvent concerner tant la qualité des eaux superficielles que les habitats benthiques ou les autres habitats naturels, les mesures de réduction en phase travaux à portée générale (MR-Tr-Gén) suivantes seront mises en œuvre :

- **MR-Tr-Gén-01 :** **Déploiement d'engins et de matériels de chantier respectant les normes environnementales en vigueur, notamment en termes de quantité et de qualité des rejets dus à la combustion de carburant.**

Cette mesure va permettre de réduire au strict minimum les éventuelles incidences négatives locales de la phase travaux sur les différents milieux naturels en présence.

Cette mesure sera mise en œuvre par le Groupement d'entreprises pendant la durée des travaux.

- **MR-Tr-Gén-02 :** **Rédaction d'une fiche de consignes à destination des intervenants pour le compte du Groupement d'entreprises.**

Cette mesure consiste en la rédaction d'une fiche de consignes comprenant :

- o Les moyens de prévention et de contrôle en mode normal de fonctionnement du chantier, pendant les week-ends et jours fériés, en cas d'événement climatique exceptionnel.
- o La liste des personnes et organismes à alerter en fonction de l'incident.
- o Les moyens disponibles et catalogues des solutions techniques pour une intervention rapide (kits d'interventions d'urgence, barrage flottant, nettoyage, etc.).
- o Un synoptique de la conduite à tenir.

Cette mesure sera mise en œuvre par le Groupement d'entreprises pendant la durée des travaux.

- **MR-Tr-Gén-03 :** **Rappel aux intervenants précautions à prendre en ce qui concerne le stockage et la manipulation des produits nécessaires au fonctionnement des engins de chantiers (huiles, hydrocarbures...).**

- o Une réunion « prise en compte de l'environnement » sera organisée, à laquelle l'ensemble des chefs de chantier concernés par les travaux sera convié.
- o Une formation / sensibilisation du personnel, adaptée.
- o Une notice des précautions à prendre et des prescriptions environnementales à respecter sera éditée et rendue contractuelle dans le cadre des marchés de travaux.
- o Une liste des personnes responsables et des personnes à prévenir en cas d'incident sera établie et mise à jour / diffusée régulièrement par le maître d'œuvre.

Cette mesure sera mise en œuvre par le GPMNSN et par le Groupement d'entreprises pendant la durée des travaux.

- **MR-Tr-Gén-04 :** **Vigilance particulière du maître d'œuvre quant au respect de l'ensemble des prescriptions liées à la préservation des milieux.**

- o Etude et validation du SOPAQ¹⁰, du SOPAE¹¹, du SOGED¹², du PRE¹³ ;
- o Rédaction des comptes-rendus de réunions de chantier qui comporteront obligatoirement un volet spécifique concernant les questions environnementales.

Cette mesure sera mise en œuvre par le Groupement d'entreprises pendant la durée des travaux.

- **MR-Tr-Gén-05 :** **Gestion des déchets favorisant la valorisation et le recyclage dans le cadre du chantier.**

Cette mesure comporte les étapes suivantes :

- o Les produits et équipements non réutilisés seront éliminés dans des circuits autorisés par la réglementation en vigueur.
- o Le SOSED¹⁴ sera établi et décrira :
 - Les modes de transport par lesquels seront acheminés les déchets ;
 - Les centres de stockage ou centres de regroupement ou unités de recyclage ou lieu de réutilisation où seront acheminés les différents déchets à évacuer ;
 - Les méthodes qui seront utilisées pour ne pas mélanger les différents types de déchets ;
 - Les moyens de contrôle, de suivi et de traçabilité qui seront mis en œuvre pour les travaux et le transport ;
 - Les dispositions prises en cas de découverte d'un engin pyrotechnique (UXO) ou autre macrodéchet.

Cette mesure sera mise en œuvre par le Groupement d'entreprises pendant la durée des travaux.

¹⁰ SOPAQ : Schéma organisationnel d'un plan assurance qualité.

¹¹ SOPAE : Schéma organisationnel d'un plan assurance environnement.

¹² SOGED : Schéma d'organisation et de gestion des déchets.

¹³ PRE : Plan de respect de l'environnement.

¹⁴ SOSED : Schéma d'organisation et de suivi de l'élimination des déchets de chantier.

En complément, les mesures de réduction suivantes, en phase travaux, relatives à la qualité des eaux superficielles (MR-Tr-QES) seront mises en œuvre :

- **MR-Tr-QES-01 :** Réduction du risque de diffusion d'une pollution aux hydrocarbures provenant d'un engin nautique par mise en œuvre d'un barrage flottant.

Cette mesure d'intervention en cas de pollution aux hydrocarbures par les engins nautiques consiste en la mise en place d'un barrage flottant de confinement de la pollution (barrages constitués d'une succession de boudins de mousse à cellules fermées inclus dans des enveloppes étanches en tissu de polyester enduit de PVC renforcé et de chaînes de lestage). Cette mise en place aura pour objectif de confiner la pollution à l'intérieur du barrage à l'aide d'un « kit mer ».

Cette mesure sera mise en œuvre par le Groupement d'entreprises.

- **MR-Tr-QES-02 :** Réduction du risque de diffusion d'une pollution par mise en œuvre d'un « kit anti-pollution ».

Cette mesure consiste au déploiement d'un kit anti-pollution (tapis et coussins hydrophobes) dans l'objectif d'absorber une éventuelle pollution accidentelle, de faible ampleur.

Cette mesure sera mise en œuvre par le Groupement d'entreprises.

- **MR-Tr-QES-03 :** Réduction du risque de diffusion d'une pollution accidentelle, sur les aires de stockage terrestres, par réalisation d'aménagements spécifiques.

Cette mesure comporte les éléments suivants :

- o Mise en place d'aires pour le stockage de tous les produits dangereux ou polluants, les hydrocarbures, huiles etc. sur lesquelles seront effectuées les opérations à risque. Ces aires seront étanches, entourées de fossés ou de bordures bétonnées permettant de recueillir et de canaliser les déversements accidentels vers un bassin de rétention rigoureusement étanche (à noter que ce bassin est également destiné à recueillir les eaux usées du chantier).
- o Stockage des hydrocarbures dans des cuves à double étanchéité.
- o Limitation des vidanges des engins, des cuves et matériels divers à des zones étanches, les produits de vidanges tant évacués vers des installations de récupération agréées.

Cette mesure sera mise en œuvre par le Groupement d'entreprises.

3.8. Suivi environnemental mis en œuvre

3.8.1. Qualité des eaux de ressuyage

Le Groupement d'entreprises en charge notamment du dragage et de la gestion des sédiments assurera un suivi de la qualité physico-chimique des eaux de ressuyage. Le protocole relatif à ce suivi est en cours de finalisation. Il sera détaillé au sein du porter à connaissance loi sur l'eau que le GPMNSN adressera à la DDTM44¹⁵ avant travaux.

Ce suivi fera l'objet de comptes-rendus réguliers au GPMNSN ; les résultats pourront être communiqués à la DDTM44.

3.8.2. Non-dissémination du bivalve *Arcuatula senhousia*

Le Groupement d'entreprises en charge notamment du dragage et de la gestion des sédiments a pour mission d'étudier, de concevoir, de proposer puis de mettre en œuvre un ou des dispositifs qui auront pour objectif de résultat d'éviter la dissémination de cette espèce de bivalve dans le milieu :

- Lors des opérations de dragage ;
- Lors des phases de ressuyage des sédiments.

Lorsque le(s) protocole(s) aura(ont) été définis, il(s) sera(ont) communiqué(s) à la DDTM44 pour avis avant mise en application.

Il(s) sera(ont) détaillé(s) au sein du porter à connaissance loi sur l'eau que le GPMNSN adressera à la DDTM44 avant travaux.

¹⁵ DDTM44 : Direction départementale des territoires et de la mer de Loire-Atlantique.

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

4. Cadre réglementaire de l'opération de remplacement de la porte amont de la forme Joubert

4.1. Hypothèses structurantes pour le cadrage réglementaire

Les chapitres à suivre tiennent compte des hypothèses suivantes :

- Ouvrage concerné : porte amont de la forme Joubert incluant la porte ainsi que l'ensemble des dispositifs de guidage, de manœuvre, de gestion, qui en permettent le fonctionnement.
- Statut de la porte actuelle : existence au titre de la loi sur l'eau reconnue via l'arrêté préfectoral du 08/11/2007.
- Objet de l'opération : remplacement de la porte amont de la forme Joubert, par un ouvrage présentant le même principe de fonctionnement et assurant les mêmes fonctionnalités que l'ouvrage actuellement en place, notamment la hauteur d'eau disponible à l'intérieur du bassin + démantèlement de la porte actuelle et évacuation.
- Montant de l'opération : environ 37 M€HT.
- Réalisation des travaux :
 - o en dehors de toute connexion directe avec la Loire ;
 - o retrait de la porte sans mise à sec : désengagement du support et acheminement dans une forme du bassin de Penhoët par flottaison ;
 - o préfabrication de la nouvelle porte à l'extérieur du site, acheminement à proximité de la forme et mise en œuvre par flottaison ;
 - o traitement du dispositif de guidage présente sur le radier soit par mise à sec d'un tronçon de forme (pompage des eaux à l'intérieur de la zone batardée et rejet dans la forme et/ou dans le bassin de Penhoët = pas de rejet dans la Loire), soit par mise en œuvre d'un tunnel de travail ;
 - o extraction, traitement et évacuation de sédiments pour un volume de 2 950 m³.
 - o démantèlement de la porte au sein d'une forme du bassin de Penhoët avec, autant que de besoin, des dispositifs de confinement pour éviter toute dispersion de poussière et pour assurer la protection des personnels (qui seront protégés par des tenues adaptées, à l'identique des mesures prises dans le cas d'opération de remise en peinture d'ouvrages métalliques).

4.2. Autorité environnementale sollicité pour avis dans le cadre du projet

L'article R.122-6 du Code de l'environnement dispose :

« 1.- L'autorité environnementale mentionnée au V de l'article L. 122-1 est : [...]

2° La formation d'autorité environnementale de l'Inspection générale de l'environnement et du développement durable : [...]

b) Pour les projets qui sont élaborés : [...]

-sous maîtrise d'ouvrage d'établissements publics relevant de la tutelle du ministre chargé de l'environnement, ou agissant pour le compte de celui-ci ; [...]

Les grands ports maritimes sont des établissements publics de l'État. La DGITM¹⁶ au sein du ministère, exerce la tutelle des grands ports maritimes¹⁷.

Par conséquent, le projet est placé sous la maîtrise d'ouvrage d'un établissement public relevant de la tutelle du ministre chargé de l'environnement.

L'Autorité environnementale qui sera sollicitée pour avis sera donc la formation d'autorité environnementale de l'IGEDD¹⁸.

4.3. Code de l'environnement

4.3.1. Demande d'examen au cas par cas ou évaluation environnementale systématique

La porte amont de la forme Joubert est un ouvrage portuaire que l'opération vise à remplacer dans des dimensions générales et des fonctionnalités identiques.

La porte amont de la forme Joubert est un élément constitutif d'une installation portuaire qui est définie comme suit : « les installations portuaires sont tous les équipements terrestres ou marins nécessaires au fonctionnement du port. Il existe trois catégories d'installations portuaires :

- Les bassins : ce sont les zones en eau dans lesquelles les bateaux viennent accoster pour effectuer une opération commerciale, d'entretien ou de stationnement.
- Les entrepôts : ce sont les constructions terrestres où sont stockées temporairement les marchandises provenant ou destinées à être chargées sur les bateaux.

¹⁶ DGITM : Direction générale des infrastructures des transports et de la mer.

¹⁷ Source : <https://www.ecologie.gouv.fr/acteurs-reseau-et-activites-portuaires-en-france>

¹⁸ IGEDD : Inspection générale de l'environnement et du développement durable.

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

- Les postes à quai : ce sont des tronçons de quai destinés à :
 - o L'embarquement ou le débarquement de passagers,
 - o La manutention de marchandises (vrac solide, vrac liquide, marchandises conditionnées),
 - o Éventuellement, le ravitaillement des navires. »

Les opérations de construction, de modification, d'agrandissement, etc., des ports et des installations portuaires sont visées par la catégorie d'aménagement n°9 du tableau annexe à l'article R.122-2 du Code de l'environnement.

En l'espèce, l'opération relative à la porte amont de la forme Joubert pourrait relever de la catégorie d'aménagement 9b) de ce tableau, sous le régime de la demande d'examen au cas par cas :

CATÉGORIES de projets	PROJETS soumis à évaluation environnementale	PROJETS soumis à examen au cas par cas
Milieux aquatiques, littoraux et maritimes		
9. Infrastructures portuaires, maritimes et fluviales.	a) Voies navigables et ports de navigation intérieure permettant l'accès de bateaux de plus de 1 350 tonnes.	a) Construction de voies navigables non mentionnées à la colonne précédente.
	b) Ports de commerce, quais de chargement et de déchargement reliés à la terre et avant-ports (à l'exclusion des quais pour transbordeurs) accessibles aux bateaux de plus de 1 350 tonnes.	b) Construction de ports et d'installations portuaires, y compris de ports de pêche (projets non mentionnés à la colonne précédente).
	c) Ports de plaisance d'une capacité d'accueil supérieure ou égale à 250 emplacements.	c) Ports de plaisance d'une capacité d'accueil inférieure à 250 emplacements.
		d) Zones de mouillages et d'équipements légers.

L'extraction des sédiments qui contiennent un paramètre dont la concentration dépasse le seuil N2 est une opération qui vise la catégorie d'aménagement n°25a) (1^{er} alinéa) du tableau annexe à l'article R.122-2 du Code de l'environnement ; ces travaux sont concernés par une demande d'examen au cas par cas :

25. Extraction de minéraux par dragage marin ou fluvial.	Extraction de minéraux par dragage marin : ouverture de travaux d'exploitation concernant les substances minérales ou fossiles contenues dans les fonds marins du domaine public, de la zone économique exclusive et du plateau continental.	<div style="border: 2px solid red; padding: 2px;"> 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 ; </div> -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 in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 50 000 m ³ ; 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 in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 5 000 m ³ ; -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 in situ dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 500 000 m ³ . 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 2 000 m ³ ; -inférieure ou égal à 2 000 m ³ dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1.
--	--	--

Autre point : le II de l'article R.122-2 du Code de l'environnement qui dispose :

« II. – Les modifications ou extensions de projets déjà autorisés, qui font entrer ces derniers, dans leur totalité, dans les seuils éventuels fixés dans le tableau annexé ou qui atteignent en elles-mêmes ces seuils font l'objet d'une évaluation environnementale ou d'un examen au cas par cas.

Les autres modifications ou extensions de projets soumis à évaluation environnementale systématique ou relevant d'un examen au cas par cas, qui peuvent avoir des incidences négatives notables sur l'environnement sont soumises à examen au cas par cas.

Sauf dispositions contraires, les travaux d'entretien, de maintenance et de grosses réparations, quels que soient les projets auxquels ils se rapportent, ne sont pas soumis à évaluation environnementale. »

Le GPMNSN a sollicité l'avis des services de la Préfecture de Loire-Atlantique et de la DDTM44 aux fins de savoir si l'intégralité des travaux prévus par l'opération de remplacement de la porte amont de la forme Joubert relevait de cette notion de « grosses réparations ».

GRAND PORT MARITIME DE NANTES – SAINT-NAZAIRE

DRAGAGE ET TRAITEMENT DE SEDIMENTS, PREALABLEMENT AU REMPLACEMENT DE LA PORTE AMONT DE LA FORME JOUBERT A SAINT-NAZAIRE

DEMANDE D'EXAMEN AU CAS PAR CAS

ANNEXE FACULTATIVE N°1 : NOTE DE PRESENTATION DES TRAVAUX

En réponse, si la DDTM44 considère bien que les travaux qui visent la catégorie d'aménagement 9b) relèvent de la notion de « grosses réparations », elle considère, en revanche, que cette notion ne s'applique pas au dragage.

C'est pourquoi, sur la base des éléments décrits ci-dessus, le GPMNSN soumet à examen au cas par cas les travaux de retrait des sédiments, travaux préalables au remplacement de la porte amont de la forme Joubert.

4.3.2. Déclaration ou autorisation au titre de la loi sur l'eau

4.3.2.1. Existence légale de la forme Joubert et de ses ouvrages

La forme Joubert a été régularisée au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du Code l'environnement par l'arrêté préfectoral du 08/11/2007. L'ouvrage est cité dans un tableau de l'annexe 1 de l'arrêté, mais sans référence à des rubriques de l'article R.214-1 du Code de l'environnement, à l'image des autres ouvrages historiques (jetées de l'avant-port Sud de Saint-Nazaire, formes de radoub...). Cela est lié au fait que le dossier support de l'arrêté de régularisation a seulement intégré la forme Joubert dans un tableau d'ouvrages (cf. *infra*), sans plan ni descriptif et sans référence aux rubriques.

Nom de l'ouvrage	Date de construction	Type d'ouvrage	Usage	Dimensions	Cote d'exploitation (en m CM) ou Cote d'ouvrage (en m CM)
AUTRES OUVRAGES					
Prise d'eau bassins	1990	Station de pompage	Pompage eau pour niveau dans bassins		
Vieux Môle	1828 - 1836	Ouvrage en maçonnerie longé par une rampe	Touristique	L : 120 m (rampe : L : 50 m)	
Entrée Sud	1896 - 1907	Ecluse	Entrées et sorties des bateaux de pêche et de servitude	L : 211 m - l : 30 m	
Entrée Est	1848 - 1856	Ecluse	Entrées et sorties des bateaux de pêche et de servitude	L : 60 m - l = 13 m	radier : - 1,8 bajoyers : + 7,8
Forme Joubert	1931 - 1932	Ecluse à portes	Réparation et carénage de navires	L : 350 - l : 50 m	

L'article 1 de l'arrêté du 08/11/2007 prescrit que « toute modification ultérieure de ces installations et ouvrages doit être portée à la connaissance de l'autorité préfectorale accompagnée d'un descriptif technique et financier et des éléments d'appréciation des éventuels impacts du projet sur l'environnement ».

Quant à lui, l'article L.181-14 du Code de l'environnement dispose que « toute modification substantielle des activités, installations, ouvrages ou travaux qui relèvent de l'autorisation environnementale est soumise à la délivrance d'une nouvelle autorisation, qu'elle intervienne avant la réalisation du projet ou lors de sa mise en œuvre ou de son exploitation.

En dehors des modifications substantielles, toute modification notable intervenant dans les mêmes circonstances est portée à la connaissance de l'autorité administrative compétente pour délivrer l'autorisation environnementale dans les conditions définies par le décret prévu à l'article L.181-32 ».

Ce qu'il faut entendre par « modification substantielle » et « modification notable » est défini à l'article R.181-46 du Code de l'environnement :

Modification substantielle	Modification notable
Modification apportée à des installations, ouvrages, travaux, aménagements qui : 1° En constitue une extension devant faire l'objet d'une nouvelle évaluation environnementale ; 2° Ou atteint des seuils quantitatifs et des critères fixés par arrêté du ministre chargé de l'environnement ; 3° Ou est de nature à entraîner des dangers et inconvénients significatifs	Toute autre modification aux installations, ouvrages, travaux, aménagements concernant : les travaux autorisés, leurs modalités d'exploitation, les autres éléments ayant conduit à l'autorisation.

En l'état, les travaux envisagés ne constituent pas une modification, substantielle ou notable, de la porte amont de la forme Joubert telle que régularisée par l'arrêté préfectoral du 08/11/2007.

4.3.2.2. Position du projet par rapport à la loi sur l'eau : modalités de réalisation des travaux

Les travaux de remplacement de la porte amont de la forme Joubert seront réalisés à l'intérieur de la forme Joubert et à l'intérieur du bassin de Penhoët qui est indirectement en contact avec les eaux de l'estuaire de la Loire.

Par conséquent, la question du visa des rubriques 4.1.2.0. et 4.1.3.0. de l'article R.214-1 du Code de l'environnement se pose.

Au sens du titre IV de l'article R.214-1 du Code de l'environnement auquel cette rubrique appartient, « *le milieu marin est constitué par :*

-les eaux des ports maritimes et des accès aux ports maritimes [...]. »

Conséquence : les eaux présentes au sein de la forme Joubert relèvent bien du milieu marin si elles sont considérées comme relevant des « *eaux des ports maritimes* ». **Aussi, les rubriques 4.1.2.0. et 4.1.3.0. sont susceptibles de s'appliquer.**

Concernant la rubrique 4.1.2.0., elle est libellée comme suit :

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 euros¹⁹ (A²⁰) :

2° D'un montant supérieur ou égal à 160 000 euros mais inférieur à 1 900 000 euros (D²¹).

Le montant de l'opération est de l'ordre de 37 M€HT ; il est donc supérieur au seuil de 1,9 M€TTC. Cette rubrique est donc visée sous le régime de l'autorisation.

Concernant la rubrique 4.1.3.0., elle est libellée comme suit :

4.1.3.0. Dragage et/ ou rejet y afférent en milieu marin :

1° 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 (A) ; [...]

Les travaux de remplacement de la porte amont de la forme Joubert vont impliquer l'extraction d'un volume de l'ordre de 2 950 m³ de sédiments dont l'un des paramètres de qualité dépasse le seuil N2. Par conséquent, cette rubrique est visée sous le régime de l'autorisation.

Une plateforme de stockage de déchets non inertes et non dangereux est réalisée, alors la rubrique 2.2.3.0 sera visée sous le régime de la déclaration (seul régime visé par cette rubrique) ; cette rubrique 2.2.3.0 dispose :

Rejet dans les eaux de surface, à l'exclusion des rejets réglementés au titre des autres rubriques de la présente nomenclature ou de la nomenclature des installations classées annexée à l'article R. 511-9, le flux total de pollution, le cas échéant avant traitement, étant supérieur ou égal au niveau de référence R1 pour l'un au moins des paramètres qui y figurent.

Le projet vise, sous le régime de l'autorisation, les rubriques 4.1.2.0. et 4.1.3.0. de l'article R.214-1 du Code de l'environnement ; il vise, sous le régime de la déclaration, la rubrique 2.2.3.0 de ce même article.

L'opération de remplacement de la porte amont de la forme Joubert, incluant les travaux de dragage préalable, feront l'objet d'un porter à connaissance loi sur l'eau qui rappellera le visa de ces 3 rubriques de la nomenclature de l'article R.214-1 du Code de l'environnement.

4.3.3. Dérogation au titre des espèces protégées

Le projet se situe en zone urbaine à l'intérieur de l'enceinte portuaire.

En l'état actuel du projet et des connaissances en termes de caractéristiques de la biodiversité en place, le projet ne nécessite pas de demande dérogation au titre des espèces protégées.

4.3.4. Non opposition aux objectifs de conservation des sites Natura 2000

La zone de projet est située en dehors de tout site Natura 2000 ; elle est, toutefois, localisée à proximité immédiate de deux sites Natura 2000. Le porter à connaissance « loi sur l'eau » présentera l'évaluation des incidences de l'opération sur les objectifs de conservation des sites Natura 2000.

4.3.5. Autorisation spéciale de travaux en site classé

La zone de projet est située à l'extérieur de tout site classé au titre du Code de l'environnement. L'opération ne nécessite donc pas de demande d'autorisation spéciale de travaux en site classé.

¹⁹ Les montants présentés dans cette rubrique s'entendent toutes taxes comprises.

²⁰ A : Autorisation.

²¹ D : Déclaration.

4.3.6. Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE)

Les travaux vont comporter une phase d'extraction de sédiments pollués, pour un volume de l'ordre de 2 950 m³. Les sédiments seront temporairement sur une aire dédiée, au sein de géotubes, pour en permettre le ressuyage avant évacuation vers une filière agréée. La durée d'entreposage sera, en l'état, limitée à 6 mois.

Pour ce qui concerne ces sédiments qui sont qualifiés de NON DANGEREUX, compte tenu des hypothèses présentées *supra*, aucune procédure au titre des ICPE ne sera nécessaire, en application de la note ministérielle du 25/04/2017 :

La note ministérielle du 25 avril 2017 relative aux **Modalités d'application de la nomenclature des installations classées pour le secteur de la gestion des déchets**, établie par la Direction générale de la prévention des risques, qui a remplacé la Circulaire d'application du 24 décembre 2010 de l'ordonnance n°2010-1579 du 17 décembre 2010, précise pour la gestion à terre des sédiments de dragage :

« **L'entreposage temporaire** des sédiments en amont d'un processus de valorisation ou d'élimination **peut être encadré par la Loi sur l'Eau**, au travers de la rubrique 2.2.3.0 Rejets dans les eaux de surface, sous réserve que :

1. ne soient pas mises en oeuvre, au cours de cette gestion, des activités de traitement (seul le ressuyage, la déshydratation des matériaux afin d'en limiter le volume pour en faciliter le transport, et la séparation granulométrique du sédiment peuvent être pratiqués)
2. les sédiments soient caractérisés comme non dangereux ;
3. les sédiments soient entreposés dans un lieu approprié permettant de récupérer les eaux de ressuyage afin d'en contrôler le rejet ;
4. le site d'entreposage se situe dans le site le plus proche au lieu de dragage pour les sédiments marins et à proximité du lieu de dragage dans les autres cas.

La **durée d'entreposage** de ces sédiments doit être mentionnée dans l'autorisation délivrée au titre de la Loi sur l'Eau pour chaque chantier ou chaque phase de chantier (concernant les autorisations de plusieurs années pour les dragages d'entretien). Elle doit rester limitée à 1 an quand les sédiments ont vocation à être éliminés et à 3 ans s'ils ont vocation à être valorisés. »

Le dossier précise que, dans le cas présent, il n'est pas prévu la création de site ICPE spécifiquement dédié à la gestion des sédiments des canaux, mais bien **un encadrement par la Loi sur l'Eau des sites de transits** préexistants proches, ou à venir, servant à la déshydratation des sédiments.

En particulier la rubrique 2716 de la nomenclature des ICPE ne sera pas visée. En revanche, la rubrique 2.2.3.0 de la nomenclature loi sur l'eau sera visée (sous le régime de la déclaration, seul régime concerné par cette rubrique).

4.3.7. Autorisation environnementale

Si la demande d'examen au cas par cas conduit à une dispense d'évaluation environnementale, le projet fera l'objet d'un porter à connaissance « *loi sur l'eau* », intégrant l'évaluation des incidences Natura 2000. Le projet ne sera pas soumis à autorisation environnementale.

Si la demande d'examen au cas par cas conduit à une demande d'évaluation environnementale, le projet sera soumis à autorisation environnementale (éventuellement supplétive).

4.3.8. Débat public et concertation préalable

L'opération relative à la porte amont de la forme Joubert présente un coût évalué à 37 M€HT.

Compte tenu de ses caractéristiques, elle ne vise aucune catégorie d'aménagement du tableau de l'article R.121-2 du Code de l'environnement. Aussi, la saisine de la CNDP²² n'est pas nécessaire.

En revanche, la concertation préalable peut être engagée, notamment si le projet est soumis à évaluation environnementale à l'issue de la demande d'examen au cas par cas.

4.3.9. Droit d'initiative

En application des dispositions de l'article L.121-17 du Code de l'environnement :

« III. - En l'absence de toute concertation préalable décidée en application du I ou du II et respectant les modalités fixées aux articles L. 121-16 et L. 121-16-1, un droit d'initiative est ouvert au public pour demander au représentant de l'Etat concerné l'organisation d'une concertation préalable respectant ces modalités ».

Conformément aux dispositions de l'article L.121-17-1 du Code de l'environnement, le droit d'initiative est ouvert pour :

« 1° Les projets mentionnés au 2° de l'article L.121-15-1, lorsque le montant des dépenses prévisionnelles d'un tel projet réalisé sous maîtrise d'ouvrage publique est supérieur à un seuil fixé par décret en Conseil d'Etat et ne pouvant être supérieur à 5 millions d'euros, ou lorsque le montant total des subventions publiques à l'investissement accordées sous forme d'aide financière nette au maître d'ouvrage d'un projet privé est supérieur à ce seuil ; [...]

La présente sous-section n'est pas applicable aux projets, plans et programmes pour lesquels le maître d'ouvrage ou la personne publique responsable a organisé une concertation préalable respectant les modalités prévues aux articles L.121-16 et L.121-16-1. »

²² CNDP : Commission nationale du débat public.

Si le projet est dispensé d'évaluation environnementale à l'issue de la demande d'examen au cas par cas, le droit d'initiative ne s'applique pas.

Si le projet est soumis à évaluation environnementale à l'issue de la demande d'examen au cas par cas, le droit d'initiative ne s'exerce pas en cas de concertation préalable avec garant. D'où l'importance d'organiser une telle concertation préalable.

4.3.10. Déclaration de projet

L'article L.126-1 du Code de l'environnement dispose en son alinéa 1er que : « *Lorsqu'un projet public de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages a fait l'objet d'une enquête publique en application du chapitre III du présent titre, l'autorité de l'Etat ou l'organe délibérant de la collectivité territoriale ou de l'établissement public responsable du projet se prononce, par une déclaration de projet, sur l'intérêt général de l'opération projetée.* »

Sont donc visés les projets :

- publics de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages, c'est-à-dire dont sont responsables des personnes morales de droit public . Au sens de cet article, le « *responsable* » du projet est la collectivité publique, maître d'ouvrage de l'opération, pour le compte de laquelle les travaux sont effectués ou l'ouvrage construit. L'exécution des travaux peut quant à elle être assurée par une personne publique ou privée ;
- qui ont fait l'objet d'une enquête publique au titre du Code de l'environnement, c'est-à-dire les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements soumis, notamment, à autorisation environnementale.

Si le projet est dispensé d'évaluation environnementale à l'issue de la demande d'examen au cas par cas, la notion de déclaration de projet ne s'applique pas.

Si le projet est soumis à évaluation environnementale à l'issue de la demande d'examen au cas par cas, il devra faire l'objet d'une déclaration de projet.

4.3.11. Bilan des procédures au titre du Code de l'environnement

Le bilan des procédures au titre du Code de l'environnement, dont le GPMNSN sera le pétitionnaire puis le bénéficiaire, est le suivant :

- Demande d'examen au cas par cas.
- En cas de **DISPENSE** d'évaluation environnementale :
 - o Porter à connaissance loi sur l'eau intégrant l'évaluation des incidences Natura 2000.
- En cas de **DEMANDE** d'évaluation environnementale :
 - o Concertation préalable facultative :
 - Si réalisée : le droit d'initiative ne s'applique pas.
 - Si refusée : le droit d'initiative s'applique.
 - o Demande d'autorisation environnementale (supplétive) tenant lieu :
 - De demande d'autorisation loi sur l'eau ;
 - De non-opposition aux objectifs de conservation des sites Natura 2000 ;
 - o Déclaration de projet.

4.4. Code de l'urbanisme

Le projet n'est concerné par aucune procédure au titre du Code de l'urbanisme.

4.5. Code du patrimoine

Le projet ne comporte aucune intervention ayant pour conséquence de modifier le sous-sol, à terre ou en mer.

Par conséquent, il n'est concerné par aucune procédure au titre du Code du patrimoine.

4.6. Code des transports

Dans le cadre de l'organisation des Grands ports maritimes, l'article L.5311-2 du Code des transports dispose :

« Les travaux de construction ou de **modification substantielle** d'un ouvrage d'infrastructure portuaire dont l'exploitation présente des risques particuliers pour la sécurité des personnes sont soumis aux conditions et procédures prévues aux articles L.1612-1, L.1612-2, L.1612-4 et L.1612-6. Leur mise en service est soumise aux conditions et procédures prévues aux articles L.1613-1 et L.1613-2. »

L'article R.5311-3 du Code des transport précise la notion de **modification substantielle** ; celle-ci s'applique aux cas suivants :

- Soit la modification fait suite à une fermeture ordonnée par l'Etat ;
- Soit le coût prévisionnel de la modification est supérieur ou égal à 50% du coût de réalisation estimé de l'ouvrage initial, actualisé à la date de la modification envisagée.

Compte tenu du montant estimé de l'opération, le projet de remplacement de la porte amont de la forme Joubert vise le second item et relève de la modification substantielle au titre du Code des transports.

L'article R.1612-1 du Code des transports précise quels sont les ouvrages portuaires dont l'exploitation présente des risques particuliers pour la sécurité des personnes ; cela concerne :

- Les ouvrages de franchissement hydraulique dont le dénivelé maximum est supérieur à 6 mètres ou dont la largeur du sas est supérieure à 25 mètres ;
- Les ponts mobiles dont la longueur de chaussée utile est supérieure à 60 mètres ;
- Les passerelles portuaires permettant l'accès des poids lourds aux navires et comportant des dispositifs d'ajustement des niveaux, qu'il s'agisse de câbles, de vérins ou de pontons flottants.

Ce même article précise que « Les ouvrages d'infrastructure comprennent tous les éléments concourant à leur fonctionnement, notamment les équipements mécaniques mobiles et les installations techniques et de sécurité telles que signalisation, systèmes d'alimentation électrique, d'aides à l'exploitation, de commande, de contrôle ou de communication ».

Compte tenu des dimensions de la forme Joubert et de ses portes amont et aval, le projet concerne un ouvrage relevant du premier item dont l'exploitation présente des risques particuliers pour la sécurité des personnes.

Conséquence des deux points ci-dessus : le projet est soumis aux conditions prévues à l'article L.5311-2 du Code du transport. Cela implique qu'il est « soumis aux conditions et procédures prévues aux articles L.1612-1, L.1612-2, L.1612-4 et L.1612-6. Leur mise en service est soumise aux conditions et procédures prévues aux articles L.1613-1 et L.1613-2 ».

Auquel cas, l'article L.1612-4 du Code des transports dispose que :

« L'engagement des travaux est subordonné, pour les opérations mentionnées aux 1° et 2° de l'article L.1612-2, à l'avis de l'autorité compétente sur le dossier préliminaire. Faute d'avis, les travaux peuvent être engagés à l'expiration d'un délai fixé par décret en Conseil d'Etat ».

Comme en dispose l'article R.1612-1 du Code des transports :

« 2° Les modalités et les conditions d'engagement des travaux concernant les infrastructures portuaires mentionnées au 1° du présent article sont fixées par les dispositions des articles R.5311-3 à R.5311-9 du code des transports ».

Ainsi, l'article R.5311-4 du Code des transports dispose :

« Le dossier préliminaire prévu à l'article L.1612-1 et le rapport de sécurité qui l'accompagne sont adressés au représentant de l'Etat désigné à l'article R.5311-6. **Le contenu de ce dossier est précisé par arrêté du ministre chargé des ports maritimes** ».

A la date de rédaction de ce cadrage, l'arrêté susmentionné n'a pas été recensé. De même, aucun dossier préliminaire de ce type n'a été recensé dans la bibliographie.

De même, l'article R.5311-7 du Code des transports dispose :

« **Le maître d'ouvrage d'un projet adresse au représentant de l'Etat désigné à l'article R.5311-6, au moins quatre mois avant la date envisagée pour la mise en exploitation de l'ouvrage, une demande d'autorisation de mise en service à laquelle est annexé un projet de prescriptions d'exploitation. Le représentant de l'Etat dispose de quatre mois à compter de la réception de la demande pour accorder l'autorisation sollicitée ou faire connaître les raisons qui s'opposent à sa délivrance. S'il demande un complément d'information, ce délai est interrompu et recommence à courir pour quatre mois à compter de la production des éléments demandés** ».

Le projet concerne un ouvrage existant, en service, qu'il s'agit de remplacer dans le cadre d'une opération de maintenance / grosse réparation.

L'analyse conduit à soumettre le projet à la procédure prévue par le Code des transports, relative au dossier préliminaire et au rapport de sécurité.

Le délai d'instruction du dossier, préalablement à la mise en service des installations, est de quatre (4) mois.

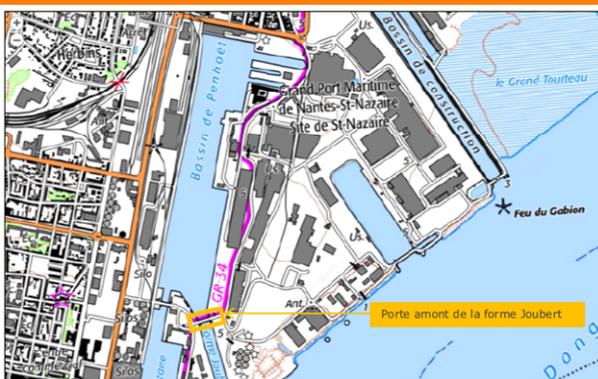
Le détail de cette procédure fera l'objet d'un point particulier ; il est à évoquer avec les services de l'Etat, notamment au regard de l'arrêté du ministre chargé des ports maritimes. Des échanges ont eu lieu au cours du 1^{er} semestre de 2023 ; ils ont confirmé la nécessité de mener à bien cette procédure.

4.7. Synthèse des procédures identifiées applicables à l'opération

En synthèse des éléments décrits dans les chapitres précédents, le projet, en l'état actuel de sa définition, est concerné par les procédures suivantes :

Code	Procédures	Applicable au projet
Environnement	Examen au cas par cas ou évaluation environnementale	Demande d'examen au cas par cas [visa des catégories 9b) et 25a)].
	Déclaration ou autorisation loi sur l'eau	En cas de dispense d'évaluation environnementale : porter à connaissance qui visera : - les rubriques 4.1.2.0 et 4.1.3.0. de la loi sur l'eau sous le régime de l'autorisation ; - la rubrique 2.2.3.0 de la loi sur l'eau sous le régime de la déclaration.
	Autorisation environnementale	En cas d'obligation d'évaluation environnementale ; autorisation environnementale (supplétive) qui tiendra lieu : - de demande d'autorisation loi sur l'eau ; - de non-opposition au régime de conservation des sites Natura 2000.
	Dérogation espèces protégées	Non concerné.
	Non opposition Natura 2000	En cas de dispense d'évaluation environnementale : évaluation des intégrée au porter à connaissance ou au dossier loi sur l'eau. En cas d'obligation d'évaluation environnementale : évaluation intégrée à la demande.
	Autorisation spéciale en site classé	Non concerné.
	Installation classée pour la protection de l'environnement	Rubrique 2718 visée en cas de présence de sédiments dangereux ; dossier sous la responsabilité du groupement titulaire du marché de conception / réalisation.

	Débat public ou concertation avec garant	En cas de dispense d'évaluation environnementale : non concerné. En cas d'obligation d'évaluation environnementale : non concerné.
	Concertation préalable sans garant	En cas de dispense d'évaluation environnementale : non concerné. En cas d'obligation d'évaluation environnementale : facultative et conseillée.
	Droit d'initiative	En cas de dispense d'évaluation environnementale : non concerné. En cas d'obligation d'évaluation environnementale : possible en l'absence de concertation préalable.
	Déclaration de projet	En cas de dispense d'évaluation environnementale : non concerné. En cas d'obligation d'évaluation environnementale : obligatoire.
Urbanisme		Non concerné.
Patrimoine		Non concerné.
Transports	Ouvrage avec risque particulier pour la sécurité	Dossier préliminaire et rapport de sécurité.



RAPPORT

Gestion de sédiments : synthèse des études environnementales

Forme Joubert – St Nazaire (44)

Grand Port Maritime de Nantes – Saint-Nazaire

Projet SCE n°240856
03/10/2024



ATTES ALUR / ATTES SECUR
Certificat n°39223
Site de Nantes



Site de Nantes



Sommaire

Synthèse non technique	6
Synthèse technique.....	7
Cadre de l'étude.....	9
1. Contexte et objectif de l'étude.....	9
2. Référentiels	10
3. Données d'entrée	11
Investigations complémentaires sur la qualité des sédiments et travaux associés	13
4. Méthodologie des investigations réalisées.....	13
5. Résultats des investigations	15
6. Interprétations des résultats	18
7. Modalités de gestion des sédiments	29
Conclusion et recommandations	33
8. Conclusion	33
Incertitudes	34

Table des tableaux

Tableau 1 : Fiche d'identité du site.....	11
Tableau 2 : Stratégie d'échantillonnage.....	15
Tableau 3 : Résultats d'analyses sur les sédiments (SCE, 2024) – 1 page.....	17

Table des figures

Figure 1 : Localisation du site (SCE, 2022).....	11
Figure 2 : Localisation des investigations complémentaires réalisées (SCE, 2024)	14
Figure 3 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 0-0,5m (SCE, 2024)	20
Figure 4 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 0,5-1,5m (SCE, 2024)	21
Figure 5 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 1,5-2,5m (SCE, 2024)	22
Figure 6 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 2,5-3,5m (SCE, 2024)	23
Figure 7 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 0-0,5m (SCE, 2024)	25
Figure 8 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 0,5-1,5m (SCE, 2024)	26
Figure 9 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 1,5-2,5m (SCE, 2024)	27
Figure 10 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 2,5-3,5m (SCE, 2024)	28

Table des annexes

Annexe 1 : Bulletins d'analyses du laboratoire (54 pages)

Annexe 2 : Conditions générales des missions de prestations de services relatives aux sites et sols pollués (1 page)



Synthèses

Synthèse non technique

Le présent paragraphe expose une synthèse non technique facilitant la lecture et la compréhension de l'étude. Cette synthèse est indissociable du présent rapport et de ses annexes et ne lui est pas opposable.

Le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire a sollicité SCE pour l'interprétation des données analytiques disponibles concernant les sédiments présents dans l'environnement de la porte Amont de la forme Joubert. Dans le cadre du remplacement de celle-ci, une partie des sédiments est amenée à être déplacée. Il convient donc de définir leurs moyens de gestion.

Les investigations réalisées par TETIS sur les sédiments ont permis de mettre en évidence :

- ▶ Qu'une partie des sédiments présente des dépassements vis-à-vis de l'arrêté du 27 mars 2024 et est donc non immersible. Ces sédiments devront faire l'objet d'un traitement à terre.
- ▶ Les sédiments devant être gérés à terre présentent des dépassements vis-à-vis de l'arrêté du 12/12/2014 et doivent faire l'objet d'une évacuation en ISDND ou ISDD.
- ▶ Les sédiments ne sont pas qualifiés de dangereux et ne présentent pas de problématique d'écotoxicologie.

La gestion à terre et hors-site d'un volume d'environ 1750 m³ de sédiments non immersibles représente un coût estimé entre 730 et-850 K€. Il reste optimisable par de nouvelles analyses sur les sédiments excavés en phase chantier (au moment de l'ouverture des géotubes).

Synthèse technique

Le présent paragraphe expose une synthèse technique facilitant la lecture et la compréhension de l'étude. Cette synthèse est indissociable du présent rapport et de ses annexes et ne lui est pas opposable.

DIAG – A200-A210-A270

Investigations réalisées sur les sols

- ▶ 16 prélèvements de sédiments jusqu'à 3,5 m de profondeur pour analyse en laboratoire.
- ▶ Analyses en laboratoire :
 - Pack ISDI total ou sur éluât (critères d'acceptation en ISDI selon arrêté du 12/12/2014)
 - Pack « dragage » : Tributylétain, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc, HAP, PCB
 - HP14 : Critère d'écotoxicologie des sédiments

Qualité des sédiments

Les résultats sur les sédiments ont principalement mis en évidence :

- ▶ des dépassements en métaux lourds, HAP, PCB et Tributylétain vis-à-vis du seuil de l'arrêté du 27 mars 2024 définissant les conditions d'immersion des sédiments sur certains sédiments :
 - Les sédiments présents dans l'enclave, à l'exception du prélèvement Enclave 1 à 0,5 m de profondeur,
 - Les sédiments situés à l'Ouest de la porte (Porte 1) à 0,5 m de profondeur,
 - Les sédiments situés à l'Est du bassin (Bassin 2) à 1,5 m de profondeur.
- ▶ Le caractère non inerte des sédiments selon les critères définis dans l'arrêté du 12/12/2014 : des dépassements systématiques sur éluât sur la totalité des échantillons ;
- ▶ L'absence de dangerosité et d'écotoxicité des sédiments vis-à-vis des seuils définis par l'INERIS et le CEREMA.

Le volume de sédiment devant faire l'objet d'une évacuation à terre est estimé à :

- ▶ Porte (partie Ouest) : 550 m³
- ▶ Enclave et rail : 1200 m³

La solution envisagée pour la gestion de ces sédiments est le dragage par aspiration puis traitement en géotube et évacuation en ISDD ou ISDND.

Le cout estimé pour cette gestion est de : 730 850 K€. Il reste optimisable par de nouvelles analyses sur les sédiments excavés en phase chantier (au moment de l'ouverture des géotubes).



Cadre de l'étude

Cadre de l'étude

1. Contexte et objectif de l'étude

La forme écluse Louis Joubert est un ouvrage sur l'estuaire de la Loire servant de sas d'entrée au bassin de Penhoët du Port de Saint-Nazaire. Sa fermeture est assurée par deux portes roulantes de type « brouette » qui ont été reconstruites après la guerre en 1948. Elles translatent horizontalement sur des rails pour ouvrir et fermer l'écluse. Les portes ouvertes viennent se loger dans leur enclave. La porte aval (côté Loire) a été remplacée en 2011-2012 par une porte brouette neuve.

L'opération objet de la présente demande concerne le remplacement de la porte amont et plus précisément la gestion des matériaux sédimentaires impactés par les travaux associés.

Pour identifier des solutions de gestion des sédiments ou confirmer les existantes, le GPMNSN a fait réaliser des analyses environnementales sur ces derniers, notamment par Tetis/Apave (2023) puis Eurofins (2024), qu'il convient d'interpréter au regard du projet.

Dans ce contexte, le GPMNSN mandate SCE pour l'interprétation des données analytiques disponibles concernant les sédiments dans l'environnement de la porte amont et l'identification de solutions de gestion.

L'étude réalisée par SCE intègre tout ou partie des prestations suivantes (codifiées selon la norme NF X 31-620-1/2 de décembre 2021) :

- ▶ A270 : Interprétation des résultats d'analyses.

Le présent rapport expose les résultats de cette étude.

2. Référentiels

La présente mission a été réalisée conformément aux référentiels, normes et méthodologies suivants :

- ▶ Notre proposition technique et financière réf. P2408990 - V1 en date du 11/07/2024,
- ▶ Circulaires du 8 février 2007 de la Ministre de l'Ecologie concernant les modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués
- ▶ Note du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués - Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007
- ▶ Norme AFNOR NF X 31-620-1 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués - Partie 1 : Exigences générales) », mise à jour en décembre 2021
- ▶ Norme AFNOR NF X 31-620-2 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués (Partie 2 : Etudes, ingénierie, réhabilitation de sites pollués et travaux de dépollution) », mise à jour en décembre 2021
- ▶ Guide "Diagnostic de site" version d'avril 2023 du Ministère en charge de l'Environnement

3. Données d'entrée

3.1. Site d'étude

Tableau 1 : Fiche d'identité du site

Site d'étude	
Adresse	Av. de la Forme Joubert à St Nazaire
Parcelle cadastrale	Parcelle n°038, 065 et 084 (en partie), section CL
Surface	~ 2 500 m ²
Alt.	~ 4m NGF
Description	La zone d'étude, délimitée ci-après en rouge, correspond à la porte amont de la forme-joubert, un ouvrage servant de sas d'entrée au bassin de Penhoët du Port de Saint-Nazaire.
	

Environnement du site

L'environnement du site est portuaire avec à l'est le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, à l'ouest et au nord les bassins de St Nazaire et de Penhoët et au sud le Chenal de Donges.



Investigations sur la qualité des sédiments et travaux associés

Investigations complémentaires sur la qualité des sédiments et travaux associés

4. Méthodologie des investigations réalisées

4.1. Reconnaissance sur les sédiments (A220)

4.1.1. Nature des investigations de terrain

Les sondages ont été réalisés en deux campagnes distinctes :

- ▶ Une 1ere campagne menée par TETIS/APAVE en mai 2023,
- ▶ Une seconde campagne menée par TETIS en mai 2024.

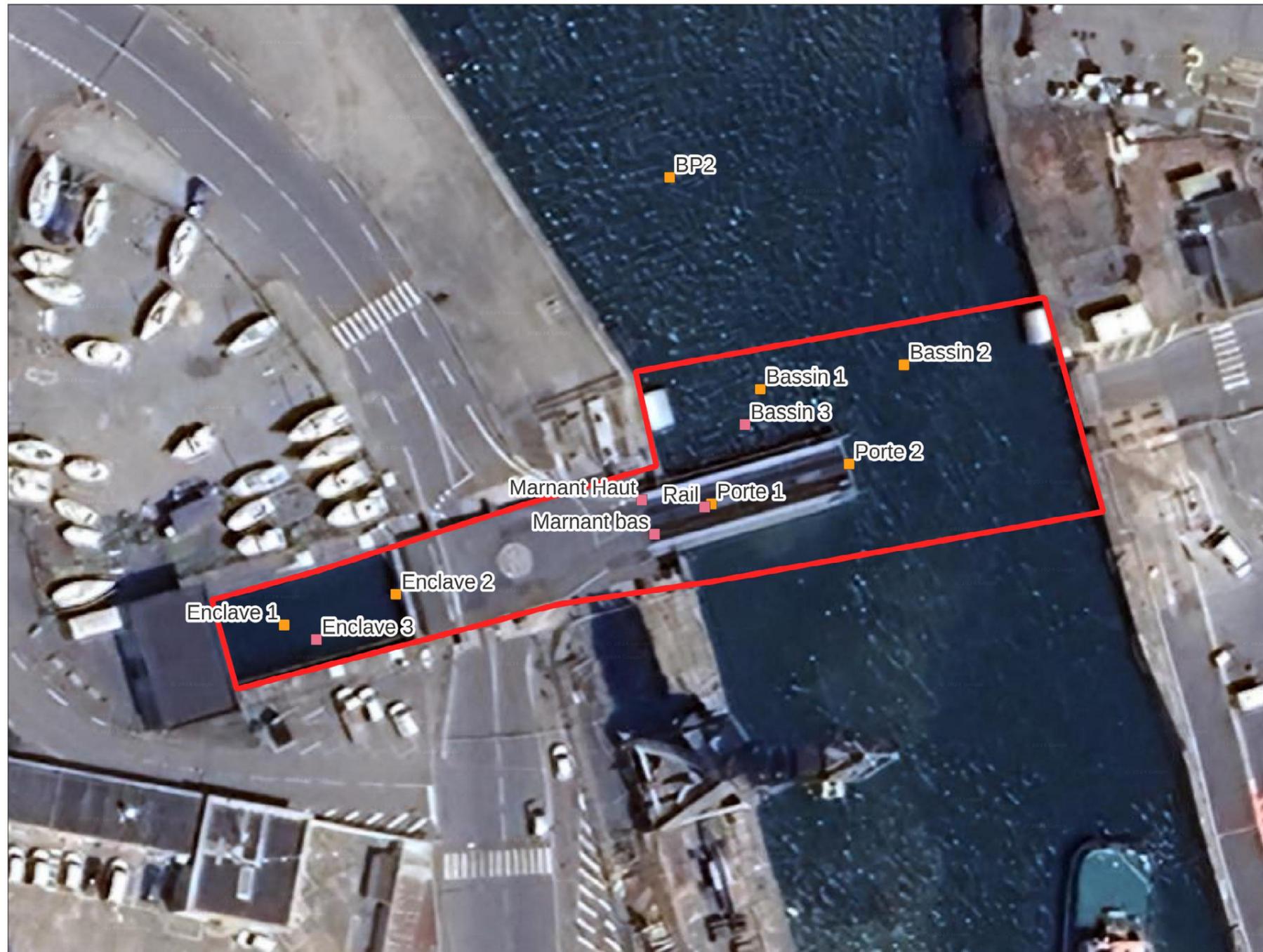
Le plan de sondage suivant présente les investigations réalisées.

Figure 2 : Localisation des investigations complémentaires réalisées (SCE, 2024)

Plan de localisation des investigations

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire

- Perimètre d'étude
- Localisation prélèvements
 - Sondage Tetis 2024
 - Sondage Tetis 2023



Auteur : Anthony
SIRET, SCE

Date : 10/09/2024

GPMNSN_Forme_Joubert_Gestion
sédiments.qgz

Sources : SCE, 2024



0 5 10 m

4.2. Stratégie, conditionnement des échantillons et programme analytique

La stratégie d'échantillonnage ainsi que le programme analytique mis en place lors des investigations sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 2 : Stratégie d'échantillonnage

Sondage	Profondeur échantillonnées	Analyses
Enclave 1	-0,5m	Pack ISDI sur éluât ¹ + seuils dragages ²
	-1,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-2,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-3,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Enclave 2	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-1,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Enclave 3	-0,5	HP14 ³
Porte 1	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Porte 2	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Bassin 1	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-1,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Bassin 2	-0,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
	-1,5	Pack ISDI sur éluât + seuils dragages
Rail porte		Pack ISDI + seuils dragages + HP 14
Marnant haut		Pack ISDI + seuils dragages + HP 14
Marnant bas		Pack ISDI + seuils dragages
Enclave 3		HP 14
Bassin 3		HP 14

5. Résultats des investigations

5.1. Valeurs de référence

Pour appréhender le degré de contamination des milieux, et en cohérence avec la méthodologie relative aux sites et sols pollués, les résultats d'analyses sont comparés :

- ▶ à l'état initial du site si existant,
- ▶ entre eux,
- ▶ aux limites de quantification du laboratoire (LQ),
- ▶ aux valeurs réglementaires existantes et adaptées au contexte.

¹ Analyses sur brut : Matière sèche, HAP, BTEX, PCB, COT, HCT C10-C40 ; Analyses sur éluât : test de lixiviation avec recherche de 12 métaux lourds, fluorures, sulfates, chlorures, fraction soluble, indice phénol, COT

² Tributylétain, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc, HAP, PCB

³ Critère d'écotoxicologie des sédiments

Afin de définir les modalités de gestion des sédiments qui seront excavés, les résultats d'analyses ont été comparés :

- ▶ Aux critères d'acceptation définis dans l'arrêté du 12 décembre 2014, relatif aux installations de stockage de déchets inertes ;
- ▶ Aux seuils ISDND et ISDD communément admis par les installations locales ;
- ▶ Aux critères de l'arrêté du 09/08/2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ;
- ▶ Aux seuils de l'arrêté du 27/03/2024 fixant les prescriptions générales applicables aux dragages ou aux rejets y afférent relevant de la rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 ;
- ▶ Seuil de dangerosité pour la valorisation de sédiments en technique routière (INERIS-CEREMA 2017).

Les valeurs de référence retenues figurent dans les tableaux de résultats présentés ci-après.

5.2. Résultats d'analyses sur les sédiments

Les résultats d'analyses sont présentés dans le tableau suivant. Les bordereaux d'analyses du laboratoire figurent en **Annexe 1**.

La légende du tableau associé est la suivante.

Légende :	
10,00	Dépassement des seuils de qualité des niveaux N1 mentionnés dans l'arrêté du 09/08/2006
10,00	Dépassement des seuils de qualité des niveaux N2 mentionnés dans l'arrêté du 09/08/2006
10,00	Dépassements des seuils relatifs à l'immersion des sédiments et résidus de dragage mentionnés dans l'arrêté du 27/03/2024
10,00	Dépassement des seuils de dangerosité mentionnés dans l'étude INERIS-CEREMA (2017). En cas de dépassement de l'un des seuils; vérifier l'écotoxicité par l'intermédiaire d'un test HP14
10,00	Dépassement des teneurs mentionnés dans l'arrêté du 12/12/2014 pour l'acceptation en ISDI.
10,00	Dépassement des teneurs mentionnées dans l'article 6 de l'arrêté du 12/12/2014 pour l'acceptation en ISDI soumis à dérogation (ISDI+)
10,00	Dépassement des valeurs ISDND couramment observées
10,00	Dépassement des valeurs ISDD couramment observées
	paramètre non analysé
<5	paramètre analysé, inférieure à la limite de quantification du laboratoire.

Tableau 3 : Résultats d'analyses sur les sédiments (SCE, 2024) – 1 page

Désignation de l'échantillon	Arrêté du 09/08/2006 Seuil de qualité S1 (sédiments marins ou estuariens)	Arrêté du 09/08/2006 Seuil de qualité N1 (sédiments marins ou estuariens)	Arrêté du 09/08/2006 Seuil de qualité N2 (sédiments marins ou estuariens)	Arrêté du 27/03/2024 Seuils de non immersion des sédiments et résidus de dragage	Immersion	Dangereosité	Evacuation										Basin Penhoët - BP2	Rail	Marnant haut	Marnant bas							
							1- Enclave 1	2- Enclave 1	3- Enclave 1	4- Enclave 1	5- Enclave 2	6- Enclave 2	7- Porte 1	8- Porte 2	9- Bassin 1	10- Bassin 1					11- Bassin 2	12- Bassin 2					
Date de prélèvement							Arrêté du 12/12/2014 Déchets inertes (admission en ISDI) L/S =10 l/kg	Arrêté du 12/12/2014 (article 6) Déchets inertes avec réhausse de seuil (admission en ISDI +) L/S =10 l/kg	Décision du CE du 19/12/2002 Déchets non inertes non dangereux - Valeurs limites d'admission en ISDND L/S =10 l/kg	Décision du CE du 19/12/2002 Déchets dangereux - Valeurs limites d'admission en ISDD L/S =10 l/kg	- 0,5 m	- 1,5 m	- 2,5 m	- 3,5 m	- 0,5 m	- 1,5 m	- 0,5 m	- 0,5 m	- 0,5 m	- 1,5 m	- 0,5 m	- 1,5 m	Non renseigné	-0,5m	-0,5m	-0,5m	
Origine de la donnée										TETIS/APAVE de mai 2023 - 26/05/2023												Suivi GPMNSN - 20/06/2023	TETIS - 28/05/2024	TETIS - 17/05/2024			
Analyse sur échantillon "brut"																											
Autres																											
Dibutylétain -ég. Sn	mg/kg																										
Monobutylétain -ég. Sn	mg/kg																										
Tributylétain (TBT) -ég. Sn	µg/kg																										
BTEX																											
Somme des BTEX	mg/kg																										
HAP																											
Acénaphthène	mg/kg	0,015	0,26	0,37	-	-																					
Acénaphthylène	mg/kg	0,04	0,34	0,48	500	-																					
Anthracène ¹⁰	mg/kg	0,09	0,59	0,83	-	-																					
Benzo(a)anthracène ^{6,8,10}	mg/kg	0,26	0,93	1,31	1 000	-																					
Benzo(b)fluoranthène ^{6,8}	mg/kg	0,4	0,9	1,27	1 000	-																					
Benzo(k)fluoranthène ^{6,8,10}	mg/kg	0,2	0,4	0,56	1 000	-																					
Benzo(g,h,i)perylène ^{6,8,10}	mg/kg	1,7	5,65	7,97	-	-																					
Benzo(a)pyrène ^{6,8,10}	mg/kg	0,43	1,02	1,43	1 000	-																					
Chrysène ^{6,10}	mg/kg	0,38	1,59	2,24	1 000	-																					
Dibenzof(a,h)anthracène	mg/kg	0,06	0,16	0,23	1 000	-																					
Fluoranthène ^{6,8,10}	mg/kg	0,6	2,85	4,02	50 000	-																					
Fluorène	mg/kg	0,02	0,28	0,39	-	-																					
Indéno(1,2,3-cd)pyrène ^{6,8,10}	mg/kg	1,7	5,65	7,97	10 000	-																					
Naphtalène ¹⁰	mg/kg	0,16	1,13	1,59	10 000	-																					
Phénanthrène ¹⁰	mg/kg	0,24	0,87	1,23	50 000	-																					
Pyrene ⁶	mg/kg	0,5	1,5	2,12	-	-																					
Somme des 16 HAP (EPA)	mg/kg	22,8	-	-	-	500	50,00	50,00																			
Hydrocarbures																											
Somme HC C10-C40	mg/kg						500,0	500,0																			
Métaux et métalloïdes																											
Arsenic (As)	mg/kg	30,0	25	50	100	330																					
Cadmium (Cd)	mg/kg	2,0	1,2	2,4	10,0	530																					
Chrome total (Cr) *	mg/kg	150,0	90	180	370	250																					
Cuivre (Cu)	mg/kg	100,0	45	90	368	4 000																					
Mercurure (Hg)	mg/kg	1,0	0,4	0,8	1,2	500																					
Nickel (Ni)	mg/kg	50,0	37	74	140	130																					
Phosphore (P)																											
Phosphore total (P2O5)																											
Plomb (Pb) **	mg/kg	100,0	100	200	500	1 000																					
Zinc (Zn)	mg/kg	300,0	276	552	600	7 230																					
Paramètres généraux																											
Matière sèche	%																										
COT**	mg/kg						30 000	60 000	30,00	30,00	31,10	34,90	33,10	35,90	36,70	39,60	28,90	27,40	27,90	29,80	29,00	29,50			35,00	33,50	32,70
PolyChloroBiphényles (PCB)																											
PCB (28)†	mg/kg		0,005	0,01	0,013	-																					
PCB (52)†	mg/kg		0,005	0,01	0,013	-																					
PCB (101)†	mg/kg		0,010	0,02	0,026	-																					
PCB (118)†	mg/kg		0,010	0,02	0,026	-																					
PCB (138)†	mg/kg		0,020	0,04	0,053	-																					
PCB (153)†	mg/kg		0,020	0,04	0,053	-																					
PCB (180)†	mg/kg		0,010	0,02	0,026	-																					
Somme 7 PCB (Ballschmiter)	mg/kg	0,68	-	-	-	50	1,000	1,000																			
Analyse sur "lixivié"																											
Autres cumulés																											
COT cumulé	mg/kg						500,00	500,00	800,00	1 000,00	390,00	410,00	350,00	360,00	250,00	240,00	350,00	280,00	310,00	370,00	440,00	330,00			270,00	380,00	530,00
Chlorures cumulé****	mg/kg						800	2 400	15 000		25 500	21 700	18 600	20 500	20 600	13 400	26 300	30 200	34 800	25 900	29 300	25 800			19 400	17 700	26 400
Fluorures cumulé	mg/kg						10,00	30,00	150,00		8,76	9,29	9,05	8,73	5,79	7,52	8,57	10,70	8,23	8,33	8,32	8,29			8,77	9,45	8,60
Fraction soluble cumulé****	mg/kg						4 000	12 000	60 000		47 400	44 000	36 800	39 500	41 700	30 800	50 200	66 100	62 800	48 800	55 300	51 000					
Indice phénol cumulé	mg/kg						1,00	3,00			<0,51	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,51	<0,50	<0,51	<0,51			<0,51	<0,50	<0,51
Sulfates cumulé****	mg/kg						1 000	3 000	20 000		2 900	2 490	1 650	2 680	3 640	4 210	4 020	4 950	4 060	2 420	3 490	2 750			2 110	3 070	1 460
Métaux et métalloïdes cumulés																											
Antimoine cumulé	mg/kg						0,06	0,18	0,70	5,00	0,03	0,05	0,06	0,04	0,10	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,03			0,05	0,07	0,04
Arsenic cumulé	mg/kg						0,50	1,50	2,00	25,00	<0,101	0,13	0,14	<0,101	0,17	0,10	<0,100	<0,100	0,11	0,10	0,11	0,11			<0,102	0,13	0,25
Baryum cumulé	mg/kg						20,00	60,00	100,00	300,00	0,15	0,21	0,19	0,11	0,97	1,00	0,15	0,23	0,37	0,23	0,13	0,24			0,23	0,17	0,12
Cadmium cumulé	mg/kg						0,04	0,12	1,00	5,00	<0,002	0,00	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	<0,002	<0,002			<0,002	<0,002	<0,002
Chrome total cumulé	mg/kg						0,50	1,50	10,00	70,00	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10			<0,10	<0,10	<0,10
Cuivre cumulé	mg/kg						2,00	6,00	50,00	100,00	<0,101	<0,100	<0,100	<0,101	0,23	0,13	<0,100	<0,100	<0,101	0,13	<0,102	<0,102			<0,102	0,19	0,22
Mercurure cumulé	mg/kg						0,01	0,03	0,20	2,00	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,00	<0,001	<0,001	<0,001			<0,001	<0,001	<0,001
Molybdène cumulé	mg/kg						0,50	1,50	10,00	30,00	0,24	0,75	0,23	0,41	0,24	0,24	0,37	0,41	0,23	0,19	0,26	0,19			0,36	0,88	0,27
Nickel cumulé	mg/kg						0,40	1,20	10,00	40,00	<0,101	<0,100	<0,100	<0,101	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,101	<0,100	<0,102	<0,102			<0,102	<0,100	<0,102
Plomb cumulé	mg/kg						0,50	1,50	10,00	50,00	<0,101	<0,100	<0,100	<0,101	0,23	0,12	<0,100	<0,100	<0,101	<0,100	<0,102	<0,102			<0,102	<0,100	<0,102
Sélénium cumulé	mg/kg						0,10	0,30	0,50	7,00	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01			0,01	0,02	0,02
Zinc cumulé	mg/kg						4,00	12,00	50,00	200,00	0,22	0,17	<0,100	<0,101	0,27	<0,100	<0,100	<0,100	<0,101	0,49	<0,102	<0,102					

6. Interprétations des résultats

6.1. Comparaison aux valeurs de référence

▶ Arrêté du 09/08/2006 et du 27/03/2024

Les résultats d'analyses sur les échantillons individuels et composites ont été comparés aux seuils définis dans l'arrêté du 09/08/2006 permettant d'évaluer la qualité physico-chimique des sédiments marins lors d'un rejet en mer et au seuil du 27/03/2024 fixant les conditions d'immersion des sédiments et résidus de dragage.

Ces seuils, N1 et N2, constituent des points de repère pour un ensemble de contaminants donnés qui permettent de déterminer l'incidence de la remobilisation des sédiments dans le milieu marin :

- ▶ Teneurs inférieures à N1 : l'impact potentiel est jugé neutre ou négligeable, les teneurs étant comparables au bruit de fond environnemental.
- ▶ Teneurs comprises entre N1 et N2 : des investigations complémentaires peuvent s'avérer nécessaires en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du niveau N1.
- ▶ Teneurs supérieures à N2 : l'impact potentiel est jugé néfaste et des études spécifiques devront être menées pour notamment évaluer la sensibilité du milieu aux contaminants concernés.
- ▶ Teneurs supérieures à N3 : les sédiments ne peuvent pas être immergés.

Les résultats d'analyses indiquent des dépassements des valeurs de référence :

- ▶ Pour les échantillons de l'enclave :
 - Des dépassements des seuils N3 sur 5 des 6 échantillons analysés. Ces dépassements concernent les paramètres Tributylétain (2/6), HAP (4/6), métaux lourds (1/6) et PCB (5/6),
 - L'échantillon ne présentant pas de dépassement vis-à-vis des seuils d'immersion (N3 [Enclave 1 (-0,5m)]), présente des dépassements des seuils N1 sur les paramètres Tributylétain (TBT), HAP, métaux lourds et PCB ainsi qu'un dépassement du seuil N2 pour le PCB 52.
- ▶ Pour les échantillons du bassin (Hors BP2) :
 - Des dépassements des seuils N2 sur l'ensemble des échantillons analysés. Ces dépassements concernent les paramètres HAP (3/4), métaux lourds (4/4) et PCB (1/4).
 - Un dépassement des seuils d'immersion en PCB pour le prélèvement Bassin 2 à -1,5 m de profondeur.
- ▶ Pour les échantillons de la porte et du rail :
 - Des dépassements des seuils N3 sur l'échantillon Porte 1 et sur l'échantillon Rail pour les paramètres PCB, métaux lourds, HAP et TBT.
 - Des dépassements des seuils N2 pour les trois autres échantillons analysés sur les paramètres HAP, métaux lourds et PCB.

Compte tenu de ces éléments, la possibilité d'immerger en mer les sédiments dragués n'est pas envisageable pour une partie de ceux-ci :

- ▶ Les sédiments présents dans l'enclave et dans la partie Ouest de la porte ne sont pas immergeables pour la couche 0-0,5m,
- ▶ Les sédiments présents dans la partie Est et dans le bassin de la porte sont immergeables pour la couche 0-0,5m,
- ▶ Les sédiments présents dans l'enclave et dans la partie Est du bassin sont non immergeables pour la couche 0,5-1,5m,
- ▶ Les sédiments présents en partie Ouest du bassin sont immergeables pour la couche 0,5m-1,5m

- ▶ Les sédiments présents dans l'enclave sont non immergeables pour la couche 1,5-3,5m.

Les figures suivantes présentent la localisation des impacts par couche, vis-à-vis des arrêtés du 09/08/2006 et du 27/03/2024.

Tableau 4 : Répartition des échantillons et profondeurs excavées en fonction de leur capacité d'immersion

Echantillon	Profondeur	Immergeable
Enclave	0-0,5m	Non
	0,5-1,5	Non
	1,5-2,5	Non
	2,5-3,5	Non
Porte ouest (Porte 1)	0-0,5m	Non
Porte est (Porte 2)	0-0,5m	Oui
Bassin 1	0-0,5m	Oui
	0,5-1,5m	Oui
Bassin 2	0-0,5m	Oui
	0,5-1,5m	Non

Localisation des impacts selon les arrêtés du 09/08/2006 et du 27/03/2024 (-0,5m)

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire

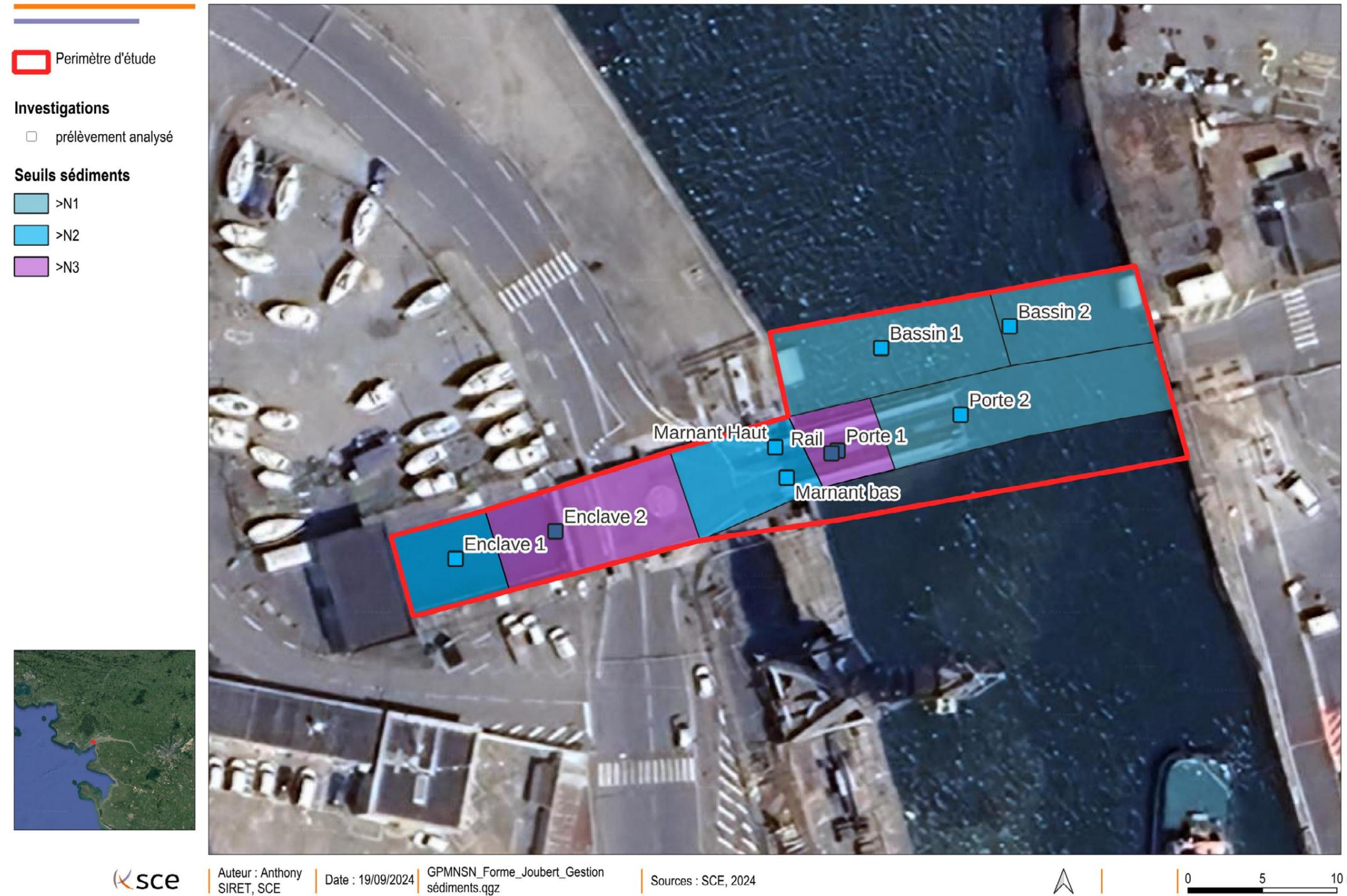


Figure 3 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 0-0,5m (SCE, 2024)

Localisation des impacts selon les arrêtés du 09/08/2006 et du 27/03/2024 (-1,5m)

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire

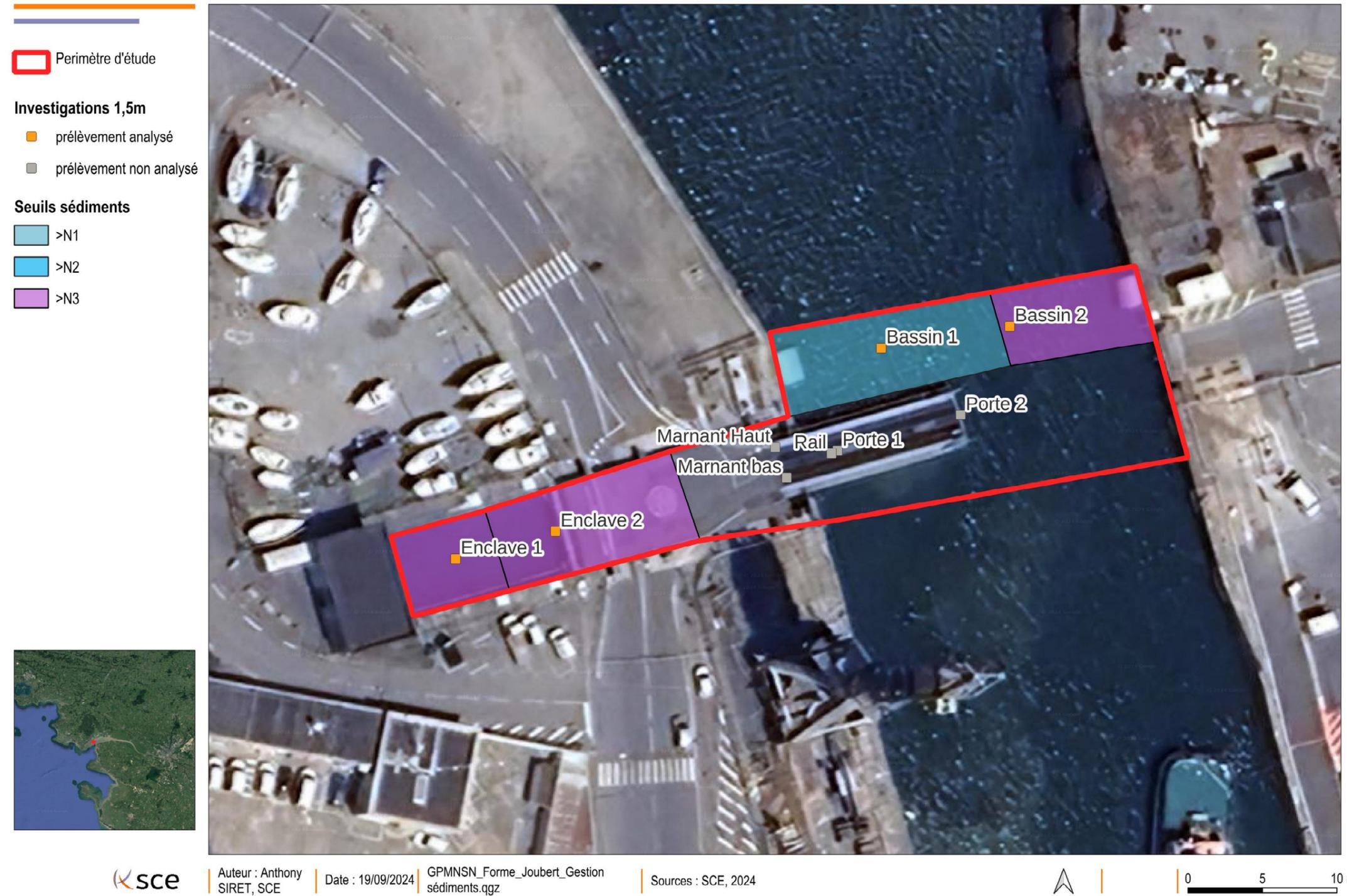


Figure 4 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 0,5-1,5m (SCE, 2024)

Localisation des impacts selon les arrêtés du 09/08/2006 et du 27/03/2024 (-2,5m)

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire



Figure 5 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 1,5-2,5m (SCE, 2024)

Localisation des impacts selon les arrêtés du 09/08/2006 et du 27/03/2024 (-3,5m)

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire



Figure 6 : Localisation des impacts des sédiments - Couche 2,5-3,5m (SCE, 2024)

▶ **Guide INERIS-CEREMA, 2017 (Seuils pour la valorisation de sédiments en technique routière)**

Dans le cas d'une gestion à terre, le rapport de l'INERIS et du CEREMA (rapport INERIS- DRC-16-149793-00431B de février 2017) a fixé des seuils pouvant permettre l'évaluation de la dangerosité des sédiments.

Les résultats d'analyses mettent en évidence l'absence de dépassement vis-à-vis de ces seuils.

▶ **Ecotoxicité (Test HP14)**

Une synthèse des résultats relatifs à l'écotoxicité des sédiments est présentée dans le tableau ci-après :

Tableau 5 : Synthèse des résultats d'écotoxicité

Test de toxicité	Test	Descripteur toxicologique	Résultats (%)	Seuil de dangerosité (%)
Aiguë	Microtox	CE 50 - 5min	>80	<10
		CE 50 - 15min	>80	<10
		CE 50 - 30min	>80	<10
Chronique	Brachionus	CE 20 - 48h	>90	<1
Terrestre	Avoines germination	CE 50 - 7j	>15,9	<10
	Avoines croissance	CE 50 - 14j	>32,2	<10

Les résultats d'analyse montrent l'absence d'écotoxicité aiguë, chronique et terrestre des sédiments selon le classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie.

Le détail des résultats est présenté dans les rapports d'analyses du laboratoire en **Annexe 1**.

▶ **Arrêté du 12/12/2014**

Les résultats d'analyses sur les échantillons individuels ont été comparés aux seuils définis dans l'arrêté ministériel du 12/12/2014 précisant les conditions d'admissibilité des déchets en Installations de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) afin d'appréhender leurs modalités de gestion hors site, le cas échéant. Ces résultats mettent en évidence des dépassements des seuils de l'arrêté sur la totalité des échantillons pour un ou plusieurs paramètres ci-après :

- ▶ COT sur brut,
- ▶ HCT C10-C40,
- ▶ Chlorures,
- ▶ Sulfates,
- ▶ Fraction soluble,
- ▶ Antimoine sur éluât,
- ▶ Molybdène sur éluât,

Ces dépassements s'expliquent notamment en raison du contexte marin à l'exception du molybdène lié à l'activité humaine. Le reste des composés analysés ne présente pas de dépassement des valeurs de référence.

La quasi-totalité des sédiments dragués et ne pouvant pas être immergés devront faire l'objet d'une évacuation en ISDD à l'exception des sédiments issus du prélèvement Enclave 2 (-1,5m) qui pourraient être évacués en ISDND.

Sur la base des investigations réalisées et de leur extrapolation, la cartographie du zonage des filières pressenties en cas d'évacuation, est présentée à la figure suivante

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire

Filière d'évacuation des déblais (0-0,5m)

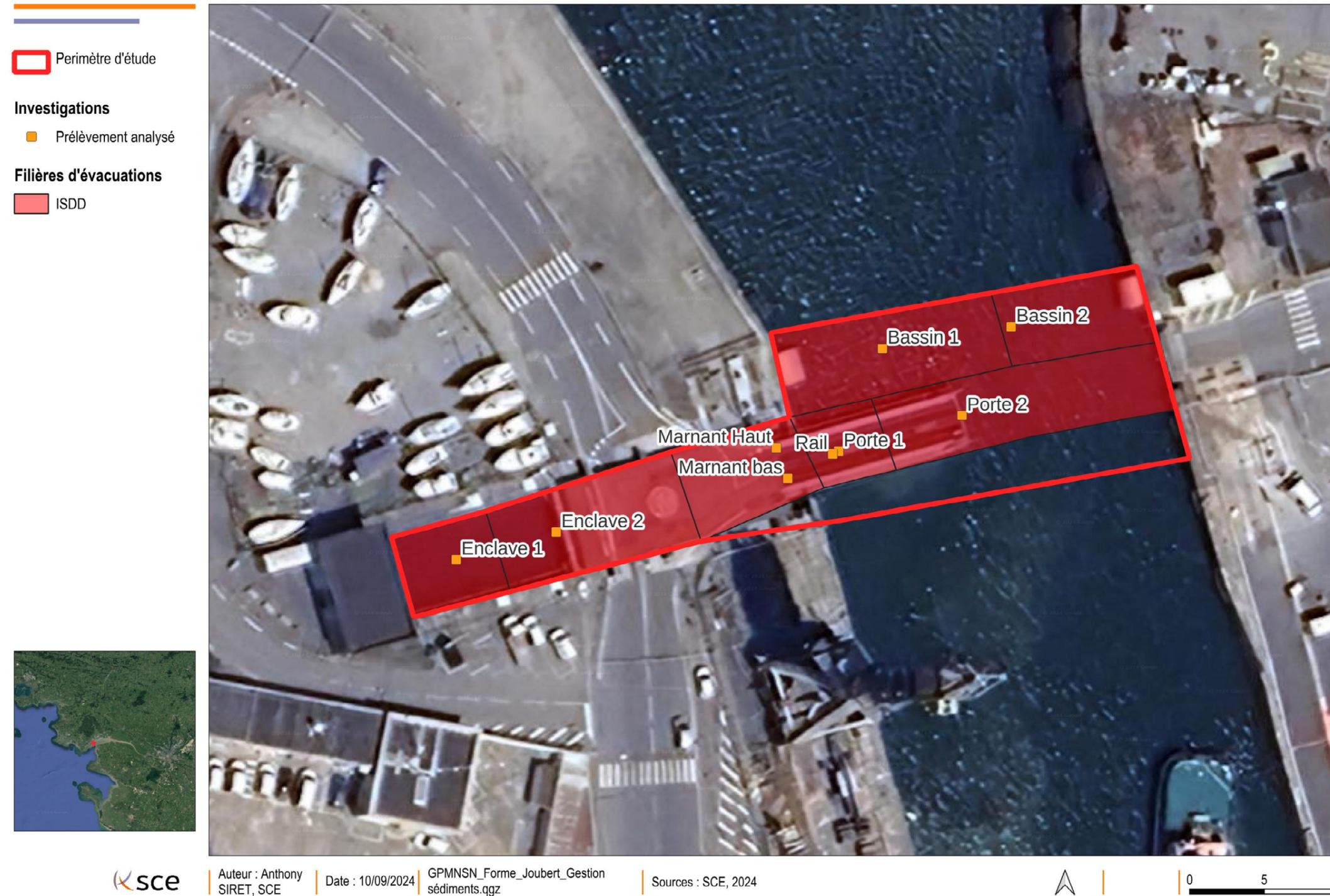


Figure 7 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 0-0,5m (SCE, 2024)

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire

Filière d'évacuation des déblais (0,5-1,5m)

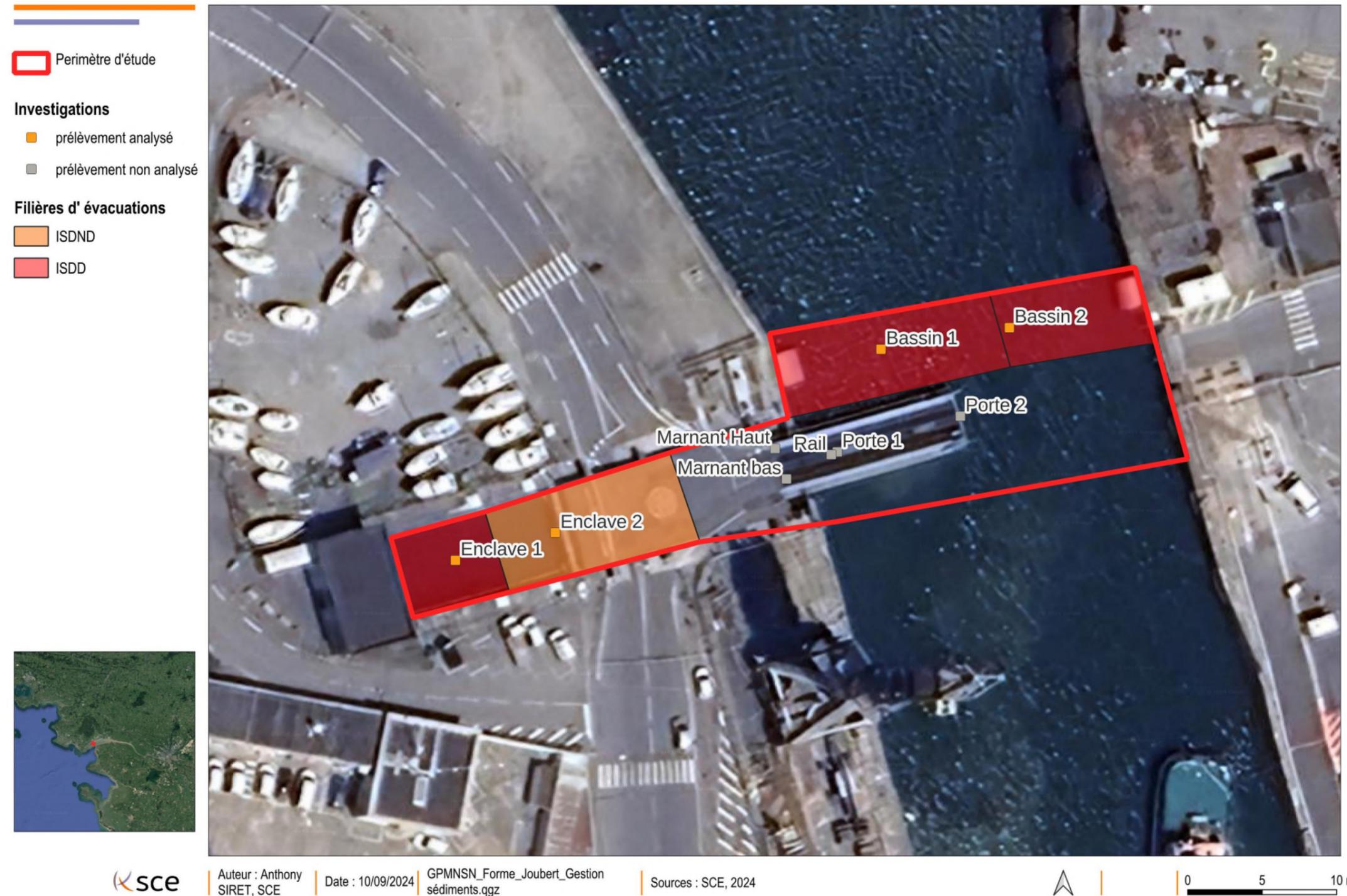


Figure 8 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 0,5-1,5m (SCE, 2024)

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire

Filière d'évacuation des déblais (1,5-2,5m)



Figure 9 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 1,5-2,5m (SCE, 2024)

240865 - Forme joubert
Saint-nazaire

Filière d'évacuation des déblais (2,5-3,5m)



Figure 10 : Filière d'évacuation des déblais - Couche 2,5-3,5m (SCE, 2024)

7. Modalités de gestion des sédiments

Les résultats d'analyses mettent en évidence que les sédiments impactés issus des opérations de dragage nécessiteront des mesures de gestion à terre adaptées compte tenu des dépassements des valeurs seuils des arrêtés du 09/08/2006 et du 27/03/20204 observés en métaux lourds, en tributylétain en PCB et en HAP.

7.1. Gestion des sédiments concernés par l'opération

Les analyses réalisées sur les sédiments ont permis de définir les moyens de gestion des sédiments dont l'extraction est prévue dans le cadre des travaux de remplacement de la porte amont de la forme Joubert.

Le tableau ci-après présente les sédiments concernés, leur localisation et le moyen de gestion envisagé.

Tableau 6 : Mode de gestion des sédiments à excaver

Localisation	Possibilité d'immersion	Filière d'évacuation	Volume (m3)
Porte Ouest	Non	ISDD	550
Porte Est	Oui	Refoulement dans le bassin	550
Dans l'enclave et sous le rail	Non	ISDD ISDND pour la partie Enclave 2, entre 0,5 et 1,5m	1120 80

7.2. Présentation des solutions de gestion envisageables

Les résultats des investigations complémentaires, présentés ci-dessus, permettent de confirmer les solutions retenues dans la note de cadrage référencée : ACE3_20240417 à savoir un dragage par voie mécanique ou par aspiration. Ces techniques sont présentées ci-après.

7.2.1. Dimensionnement de la solution

7.2.1.1. Le dragage

7.2.1.1.1. Dragage mécanique (dragage hors d'eau)

Principe

L'atelier de dragage est constitué soit d'une pelle mécanique soit d'une benne preneuse. L'atelier de dragage peut se faire soit en bordure de quai suivant la zone à draguer soit à partir d'un ponton flottant qui est déplacé au fur et à mesure de l'avancement des travaux pour accéder aux différents secteurs de la zone à draguer. Les sédiments sont déchargés dans un chaland qui permet de les transporter jusqu'à un quai de déchargement pour la gestion de sédiments à terre.

Avantage

- ▶ Rendement variable
- ▶ Travaux sur des matériaux meubles ou durs
- ▶ Extraction des matériaux à leur propre densité, limitant ainsi le volume à transporter et à traiter
- ▶ Peu d'eau incorporée aux sédiments
- ▶ Opérationnel même dans des zones restreintes ou confinées

- ▶ Bonne précision en eau peu profonde
- ▶ Coûts moindres pour de petites quantités

Inconvénient

- ▶ Nécessité de barges ou chalands de transport
- ▶ Parfois nécessaire de démonter des pontons
- ▶ Remise en suspension importante dans la colonne d'eau si les matériaux sont fins, lâches et non cohésifs

7.2.1.1.2. Dragage par aspiration (dragage en eau)

Principe

Le dragage hydraulique s'effectue par hydro aspiration, le sédiment est aspiré dans un mélange qui, au final, est composé de 80 % d'eau.

Mise en œuvre

Cette solution peut être mise en œuvre par :

- ▶ La mise en place d'une pelle mécanique avec pompe immergée en bout de balancier sur ponton flottant.
- ▶ Une drague de petite dimension.

Avantage

- ▶ Facilite le transport sur de longues distances des matériaux dragués, lors d'un rejet possible en mer
- ▶ Taux de remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau plus faible qu'avec les dragues mécaniques, à l'endroit du dragage
- ▶ Utilisation non limitée par les vitesses de courant
- ▶ Dans les sédiments pollués, minimalisation des risques pour les travailleurs et la population grâce au transport par conduite
- ▶ Travail sans contact avec les berges

Inconvénient

- ▶ Haute teneur en eau des matériaux excavés
- ▶ Nécessité de moyens de transports adaptés
- ▶ Grandes surfaces nécessaires pour le dépôt des matériaux dragués (site de décantation) et le traitement des eaux
- ▶ Limités en eau peu profonde car forts tirants d'eau requis
- ▶ Impossibilité d'enlever la plupart des débris de façon hydraulique
- ▶ La présence de gaz dans les sédiments peut affecter le fonctionnement des pompes.

7.2.1.2. Traitement des sédiments

7.2.1.2.1. Mise en géotubes

Principe

Cette technique est adaptée au dragage hydraulique et permet d'optimiser fortement l'espace de ressuyage nécessaire.

Le déblai de dragage est dirigé vers des boudins géotextiles ; ce sont des boudins cylindriques en polypropylène qui permettent la déshydratation du matériau.

Les déblais (très liquides) sont injectés dans les boudins géotextiles en mélange avec un polymère floculant, ce qui évite le colmatage du géotextile et favorise l'évacuation de l'eau. Sous l'effet de sa propre masse, le matériau expulse l'eau au travers du géotextile.

Une fois plein, le boudin géotextile ne peut plus être transporté ; une fois les sédiments déshydratés, le boudin est ouvert et n'est plus réutilisable.

Le remplissage des boudins géotextiles se fait successivement : on remplit un premier boudin, puis un second, puis on revient sur le premier, puis sur le deuxième... etc. Cela permet d'attendre que l'eau de ressuyage s'évacue avant de continuer à injecter le sédiment dragué et de remplir entièrement les boudins. L'eau de ressuyage est recueillie dans un bassin tampon qui permet de contrôler sa qualité avant le rejet dans le milieu naturel. En général, l'eau en sortie du boudin géotextile est très peu chargée en matières en suspension. Le bassin tampon permet de contrôler la qualité de l'eau, en cas de trop forte charge en contaminants (non-respect de l'article 32 de l'arrêté du 2 février 1998), les eaux sont traitées avant rejet.

Mise en œuvre

La mise en œuvre d'une aire de déshydratation par boudins géotextiles comprend les étapes suivantes :

- ▶ Mise en place d'une géomembrane sur l'aire de réception des boudins. Cette géomembrane permet d'étancher l'aire et de récupérer les eaux de ressuyage ;
- ▶ Mise en place des boudins géotextiles ;
- ▶ Mise en place d'un bassin tampon pour la gestion des eaux de ressuyage.

Avantage

- ▶ Coût
- ▶ Possibilité d'optimiser le ressuyage par l'ajout de flocculant
- ▶ Siccité plus élevée que la centrifugation

Inconvénient

- ▶ Durée de traitement longue
- ▶ Surface nécessaire
- ▶ Nécessite une surface à disposition
- ▶ Nécessité d'un suivi
- ▶ Nécessité de traiter les eaux si les pollutions organiques sont très concentrées

7.2.2. Estimation financière des solutions de gestion à terre envisagées

L'estimation financière suivante présente le coût de gestion des matériaux incompatibles avec une immersion, sur la base du volume défini dans la note de cadrage des travaux et sur la base d'un dragage par aspiration et d'une évacuation en filière de traitement adaptée.

Le tableau ci-après présente l'estimations de la solution de prétraitement et de gestion envisagée.

Tableau 7 : Estimation des coûts de gestion des matériaux non immersibles

	Unité	Prix unitaire (€ HT)	Quantité	Coût total (K€)
Travaux préparatoire				
Préparation de l'intervention	F	7 000-10 000	1	7-10
Travaux de dragage				
Installation de chantier	F	50 000-80 000	1	50- 80
Extraction et traitement en géotube des sédiments	m ³	150-170	1750	262 - 297
Chargement, transport et évacuation en ISDND	Tonne	160-180	100	16 - 18
Chargement, transport et évacuation en ISDD	Tonne	180-200	2200	396 - 440
				734 - 845

Il est à noter que le dernier poste lié à l'évacuation en filière pourrait être optimisé par la réalisation d'une campagne d'analyses à l'avancement en phase travaux (au moment de l'ouverture des géotubes) afin de déclasser au maximum les sédiments orientés en ISDD à ce jour.



Conclusion et recommandations

Conclusion et recommandations

8. Conclusion

Dans le cadre de la future opération de remplacement de la porte amont de la Forme Joubert à St Nazaire, le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, a sollicité SCE pour l'interprétation des données analytiques disponibles concernant les sédiments présents dans l'environnement de la porte amont et l'identification de solutions de gestion.

Au total, 16 prélèvements ont été réalisés jusqu'à 3,5 m de profondeur entre mai 2023 et mai 2024. Les résultats d'analyses indiquent que :

- ▶ Certains sédiments présentent des dépassements vis-à-vis du seuil de l'arrêté du 27 mars 2024 définissant les conditions d'immersion des sédiments :
 - Les sédiments présents dans l'enclave, à l'exception du prélèvement Enclave 1 à 0,5m de profondeur,
 - Les sédiments situés à l'Ouest de la porte (Porte 1) à 0,5m de profondeur,
 - Les sédiments situés à l'Est du bassin (Bassin 2) 1,5m de profondeur.
- ▶ Les sédiments ne sont pas inertes selon les critères définis dans l'arrêté du 12/12/2014 : des dépassements systématiques sur éluât sur la totalité des échantillons ;
- ▶ Les sédiments ne sont pas dangereux vis-à-vis des seuils définis par l'INERIS et le CEREMA et ne présentent pas d'écotoxicité.

Compte tenu de ces résultats, la solution de gestion envisagée pour un volume de sédiments impactés d'environ 1750 m³ est :

- ▶ Dragage par aspiration des sédiments puis traitement par géotube et évacuation en ISDD ou ISDND : coût estimé 730 – 850 k€ HT. Ce budget pourrait être optimisé par la réalisation d'une campagne d'analyses sur les sédiments excavés en phase chantier.

SCE se tient à votre disposition pour toute question relative à ce dossier.

Incertitudes

SCE a élaboré ce document pour l'usage exclusif du GPMNSN, conformément à sa proposition technique P2408990-V1 en date du 11/07/2024.

La réalisation de notre étude est conditionnée de nombreux facteurs, et notamment :

- ▶ Pertinence et fiabilité des données existantes ;
- ▶ Accessibilité des zones d'intérêt ;
- ▶ Hétérogénéité naturelle et/ou anthropique du milieu souterrain ;
- ▶ Représentativité des échantillonnages effectués ;
- ▶ Incertitudes des analyses effectuées en laboratoire.

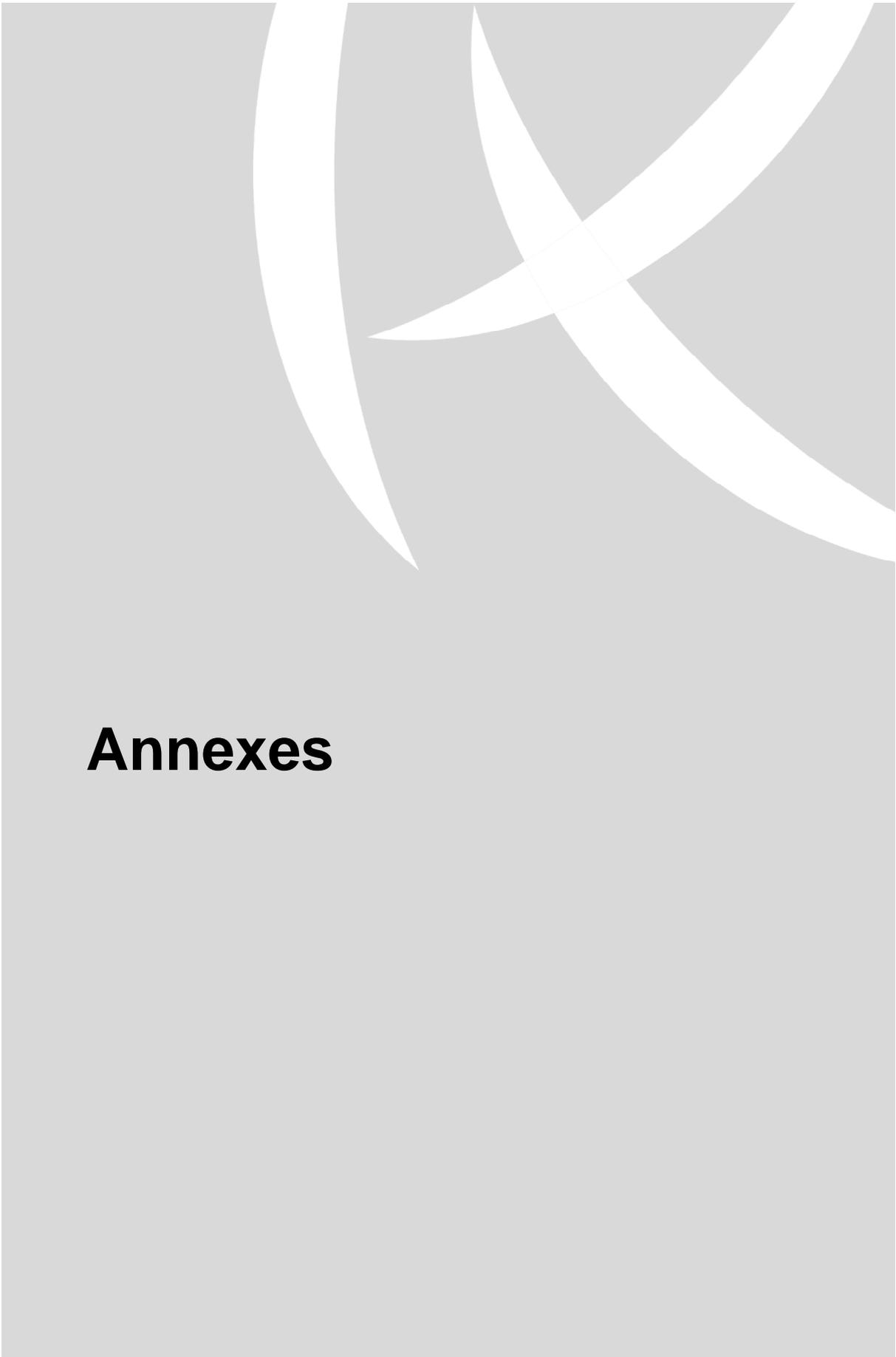
En conséquence, un constat basé sur des prélèvements ponctuels ne peut raisonnablement pas prétendre à une détermination exhaustive des caractéristiques des matrices analysées.

Par ailleurs, les conclusions du présent document ne valent que pour le contexte, les usages, les composés et les valeurs toxicologiques considérés. La prise en compte d'autres éléments pouvant influencer le propos de SCE d'une part, ou de nouveaux éléments d'autre part, pourrait conduire à la révision et à l'actualisation des conclusions du présent document.

De plus, les conclusions et recommandations du présent document sont basées pour partie sur des informations extérieures publiques ou non, non garanties par SCE. Sa responsabilité en la matière ne saurait être engagée.

Enfin, l'utilisation de ce document et de ses annexes à d'autres fins que celles définies dans la proposition de SCE, par son commanditaire ou par des tiers, est de l'entière responsabilité de l'utilisateur. Ce document, ainsi que l'ensemble de ses annexes, constituent un ensemble indissociable. En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication/reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes, ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de SCE, ne sauraient engager la responsabilité de SCE.

Les conditions générales des missions de prestations de services relatives aux sites et sols pollués sont présentées en **annexe**.



Annexes

ANNEXE 1 : BULLETINS D'ANALYSES DU LABORATOIRE (54 PAGES)

**TECHNIQUES ETUDES TRAVAUX
INTERVENTIONS SUBAQUATIQUES**
Monsieur Erwan GROSSETETE
 ZA La Verdure - Boulevard Gustave Eiffel
 85170 BELLEVIGNY

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Forme Joubert 1

Référence Commande : F302403

Coordinateur de Projets Clients : Marion Baumgarten / MarionBaumgarten@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sédiments	(SED)	Marnant haut
002	Sédiments	(SED)	Marnant haut HP14
003	Sédiments	(SED)	Marnant bas
004	Sédiments	(SED)	Enclave HP14

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Forme Joubert 1

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**Marnant
haut
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

002**Marnant
haut HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

003**Marnant bas
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

004**Enclave
HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

Préparation Physico-Chimique
XXS06 : **Prétraitement et séchage à 40°C**

* Fait

* Fait

LSA07 : **Matière sèche**

% P.B.

* 33.5

* 32.7

XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**

%

* 1.23

* 2.66

Mesures physiques
LS918 : **Masse volumique sur échantillon brut**g/cm³

1.38

1.62

LS995 : **Perte au feu à 550°C**

% MS

9.55

10.8

Granulométrie
LS4WH : **Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm**

%

* 8.71

* 8.12

LS4P2 : **Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm**

%

* 64.21

* 59.84

LSQK3 : **Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm**

%

* 95.85

* 95.35

LS3PB : **Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm**

%

* 100.00

* 100.00

LS9AT : **Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm**

%

* 100.00

* 100.00

LS9AS : **Fraction 2 - 20 µm**

%

* 55.50

* 51.72

LSSKU : **Fraction 20 - 63 µm**

%

* 31.64

* 35.51

LS9AV : **Fraction 63 - 200 µm**

%

* 4.15

* 4.65

LS3PC : **Fraction 200 - 2000 µm**

%

* 0.00

* 0.00

Analyses immédiates
LSL4H : **pH H2O**
pH extrait à l'eau

8.3

8.6

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Forme Joubert 1

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**Marnant
haut
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

002**Marnant
haut HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

003**Marnant bas
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

004**Enclave
HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

Analyses immédiates
LSL4H : **pH H2O**

Température

°C

23

22

Indices de pollution
ZS0HH : **Carbone organique total (COT) par
combustion sèche**

Carbone Organique Total par Combustion mg C/kg M.S. *

29500

* 30300

Carbone Organique Total % C *

2.95

* 3.03

LS916 : **Azote Kjeldahl (NTK)**

g/kg M.S. *

3.7

* 4.4

Métaux
XXS01 : **Minéralisation eau
régale - Bloc chauffant**

* Fait

* Fait

LS862 : **Aluminium (Al)**

mg/kg M.S. *

23200

* 31200

LS865 : **Arsenic (As)**

mg/kg M.S. *

22.7

* 24.7

LS874 : **Cuivre (Cu)**

mg/kg M.S. *

103

* 86.4

LS881 : **Nickel (Ni)**

mg/kg M.S. *

41.8

* 29.8

LS882 : **Phosphore (P)**

mg/kg M.S. *

880

* 1250

LS883 : **Plomb (Pb)**

mg/kg M.S. *

71.5

* 64.8

LS894 : **Zinc (Zn)**

mg/kg M.S. *

428

* 222

LSA09 : **Mercuré (Hg)**

mg/kg M.S. *

0.10

* 0.18

LS931 : **Cadmium (Cd)**

mg/kg M.S. *

0.24

* 0.23

LS934 : **Chrome (Cr)**

mg/kg M.S. *

53.1

* 66.7

LSA6B : **Phosphore total (P2O5)**

mg/kg M.S.

2020

2870

Hydrocarbures totaux
LS919 : **Hydrocarbures totaux (4 tranches)
(C10-C40)**

Indice Hydrocarbures (C10-C40)

mg/kg M.S. *

429

* 415

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Forme Joubert 1

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**Marnant
haut
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

002**Marnant
haut HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

003**Marnant bas
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

004**Enclave
HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

Hydrocarbures totaux
LS919 : **Hydrocarbures totaux (4 tranches)****(C10-C40)**

HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg M.S.	4.25	7.10
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/kg M.S.	45.1	43.5
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/kg M.S.	157	130
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/kg M.S.	223	234

ZS0DY : **Découpage 8 tranches HCT-CPG nC10 à nC40**

> C10 - C12 inclus (%)	%	0.61	0.51
> C12 - C16 inclus (%)	%	0.38	1.20
> C16 - C20 inclus (%)	%	5.18	5.07
> C20 - C24 inclus (%)	%	5.33	10.98
> C24 - C28 inclus (%)	%	24.28	15.15
> C28 - C32 inclus (%)	%	23.35	21.55
> C32 - C36 inclus (%)	%	27.47	37.55
> C36 - C40 exclus (%)	%	13.41	8.000
> C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	2.62	2.12
> C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	1.63	4.98
> C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	22.24	21.04
> C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	22.89	45.57
> C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	104.3	62.88
> C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	100.3	89.44
> C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	118.0	155.8
> C36 - C40 exclus	mg/kg M.S.	57.58	33.20

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

LSRHU : Naphtalène	mg/kg M.S.	*	0.026	*	0.055
LSRHI : Fluorène	mg/kg M.S.	*	0.036	*	0.049
LSRHJ : Phénanthrène	mg/kg M.S.	*	0.41	*	0.12

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Forme Joubert 1

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**Marnant
haut
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

002**Marnant
haut HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

003**Marnant bas
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

004**Enclave
HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

LSRHM : Pyrène	mg/kg M.S.	*	0.51	*	0.18
LSRHN : Benzo-(a)-anthracène	mg/kg M.S.	*	0.27	*	0.12
LSRHP : Chrysène	mg/kg M.S.	*	0.31	*	0.14
LSRHS : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg M.S.	*	0.19	*	0.073
LSRHT : Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg M.S.	*	0.068	*	0.028
LSRHV : Acénaphthylène	mg/kg M.S.	*	0.014	*	0.026
LSRHW : Acénaphène	mg/kg M.S.	*	0.069	*	0.033
LSRHK : Anthracène	mg/kg M.S.	*	0.096	*	0.03
LSRHL : Fluoranthène	mg/kg M.S.	*	0.52	*	0.23
LSRHQ : Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.	*	0.43	*	0.18
LSRHR : Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.	*	0.14	*	0.05
LSRHH : Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.	*	0.28	*	0.12
LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg M.S.	*	0.19	*	0.083
LSFF9 : Somme des HAP	mg/kg M.S.		3.6		1.5

Polychlorobiphényles (PCBs)

LS3U7 : PCB 28	mg/kg M.S.	*	<0.0011	*	<0.0011
LS3UB : PCB 52	mg/kg M.S.	*	0.0037	*	0.0051
LS3U8 : PCB 101	mg/kg M.S.	*	0.0066	*	0.0042
LS3U6 : PCB 118	mg/kg M.S.	*	0.023	*	0.009
LS3U9 : PCB 138	mg/kg M.S.	*	0.033	*	0.016
LS3UA : PCB 153	mg/kg M.S.	*	0.028	*	0.011
LS3UC : PCB 180	mg/kg M.S.	*	0.0088	*	0.0042
LSFEH : Somme PCB (7)	mg/kg M.S.		0.104		0.050

Composés Volatils

LS0XU : Benzène	mg/kg M.S.		<0.10		<0.10
------------------------	------------	--	-------	--	-------

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :
Nom Projet :
Nom Commande : Forme Joubert 1
Référence Commande : F302403

N° Echantillon	001	002	003	004
Référence client :	Marnant haut SED	Marnant haut HP14 SED	Marnant bas SED	Enclave HP14 SED
Matrice :	SED	SED	SED	SED
Date de prélèvement :	17/05/2024	17/05/2024	17/05/2024	17/05/2024
Date de début d'analyse :	24/05/2024	24/05/2024	24/05/2024	24/05/2024
Température de l'air de l'enceinte :	17.9°C	17.9°C	17.9°C	17.9°C

Composés Volatils

LS0Y4 : Toluène	mg/kg M.S.	<0.20	<0.20
LS0XW : Ethylbenzène	mg/kg M.S.	<0.20	<0.20
LS0Y6 : o-Xylène	mg/kg M.S.	<0.20	<0.20
LS0Y5 : m+p-Xylène	mg/kg M.S.	<0.20	<0.20
LS0IK : Somme des BTEX	mg/kg M.S.	0.300	0.300

Organoétains

LS2GK : Dibutylétain cation-Sn (DBT)	µg Sn/kg M.S. *	18	15
LS2GL : Tributylétain cation-Sn (TBT)	µg Sn/kg M.S. *	13	24
LS2IJ : Tétra-butylétain -Sn (TeBT)	µg Sn/kg M.S.	<10	<10
LS2IK : Monobutylétain cation-Sn (MBT)	µg Sn/kg M.S. *	34	14
LS2IL : Triphénylétain cation-Sn (TPhT)	µg Sn/kg M.S. *	<2.0	<2.0
LS2IM : MonoOctyletain cation-Sn (MOT)	µg Sn/kg M.S. *	<2.0	<2.0
LS2IN : DiOctyletain cation-Sn (DOT)	µg Sn/kg M.S. *	<2.0	<2.0
LS2IP : Tricyclohexyletain cation-Sn (TcHexT)	µg Sn/kg M.S. *	<2.0	<2.0

Lixiviation

LSA36 : Lixiviation 1x24 heures			
Masse d'échantillon utilisée	g	2505.0	2542.0
Lixiviation 1x24 heures		Fait	Fait
Refus pondéral à 4 mm	%	69.5	47.1

XXS4D : **Pesée échantillon lixiviation**

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Forme Joubert 1

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**Marnant
haut
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

002**Marnant
haut HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

003**Marnant bas
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

004**Enclave
HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

Lixiviation
XXS4D : **Pesée échantillon lixiviation**

Volume de lixiviant ajouté

ml

950

950

Masse de la prise d'essai

g

96.3

95.3

Analyses immédiates sur éluat
LSQ13 : **Mesure du pH sur éluat**

pH (Potentiel d'Hydrogène)

8.4

8.2

Température

°C

20

19

LSQ02 : **Conductivité à 25°C sur éluat**

Conductivité corrigée automatiquement à 25°C

µS/cm

5990

7990

Température de mesure de la conductivité

°C

19.5

19.4

LSM46 : **Résidu sec à 105°C (Fraction soluble)****sur éluat**

Résidus secs à 105 °C

mg/kg M.S.

34200

50600

Résidus secs à 105°C (calcul)

% MS

3.4

5.1

Indices de pollution sur éluat
LSM68 : **Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat**

mg/kg M.S.

380

530

LS04Y : **Chlorures sur éluat**

mg/kg M.S.

17700

26400

LSN71 : **Fluorures sur éluat**

mg/kg M.S.

9.45

8.60

LS04Z : **Sulfates sur éluat**

mg/kg M.S.

3070

1460

LSM90 : **Indice phénol sur éluat**

mg/kg M.S.

<0.50

<0.51

Métaux sur éluat
LSM97 : **Antimoine (Sb) sur éluat**

mg/kg M.S.

0.066

0.035

LSM99 : **Arsenic (As) sur éluat**

mg/kg M.S.

0.128

0.249

LSN01 : **Baryum (Ba) sur éluat**

mg/kg M.S.

0.166

0.119

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Forme Joubert 1

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**Marnant
haut
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

002**Marnant
haut HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

003**Marnant bas
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

004**Enclave
HP14
SED**

17/05/2024

24/05/2024

17.9°C

Métaux sur éluat

LSN05 : Cadmium (Cd) sur éluat	mg/kg M.S.	<0.002	<0.002
LSN08 : Chrome (Cr) sur éluat	mg/kg M.S.	<0.10	<0.10
LSN10 : Cuivre (Cu) sur éluat	mg/kg M.S.	0.193	0.218
LSN26 : Molybdène (Mo) sur éluat	mg/kg M.S.	0.883	0.27
LSN28 : Nickel (Ni) sur éluat	mg/kg M.S.	<0.100	<0.102
LSN33 : Plomb (Pb) sur éluat	mg/kg M.S.	<0.100	<0.102
LSN41 : Sélénium (Se) sur éluat	mg/kg M.S.	0.018	0.017
LSN53 : Zinc (Zn) sur éluat	mg/kg M.S.	0.265	0.19
LS04W : Mercure (Hg) sur éluat	mg/kg M.S.	<0.001	<0.001

Sous-traitance

IY0RS : Rapport critère HP 14		Voir rapport joint	Voir rapport joint
IY031 : Tamissage, centrifugation	g/kg	31.1	31.6
IY00H : Lixiviation		55.1	46.6
IY00Q : Test Microtox sur éluat			
Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min)	% (CE 50)	-	-
Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min)	% (CE 50)	-	-
Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min)	% (CE 50)	-	-
IX00A : Test Brachionus			
Brachionus calyciflorus CE20/48h	% (CE 20)	-	-
Brachionus calyciflorus CE50/48h	% (CE 50)	-	-
IX248 : Test plantes émergence et croissance - 1 semence	% (CE 50)	-	-

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E093082

Version du : 14/08/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Date de réception technique : 23/05/2024

Première date de réception physique : 22/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Forme Joubert 1

Référence Commande : F302403

Observations	N° d'échantillon	Référence client
Du fait d'une LQ labo supérieure à la LQ règlementaire, la valeur retenue pour le calcul de la somme Somme des BTEX pour le(s) paramètre(s) Toluène, o-Xylène, m+p-Xylène est LQ labo/2	(001) (003)	Marnant haut / Marnant bas /
Du fait d'une LQ labo supérieure à la LQ règlementaire, la valeur retenue pour le calcul de la somme SOMME PCB (7) pour le(s) paramètre(s) PCB 28 est LQ labo/2	(001) (003)	Marnant haut / Marnant bas /


Elisa Gitzhofer

Coordinatrice Projets Clients

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 15 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec $k = 2$) sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de vérification dans le domaine de l'environnement – Détail disponible sur demande

Le résultat d'une somme de paramètres est soumis à une méthodologie spécifique développée par notre laboratoire. Celle-ci peut dépendre de la LQ règlementaire du ou des paramètres sommés. Pour plus d'informations, n'hésitez pas à contacter votre chargé d'affaires ou votre coordinateur de projet client.

Annexe technique

Dossier N° :24E093082

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1153128

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Forme Joubert 1

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
IX00A	Test Brachionus Brachionus calyciflorus CE20/48h Brachionus calyciflorus CE50/48h	Technique [Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de Brachionus calyciflorus en 48 h] - NF ISO 20666			% (CE 20) % (CE 50)	Prestation soustraite à EUROFINS ECOTOXICOLOGIE FRANCE
IX248	Test plantes émergence et croissance - 1 semence	Technique [Détermination des effets des polluants sur la flore du sol] - NF ISO 11269-2			% (CE 50)	
IY00H	Lixiviation	Lixiviation - NF EN 12457-2				
IY00Q	Test Microtox sur éluat Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min) Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min) Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min)	Technique [Essais de toxicité aigue sur bactéries luminescentes] - NF EN ISO 11348-3			% (CE 50) % (CE 50) % (CE 50)	
IY031	Tamissage, centrifugation	Technique -			g/kg	
IY0RS	Rapport critère HP 14	Guide INERIS-Classification réglementaire déchets				
LS04W	Mercuré (Hg) sur éluat	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.001	50%	mg/kg M.S.	Eurofins Analyses pour l'Environnement France
LS04Y	Chlorures sur éluat	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1	20	23%	mg/kg M.S.	
LS04Z	Sulfates sur éluat		50	20%	mg/kg M.S.	
LS0IK	Somme des BTEX	Calcul - Calcul			mg/kg M.S.	
LS0XU	Benzène	HS - GC/MS [Extraction méthanolique] - Méthode interne	0.1	40%	mg/kg M.S.	
LS0XW	Ethylbenzène		0.2	45%	mg/kg M.S.	
LS0Y4	Toluène		0.2	45%	mg/kg M.S.	
LS0Y5	m+p-Xylène		0.2	45%	mg/kg M.S.	
LS0Y6	o-Xylène		0.2	45%	mg/kg M.S.	
LS2GK	Dibutylétain cation-Sn (DBT)		GC/MS/MS [Dérivatation, extraction Solide/Liquide] - XP T 90-250	2	34%	
LS2GL	Tributylétain cation-Sn (TBT)	2		35%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IJ	Tétrabutylétain -Sn (TeBT)	10		45%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IK	Monobutylétain cation-Sn (MBT)	2		35%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IL	Triphénylétain cation-Sn (TPhT)	2		46%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IM	MonoOctylétain cation-Sn (MOT)	2		40%	µg Sn/kg M.S.	

Annexe technique

Dossier N° :24E093082

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1153128

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Forme Joubert 1

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS2IN	DiOctyletain cation-Sn (DOT)		2	36%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IP	Tricyclohexyletain cation-Sn (TcHexT)		2	35%	µg Sn/kg M.S.	
LS3PB	Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LS3PC	Fraction 200 - 2000 µm		0		%	
LS3U6	PCB 118	GC/MS/MS [ou GC/ECD - Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 17322	0.001	34%	mg/kg M.S.	
LS3U7	PCB 28		0.001	30%	mg/kg M.S.	
LS3U8	PCB 101		0.001	32%	mg/kg M.S.	
LS3U9	PCB 138		0.001	34%	mg/kg M.S.	
LS3UA	PCB 153		0.001	29%	mg/kg M.S.	
LS3UB	PCB 52		0.001	32%	mg/kg M.S.	
LS3UC	PCB 180		0.001	37%	mg/kg M.S.	
LS4P2	Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm		Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		
LS4WH	Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm	0			%	
LS862	Aluminium (Al)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - Méthode interne	5	50%	mg/kg M.S.	
LS865	Arsenic (As)		1	40%	mg/kg M.S.	
LS874	Cuivre (Cu)		5	50%	mg/kg M.S.	
LS881	Nickel (Ni)		1	40%	mg/kg M.S.	
LS882	Phosphore (P)		1	45%	mg/kg M.S.	
LS883	Plomb (Pb)		5	30%	mg/kg M.S.	
LS894	Zinc (Zn)		5	25%	mg/kg M.S.	
LS916	Azote Kjeldahl (NTK)		Volumétrie [Minéralisation] - Méthode interne (Sols) - NF EN 13342 (autres matrices)	0.5	35%	
LS918	Masse volumique sur échantillon brut	Gravimétrie - Méthode interne			g/cm ³	
LS919	Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40) Indice Hydrocarbures (C10-C40) HCT (nC10 - nC16) (Calcul) HCT (>nC16 - nC22) (Calcul) HCT (>nC22 - nC30) (Calcul) HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	GC/FID [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 14039	15	45%	mg/kg M.S.	
	mg/kg M.S.					
	mg/kg M.S.					
	mg/kg M.S.					
	mg/kg M.S.					
LS931	Cadmium (Cd)	ICP/MS [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 17294-2 - Méthode interne	0.1	28%	mg/kg M.S.	
LS934	Chrome (Cr)		0.1	30%	mg/kg M.S.	
LS995	Perte au feu à 550°C		Gravimétrie - NF EN 12879 (annulée)	0.1		

Annexe technique

Dossier N° :24E093082

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1153128

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Forme Joubert 1

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS9AS	Fraction 2 - 20 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LS9AT	Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm		0		%	
LS9AV	Fraction 63 - 200 µm		0		%	
LSA07	Matière sèche	Gravimétrie - NF EN 12880	0.1	5%	% P.B.	
LSA09	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - Méthode interne	0.1	20%	mg/kg M.S.	
LSA36	Lixiviation 1x24 heures	Lixiviation [Ratio L/S = 10 l/kg - Broyage par concasseur à mâchoires] - NF EN 12457-2			g	
	Masse d'échantillon utilisée				%	
	Lixiviation 1x24 heures Refus pondéral à 4 mm		0.1			
LSA6B	Phosphore total (P2O5)	Calcul - Calcul			mg/kg M.S.	
LSFEH	Somme PCB (7)				mg/kg M.S.	
LSFF9	Somme des HAP				mg/kg M.S.	
LSL4H	pH H2O	Potentiométrie - NF EN ISO 10390				
	pH extrait à l'eau Température				°C	
LSM46	Résidu sec à 105°C (Fraction soluble) sur éluat	Gravimétrie - NF T 90-029	2000	20%	mg/kg M.S.	
	Résidus secs à 105 °C Résidus secs à 105°C (calcul)		0.2		% MS	
LSM68	Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat	Spectrophotométrie (IR) [Oxydation à chaud en milieu acide] - Méthode interne	50	45%	mg/kg M.S.	
LSM90	Indice phénoI sur éluat	Flux continu - NF EN ISO 14402 (adaptée sur sédiment,boue)	0.5		mg/kg M.S.	
LSM97	Antimoine (Sb) sur éluat	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.01	25%	mg/kg M.S.	
LSM99	Arsenic (As) sur éluat		0.1	25%	mg/kg M.S.	
LSN01	Baryum (Ba) sur éluat		0.1		mg/kg M.S.	
LSN05	Cadmium (Cd) sur éluat		0.002	30%	mg/kg M.S.	
LSN08	Chrome (Cr) sur éluat		0.1		mg/kg M.S.	
LSN10	Cuivre (Cu) sur éluat		0.1		mg/kg M.S.	
LSN26	Molybdène (Mo) sur éluat		0.01		mg/kg M.S.	
LSN28	Nickel (Ni) sur éluat		0.1	20%	mg/kg M.S.	
LSN33	Plomb (Pb) sur éluat		0.1		mg/kg M.S.	
LSN41	Sélénium (Se) sur éluat		0.01	35%	mg/kg M.S.	
LSN53	Zinc (Zn) sur éluat		0.1	28%	mg/kg M.S.	

Annexe technique

Dossier N° :24E093082

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1153128

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Forme Joubert 1

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LSN71	Fluorures sur éluat	Electrométrie [Potentiometrie] - Méthode interne	5	14%	mg/kg M.S.	
LSQ02	Conductivité à 25°C sur éluat Conductivité corrigée automatiquement à 25°C Température de mesure de la conductivité	Potentiométrie [Méthode à la sonde] - NF EN 27888	15	30%	µS/cm °C	
LSQ13	Mesure du pH sur éluat pH (Potentiel d'Hydrogène) Température	Potentiométrie - NF EN ISO 10523			°C	
LSQK3	Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LSRHH	Benzo(a)pyrène	GC/MS/MS [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 17503	0.002	46%	mg/kg M.S.	
LSRHI	Fluorène		0.002	27%	mg/kg M.S.	
LSRHJ	Phénanthrène		0.002	39%	mg/kg M.S.	
LSRHK	Anthracène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHL	Fluoranthène		0.002	41%	mg/kg M.S.	
LSRHM	Pyrène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHN	Benzo-(a)-anthracène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHP	Chrysène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHQ	Benzo(b)fluoranthène		0.002	39%	mg/kg M.S.	
LSRHR	Benzo(k)fluoranthène		0.002	41%	mg/kg M.S.	
LSRHS	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHT	Dibenzo(a,h)anthracène		0.002	31%	mg/kg M.S.	
LSRHU	Naphtalène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHV	Acénaphthylène		0.002	32%	mg/kg M.S.	
LSRHW	Acénaphthène		0.002	31%	mg/kg M.S.	
LSRHX	Benzo(ghi)Pérylène	0.002	34%	mg/kg M.S.		
LSSKU	Fraction 20 - 63 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide -				
XXS06	Prétraitement et séchage à 40°C	Séchage [Le laboratoire travaillera sur la fraction <2mm de l'échantillon sauf demande explicite du client] - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Tamisage [Le laboratoire travaillera sur la fraction <à 2mm de l'échantillon sauf demande explicite du client] - NF ISO 11464	1		%	
XXS4D	Pesée échantillon lixiviation Volume de lixiviant ajouté	Gravimétrie - NF EN 12457-2			ml	

Annexe technique

Dossier N° :24E093082

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1153128

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Forme Joubert 1

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
	Masse de la prise d'essai				g	
ZS0DY	Découpage 8 tranches HCT-CPG nC10 à nC40 > C10 - C12 inclus (%) > C12 - C16 inclus (%) > C16 - C20 inclus (%) > C20 - C24 inclus (%) > C24 - C28 inclus (%) > C28 - C32 inclus (%) > C32 - C36 inclus (%) > C36 - C40 exclus (%) > C10 - C12 inclus > C12 - C16 inclus > C16 - C20 inclus > C20 - C24 inclus > C24 - C28 inclus > C28 - C32 inclus > C32 - C36 inclus > C36 - C40 exclus	Calcul - Méthode interne			% % % % % % % % % mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S.	
ZS0HH	Carbone organique total (COT) par combustion sèche Carbone Organique Total par Combustion Carbone Organique Total	Combustion [sèche] - NF EN 15936 - Méthode B	1000 0.1	40% 40%	mg C/kg M.S. % C	

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 24E093082

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-169446-01

Emetteur :

Commande EOL :

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Forme Joubert 1

Sédiments

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique (1)	Date de Réception Technique (2)	Code-Barre	Nom Flacon
001	Marnant haut	17/05/2024 09:29:00	22/05/2024	23/05/2024	V05A0312832	374mL verre (sol)
002	Marnant haut HP14	17/05/2024 09:29:00	22/05/2024	23/05/2024	4	Flaconnage non reconnu
002	Marnant haut HP14	17/05/2024 09:29:00	22/05/2024	23/05/2024	num2ro	Flaconnage non reconnu
003	Marnant bas	17/05/2024 09:29:00	22/05/2024	23/05/2024		
004	Enclave HP14	17/05/2024 09:29:00	22/05/2024	23/05/2024	1	Flaconnage non reconnu
004	Enclave HP14	17/05/2024 09:29:00	22/05/2024	23/05/2024	num2ro	Flaconnage non reconnu

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.

Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

Annexe au rapport d'analyse

Granulométrie laser a pas variable

prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025 COFRAC ESSAIS 1-1488 (portée disponible sur www.cofrac.fr) - Methode interne

Référence de l'échantillon (Matrice) :

24e093082-001 (SED) - Average

Date de l'analyse :

mardi 4 juin 2024 12:25:20

Opérateur :

FPEP

Résultat de la source :

Moyenne de 2 mesures

Données statistique

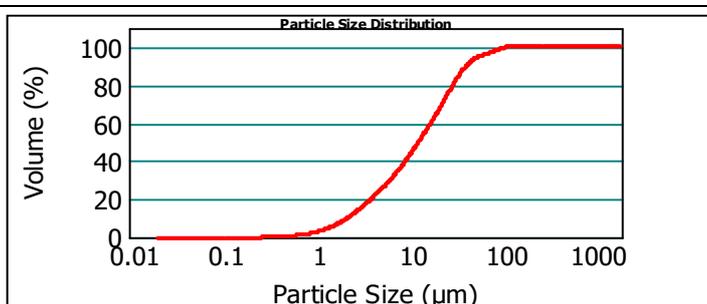
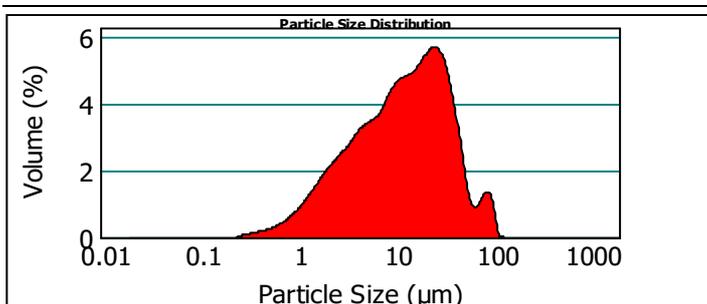
Surface spécifique : Moyenne : 1.11 m²/g Médiante : 19.176 µm Variance : 383.282 µm² Ecart type : 19.577 µm Rapport moyenne/médiane : 1.478 µm Mode : 26.133 µm

* Pourcentages cumulés :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 8.71%
 Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 64.21%
 Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 95.85%
 Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 100.00%
 Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 8.71%
 Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 55.50%
 Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 29.24%
 Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 6.55%
 Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 31.64%
 Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 4.15%
 Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 0.00%



24e093082-001 (SED) - Average

mardi 4 juin 2024 12:25:20

Size (µm)	Volume In %										
0.020		6.000	6.95	20.000	14.89	100.000	0.68	400.000	0.00	1000.000	0.00
1.000	2.61	8.000	6.26	30.000	9.40	150.000	0.00	500.000	0.00	1500.000	0.00
2.000	3.12	10.000	12.63	40.000	4.95	200.000	0.00	600.000	0.00	2000.000	0.00
2.500	8.14	15.000	2.08	50.000	2.40	250.000	0.00	800.000	0.00		
4.000	8.80	16.000	7.52	63.000	3.47	300.000	0.00	900.000	0.00		
6.000		20.000		100.000		400.000	0.00	1000.000	0.00		

Size (µm)	Vol Under %										
0.020	0.00	6.000	28.77	20.000	64.21	100.000	99.32	400.000	100.00	1000.000	100.00
1.000	2.61	8.000	35.72	30.000	79.10	150.000	100.00	500.000	100.00	1500.000	100.00
2.000	8.71	10.000	41.98	40.000	88.50	200.000	100.00	600.000	100.00	2000.000	100.00
2.500	11.83	15.000	54.61	50.000	93.45	250.000	100.00	800.000	100.00		
4.000	19.97	16.000	56.69	63.000	95.85	300.000	100.00	900.000	100.00		

Paramètre d'analyse

Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000 **Durée d'analyse :** 2 X 30 secondes
Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU **Indice de réfraction :** 1.33
 0.020 µm à 2000 µm **Liquide :** Water 800 mL
Logiciel : Malvern Application 5.60 **Obscurisation :** 10.93 %
Modèle optique : Fraunhofer
Vitesse de la pompe : 3000 rpm **- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure**

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne
 5, rue d'Otterswiller 67700 SAVERNE -
 Telephone 03 88 911 911 - Fax : 03 88 91 65 31 - Site Web : www.eurofins.fr/env
 SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS Saverne 422 998 971

**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS**
Département Environnement
5 rue d'Otterswiller
67700 SAVERNE
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-IY-007195-01

Version du : 14/08/2024

Page 1/2

Dossier N° : 24G002974

Date de réception : 27/05/2024

Référence bon de commande : EUFRSA200144097

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
001	Sédiments	24E093082-002 / Marnant haut HP14 -	

N° ech **24G002974-001** | Votre réf. (1) 24E093082-002

Température de l'air de l'enceinte	5.5°C	Date de réception	27/05/2024 13:41
Date prélèvement (1)	17/05/2024 09:29	Début d'analyse	01/07/2024
Prélèvement effectué par (1)	Client		

Ecotoxicologie continentale

	Résultat	Unité
IX00A : Test Brachionus Prestation réalisée par nos soins Technique [Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de Brachionus calyciflorus en 48 h] - NF ISO 20666		
Brachionus calyciflorus CE20/48h	-	% (CE 20)
Brachionus calyciflorus CE50/48h	-	% (CE 50)
IY00Q : Test Microtox sur éluat Prestation réalisée par nos soins Technique [Essais de toxicité aigue sur bactéries luminescentes] - NF EN ISO 11348-3		
Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min)	-	% (CE 50)
Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min)	-	% (CE 50)
Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min)	-	% (CE 50)
IY00H : Lixiviation Prestation réalisée par nos soins Lixiviation - NF EN 12457-2	55.1	
IX248 : Test plantes émergence et croissance - 1 semence Prestation réalisée par nos soins Technique [Détermination des effets des polluants sur la flore du sol] - NF ISO 11269-2	-	% (CE 50)
IY0RS : Rapport critère HP 14 Prestation réalisée par nos soins Guide INERIS-Classification réglementaire déchets	Voir rapport joint	

Divers

	Résultat	Unité
IY031 : Tamisage, centrifugation Prestation réalisée par nos soins Technique -	31.1	g/kg



Alice Rougier
Ingénieure Projets Ingénieure Projets

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

(1) Données fournies par le client qui ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

A l'attention de :

**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT France**

Adresse : 5 Rue d'Otterswiller - F-67700 Saverne

***EVALUATION SUIVANT LE CRITERE HP14
DE L'ECOTOXICITE D'UN ECHANTILLON
SEDIMENT***

REFERENCE : « 24E093082-002 »

Rapport d'analyses n°24EE4Z-1134 du 13/08/2024

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale

Eurofins Ecotoxicologie France
SAS au capital de 71676 € RCS Nancy 751 056 102 TVA FR 35 751 056 102
Siège social : Rue Lucien Cuenot site Saint Jacques II BP 51005 54521 MAXEVILLE cedex –
T 03 83 50 36 17 F 03 83 50 23 70

SOMMAIRE

I.	PRESENTATION DE L'ECHANTILLON	Page 4
II.	VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE D'UN SEDIMENT : CRITERE HP14*	Page 4
III.	PREPARATION DES ELUATS	Page 5
IV.	DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE	Page 6
IV.1	DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES	Page 6
IV.2	TESTS DE TOXICITE SUR ORGANISMES AQUATIQUES	Page 6
IV.2.1	<i>Test de toxicité aiguë</i>	Page 6
IV.2.2	<i>Test de toxicité chronique</i>	Page 6
IV.3	TEST DE TOXICITE SUR ORGANISMES TERRESTRES	Page 7
IV.3.1	<i>Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance sur des semences d'avoine (Avena sativa, NF EN ISO 11269-2, 2013)</i>	Page 7
V.	DATES DES DIFFERENTES ETAPES	Page 7
VI.	CARACTERISATION DU SEDIMENT	Page 8
VI.1	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	Page 8
VI.2	RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE	Page 8
VI.2.1	<i>Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes aquatiques</i>	Page 8
VI.2.2	<i>Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes terrestres</i>	Page 10
VII.	SYNTHESE DES RESULTATS	Page 11

Liste des tableaux :

- Tableau 1. Dates des étapes de préparation de l'échantillon
- Tableau 2. Dates des tests de toxicité
- Tableau 3. Préparation des éluats
- Tableau 4. Récapitulatif des résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur éluats
- Tableau 5. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë sur éluats
- Tableau 6. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité chronique sur éluats
- Tableau 7. Récapitulatif des résultats en % (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute pré-traité
- Tableau 8. Classement sur la base des tests biologiques sur matrice brute pré-traité
- Tableau 9. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE)

Liste des figures :

- Figure 1. Protocole d'évaluation de la propriété de danger HP14 pour les sédiments
- Figure 2. Toxicité aiguë sur organismes aquatiques
- Figure 3. Toxicité chronique sur organismes aquatiques
- Figure 4. Toxicité sur organismes terrestres

I. PRESENTATION DE L'ECHANTILLON

Echantillon référencé « 24E093082-002 » réceptionné le 27/05/2024 de siccité égale à 31%.

Date de prélèvement : 17/05/2024.

Référence Eurofins Ecotoxicologie France : 24G002974-001.

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

II. VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE D'UN SEDIMENT : CRITERE HP14*

** anciennement appelé critère H14.*

Dans le domaine des déchets, le conseil des communautés européennes a défini 15 propriétés qui rendent les déchets dangereux dont la propriété écotoxique : le critère H14 (Directive européenne 91/689 relative aux déchets dangereux, 1991) repris en droit français par le décret n°97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux.

Le groupe de travail « Dangerosité des sédiments », piloté par le Ministère en charge de l'Environnement, a défini en 2009, dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur les Déchets, un protocole permettant l'évaluation de la dangerosité des sédiments marins et continentaux au titre de la propriété HP 14. Après tamisage et centrifugation, la caractérisation biologique des sédiments requiert 2 approches différentes et complémentaires :

- approche directe : étude sur des extraits solides.
- approche indirecte : étude sur des extraits liquides – ou éluats obtenus par lixiviation.

Les essais réalisés sont ceux proposés dans le rapport INERIS-DRC-15-149793-06416A réalisé pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) – « Classification réglementaire des déchets - Guide d'application pour la caractérisation en dangerosité » pour la mesure du paramètre HP14 sur sédiments marins et continentaux (4 février 2016).

Les seuils de dangerosité proposés par le critère HP14 sont les suivants :

- **Pour la toxicité sur éluats issus de la lixiviation d'un sédiment, le seuil pour les tests aigus est de 10% pour la CE 50 et pour les tests chroniques, de 1% pour la CE 20.**
- **Pour les tests sur extraits solides, le seuil est de 10% en équivalent matière sèche pour la CE 50.**

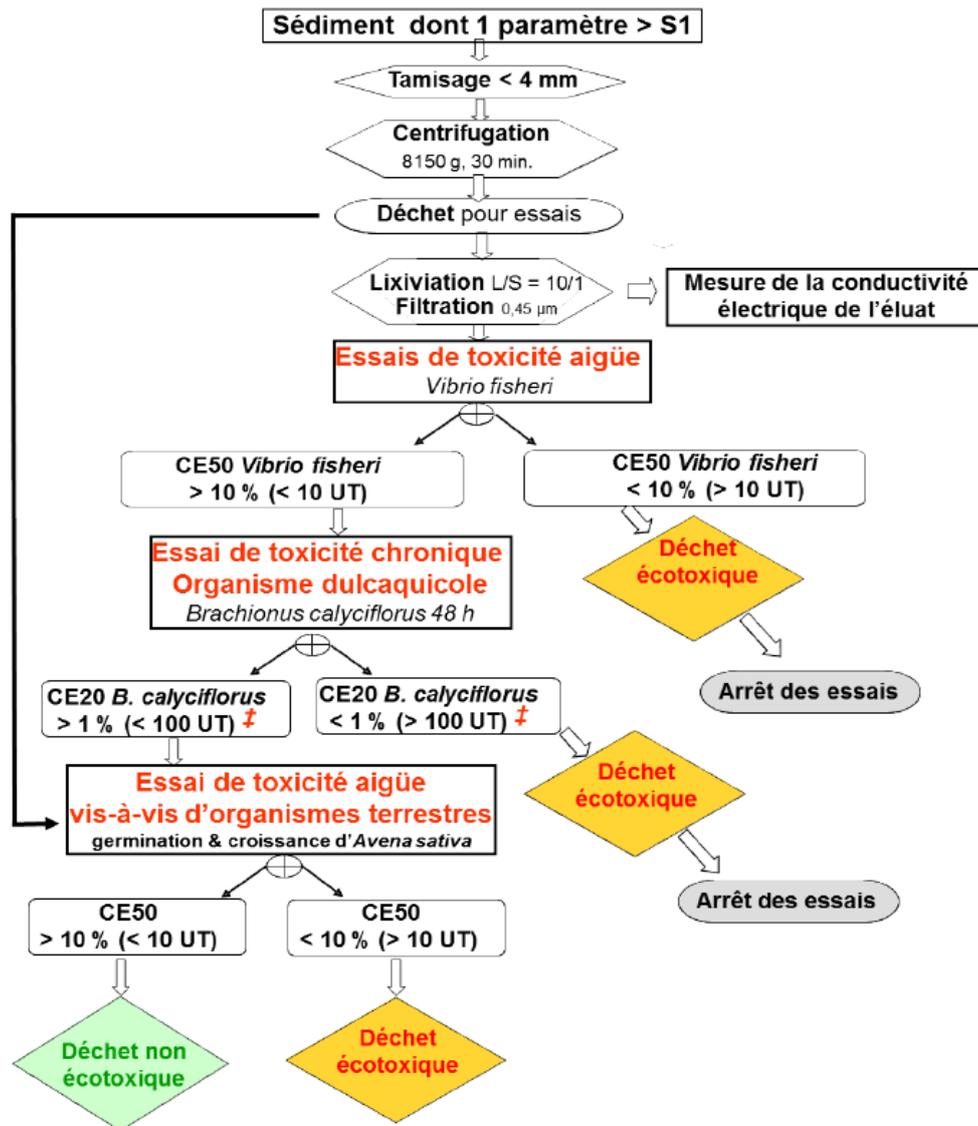


Figure 1. Protocole d'évaluation de la propriété de danger HP14 pour les sédiments

III. PREPARATION DES ELUATS

Les éluats ont été obtenus suivant le protocole de lixiviation EN 12457-2 (2002) indice de classement X 30 402-2 :

1. Rapport massique Liquide/Solide = 10 calculé en équivalent de matière sèche,
2. Agitation 24 heures, par retournement (10 tours/min),
3. Séparation des phases liquide et solide par décantation pendant 15 minutes (si la décantation est inefficace, centrifugation 3000 tours/min, 30 min),
4. Filtration de l'éluat à 0,45 µm,
5. Ajustement du pH entre 5,5 et 8,5 à l'aide de HNO₃ (65%) ou de NaOH (1N),
6. Réalisation des tests biologiques :
 - Microtox® et Brachionus sur l'éluat filtré à 0,45 µm.

Les éluats sont ensuite conservés à l'obscurité à une température de 5 °C +/- 3 et sont utilisés pour les tests biologiques de toxicité dans les 15 jours de leur production.

IV. DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

IV.1 DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES

CE X-T : Concentration efficace provoquant un effet sur X% de la population après un temps T.

IV.2 TESTS DE TOXICITE SUR ORGANISMES AQUATIQUES

IV.2.1 Test de toxicité aiguë

Test d'inhibition de la luminescence sur des bactéries marines (*Vibrio fischeri* ou Microtox®, NF EN ISO 11348-3, 2009)

Ce test repose sur la détermination de l'inhibition de la luminescence émise par une bactérie marine (*Vibrio fischeri*, anciennement *Photobacterium phosphoreum*). Cet essai permet de déterminer la concentration d'échantillon (en %) qui, après 5, 15 à 30 minutes inhibe 50% de la luminescence des bactéries. Cette concentration est désignée par CE 50-T, T représentant le temps de contact des bactéries avec l'échantillon.

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 2.

Organisme d'essai : *Vibrio fischeri* (NRRL B-11177).

Fournisseur de la souche lyophilisée : R-Biopharm.

Méthode de calcul de la CE 50 : Logiciel Microtox-Omni.

Essai sur substances de référence réalisé à chaque série analytique * :

- Heptahydrate de sulfate de zinc ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$).
- 3,5-dichlorophénol ($C_6H_4Cl_2O$).
- Dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$).

* : L'essai se fait
seulement sur 1
substance de référence
parmi les 3 possibles.

IV.2.2 Test de toxicité chronique

Test d'inhibition de la reproduction sur des rotifères (*Brachionus calyciflorus*, NF ISO 20666, 2009)

De jeunes femelles *Brachionus calyciflorus* (*Monogota*, *Rotifera*), âgées de moins de 2 heures au début de l'essai, sont exposées individuellement pendant une période de 48 heures à une gamme de concentrations de l'échantillon. En fin d'essai, le nombre de rotifères femelles est déterminé et, par comparaison avec le témoin, les pourcentages d'inhibition de la croissance de la population sont déterminés à chaque concentration. La concentration d'échantillon inhibant 20% de la croissance populationnel est alors déterminée (CE 20).

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 8.

Organisme d'essai : *Brachionus calyciflorus*.

Fournisseur des sporocystes déshydratés : R-Biopharm.

Méthode de calcul de la CE 20 : Modèle logistique basé sur l'équation de Hill (macro Regtox_ev6.6.2.xls).

Essai sur substances de référence réalisé une fois par mois : Pentahydrate de sulfate de cuivre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).

IV.3 TEST DE TOXICITE SUR ORGANISMES TERRESTRES

IV.3.1 Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance sur des semences d'avoine (*Avena sativa*, NF EN ISO 11269-2, 2013)

Les échantillons de sédiment sont dilués avec le milieu ISO (mélange de 70% de sable de Fontainebleau, 20% de kaolinite et 10% de sphaigne). Les différentes graines d'avoine sont plantées dans les dilutions. Dix graines d'avoine (*Avena sativa*) sont introduits par dilution.

L'essai se déroule avec une série de 5 dilutions.

L'émergence et la croissance de l'avoine sont suivies quotidiennement lors de l'arrosage. Après 6 jours, les graines germées sont comptabilisées dans les différentes dilutions pour déterminer l'effet sur la germination. Après 20 jours, la biomasse de chaque dilution est quantifiée par pesée. La concentration d'échantillon (en équivalent matière sèche) inhibant 50% de la germination et de la croissance est alors déterminée (CE 50).

Méthode de calcul de la CE 50 : Modèle statistique Log-Probit sur le logiciel Toxcalc.

V. DATES DES DIFFERENTES ETAPES

Tableau 1. Dates des étapes de préparation de l'échantillon

Etapes	Dates
Tamissage à 4mm	27/06/2024
Centrifugation à 8150 g	27/06/2024
Lixiviation	01/07/2024
Centrifugation à 3000 tours/min	02/07/2024
Filtration à 0,45 µm	02/07/2024

Tableau 2. Dates des tests de toxicité

Tests	Dates des essais définitifs	Échantillon congelé avant analyse
Microtox®	12/07/2024	Oui
Brachionus	03/07/2024	Non
Avoines	23/07/2024	

VI. CARACTERISATION DU SEDIMENT

VI.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Teneur en eau de l'échantillon brut : 69%

Teneur en eau de l'échantillon après tamisage et centrifugation à 8150 g : 45%

↳ Conductivité de l'eau interstitielle obtenue : 31600 µS/cm

Le tableau ci-dessous regroupe les difficultés rencontrées lors de la préparation des éluats et les paramètres physico-chimiques de ces derniers.

Tableau 3. Préparation des éluats

Eluats	24E093082-002
Difficultés de filtration	Oui, centrifugation à 3000 tours/min pendant 30 minutes
pH de l'éluat	8.4
Ajustement du pH de l'éluat	Non
Oxygène dissous (mg/L) de l'éluat	7.6
Conductivité (µS/cm) de l'éluat	3490

VI.2 RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

VI.2.1 Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes aquatiques

Tableau 4. Récapitulatif des résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur éluats

Sédiment	Tests	Effets	Descripteur toxicologique	24E093082-002
Test de toxicité aiguë	Microtox®	Inhibition de la luminescence	CE 50 - 5min	Non toxique à 80%
			CE 50 - 15min	Non toxique à 80%
			CE 50 - 30min	Non toxique à 80%
Test de toxicité chronique	Brachionus	Croissance de la population	CE 20 - 48h	Non toxique à 90%

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE 50 et/ou CE 20 (si calculable)

En rouge : CE 50 < 10% et/ou CE 20 < 1%

Le tableau 5 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë sur la base du seuil à 10%.

Tableau 5. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë sur éluats

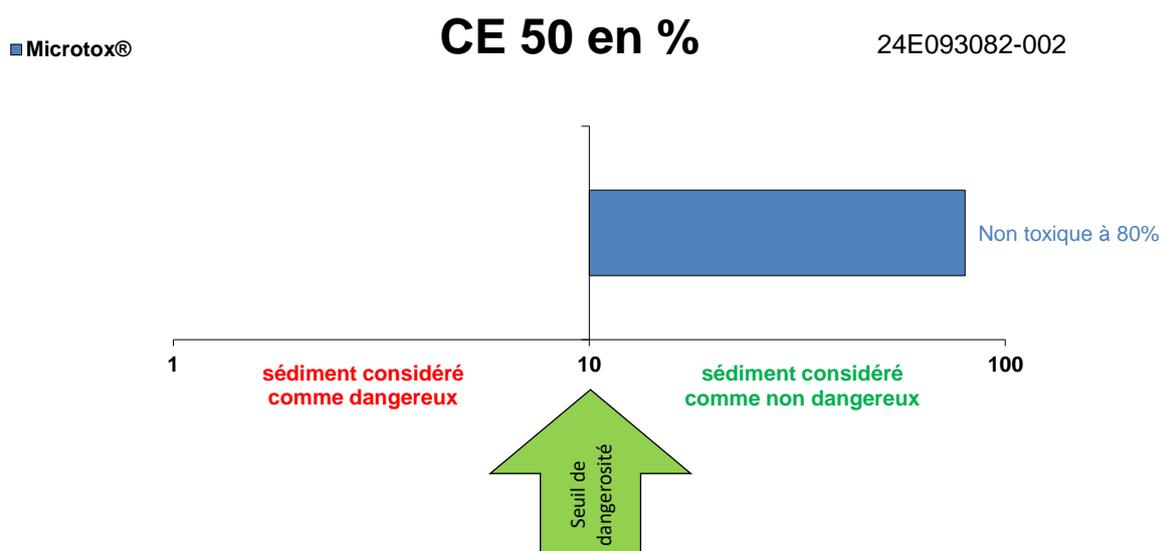
Sédiment	Classement sur la base du test Microtox®	Classement sur la base des essais de toxicité aiguë*
24E093082-002	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 2 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë réalisés sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10%.


Figure 2. Toxicité aiguë sur organismes aquatiques

Le tableau 6 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité chronique sur la base du seuil à 1%.

Tableau 6. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité chronique sur éluats

Sédiment	Classement sur la base du test Brachionus	Classement sur la base des essais de toxicité chronique*
24E093082-002	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 3 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité chronique réalisés sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 1%.

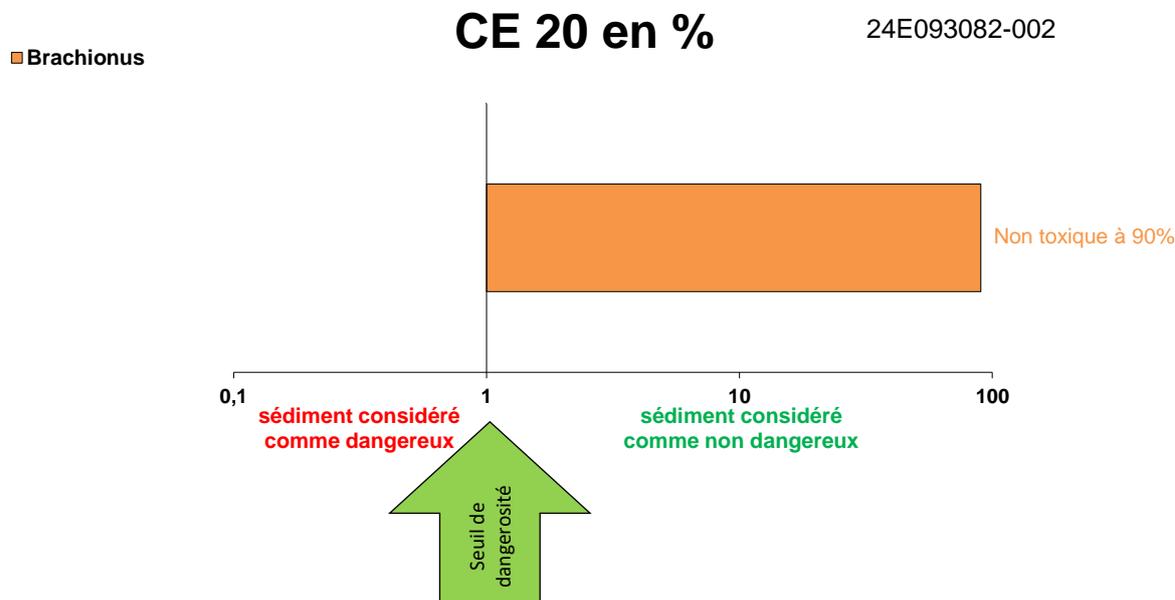


Figure 3. Toxicité chronique sur organismes aquatiques

VI.2.2 Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes terrestres

Remarque : 55% d'échantillon en équivalent matière sèche (MS) correspond à 100% d'échantillon brut pré-traité.

Tableau 7. Récapitulatif des résultats en % (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute pré-traité

Tests	Effets	Descripteur toxicologique	24E093082-002
Avoines	Germination	CE 50 - 6j	15,9% de MS (5,30 ; 31,5)
Avoines	Croissance	CE 50 - 20j	36,9% de MS

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE 50 (si calculable)
 En rouge : CE 50 < 10% de MS

Le tableau 8 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute pré-traité, en considérant le seuil de 10% de MS.

Tableau 8. Classement sur la base des tests biologiques sur matrice brute pré-traité

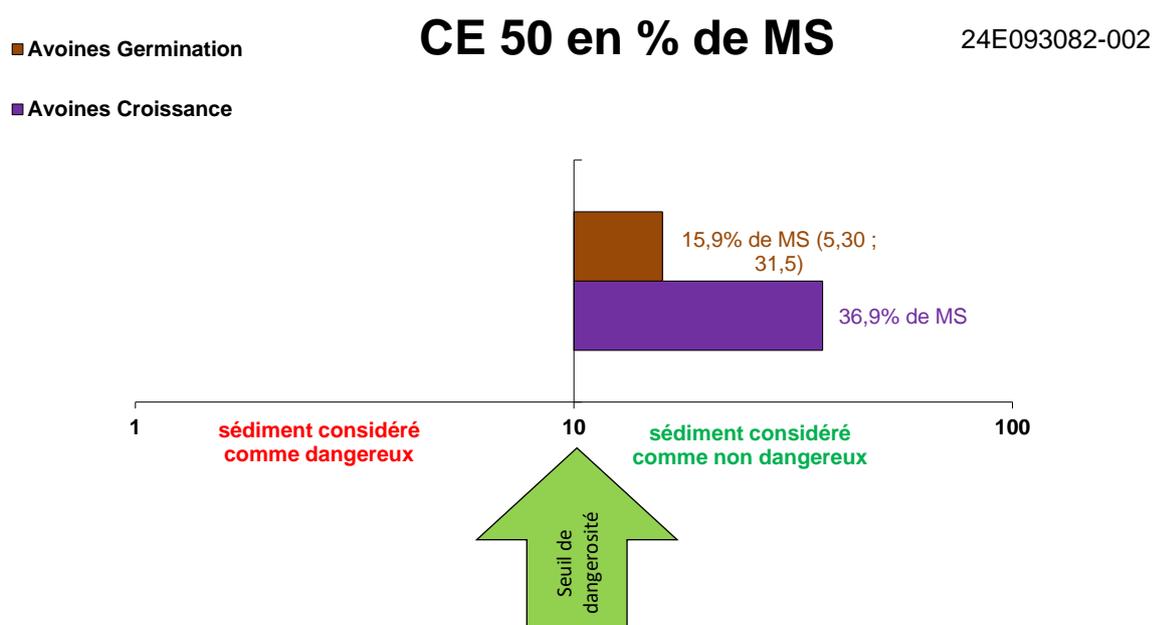
Sédiment	Classement sur la base du test Avoines Germination	Classement sur la base du test Avoines Croissance	Classement sur la base des essais de toxicité terrestre*
24E093082-002	-	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 4 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute pré-traité sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10% de MS.


Figure 4. Toxicité sur organismes terrestres

VII. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Le tableau 9 présente les résultats obtenus en termes de classement du sédiment, respectivement en fonction des seuils de dangerosité.

Tableau 9. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE)

Sédiment	Classement sur la base des essais de toxicité aiguë*	Classement sur la base des essais de toxicité chronique*	Classement sur la base des essais de toxicité terrestre*	Synthèse*
24E093082-002	-	-	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

- * **Pour le test de toxicité aiguë,** avec un seuil de CE 50 à 10%,

L'échantillon « 24E093082-002 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par le test Microtox®.

- * **Pour le test de toxicité chronique,** avec un seuil de CE 20 à 1%,

L'échantillon « 24E093082-002 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par le test Brachionus.

- * **Pour le test de toxicité terrestre,** avec un seuil de CE 50 à 10% de MS,

L'échantillon « 24E093082-002 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par les tests Avoines Germination et Avoines Croissance.

Dans le cadre du critère HP14 et en fonction des seuils retenus par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) en 2016, l'échantillon « 24E093082-002 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement".

A Maxéville, le 13 août 2024

Mathilde Roche Bril, Chargée d'études



Annexe au rapport d'analyse

Granulométrie laser a pas variable

prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025 COFRAC ESSAIS 1-1488 (portée disponible sur www.cofrac.fr) - Methode interne

Référence de l'échantillon (Matrice) :

24e093082-003 (SED) - Average

Date de l'analyse :

mardi 4 juin 2024 12:33:50

Opérateur :

FPEP

Résultat de la source :

Moyenne de 2 mesures

Données statistique

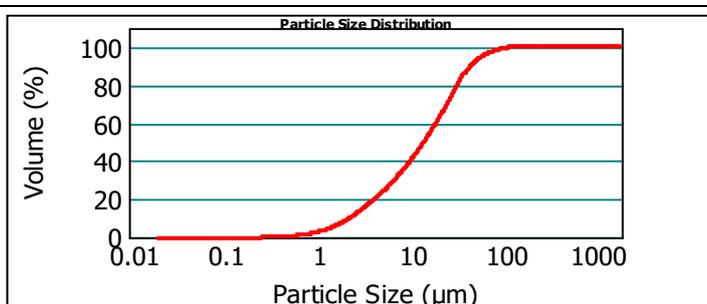
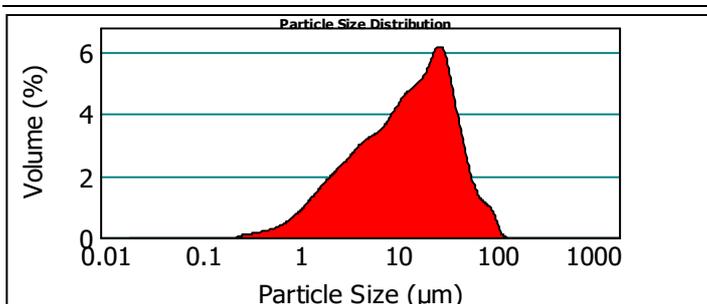
Surface spécifique : 1.05 m²/g **Moyenne :** 20.932 µm **Médiane :** 14.756 µm **Variance :** 416.744 µm² **Ecart type :** 20.414 µm **Rapport moyenne/médiane :** 1.418 µm **Mode :** 29.377 µm

* Pourcentages cumulés :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 8.12%
 Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 59.84%
 Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 95.35%
 Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 100.00%
 Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 8.12%
 Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 51.72%
 Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 31.70%
 Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 8.46%
 Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 35.50%
 Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 4.65%
 Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 0.00%



24e093082-003 (SED) - Average

mardi 4 juin 2024 12:33:50

Size (µm)	Volume In %										
0.020		6.000		20.000	15.29	100.000	0.82	400.000	0.00	1000.000	0.00
1.000	2.48	8.000	6.42	30.000	10.62	150.000	0.00	500.000	0.00	1500.000	0.00
2.000	2.85	10.000	11.88	40.000	5.79	200.000	0.00	600.000	0.00	2000.000	0.00
2.500	7.52	15.000	2.04	50.000	3.81	250.000	0.00	800.000	0.00		
4.000	8.14	16.000	7.29	63.000	3.83	300.000	0.00	900.000	0.00		
6.000		20.000		100.000		400.000	0.00	1000.000	0.00		

Size (µm)	Vol Under %										
0.020	0.00	6.000	26.63	20.000	59.84	100.000	99.18	400.000	100.00	1000.000	100.00
1.000	2.48	8.000	33.05	30.000	75.13	150.000	100.00	500.000	100.00	1500.000	100.00
2.000	8.12	10.000	38.64	40.000	85.74	200.000	100.00	600.000	100.00	2000.000	100.00
2.500	10.97	15.000	50.51	50.000	91.54	250.000	100.00	800.000	100.00		
4.000	18.49	16.000	52.55	63.000	95.35	300.000	100.00	900.000	100.00		

Paramètre d'analyse

Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000 **Durée d'analyse :** 2 X 30 secondes
Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU **Indice de réfraction :** 1.33
 0.020 µm à 2000 µm
Logiciel : Malvern Application 5.60 **Liquide :** Water 800 mL
Modèle optique : Fraunhofer **Obscurisation :** 14.90 %
Vitesse de la pompe : 3000 rpm *- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure*

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne
 5, rue d'Otterswiller 67700 SAVERNE -
 Telephone 03 88 911 911 - Fax : 03 88 91 65 31 - Site Web : www.eurofins.fr/env
 SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS Saverne 422 998 971

**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS**
Département Environnement
5 rue d'Otterswiller
67700 SAVERNE
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-IY-007196-01

Version du : 14/08/2024

Page 1/2

Dossier N° : 24G002974

Date de réception : 27/05/2024

Référence bon de commande : EUFRSA200144097

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
002	Sédiments	24E093082-004 / Enclave HP14 -	

N° ech **24G002974-002** | Votre réf. (1) 24E093082-004

Température de l'air de l'enceinte	5.5°C	Date de réception	27/05/2024 13:41
Date prélèvement (1)	17/05/2024 09:29	Début d'analyse	01/07/2024
Prélèvement effectué par (1)	Client		

Ecotoxicologie continentale

	Résultat	Unité
IX00A : Test Brachionus Prestation réalisée par nos soins Technique [Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de Brachionus calyciflorus en 48 h] - NF ISO 20666		
Brachionus calyciflorus CE20/48h	-	% (CE 20)
Brachionus calyciflorus CE50/48h	-	% (CE 50)
IY00Q : Test Microtox sur éluat Prestation réalisée par nos soins Technique [Essais de toxicité aigue sur bactéries luminescentes] - NF EN ISO 11348-3		
Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min)	-	% (CE 50)
Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min)	-	% (CE 50)
Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min)	-	% (CE 50)
IY00H : Lixiviation Prestation réalisée par nos soins Lixiviation - NF EN 12457-2	46.6	
IX248 : Test plantes émergence et croissance - 1 semence Prestation réalisée par nos soins Technique [Détermination des effets des polluants sur la flore du sol] - NF ISO 11269-2	-	% (CE 50)
IY0RS : Rapport critère HP 14 Prestation réalisée par nos soins Guide INERIS-Classification réglementaire déchets	Voir rapport joint	

Divers

	Résultat	Unité
IY031 : Tamisage, centrifugation Prestation réalisée par nos soins Technique -	31.6	g/kg



Alice Rougier
Ingénieure Projets Ingénieure Projets

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

(1) Données fournies par le client qui ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

A l'attention de :

**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT France**

Adresse : 5 Rue d'Otterswiller - F-67700 Saverne

***EVALUATION SUIVANT LE CRITERE HP14
DE L'ECOTOXICITE D'UN ECHANTILLON
SEDIMENT***

REFERENCE : « 24E093082-004 »

Rapport d'analyses n°24EE4Z-1135 du 13/08/2024

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale

Eurofins Ecotoxicologie France
SAS au capital de 71676 € RCS Nancy 751 056 102 TVA FR 35 751 056 102
Siège social : Rue Lucien Cuenot site Saint Jacques II BP 51005 54521 MAXEVILLE cedex –
T 03 83 50 36 17 F 03 83 50 23 70

SOMMAIRE

I.	PRESENTATION DE L'ECHANTILLON	Page 4
II.	VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE D'UN SEDIMENT : CRITERE HP14*	Page 4
III.	PREPARATION DES ELUATS	Page 5
IV.	DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE	Page 6
IV.1	DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES	Page 6
IV.2	TESTS DE TOXICITE SUR ORGANISMES AQUATIQUES	Page 6
IV.2.1	<i>Test de toxicité aiguë</i>	Page 6
IV.2.2	<i>Test de toxicité chronique</i>	Page 6
IV.3	TEST DE TOXICITE SUR ORGANISMES TERRESTRES	Page 7
IV.3.1	<i>Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance sur des semences d'avoine (Avena sativa, NF EN ISO 11269-2, 2013)</i>	Page 7
V.	DATES DES DIFFERENTES ETAPES	Page 7
VI.	CARACTERISATION DU SEDIMENT	Page 8
VI.1	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	Page 8
VI.2	RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE	Page 8
VI.2.1	<i>Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes aquatiques</i>	Page 8
VI.2.2	<i>Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes terrestres</i>	Page 10
VII.	SYNTHESE DES RESULTATS	Page 11

Liste des tableaux :

- Tableau 1. Dates des étapes de préparation de l'échantillon
- Tableau 2. Dates des tests de toxicité
- Tableau 3. Préparation des éluats
- Tableau 4. Récapitulatif des résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur éluats
- Tableau 5. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë sur éluats
- Tableau 6. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité chronique sur éluats
- Tableau 7. Récapitulatif des résultats en % (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute pré-traité
- Tableau 8. Classement sur la base des tests biologiques sur matrice brute pré-traité
- Tableau 9. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE)

Liste des figures :

- Figure 1. Protocole d'évaluation de la propriété de danger HP14 pour les sédiments
- Figure 2. Toxicité aiguë sur organismes aquatiques
- Figure 3. Toxicité chronique sur organismes aquatiques
- Figure 4. Toxicité sur organismes terrestres

I. PRESENTATION DE L'ECHANTILLON

Echantillon référencé « 24E093082-004 » réceptionné le 27/05/2024 de siccité égale à 32%.

Date de prélèvement : 17/05/2024.

Référence Eurofins Ecotoxicologie France : 24G002974-002.

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

II. VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE D'UN SEDIMENT : CRITERE HP14*

** anciennement appelé critère H14.*

Dans le domaine des déchets, le conseil des communautés européennes a défini 15 propriétés qui rendent les déchets dangereux dont la propriété écotoxique : le critère H14 (Directive européenne 91/689 relative aux déchets dangereux, 1991) repris en droit français par le décret n°97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux.

Le groupe de travail « Dangerosité des sédiments », piloté par le Ministère en charge de l'Environnement, a défini en 2009, dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur les Déchets, un protocole permettant l'évaluation de la dangerosité des sédiments marins et continentaux au titre de la propriété HP 14. Après tamisage et centrifugation, la caractérisation biologique des sédiments requiert 2 approches différentes et complémentaires :

- approche directe : étude sur des extraits solides.
- approche indirecte : étude sur des extraits liquides – ou éluats obtenus par lixiviation.

Les essais réalisés sont ceux proposés dans le rapport INERIS-DRC-15-149793-06416A réalisé pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) – « Classification réglementaire des déchets - Guide d'application pour la caractérisation en dangerosité » pour la mesure du paramètre HP14 sur sédiments marins et continentaux (4 février 2016).

Les seuils de dangerosité proposés par le critère HP14 sont les suivants :

- Pour la toxicité sur éluats issus de la lixiviation d'un sédiment, le seuil pour les tests aigus est de 10% pour la CE 50 et pour les tests chroniques, de 1% pour la CE 20.
- Pour les tests sur extraits solides, le seuil est de 10% en équivalent matière sèche pour la CE 50.

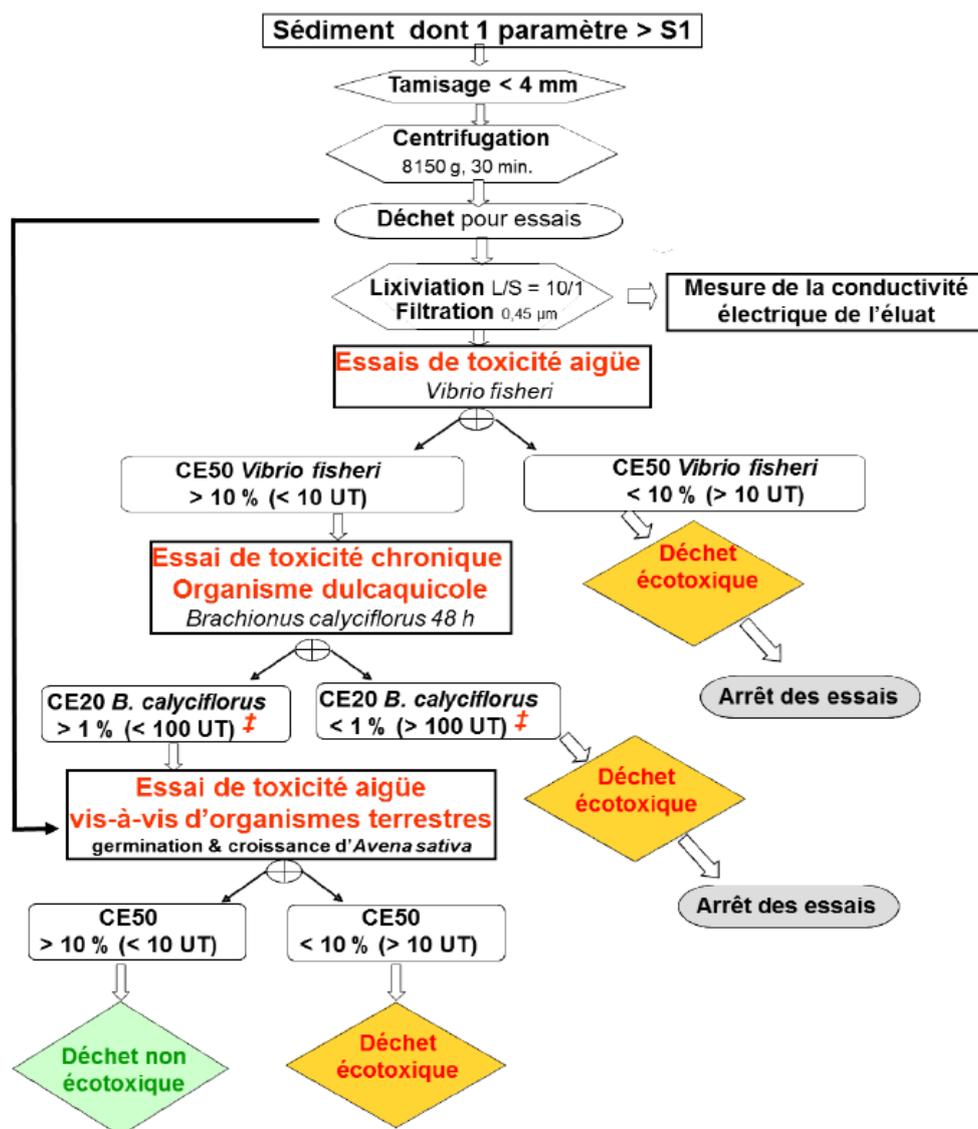


Figure 1. Protocole d'évaluation de la propriété de danger HP14 pour les sédiments

III. PREPARATION DES ELUATS

Les éluats ont été obtenus suivant le protocole de lixiviation EN 12457-2 (2002) indice de classement X 30 402-2 :

1. Rapport massique Liquide/Solide = 10 calculé en équivalent de matière sèche,
2. Agitation 24 heures, par retournement (10 tours/min),
3. Séparation des phases liquide et solide par décantation pendant 15 minutes (si la décantation est inefficace, centrifugation 3000 tours/min, 30 min),
4. Filtration de l'éluat à 0,45 µm,
5. Ajustement du pH entre 5,5 et 8,5 à l'aide de HNO₃ (65%) ou de NaOH (1N),
6. Réalisation des tests biologiques :
 - Microtox® et Brachionus sur l'éluat filtré à 0,45 µm.

Les éluats sont ensuite conservés à l'obscurité à une température de 5 °C +/- 3 et sont utilisés pour les tests biologiques de toxicité dans les 15 jours de leur production.

IV. DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

IV.1 DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES

CE X-T : Concentration efficace provoquant un effet sur X% de la population après un temps T.

IV.2 TESTS DE TOXICITE SUR ORGANISMES AQUATIQUES

IV.2.1 Test de toxicité aiguë

Test d'inhibition de la luminescence sur des bactéries marines (*Vibrio fischeri* ou Microtox®, NF EN ISO 11348-3, 2009)

Ce test repose sur la détermination de l'inhibition de la luminescence émise par une bactérie marine (*Vibrio fischeri*, anciennement *Photobacterium phosphoreum*). Cet essai permet de déterminer la concentration d'échantillon (en %) qui, après 5, 15 à 30 minutes inhibe 50% de la luminescence des bactéries. Cette concentration est désignée par CE 50-T, T représentant le temps de contact des bactéries avec l'échantillon.

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 2.

Organisme d'essai : *Vibrio fischeri* (NRRL B-11177).

Fournisseur de la souche lyophilisée : R-Biopharm.

Méthode de calcul de la CE 50 : Logiciel Microtox-Omni.

Essai sur substances de référence réalisé à chaque série analytique * :

- Heptahydrate de sulfate de zinc ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$).
- 3,5-dichlorophénol ($C_6H_4Cl_2O$).
- Dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$).

* : L'essai se fait
seulement sur 1
substance de référence
parmi les 3 possibles.

IV.2.2 Test de toxicité chronique

Test d'inhibition de la reproduction sur des rotifères (*Brachionus calyciflorus*, NF ISO 20666, 2009)

De jeunes femelles *Brachionus calyciflorus* (*Monogota*, *Rotifera*), âgées de moins de 2 heures au début de l'essai, sont exposées individuellement pendant une période de 48 heures à une gamme de concentrations de l'échantillon. En fin d'essai, le nombre de rotifères femelles est déterminé et, par comparaison avec le témoin, les pourcentages d'inhibition de la croissance de la population sont déterminés à chaque concentration. La concentration d'échantillon inhibant 20% de la croissance populationnel est alors déterminée (CE 20).

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 8.

Organisme d'essai : *Brachionus calyciflorus*.

Fournisseur des sporocystes déshydratés : R-Biopharm.

Méthode de calcul de la CE 20 : Modèle logistique basé sur l'équation de Hill (macro Regtox_ev6.6.2.xls).

Essai sur substances de référence réalisé une fois par mois : Pentahydrate de sulfate de cuivre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).

IV.3 TEST DE TOXICITE SUR ORGANISMES TERRESTRES

IV.3.1 Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance sur des semences d'avoine (*Avena sativa*, NF EN ISO 11269-2, 2013)

Les échantillons de sédiment sont dilués avec le milieu ISO (mélange de 70% de sable de Fontainebleau, 20% de kaolinite et 10% de sphaigne). Les différentes graines d'avoine sont plantées dans les dilutions. Dix graines d'avoine (*Avena sativa*) sont introduits par dilution.

L'essai se déroule avec une série de 5 dilutions.

L'émergence et la croissance de l'avoine sont suivies quotidiennement lors de l'arrosage. Après 6 jours, les graines germées sont comptabilisées dans les différentes dilutions pour déterminer l'effet sur la germination. Après 20 jours, la biomasse de chaque dilution est quantifiée par pesée. La concentration d'échantillon (en équivalent matière sèche) inhibant 50% de la germination et de la croissance est alors déterminée (CE 50).

Méthode de calcul de la CE 50 : Modèle statistique Log-Probit sur le logiciel Toxcalc.

V. DATES DES DIFFERENTES ETAPES

Tableau 1. Dates des étapes de préparation de l'échantillon

Etapes	Dates
Tamissage à 4mm	27/06/2024
Centrifugation à 8150 g	27/06/2024
Lixiviation	01/07/2024
Centrifugation à 3000 tours/min	02/07/2024
Filtration à 0,45 µm	02/07/2024

Tableau 2. Dates des tests de toxicité

Tests	Dates des essais définitifs	Échantillon congelé avant analyse
Microtox®	12/07/2024	Oui
Brachionus	03/07/2024	Non
Avoines	23/07/2024	

VI. CARACTERISATION DU SEDIMENT

VI.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Teneur en eau de l'échantillon brut : 68%

Teneur en eau de l'échantillon après tamisage et centrifugation à 8150 g : 53%

↳ Conductivité de l'eau interstitielle obtenue : 26400 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Le tableau ci-dessous regroupe les difficultés rencontrées lors de la préparation des éluats et les paramètres physico-chimiques de ces derniers.

Tableau 3. Préparation des éluats

Eluats	24E093082-004
Difficultés de filtration	Oui, centrifugation à 3000 tours/min pendant 30 minutes
pH de l'éluat	8.3
Ajustement du pH de l'éluat	Non
Oxygène dissous (mg/L) de l'éluat	7.8
Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de l'éluat	3710

VI.2 RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

VI.2.1 Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes aquatiques

Tableau 4. Récapitulatif des résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur éluats

Sédiment	Tests	Effets	Descripteur toxicologique	24E093082-004
Test de toxicité aiguë	Microtox®	Inhibition de la luminescence	CE 50 - 5min	>80%
			CE 50 - 15min	>80%
			CE 50 - 30min	Non toxique à 80%
Test de toxicité chronique	Brachionus	Croissance de la population	CE 20 - 48h	Non toxique à 90%

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE 50 et/ou CE 20 (si calculable)

En rouge : CE 50 < 10% et/ou CE 20 < 1%

Le tableau 5 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë sur la base du seuil à 10%.

Tableau 5. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë sur éluats

Sédiment	Classement sur la base du test Microtox®	Classement sur la base des essais de toxicité aiguë*
24E093082-004	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 2 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë réalisés sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10%.

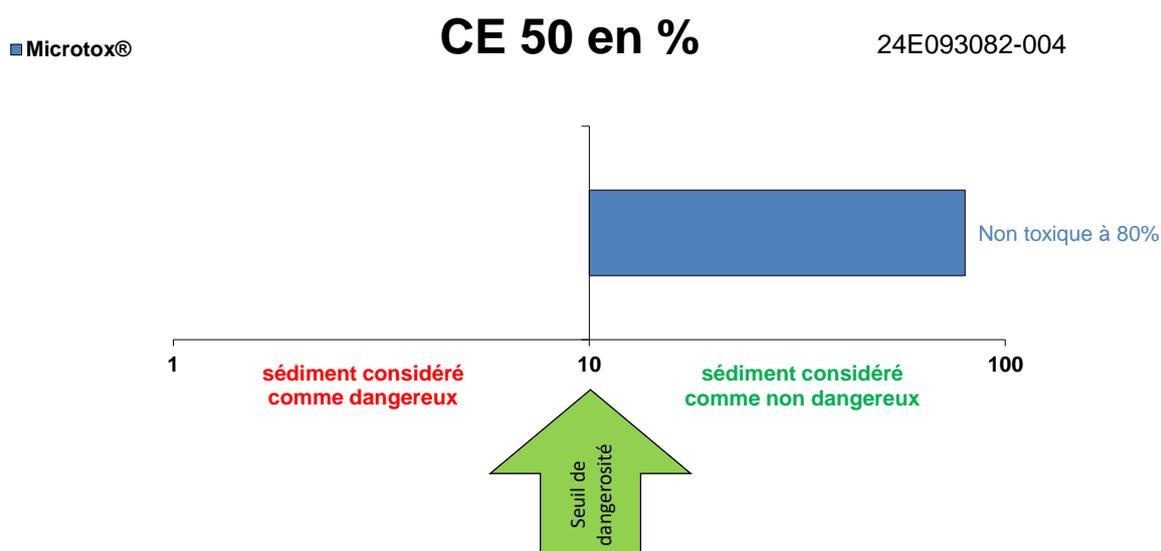


Figure 2. Toxicité aiguë sur organismes aquatiques

Le tableau 6 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité chronique sur la base du seuil à 1%.

Tableau 6. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité chronique sur éluats

Sédiment	Classement sur la base du test Brachionus	Classement sur la base des essais de toxicité chronique*
24E093082-004	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 3 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité chronique réalisés sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 1%.

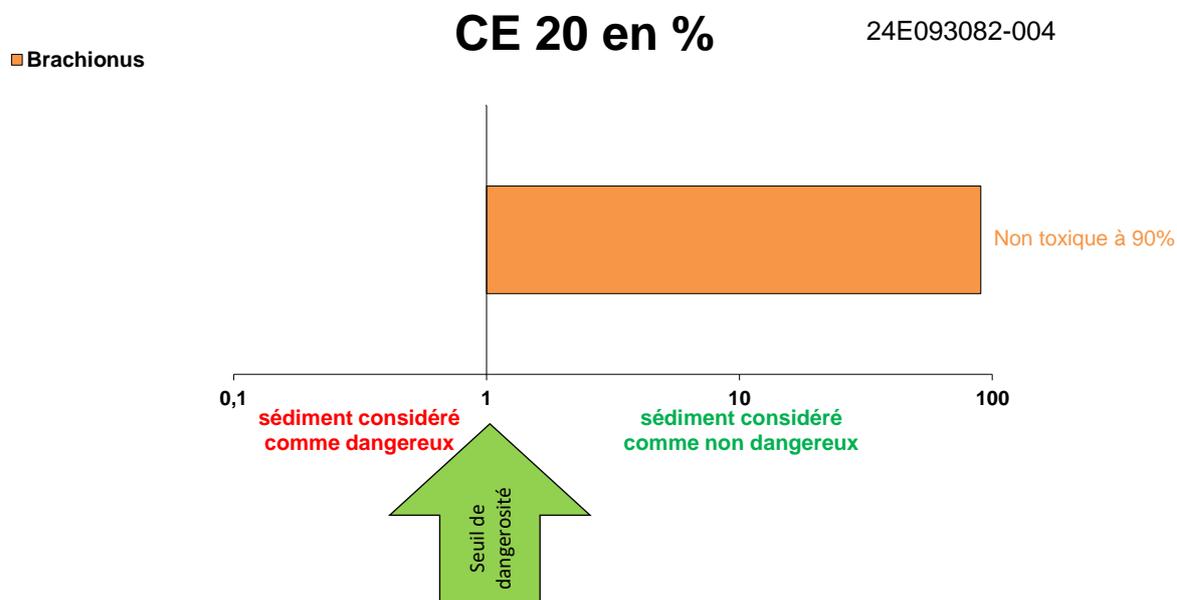


Figure 3. Toxicité chronique sur organismes aquatiques

VI.2.2 Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes terrestres

Remarque : 47% d'échantillon en équivalent matière sèche (MS) correspond à 100% d'échantillon brut pré-traité.

Tableau 7. Récapitulatif des résultats en % (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute pré-traité

Tests	Effets	Descripteur toxicologique	24E093082-004
Avoines	Germination	CE 50 - 6j	16,4% de MS (10,7 ; 26,4)
Avoines	Croissance	CE 50 - 20j	32,2% de MS

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE 50 (si calculable)
 En rouge : CE 50 < 10% de MS

Le tableau 8 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute pré-traité, en considérant le seuil de 10% de MS.

Tableau 8. Classement sur la base des tests biologiques sur matrice brute pré-traité

Sédiment	Classement sur la base du test Avoines Germination	Classement sur la base du test Avoines Croissance	Classement sur la base des essais de toxicité terrestre*
24E093082-004	-	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 4 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute pré-traité sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10% de MS.

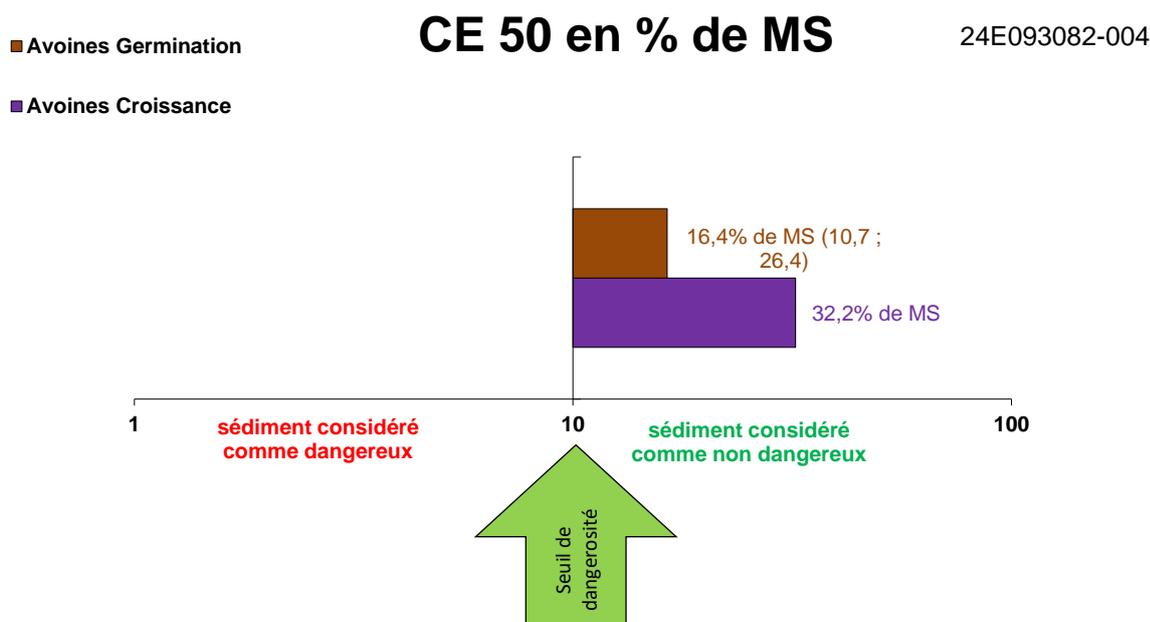


Figure 4. Toxicité sur organismes terrestres

VII. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Le tableau 9 présente les résultats obtenus en termes de classement du sédiment, respectivement en fonction des seuils de dangerosité.

Tableau 9. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE)

Sédiment	Classement sur la base des essais de toxicité aiguë*	Classement sur la base des essais de toxicité chronique*	Classement sur la base des essais de toxicité terrestre*	Synthèse*
24E093082-004	-	-	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

- * **Pour le test de toxicité aiguë,** avec un seuil de CE 50 à 10%,

L'échantillon « 24E093082-004 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par le test Microtox®.

- * **Pour le test de toxicité chronique,** avec un seuil de CE 20 à 1%,

L'échantillon « 24E093082-004 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par le test Brachionus.

- * **Pour le test de toxicité terrestre,** avec un seuil de CE 50 à 10% de MS,

L'échantillon « 24E093082-004 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par les tests Avoines Germination et Avoines Croissance.

Dans le cadre du critère HP14 et en fonction des seuils retenus par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) en 2016, l'échantillon « 24E093082-004 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement".

A Maxéville, le 13 août 2024

Mathilde Roche Bril, Chargée d'études



**TECHNIQUES ETUDES TRAVAUX
INTERVENTIONS SUBAQUATIQUES
Monsieur Erwan GROSSETETE
ZA La Verdure - Boulevard Gustave Eiffel
85170 BELLEVIGNY**

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

Coordinateur de Projets Clients : Marion Baumgarten / MarionBaumgarten@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sédiments	(SED)	HP 14 bassin
002	Sédiments	(SED)	HP 14 rails
003	Sédiments	(SED)	ISDI + seuil rail

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**HP 14
bassin
SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

002**HP 14 rails****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

003**ISDI + seuil
rail****SED**

28/05/2024

31/05/2024

17.5°C

Préparation Physico-Chimique
XXS06 : **Prétraitement et séchage à 40°C**

* Fait

LSA07 : **Matière sèche** % P.B.

* 35.0

XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm** %

* 34.5

Mesures physiques
LS918 : **Masse volumique sur échantillon brut** g/cm³

1.92

LS995 : **Perte au feu à 550°C** % MS

7.76

Granulométrie
LS4WH : **Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm** %

* 5.85

LS4P2 : **Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm** %

* 41.17

LSQK3 : **Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm** %

* 56.32

LS3PB : **Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm** %

* 57.96

LS9AT : **Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm** %

* 100.00

LS9AS : **Fraction 2 - 20 µm** %

* 35.32

LSSKU : **Fraction 20 - 63 µm** %

* 15.15

LS9AV : **Fraction 63 - 200 µm** %

* 1.64

LS3PC : **Fraction 200 - 2000 µm** %

* 42.04

Analyses immédiates
LSL4H : **pH H2O**
pH extrait à l'eau

8.6

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**HP 14
bassin
SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

002**HP 14 rails****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

003**ISDI + seuil
rail
SED**

28/05/2024

31/05/2024

17.5°C

Analyses immédiates
LSL4H : **pH H2O**

Température

°C

20

Indices de pollution
ZS0HH : **Carbone organique total (COT) par
combustion sèche**

Carbone Organique Total par Combustion mg C/kg M.S.

* 39500

Carbone Organique Total % C

* 3.95

LS916 : **Azote Kjeldahl (NTK)**

g/kg M.S.

* 3.8

Métaux
XXS01 : **Minéralisation eau
régale - Bloc chauffant**

* Fait

LS862 : **Aluminium (Al)**

mg/kg M.S.

* 22900

LS865 : **Arsenic (As)**

mg/kg M.S.

* 30.3

LS874 : **Cuivre (Cu)**

mg/kg M.S.

* 171

LS881 : **Nickel (Ni)**

mg/kg M.S.

* 35.6

LS882 : **Phosphore (P)**

mg/kg M.S.

* 1520

LS883 : **Plomb (Pb)**

mg/kg M.S.

* 214

LS894 : **Zinc (Zn)**

mg/kg M.S.

* 647

LSA09 : **Mercure (Hg)**

mg/kg M.S.

* 0.25

LS931 : **Cadmium (Cd)**

mg/kg M.S.

* 0.66

LS934 : **Chrome (Cr)**

mg/kg M.S.

* 67.4

LSA6B : **Phosphore total (P2O5)**

mg/kg M.S.

3480

Hydrocarbures totaux
LS919 : **Hydrocarbures totaux (4 tranches)
(C10-C40)**

Indice Hydrocarbures (C10-C40)

mg/kg M.S.

* 3330

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**HP 14
bassin****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

002**HP 14 rails****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

003**ISDI + seuil
rail****SED**

28/05/2024

31/05/2024

17.5°C

Hydrocarbures totaux
LS919 : **Hydrocarbures totaux (4 tranches)****(C10-C40)**

HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg M.S.		134
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/kg M.S.		626
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/kg M.S.		766
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/kg M.S.		1800

ZS0DY : **Découpage 8 tranches HCT-CPG nC10 à nC40**

> C10 - C12 inclus (%)	%		0.33
> C12 - C16 inclus (%)	%		3.70
> C16 - C20 inclus (%)	%		11.30
> C20 - C24 inclus (%)	%		15.32
> C24 - C28 inclus (%)	%		13.24
> C28 - C32 inclus (%)	%		22.25
> C32 - C36 inclus (%)	%		20.16
> C36 - C40 exclus (%)	%		13.71
> C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.		10.98
> C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.		123.1
> C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.		375.8
> C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.		509.6
> C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.		440.4
> C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.		740.0
> C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.		670.5
> C36 - C40 exclus	mg/kg M.S.		456.0

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

LSRHU : Naphtalène	mg/kg M.S.		*	0.051
LSRHI : Fluorène	mg/kg M.S.		*	0.36
LSRHJ : Phénanthrène	mg/kg M.S.		*	1.5

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**002****003****HP 14
bassin
SED****HP 14 rails
SED****ISDI + seuil
rail
SED**

28/05/2024

28/05/2024

28/05/2024

03/06/2024

03/06/2024

31/05/2024

17.5°C

17.5°C

17.5°C

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

LSRHM : Pyrène	mg/kg M.S.		*	2.6
LSRHN : Benzo-(a)-anthracène	mg/kg M.S.		*	1.3
LSRHP : Chrysène	mg/kg M.S.		*	1.3
LSRHS : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg M.S.		*	0.89
LSRHT : Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg M.S.		*	0.24
LSRHV : Acénaphthylène	mg/kg M.S.		*	0.027
LSRHW : Acénaphène	mg/kg M.S.		*	0.36
LSRHK : Anthracène	mg/kg M.S.		*	0.44
LSRHL : Fluoranthène	mg/kg M.S.		*	3.3
LSRHQ : Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.		*	2.1
LSRHR : Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.		*	0.58
LSRHH : Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.		*	1.0
LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg M.S.		*	0.76
LSFF9 : Somme des HAP	mg/kg M.S.			17

Polychlorobiphényles (PCBs)

LS3U7 : PCB 28	mg/kg M.S.		*	0.0026
LS3UB : PCB 52	mg/kg M.S.		*	0.014
LS3U8 : PCB 101	mg/kg M.S.		*	0.011
LS3U6 : PCB 118	mg/kg M.S.		*	0.016
LS3U9 : PCB 138	mg/kg M.S.		*	0.05
LS3UA : PCB 153	mg/kg M.S.		*	0.064
LS3UC : PCB 180	mg/kg M.S.		*	0.027
LSFEH : Somme PCB (7)	mg/kg M.S.			0.185

Composés Volatils

LS0XU : Benzène	mg/kg M.S.			<0.10
------------------------	------------	--	--	-------

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**HP 14
bassin****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

002**HP 14 rails****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

003**ISDI + seuil
rail****SED**

28/05/2024

31/05/2024

17.5°C

Composés Volatils

LS0Y4 : Toluène	mg/kg M.S.			<0.20
LS0XW : Ethylbenzène	mg/kg M.S.			<0.20
LS0Y6 : o-Xylène	mg/kg M.S.			<0.20
LS0Y5 : m+p-Xylène	mg/kg M.S.			<0.20
LS0IK : Somme des BTEX	mg/kg M.S.			0.300

Organoétains

LS2GK : Dibutylétain cation-Sn (DBT)	µg Sn/kg M.S.		*	440
LS2GL : Tributylétain cation-Sn (TBT)	µg Sn/kg M.S.		*	590
LS2IJ : Tétra-butylétain -Sn (TeBT)	µg Sn/kg M.S.			<10
LS2IK : Monobutylétain cation-Sn (MBT)	µg Sn/kg M.S.		*	350
LS2IL : Triphénylétain cation-Sn (TPhT)	µg Sn/kg M.S.		*	7.8
LS2IM : MonoOctyletain cation-Sn (MOT)	µg Sn/kg M.S.		*	2.3
LS2IN : DiOctyletain cation-Sn (DOT)	µg Sn/kg M.S.		*	<2.0
LS2IP : Tricyclohexyletain cation-Sn (TcHexT)	µg Sn/kg M.S.		*	<2.0

Lixiviation

LSA36 : Lixiviation 1x24 heures				
Masse d'échantillon utilisée	g			2760.0
Lixiviation 1x24 heures				Fait
Refus pondéral à 4 mm	%			39.1

XXS4D : **Pesée échantillon lixiviation**

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**HP 14
bassin
SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

002**HP 14 rails****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

003**ISDI + seuil
rail****SED**

28/05/2024

31/05/2024

17.5°C

Lixiviation
XXS4D : **Pesée échantillon lixiviation**

Volume de lixiviant ajouté	ml		950
Masse de la prise d'essai	g		95.4

Analyses immédiates sur éluat
LSQ13 : **Mesure du pH sur éluat**

pH (Potentiel d'Hydrogène)			8.3
Température	°C		21

LSQ02 : **Conductivité à 25°C sur éluat**

Conductivité corrigée automatiquement à 25°C	µS/cm		6090
Température de mesure de la conductivité	°C		20.5

LSM46 : **Résidu sec à 105°C (Fraction soluble) sur éluat**

Résidus secs à 105 °C	mg/kg M.S.		38400
Résidus secs à 105°C (calcul)	% MS		3.8

Indices de pollution sur éluat

LSM68 : Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat	mg/kg M.S.		270
LS04Y : Chlorures sur éluat	mg/kg M.S.		19400
LSN71 : Fluorures sur éluat	mg/kg M.S.		8.77
LS04Z : Sulfates sur éluat	mg/kg M.S.		2110
LSM90 : Indice phénol sur éluat	mg/kg M.S.		<0.51

Métaux sur éluat

LSM97 : Antimoine (Sb) sur éluat	mg/kg M.S.		0.049
LSM99 : Arsenic (As) sur éluat	mg/kg M.S.		<0.102
LSN01 : Baryum (Ba) sur éluat	mg/kg M.S.		0.226

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

N° Echantillon

Référence client :

Matrice :

Date de prélèvement :

Date de début d'analyse :

Température de l'air de l'enceinte :

001**HP 14
bassin****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

002**HP 14 rails****SED**

28/05/2024

03/06/2024

17.5°C

003**ISDI + seuil
rail****SED**

28/05/2024

31/05/2024

17.5°C

Métaux sur éluat

LSN05 : Cadmium (Cd) sur éluat	mg/kg M.S.			<0.002
LSN08 : Chrome (Cr) sur éluat	mg/kg M.S.			<0.10
LSN10 : Cuivre (Cu) sur éluat	mg/kg M.S.			<0.102
LSN26 : Molybdène (Mo) sur éluat	mg/kg M.S.			0.357
LSN28 : Nickel (Ni) sur éluat	mg/kg M.S.			<0.102
LSN33 : Plomb (Pb) sur éluat	mg/kg M.S.			<0.102
LSN41 : Sélénium (Se) sur éluat	mg/kg M.S.			0.012
LSN53 : Zinc (Zn) sur éluat	mg/kg M.S.			<0.102
LS04W : Mercure (Hg) sur éluat	mg/kg M.S.			<0.001

Sous-traitance

Y0RS : Rapport critère HP 14		Voir rapport joint	Voir rapport joint	
Y031 : Tamassage, centrifugation	g/kg	27.2	39.9	
Y00H : Lixiviation		46.2	50.9	
Y00Q : Test Microtox sur éluat				
Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min)	% (CE 50)	-	-	
Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min)	% (CE 50)	-	-	
Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min)	% (CE 50)	-	-	
IX00A : Test Brachionus				
Brachionus calyciflorus CE20/48h	% (CE 20)	-	-	
Brachionus calyciflorus CE50/48h	% (CE 50)	-	-	
IX248 : Test plantes émergence et croissance - 1 semence	% (CE 50)	-	-	

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 24E098147

Version du : 05/09/2024

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Date de réception technique : 30/05/2024

Première date de réception physique : 30/05/2024

Référence Dossier : N° Projet :

Nom Projet :

Nom Commande : Joubert 2

Référence Commande : F302403

Observations	N° d'échantillon	Référence client
Du fait d'une LQ labo supérieure à la LQ règlementaire, la valeur retenue pour le calcul de la somme Somme des BTEX pour le(s) paramètre(s) Toluène, o-Xylène, m+p-Xylène est LQ labo/2	(003)	ISDI + seuil rail



Clémence BARTHEL

Coordinatrice Projets Clients

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 15 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire. Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec $k = 2$) sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de vérification dans le domaine de l'environnement – Détail disponible sur demande

Le résultat d'une somme de paramètres est soumis à une méthodologie spécifique développée par notre laboratoire. Celle-ci peut dépendre de la LQ règlementaire du ou des paramètres sommés. Pour plus d'informations, n'hésitez pas à contacter votre chargé d'affaires ou votre coordinateur de projet client.

Annexe technique

Dossier N° :24E098147

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1155292

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Joubert 2

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
IX00A	Test Brachionus Brachionus calyciflorus CE20/48h Brachionus calyciflorus CE50/48h	Technique [Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de Brachionus calyciflorus en 48 h] - NF ISO 20666			% (CE 20) % (CE 50)	Prestation soustraite à EUROFINS ECOTOXICOLOGIE FRANCE
IX248	Test plantes émergence et croissance - 1 semence	Technique [Détermination des effets des polluants sur la flore du sol] - NF ISO 11269-2			% (CE 50)	
IY00H	Lixiviation	Lixiviation - NF EN 12457-2				
IY00Q	Test Microtox sur éluat Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min) Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min) Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min)	Technique [Essais de toxicité aigue sur bactéries luminescentes] - NF EN ISO 11348-3			% (CE 50) % (CE 50) % (CE 50)	
IY031	Tamissage, centrifugation	Technique -			g/kg	
IY0RS	Rapport critère HP 14	Guide INERIS-Classification réglementaire déchets				
LS04W	Mercuré (Hg) sur éluat	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.001	50%	mg/kg M.S.	Eurofins Analyses pour l'Environnement France
LS04Y	Chlorures sur éluat	Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1	20	23%	mg/kg M.S.	
LS04Z	Sulfates sur éluat		50	20%	mg/kg M.S.	
LS0IK	Somme des BTEX	Calcul - Calcul			mg/kg M.S.	
LS0XU	Benzène	HS - GC/MS [Extraction méthanolique] - Méthode interne	0.1	40%	mg/kg M.S.	
LS0XW	Ethylbenzène		0.2	45%	mg/kg M.S.	
LS0Y4	Toluène		0.2	45%	mg/kg M.S.	
LS0Y5	m+p-Xylène		0.2	45%	mg/kg M.S.	
LS0Y6	o-Xylène		0.2	45%	mg/kg M.S.	
LS2GK	Dibutylétain cation-Sn (DBT)		GC/MS/MS [Dérivaison, extraction Solide/Liquide] - XP T 90-250	2	34%	
LS2GL	Tributylétain cation-Sn (TBT)	2		35%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IJ	Tétrabutylétain -Sn (TeBT)	10		45%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IK	Monobutylétain cation-Sn (MBT)	2		35%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IL	Triphénylétain cation-Sn (TPhT)	2		46%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IM	MonoOctylétain cation-Sn (MOT)	2		40%	µg Sn/kg M.S.	

Annexe technique

Dossier N° :24E098147

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1155292

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Joubert 2

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS2IN	DiOctyletain cation-Sn (DOT)		2	36%	µg Sn/kg M.S.	
LS2IP	Tricyclohexyletain cation-Sn (TcHexT)		2	35%	µg Sn/kg M.S.	
LS3PB	Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LS3PC	Fraction 200 - 2000 µm		0		%	
LS3U6	PCB 118	GC/MS/MS [ou GC/ECD - Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 17322	0.001	34%	mg/kg M.S.	
LS3U7	PCB 28		0.001	30%	mg/kg M.S.	
LS3U8	PCB 101		0.001	32%	mg/kg M.S.	
LS3U9	PCB 138		0.001	34%	mg/kg M.S.	
LS3UA	PCB 153		0.001	29%	mg/kg M.S.	
LS3UB	PCB 52		0.001	32%	mg/kg M.S.	
LS3UC	PCB 180		0.001	37%	mg/kg M.S.	
LS4P2	Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm		Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		
LS4WH	Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm	0			%	
LS862	Aluminium (Al)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - Méthode interne	5	50%	mg/kg M.S.	
LS865	Arsenic (As)		1	40%	mg/kg M.S.	
LS874	Cuivre (Cu)		5	50%	mg/kg M.S.	
LS881	Nickel (Ni)		1	40%	mg/kg M.S.	
LS882	Phosphore (P)		1	45%	mg/kg M.S.	
LS883	Plomb (Pb)		5	30%	mg/kg M.S.	
LS894	Zinc (Zn)		5	25%	mg/kg M.S.	
LS916	Azote Kjeldahl (NTK)		Volumétrie [Minéralisation] - Méthode interne (Sols) - NF EN 13342 (autres matrices)	0.5	35%	
LS918	Masse volumique sur échantillon brut	Gravimétrie - Méthode interne			g/cm³	
LS919	Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40) Indice Hydrocarbures (C10-C40) HCT (nC10 - nC16) (Calcul) HCT (>nC16 - nC22) (Calcul) HCT (>nC22 - nC30) (Calcul) HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	GC/FID [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 14039	15	45%	mg/kg M.S.	
	mg/kg M.S.					
	mg/kg M.S.					
	mg/kg M.S.					
	mg/kg M.S.					
LS931	Cadmium (Cd)	ICP/MS [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 17294-2 - Méthode interne	0.1	28%	mg/kg M.S.	
LS934	Chrome (Cr)		0.1	30%	mg/kg M.S.	
LS995	Perte au feu à 550°C		Gravimétrie - NF EN 12879 (annulée)	0.1		

Annexe technique

Dossier N° :24E098147

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1155292

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Joubert 2

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS9AS	Fraction 2 - 20 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LS9AT	Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm		0		%	
LS9AV	Fraction 63 - 200 µm		0		%	
LSA07	Matière sèche	Gravimétrie - NF EN 12880	0.1	5%	% P.B.	
LSA09	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - Méthode interne	0.1	20%	mg/kg M.S.	
LSA36	Lixiviation 1x24 heures	Lixiviation [Ratio L/S = 10 l/kg - Broyage par concasseur à mâchoires] - NF EN 12457-2			g	
	Masse d'échantillon utilisée					
	Lixiviation 1x24 heures Refus pondéral à 4 mm		0.1		%	
LSA6B	Phosphore total (P2O5)	Calcul - Calcul			mg/kg M.S.	
LSFEH	Somme PCB (7)				mg/kg M.S.	
LSFF9	Somme des HAP				mg/kg M.S.	
LSL4H	pH H2O	Potentiométrie - NF EN ISO 10390				
	pH extrait à l'eau Température				°C	
LSM46	Résidu sec à 105°C (Fraction soluble) sur éluat	Gravimétrie - NF T 90-029	2000	20%	mg/kg M.S.	
	Résidus secs à 105 °C Résidus secs à 105°C (calcul)		0.2		% MS	
LSM68	Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat	Spectrophotométrie (IR) [Oxydation à chaud en milieu acide] - Méthode interne	50	45%	mg/kg M.S.	
LSM90	Indice phénoI sur éluat	Flux continu - NF EN ISO 14402 (adaptée sur sédiment,boue)	0.5		mg/kg M.S.	
LSM97	Antimoine (Sb) sur éluat	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.01	25%	mg/kg M.S.	
LSM99	Arsenic (As) sur éluat		0.1	25%	mg/kg M.S.	
LSN01	Baryum (Ba) sur éluat		0.1		mg/kg M.S.	
LSN05	Cadmium (Cd) sur éluat		0.002	30%	mg/kg M.S.	
LSN08	Chrome (Cr) sur éluat		0.1		mg/kg M.S.	
LSN10	Cuivre (Cu) sur éluat		0.1		mg/kg M.S.	
LSN26	Molybdène (Mo) sur éluat		0.01		mg/kg M.S.	
LSN28	Nickel (Ni) sur éluat		0.1	20%	mg/kg M.S.	
LSN33	Plomb (Pb) sur éluat		0.1		mg/kg M.S.	
LSN41	Sélénium (Se) sur éluat		0.01	35%	mg/kg M.S.	
LSN53	Zinc (Zn) sur éluat		0.1	28%	mg/kg M.S.	

Annexe technique

Dossier N° :24E098147

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1155292

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Joubert 2

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LSN71	Fluorures sur éluat	Electrométrie [Potentiometrie] - Méthode interne	5	14%	mg/kg M.S.	
LSQ02	Conductivité à 25°C sur éluat Conductivité corrigée automatiquement à 25°C Température de mesure de la conductivité	Potentiométrie [Méthode à la sonde] - NF EN 27888	15	30%	µS/cm °C	
LSQ13	Mesure du pH sur éluat pH (Potentiel d'Hydrogène) Température	Potentiométrie - NF EN ISO 10523			°C	
LSQK3	Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
LSRHH	Benzo(a)pyrène	GC/MS/MS [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 17503	0.002	46%	mg/kg M.S.	
LSRHI	Fluorène		0.002	27%	mg/kg M.S.	
LSRHJ	Phénanthrène		0.002	39%	mg/kg M.S.	
LSRHK	Anthracène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHL	Fluoranthène		0.002	41%	mg/kg M.S.	
LSRHM	Pyrène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHN	Benzo-(a)-anthracène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHP	Chrysène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHQ	Benzo(b)fluoranthène		0.002	39%	mg/kg M.S.	
LSRHR	Benzo(k)fluoranthène		0.002	41%	mg/kg M.S.	
LSRHS	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène		0.002	36%	mg/kg M.S.	
LSRHT	Dibenzo(a,h)anthracène		0.002	31%	mg/kg M.S.	
LSRHU	Naphtalène		0.002	34%	mg/kg M.S.	
LSRHV	Acénaphthylène		0.002	32%	mg/kg M.S.	
LSRHW	Acénaphtène		0.002	31%	mg/kg M.S.	
LSRHX	Benzo(ghi)Pérylène	0.002	34%	mg/kg M.S.		
LSSKU	Fraction 20 - 63 µm	Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne	0		%	
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide -				
XXS06	Prétraitement et séchage à 40°C	Séchage [Le laboratoire travaillera sur la fraction <2mm de l'échantillon sauf demande explicite du client] - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Tamisage [Le laboratoire travaillera sur la fraction <à 2mm de l'échantillon sauf demande explicite du client] - NF ISO 11464	1		%	
XXS4D	Pesée échantillon lixiviation Volume de lixiviant ajouté	Gravimétrie - NF EN 12457-2			ml	

Annexe technique

Dossier N° :24E098147

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Emetteur : Monsieur Erwan GROSSETETE

Commande EOL : 006-10514-1155292

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Joubert 2

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
	Masse de la prise d'essai				g	
ZS0DY	Découpage 8 tranches HCT-CPG nC10 à nC40 > C10 - C12 inclus (%) > C12 - C16 inclus (%) > C16 - C20 inclus (%) > C20 - C24 inclus (%) > C24 - C28 inclus (%) > C28 - C32 inclus (%) > C32 - C36 inclus (%) > C36 - C40 exclus (%) > C10 - C12 inclus > C12 - C16 inclus > C16 - C20 inclus > C20 - C24 inclus > C24 - C28 inclus > C28 - C32 inclus > C32 - C36 inclus > C36 - C40 exclus	Calcul - Méthode interne			% % % % % % % % mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S.	
ZS0HH	Carbone organique total (COT) par combustion sèche Carbone Organique Total par Combustion Carbone Organique Total	Combustion [sèche] - NF EN 15936 - Méthode B	1000 0.1	40% 40%	mg C/kg M.S. % C	

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 24E098147

N° de rapport d'analyse : AR-24-LK-184984-01

Emetteur :

Commande EOL :

Nom projet : N° Projet :

Référence commande : F302403

Nom Commande : Joubert 2

Sédiments

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique (1)	Date de Réception Technique (2)	Code-Barre	Nom Flacon
001	HP 14 bassin	28/05/2024 11:39:00	01/06/2024	01/06/2024	bassin	Flaconnage non reconnu
001	HP 14 bassin	28/05/2024 11:39:00	01/06/2024	01/06/2024	HP14	Flaconnage non reconnu
001	HP 14 bassin	28/05/2024 11:39:00	01/06/2024	01/06/2024	Sceau	Flaconnage non reconnu
002	HP 14 rails	28/05/2024 11:43:00	01/06/2024	01/06/2024	HP14	Flaconnage non reconnu
002	HP 14 rails	28/05/2024 11:43:00	01/06/2024	01/06/2024	rails	Flaconnage non reconnu
002	HP 14 rails	28/05/2024 11:43:00	01/06/2024	01/06/2024	Sceau	Flaconnage non reconnu
003	ISDI + seuil rail	28/05/2024 11:43:00	30/05/2024	30/05/2024	/	Flaconnage non reconnu
003	ISDI + seuil rail	28/05/2024 11:43:00	30/05/2024	30/05/2024	P09551441	Seau Lixi
003	ISDI + seuil rail	28/05/2024 11:43:00	30/05/2024	30/05/2024	V05A0312827	374mL verre (sol)

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.

Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS**
Département Environnement
5 rue d'Otterswiller
67700 SAVERNE
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-IY-007848-01

Version du : 04/09/2024

Page 1/2

Dossier N° : 24G003248

Date de réception : 06/06/2024

Référence bon de commande : EUFRSA200144577

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
001	Sédiments	24E098147-001 / HP 14 bassin -	

N° ech **24G003248-001** | Votre réf. (1) 24E098147-001

Température de l'air de l'enceinte	14.7°C	Date de réception	06/06/2024 11:41
Date prélèvement (1)	28/05/2024 11:39	Début d'analyse	23/07/2024
Prélèvement effectué par (1)	Client		

Ecotoxicologie continentale

	Résultat	Unité
IX00A : Test Brachionus Prestation réalisée par nos soins Technique [Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de Brachionus calyciflorus en 48 h] - NF ISO 20666		
Brachionus calyciflorus CE20/48h	-	% (CE 20)
Brachionus calyciflorus CE50/48h	-	% (CE 50)
IY00Q : Test Microtox sur éluat Prestation réalisée par nos soins Technique [Essais de toxicité aigue sur bactéries luminescentes] - NF EN ISO 11348-3		
Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min)	-	% (CE 50)
Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min)	-	% (CE 50)
Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min)	-	% (CE 50)
IY00H : Lixiviation Prestation réalisée par nos soins Lixiviation - NF EN 12457-2	46.2	
IX248 : Test plantes émergence et croissance - 1 semence Prestation réalisée par nos soins Technique [Détermination des effets des polluants sur la flore du sol] - NF ISO 11269-2	-	% (CE 50)
IY0RS : Rapport critère HP 14 Prestation réalisée par nos soins Guide INERIS-Classification réglementaire déchets	Voir rapport joint	

Divers

	Résultat	Unité
IY031 : Tamisage, centrifugation Prestation réalisée par nos soins Technique -	27.2	g/kg



Alice Rougier
Ingénieure Projets Ingénieure Projets

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

(1) Données fournies par le client qui ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

A l'attention de :

**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT France**

Adresse : 5 Rue d'Otterswiller - F-67700 Saverne

***EVALUATION SUIVANT LE CRITERE HP14
DE L'ECOTOXICITE D'UN ECHANTILLON
SEDIMENT***

REFERENCE : « 24E098147-001 »

Rapport d'analyses n°24E5MB-1234 du 04/09/2024

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale

Eurofins Ecotoxicologie France
SAS au capital de 71676 € RCS Nancy 751 056 102 TVA FR 35 751 056 102
Siège social : Rue Lucien Cuenot site Saint Jacques II BP 51005 54521 MAXEVILLE cedex –
T 03 83 50 36 17 F 03 83 50 23 70

SOMMAIRE

I.	PRESENTATION DE L'ECHANTILLON	Page 4
II.	VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE D'UN SEDIMENT : CRITERE HP14*	Page 4
III.	PREPARATION DES ELUATS	Page 5
IV.	DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE	Page 6
IV.1	DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES	Page 6
IV.2	TESTS DE TOXICITE SUR ORGANISMES AQUATIQUES	Page 6
IV.2.1	<i>Test de toxicité aiguë</i>	Page 6
IV.2.2	<i>Test de toxicité chronique</i>	Page 6
IV.3	TEST DE TOXICITE SUR ORGANISMES TERRESTRES	Page 7
IV.3.1	<i>Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance sur des semences d'avoine (Avena sativa, NF EN ISO 11269-2, 2013)</i>	Page 7
V.	DATES DES DIFFERENTES ETAPES	Page 7
VI.	CARACTERISATION DU SEDIMENT	Page 8
VI.1	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	Page 8
VI.2	RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE	Page 8
VI.2.1	<i>Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes aquatiques</i>	Page 8
VI.2.2	<i>Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes terrestres</i>	Page 10
VII.	SYNTHESE DES RESULTATS	Page 11

Liste des tableaux :

- Tableau 1. Dates des étapes de préparation de l'échantillon
- Tableau 2. Dates des tests de toxicité
- Tableau 3. Préparation des éluats
- Tableau 4. Récapitulatif des résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur éluats
- Tableau 5. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë sur éluats
- Tableau 6. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité chronique sur éluats
- Tableau 7. Récapitulatif des résultats en % (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute pré-traité
- Tableau 8. Classement sur la base des tests biologiques sur matrice brute pré-traité
- Tableau 9. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE)

Liste des figures :

- Figure 1. Protocole d'évaluation de la propriété de danger HP14 pour les sédiments
- Figure 2. Toxicité aiguë sur organismes aquatiques
- Figure 3. Toxicité chronique sur organismes aquatiques
- Figure 4. Toxicité sur organismes terrestres

I. PRESENTATION DE L'ECHANTILLON

Echantillon référencé « 24E098147-001 » réceptionné le 06/06/2024 de siccité égale à 27%.

Date de prélèvement : 28/05/2024.

Référence Eurofins Ecotoxicologie France : 24G003248-001.

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

II. VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE D'UN SEDIMENT : CRITERE HP14*

** anciennement appelé critère H14.*

Dans le domaine des déchets, le conseil des communautés européennes a défini 15 propriétés qui rendent les déchets dangereux dont la propriété écotoxique : le critère H14 (Directive européenne 91/689 relative aux déchets dangereux, 1991) repris en droit français par le décret n°97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux.

Le groupe de travail « Dangerosité des sédiments », piloté par le Ministère en charge de l'Environnement, a défini en 2009, dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur les Déchets, un protocole permettant l'évaluation de la dangerosité des sédiments marins et continentaux au titre de la propriété HP 14. Après tamisage et centrifugation, la caractérisation biologique des sédiments requiert 2 approches différentes et complémentaires :

- approche directe : étude sur des extraits solides.
- approche indirecte : étude sur des extraits liquides – ou éluats obtenus par lixiviation.

Les essais réalisés sont ceux proposés dans le rapport INERIS-DRC-15-149793-06416A réalisé pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) – « Classification réglementaire des déchets - Guide d'application pour la caractérisation en dangerosité » pour la mesure du paramètre HP14 sur sédiments marins et continentaux (4 février 2016).

Les seuils de dangerosité proposés par le critère HP14 sont les suivants :

- Pour la toxicité sur éluats issus de la lixiviation d'un sédiment, le seuil pour les tests aigus est de 10% pour la CE 50 et pour les tests chroniques, de 1% pour la CE 20.
- Pour les tests sur extraits solides, le seuil est de 10% en équivalent matière sèche pour la CE 50.

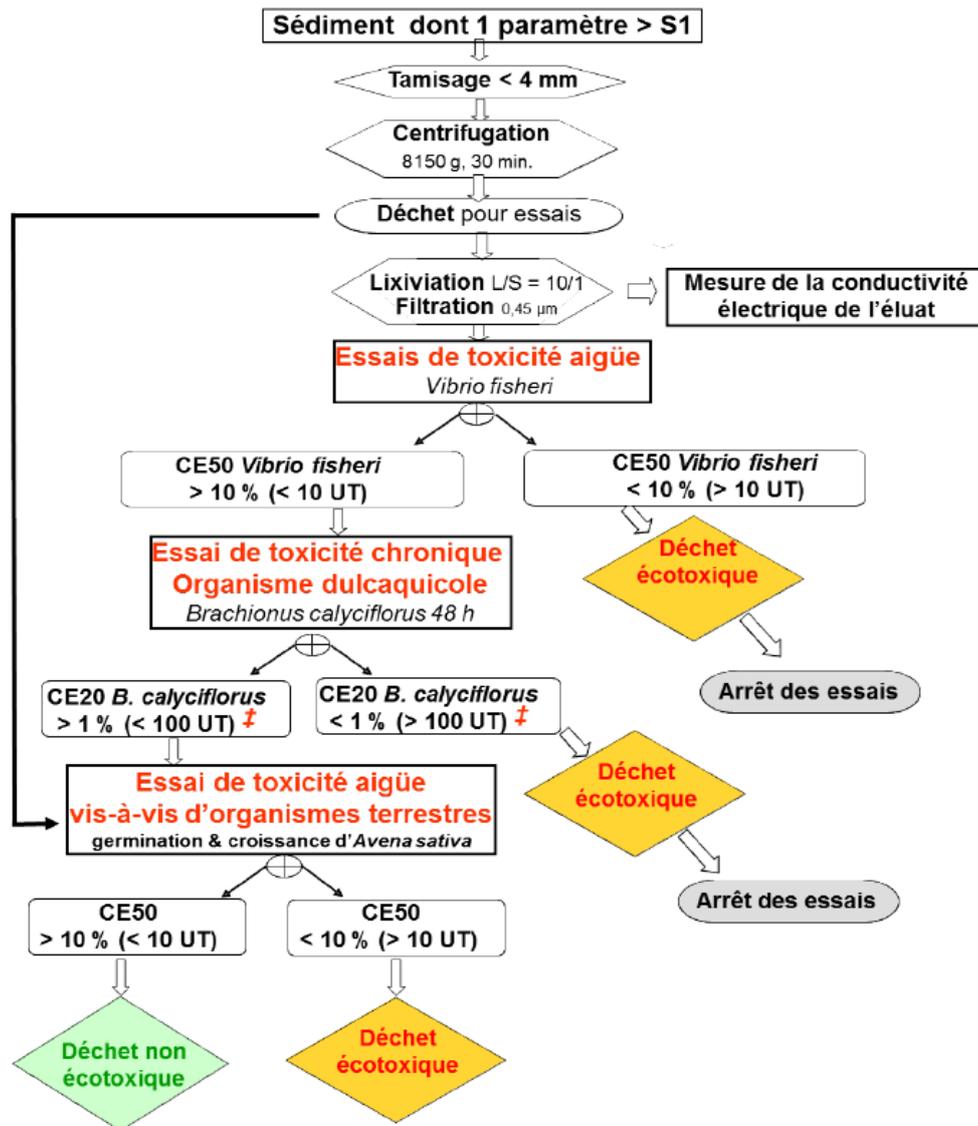


Figure 1. Protocole d'évaluation de la propriété de danger HP14 pour les sédiments

III. PREPARATION DES ELUATS

Les éluats ont été obtenus suivant le protocole de lixiviation EN 12457-2 (2002) indice de classement X 30 402-2 :

1. Rapport massique Liquide/Solide = 10 calculé en équivalent de matière sèche,
2. Agitation 24 heures, par retournement (10 tours/min),
3. Séparation des phases liquide et solide par décantation pendant 15 minutes (si la décantation est inefficace, centrifugation 3000 tours/min, 30 min),
4. Filtration de l'éluat à 0,45 µm,
5. Ajustement du pH entre 5,5 et 8,5 à l'aide de HNO₃ (65%) ou de NaOH (1N),
6. Réalisation des tests biologiques :
 - Microtox® et Brachionus sur l'éluat filtré à 0,45 µm.

Les éluats sont ensuite conservés à l'obscurité à une température de 5 °C +/- 3 et sont utilisés pour les tests biologiques de toxicité dans les 15 jours de leur production.

IV. DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

IV.1 DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES

CE X-T : Concentration efficace provoquant un effet sur X% de la population après un temps T.

IV.2 TESTS DE TOXICITE SUR ORGANISMES AQUATIQUES

IV.2.1 Test de toxicité aiguë

Test d'inhibition de la luminescence sur des bactéries marines (*Vibrio fischeri* ou Microtox®, NF EN ISO 11348-3, 2009)

Ce test repose sur la détermination de l'inhibition de la luminescence émise par une bactérie marine (*Vibrio fischeri*, anciennement *Photobacterium phosphoreum*). Cet essai permet de déterminer la concentration d'échantillon (en %) qui, après 5, 15 à 30 minutes inhibe 50% de la luminescence des bactéries. Cette concentration est désignée par CE 50-T, T représentant le temps de contact des bactéries avec l'échantillon.

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 2.

Organisme d'essai : *Vibrio fischeri* (NRRL B-11177).

Fournisseur de la souche lyophilisée : R-Biopharm.

Méthode de calcul de la CE 50 : Logiciel Microtox-Omni.

Essai sur substances de référence réalisé à chaque série analytique * :

- Heptahydrate de sulfate de zinc ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$).
- 3,5-dichlorophénol ($C_6H_4Cl_2O$).
- Dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$).

* : L'essai se fait
seulement sur 1
substance de référence
parmi les 3 possibles.

IV.2.2 Test de toxicité chronique

Test d'inhibition de la reproduction sur des rotifères (*Brachionus calyciflorus*, NF ISO 20666, 2009)

De jeunes femelles *Brachionus calyciflorus* (*Monogota*, *Rotifera*), âgées de moins de 2 heures au début de l'essai, sont exposées individuellement pendant une période de 48 heures à une gamme de concentrations de l'échantillon. En fin d'essai, le nombre de rotifères femelles est déterminé et, par comparaison avec le témoin, les pourcentages d'inhibition de la croissance de la population sont déterminés à chaque concentration. La concentration d'échantillon inhibant 20% de la croissance populationnel est alors déterminée (CE 20).

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 8.

Organisme d'essai : *Brachionus calyciflorus*.

Fournisseur des sporocystes déshydratés : R-Biopharm.

Méthode de calcul de la CE 20 : Modèle logistique basé sur l'équation de Hill (macro Regtox_ev6.6.2.xls).

Essai sur substances de référence réalisé une fois par mois : Pentahydrate de sulfate de cuivre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).

IV.3 TEST DE TOXICITE SUR ORGANISMES TERRESTRES

IV.3.1 Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance sur des semences d'avoine (*Avena sativa*, NF EN ISO 11269-2, 2013)

Les échantillons de sédiment sont dilués avec le milieu ISO (mélange de 70% de sable de Fontainebleau, 20% de kaolinite et 10% de sphaigne). Les différentes graines d'avoine sont plantées dans les dilutions. Dix graines d'avoine (*Avena sativa*) sont introduits par dilution.

L'essai se déroule avec une série de 5 dilutions.

L'émergence et la croissance de l'avoine sont suivies quotidiennement lors de l'arrosage. Après 6 jours, les graines germées sont comptabilisées dans les différentes dilutions pour déterminer l'effet sur la germination. Après 20 jours, la biomasse de chaque dilution est quantifiée par pesée. La concentration d'échantillon (en équivalent matière sèche) inhibant 50% de la germination et de la croissance est alors déterminée (CE 50).

Méthode de calcul de la CE 50 : Modèle statistique Log-Probit sur le logiciel Toxcalc.

V. DATES DES DIFFERENTES ETAPES

Tableau 1. Dates des étapes de préparation de l'échantillon

Etapes	Dates
Tamissage à 4mm	23/07/2024
Centrifugation à 8150 g	23/07/2024
Lixiviation	23/07/2024
Centrifugation à 3000 tours/min	24/07/2024
Filtration à 0,45 µm	24/07/2024

Tableau 2. Dates des tests de toxicité

Tests	Dates des essais définitifs	Échantillon congelé avant analyse
Microtox®	01/08/2024	Oui
Brachionus	30/07/2024	Oui
Avoines	14/08/2024	

VI. CARACTERISATION DU SEDIMENT

VI.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Teneur en eau de l'échantillon brut : 73%

Teneur en eau de l'échantillon après tamisage et centrifugation à 8150 g : 54%

↳ Conductivité de l'eau interstitielle obtenue : 29700 µS/cm

Le tableau ci-dessous regroupe les difficultés rencontrées lors de la préparation des éluats et les paramètres physico-chimiques de ces derniers.

Tableau 3. Préparation des éluats

Eluats	24E098147-001
Difficultés de filtration	Oui, centrifugation à 3000 tours/min pendant 30 minutes
pH de l'éluat	8.2
Ajustement du pH de l'éluat	Non
Oxygène dissous (mg/L) de l'éluat	8.1
Conductivité (µS/cm) de l'éluat	3670

VI.2 RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

VI.2.1 Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes aquatiques

Tableau 4. Récapitulatif des résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur éluats

Sédiment	Tests	Effets	Descripteur toxicologique	24E098147-001
Test de toxicité aiguë	Microtox®	Inhibition de la luminescence	CE 50 - 5min	Non toxique à 80.0%
			CE 50 - 15min	Non toxique à 80.0%
			CE 50 - 30min	Non toxique à 80.0%
Test de toxicité chronique	Brachionus	Croissance de la population	CE 20 - 48h	Non toxique à 90.0%

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE 50 et/ou CE 20 (si calculable)

En rouge : CE 50 < 10% et/ou CE 20 < 1%

Le tableau 5 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë sur la base du seuil à 10%.

Tableau 5. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë sur éluats

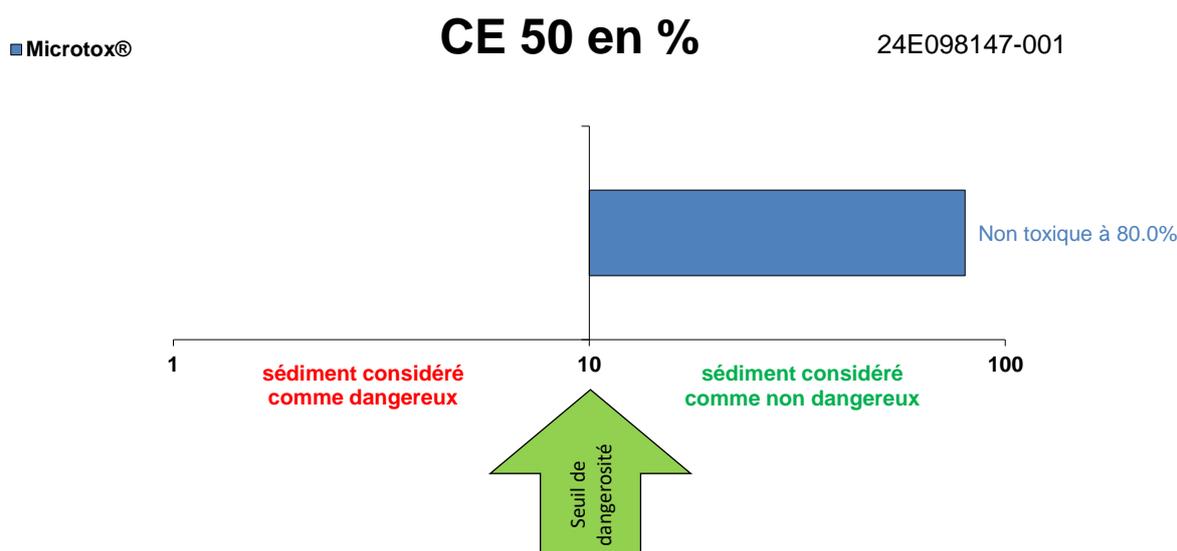
Sédiment	Classement sur la base du test Microtox®	Classement sur la base des essais de toxicité aiguë*
24E098147-001	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 2 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë réalisés sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10%.


Figure 2. Toxicité aiguë sur organismes aquatiques

Le tableau 6 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité chronique sur la base du seuil à 1%.

Tableau 6. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité chronique sur éluats

Sédiment	Classement sur la base du test Brachionus	Classement sur la base des essais de toxicité chronique*
24E098147-001	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 3 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité chronique réalisés sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 1%.

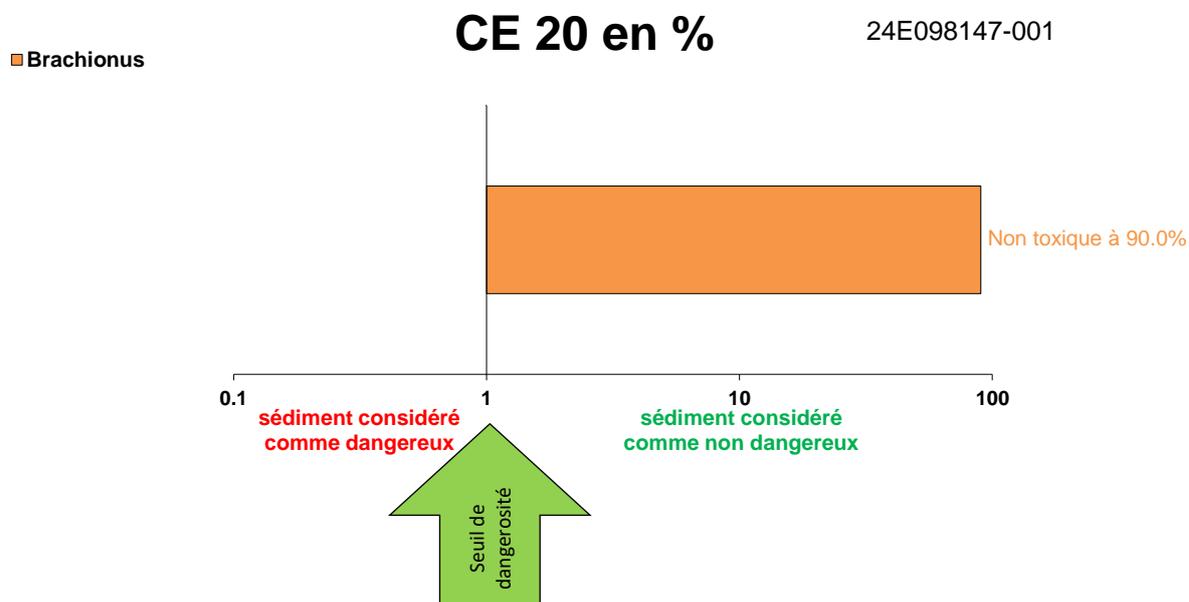


Figure 3. Toxicité chronique sur organismes aquatiques

VI.2.2 Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes terrestres

Remarque : 46% d'échantillon en équivalent matière sèche (MS) correspond à 100% d'échantillon brut pré-traité.

Tableau 7. Récapitulatif des résultats en % (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute pré-traité

Tests	Effets	Descripteur toxicologique	24E098147-001
Avoines	Germination	CE 50 - 6j	21.3% de MS
Avoines	Croissance	CE 50 - 20j	Non toxique à 36.8% de MS

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE 50 (si calculable)
 En rouge : CE 50 < 10% de MS

Le tableau 8 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute pré-traité, en considérant le seuil de 10% de MS.

Tableau 8. Classement sur la base des tests biologiques sur matrice brute pré-traité

Sédiment	Classement sur la base du test Avoines Germination	Classement sur la base du test Avoines Croissance	Classement sur la base des essais de toxicité terrestre*
24E098147-001	-	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 4 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute pré-traité sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10% de MS.

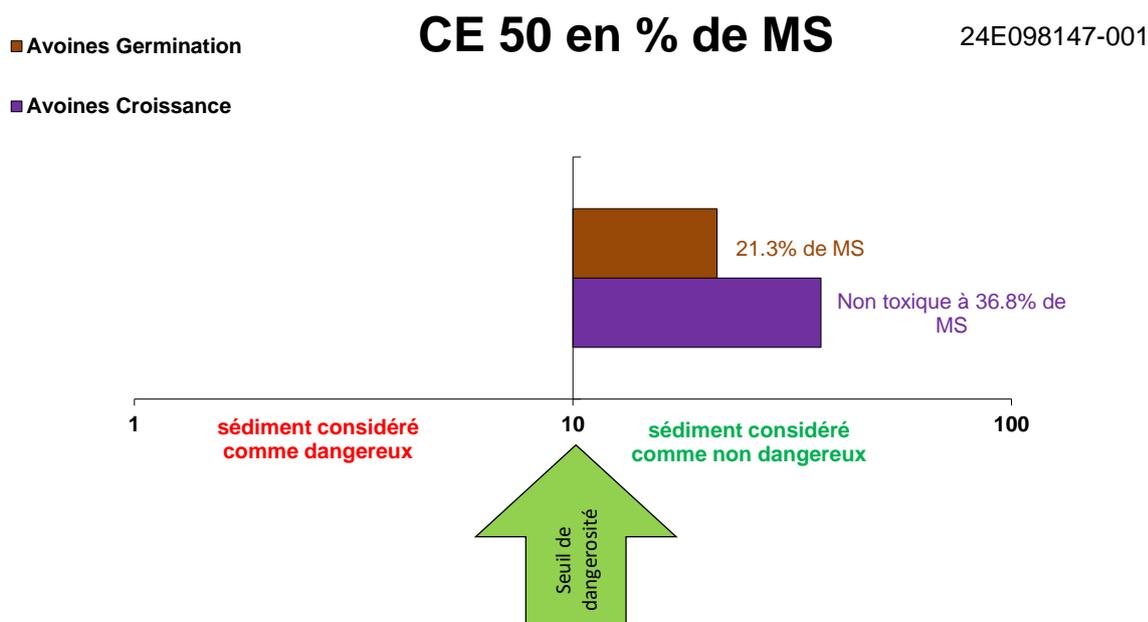


Figure 4. Toxicité sur organismes terrestres

VII. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Le tableau 9 présente les résultats obtenus en termes de classement du sédiment, respectivement en fonction des seuils de dangerosité.

Tableau 9. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE)

Sédiment	Classement sur la base des essais de toxicité aiguë*	Classement sur la base des essais de toxicité chronique*	Classement sur la base des essais de toxicité terrestre*	Synthèse*
24E098147-001	-	-	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

- * **Pour le test de toxicité aiguë,** avec un seuil de CE 50 à 10%,

L'échantillon « 24E098147-001 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par le test Microtox®.

- * **Pour le test de toxicité chronique,** avec un seuil de CE 20 à 1%,

L'échantillon « 24E098147-001 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par le test Brachionus.

- * **Pour le test de toxicité terrestre,** avec un seuil de CE 50 à 10% de MS,

L'échantillon « 24E098147-001 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par les tests Avoines Germination et Avoines Croissance.

Dans le cadre du critère HP14 et en fonction des seuils retenus par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) en 2016, l'échantillon « 24E098147-001 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement".

A Maxéville, le 04 septembre 2024

Alice Rougier, Ingénieure projets Ecotoxicologie



**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS**
Département Environnement
5 rue d'Otterswiller
67700 SAVERNE
FRANCE

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-24-IY-007849-01

Version du : 04/09/2024

Page 1/2

Dossier N° : 24G003248

Date de réception : 06/06/2024

Référence bon de commande : EUFRSA200144577

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
002	Sédiments	24E098147-002 / HP 14 rails -	

N° ech **24G003248-002** | Votre réf. (1) 24E098147-002

Température de l'air de l'enceinte	14.7°C	Date de réception	06/06/2024 11:41
Date prélèvement (1)	28/05/2024 11:43	Début d'analyse	23/07/2024
Prélèvement effectué par (1)	Client		

Ecotoxicologie continentale

	Résultat	Unité
IX00A : Test Brachionus Prestation réalisée par nos soins Technique [Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de Brachionus calyciflorus en 48 h] - NF ISO 20666		
Brachionus calyciflorus CE20/48h	-	% (CE 20)
Brachionus calyciflorus CE50/48h	-	% (CE 50)
IY00Q : Test Microtox sur éluat Prestation réalisée par nos soins Technique [Essais de toxicité aigue sur bactéries luminescentes] - NF EN ISO 11348-3		
Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min)	-	% (CE 50)
Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min)	-	% (CE 50)
Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min)	-	% (CE 50)
IY00H : Lixiviation Prestation réalisée par nos soins Lixiviation - NF EN 12457-2	50.9	
IX248 : Test plantes émergence et croissance - 1 semence Prestation réalisée par nos soins Technique [Détermination des effets des polluants sur la flore du sol] - NF ISO 11269-2	-	% (CE 50)
IY0RS : Rapport critère HP 14 Prestation réalisée par nos soins Guide INERIS-Classification réglementaire déchets	Voir rapport joint	

Divers

	Résultat	Unité
IY031 : Tamisage, centrifugation Prestation réalisée par nos soins Technique -	39.9	g/kg



Alice Rougier
Ingénieure Projets Ingénieure Projets

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

(1) Données fournies par le client qui ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.

Lors de l'émission d'une nouvelle version de rapport, toute modification est identifiée par une mise en forme gras, italique et souligné ou notifiée dans les observations.

A l'attention de :

**EUROFINS ANALYSES POUR
L'ENVIRONNEMENT France**

Adresse : 5 Rue d'Otterswiller - F-67700 Saverne

***EVALUATION SUIVANT LE CRITERE HP14
DE L'ECOTOXICITE D'UN ECHANTILLON
SEDIMENT***

REFERENCE : « 24E098147-002 »

Rapport d'analyses n°24E5MB-1235 du 04/09/2024

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale

Eurofins Ecotoxicologie France
SAS au capital de 71676 € RCS Nancy 751 056 102 TVA FR 35 751 056 102
Siège social : Rue Lucien Cuenot site Saint Jacques II BP 51005 54521 MAXEVILLE cedex –
T 03 83 50 36 17 F 03 83 50 23 70

SOMMAIRE

I.	PRESENTATION DE L'ECHANTILLON	Page 4
II.	VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE D'UN SEDIMENT : CRITERE HP14*	Page 4
III.	PREPARATION DES ELUATS	Page 5
IV.	DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE	Page 6
IV.1	DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES	Page 6
IV.2	TESTS DE TOXICITE SUR ORGANISMES AQUATIQUES	Page 6
IV.2.1	<i>Test de toxicité aiguë</i>	Page 6
IV.2.2	<i>Test de toxicité chronique</i>	Page 6
IV.3	TEST DE TOXICITE SUR ORGANISMES TERRESTRES	Page 7
IV.3.1	<i>Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance sur des semences d'avoine (Avena sativa, NF EN ISO 11269-2, 2013)</i>	Page 7
V.	DATES DES DIFFERENTES ETAPES	Page 7
VI.	CARACTERISATION DU SEDIMENT	Page 8
VI.1	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	Page 8
VI.2	RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE	Page 8
VI.2.1	<i>Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes aquatiques</i>	Page 8
VI.2.2	<i>Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes terrestres</i>	Page 10
VII.	SYNTHESE DES RESULTATS	Page 11

Liste des tableaux :

- Tableau 1. Dates des étapes de préparation de l'échantillon
- Tableau 2. Dates des tests de toxicité
- Tableau 3. Préparation des éluats
- Tableau 4. Récapitulatif des résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur éluats
- Tableau 5. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë sur éluats
- Tableau 6. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité chronique sur éluats
- Tableau 7. Récapitulatif des résultats en % (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute pré-traité
- Tableau 8. Classement sur la base des tests biologiques sur matrice brute pré-traité
- Tableau 9. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE)

Liste des figures :

- Figure 1. Protocole d'évaluation de la propriété de danger HP14 pour les sédiments
- Figure 2. Toxicité aiguë sur organismes aquatiques
- Figure 3. Toxicité chronique sur organismes aquatiques
- Figure 4. Toxicité sur organismes terrestres

I. PRESENTATION DE L'ECHANTILLON

Echantillon référencé « 24E098147-002 » réceptionné le 06/06/2024 de siccité égale à 40%.

Date de prélèvement : 28/05/2024.

Référence Eurofins Ecotoxicologie France : 24G003248-002.

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

II. VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE D'UN SEDIMENT : CRITERE HP14*

** anciennement appelé critère H14.*

Dans le domaine des déchets, le conseil des communautés européennes a défini 15 propriétés qui rendent les déchets dangereux dont la propriété écotoxique : le critère H14 (Directive européenne 91/689 relative aux déchets dangereux, 1991) repris en droit français par le décret n°97-517 du 15 mai 1997 relatif à la classification des déchets dangereux.

Le groupe de travail « Dangerosité des sédiments », piloté par le Ministère en charge de l'Environnement, a défini en 2009, dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur les Déchets, un protocole permettant l'évaluation de la dangerosité des sédiments marins et continentaux au titre de la propriété HP 14. Après tamisage et centrifugation, la caractérisation biologique des sédiments requiert 2 approches différentes et complémentaires :

- approche directe : étude sur des extraits solides.
- approche indirecte : étude sur des extraits liquides – ou éluats obtenus par lixiviation.

Les essais réalisés sont ceux proposés dans le rapport INERIS-DRC-15-149793-06416A réalisé pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) – « Classification réglementaire des déchets - Guide d'application pour la caractérisation en dangerosité » pour la mesure du paramètre HP14 sur sédiments marins et continentaux (4 février 2016).

Les seuils de dangerosité proposés par le critère HP14 sont les suivants :

- Pour la toxicité sur éluats issus de la lixiviation d'un sédiment, le seuil pour les tests aigus est de 10% pour la CE 50 et pour les tests chroniques, de 1% pour la CE 20.
- Pour les tests sur extraits solides, le seuil est de 10% en équivalent matière sèche pour la CE 50.

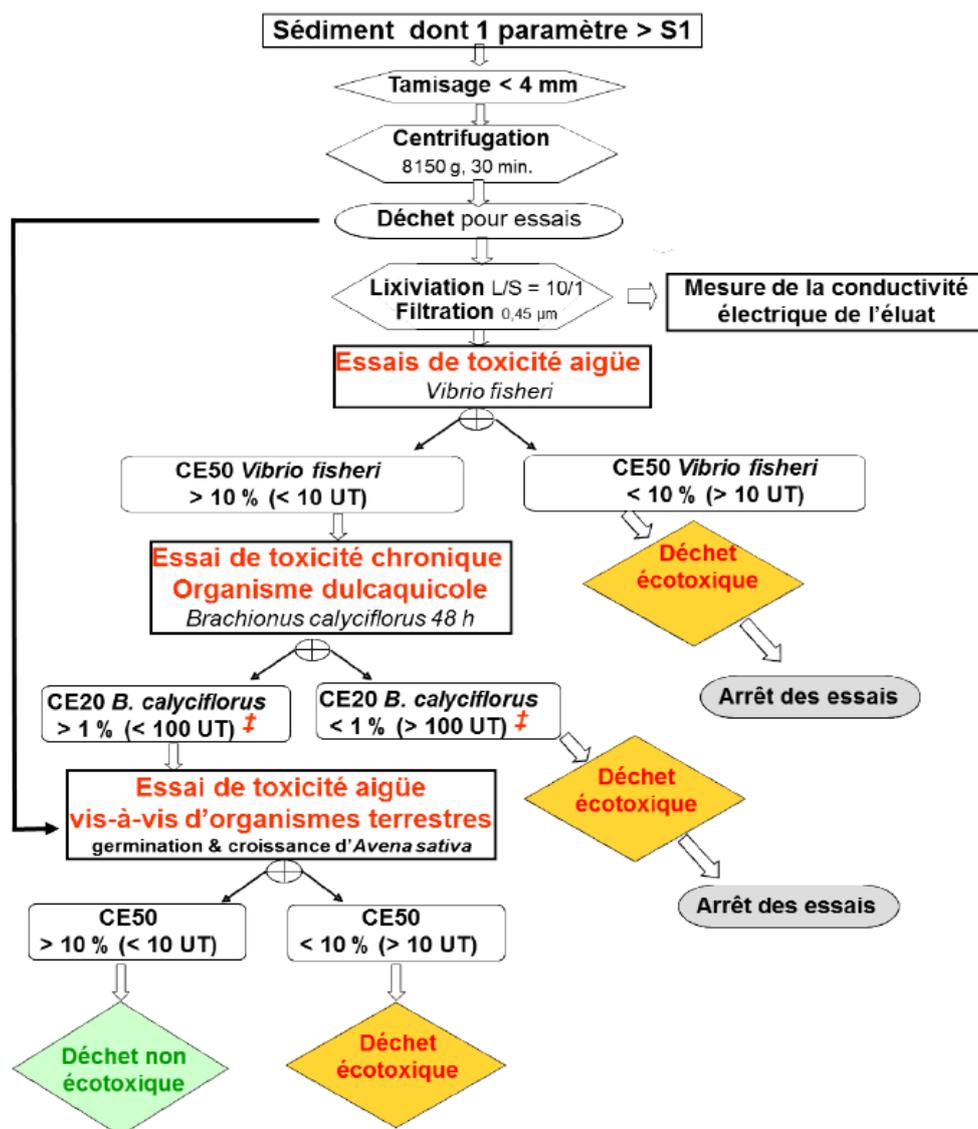


Figure 1. Protocole d'évaluation de la propriété de danger HP14 pour les sédiments

III. PREPARATION DES ELUATS

Les éluats ont été obtenus suivant le protocole de lixiviation EN 12457-2 (2002) indice de classement X 30 402-2 :

1. Rapport massique Liquide/Solide = 10 calculé en équivalent de matière sèche,
2. Agitation 24 heures, par retournement (10 tours/min),
3. Séparation des phases liquide et solide par décantation pendant 15 minutes (si la décantation est inefficace, centrifugation 3000 tours/min, 30 min),
4. Filtration de l'éluat à 0,45 µm,
5. Ajustement du pH entre 5,5 et 8,5 à l'aide de HNO₃ (65%) ou de NaOH (1N),
6. Réalisation des tests biologiques :
 - Microtox® et Brachionus sur l'éluat filtré à 0,45 µm.

Les éluats sont ensuite conservés à l'obscurité à une température de 5 °C +/- 3 et sont utilisés pour les tests biologiques de toxicité dans les 15 jours de leur production.

IV. DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

IV.1 DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES

CE X-T : Concentration efficace provoquant un effet sur X% de la population après un temps T.

IV.2 TESTS DE TOXICITE SUR ORGANISMES AQUATIQUES

IV.2.1 Test de toxicité aiguë

Test d'inhibition de la luminescence sur des bactéries marines (*Vibrio fischeri* ou Microtox®, NF EN ISO 11348-3, 2009)

Ce test repose sur la détermination de l'inhibition de la luminescence émise par une bactérie marine (*Vibrio fischeri*, anciennement *Photobacterium phosphoreum*). Cet essai permet de déterminer la concentration d'échantillon (en %) qui, après 5, 15 à 30 minutes inhibe 50% de la luminescence des bactéries. Cette concentration est désignée par CE 50–T, T représentant le temps de contact des bactéries avec l'échantillon.

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 2.

Organisme d'essai : *Vibrio fischeri* (NRRL B-11177).

Fournisseur de la souche lyophilisée : R-Biopharm.

Méthode de calcul de la CE 50 : Logiciel Microtox-Omni.

Essai sur substances de référence réalisé à chaque série analytique * :

- Heptahydrate de sulfate de zinc ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$).
- 3,5-dichlorophénol ($C_6H_4Cl_2O$).
- Dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$).

* : L'essai se fait
seulement sur 1
substance de référence
parmi les 3 possibles.

IV.2.2 Test de toxicité chronique

Test d'inhibition de la reproduction sur des rotifères (*Brachionus calyciflorus*, NF ISO 20666, 2009)

De jeunes femelles *Brachionus calyciflorus* (*Monogota*, *Rotifera*), âgées de moins de 2 heures au début de l'essai, sont exposées individuellement pendant une période de 48 heures à une gamme de concentrations de l'échantillon. En fin d'essai, le nombre de rotifères femelles est déterminé et, par comparaison avec le témoin, les pourcentages d'inhibition de la croissance de la population sont déterminés à chaque concentration. La concentration d'échantillon inhibant 20% de la croissance populationnel est alors déterminée (CE 20).

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 8.

Organisme d'essai : *Brachionus calyciflorus*.

Fournisseur des sporocystes déshydratés : R-Biopharm.

Méthode de calcul de la CE 20 : Modèle logistique basé sur l'équation de Hill (macro Regtox_ev6.6.2.xls).

Essai sur substances de référence réalisé une fois par mois : Pentahydrate de sulfate de cuivre ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$).

IV.3 TEST DE TOXICITE SUR ORGANISMES TERRESTRES

IV.3.1 Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance sur des semences d'avoine (*Avena sativa*, NF EN ISO 11269-2, 2013)

Les échantillons de sédiment sont dilués avec le milieu ISO (mélange de 70% de sable de Fontainebleau, 20% de kaolinite et 10% de sphaigne). Les différentes graines d'avoine sont plantées dans les dilutions. Dix graines d'avoine (*Avena sativa*) sont introduits par dilution.

L'essai se déroule avec une série de 5 dilutions.

L'émergence et la croissance de l'avoine sont suivies quotidiennement lors de l'arrosage. Après 6 jours, les graines germées sont comptabilisées dans les différentes dilutions pour déterminer l'effet sur la germination. Après 20 jours, la biomasse de chaque dilution est quantifiée par pesée. La concentration d'échantillon (en équivalent matière sèche) inhibant 50% de la germination et de la croissance est alors déterminée (CE 50).

Méthode de calcul de la CE 50 : Modèle statistique Log-Probit sur le logiciel Toxcalc.

V. DATES DES DIFFERENTES ETAPES

Tableau 1. Dates des étapes de préparation de l'échantillon

Etapes	Dates
Tamissage à 4mm	23/07/2024
Centrifugation à 8150 g	23/07/2024
Lixiviation	23/07/2024
Centrifugation à 3000 tours/min	24/07/2024
Filtration à 0,45 µm	24/07/2024

Tableau 2. Dates des tests de toxicité

Tests	Dates des essais définitifs	Échantillon congelé avant analyse
Microtox®	01/08/2024	Oui
Brachionus	30/07/2024	Oui
Avoines	14/08/2024	

VI. CARACTERISATION DU SEDIMENT

VI.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Teneur en eau de l'échantillon brut : 60%

Teneur en eau de l'échantillon après tamisage et centrifugation à 8150 g : 49%

↳ Conductivité de l'eau interstitielle obtenue : 34000 µS/cm

Le tableau ci-dessous regroupe les difficultés rencontrées lors de la préparation des éluats et les paramètres physico-chimiques de ces derniers.

Tableau 3. Préparation des éluats

Eluats	24E098147-002
Difficultés de filtration	Oui, centrifugation à 3000 tours/min pendant 30 minutes
pH de l'éluat	8.6
Ajustement du pH de l'éluat	Oui, à 8.3, avec une goutte d'HCl
Oxygène dissous (mg/L) de l'éluat	8.0
Conductivité (µS/cm) de l'éluat	3880

VI.2 RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

VI.2.1 Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes aquatiques

Tableau 4. Récapitulatif des résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur éluats

Sédiment	Tests	Effets	Descripteur toxicologique	24E098147-002
Test de toxicité aiguë	Microtox®	Inhibition de la luminescence	CE 50 - 5min	Non toxique à 80.0%
			CE 50 - 15min	Non toxique à 80.0%
			CE 50 - 30min	Non toxique à 80.0%
Test de toxicité chronique	Brachionus	Croissance de la population	CE 20 - 48h	Non toxique à 90.0%

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE 50 et/ou CE 20 (si calculable)

En rouge : CE 50 < 10% et/ou CE 20 < 1%

Le tableau 5 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë sur la base du seuil à 10%.

Tableau 5. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë sur éluats

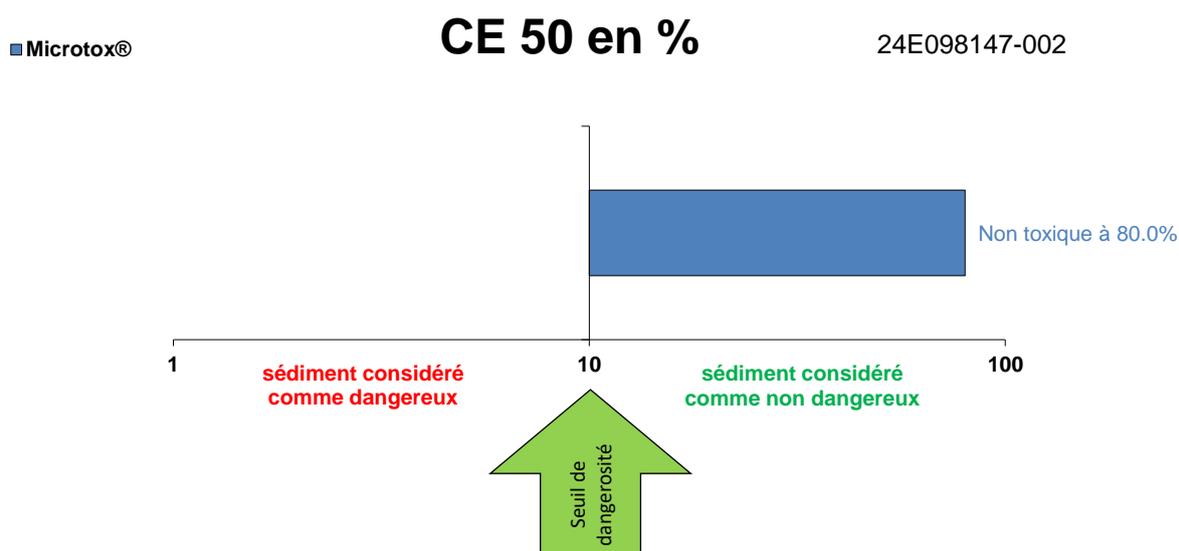
Sédiment	Classement sur la base du test Microtox®	Classement sur la base des essais de toxicité aiguë*
24E098147-002	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 2 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë réalisés sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10%.


Figure 2. Toxicité aiguë sur organismes aquatiques

Le tableau 6 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité chronique sur la base du seuil à 1%.

Tableau 6. Classement sur la base des tests biologiques de toxicité chronique sur éluats

Sédiment	Classement sur la base du test Brachionus	Classement sur la base des essais de toxicité chronique*
24E098147-002	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 3 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité chronique réalisés sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 1%.

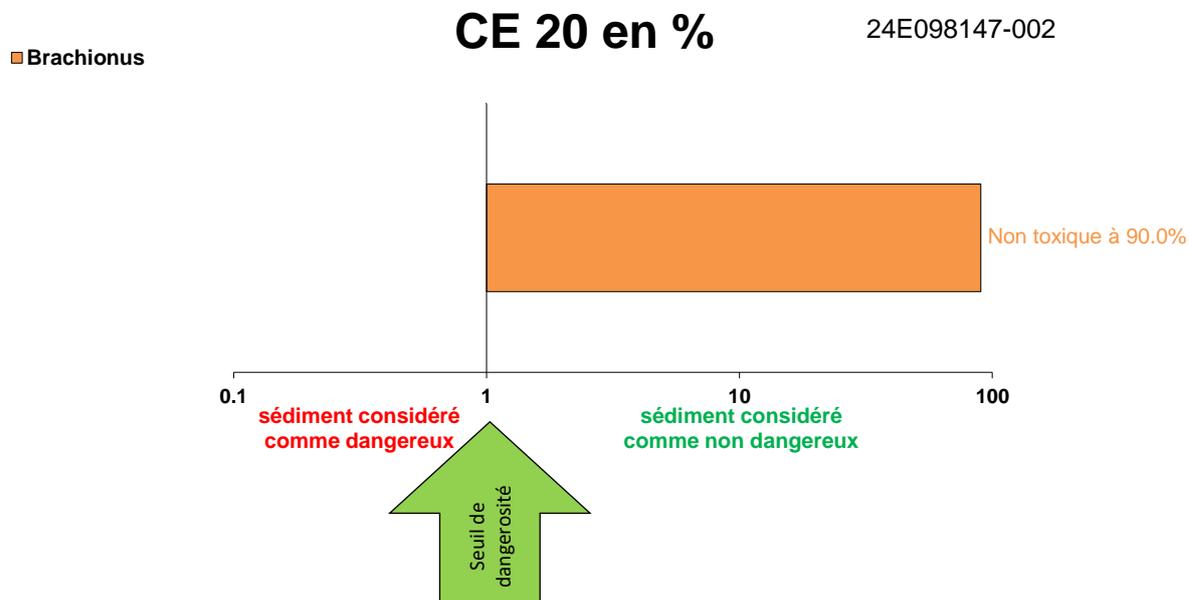


Figure 3. Toxicité chronique sur organismes aquatiques

VI.2.2 Résultats des essais d'écotoxicité sur organismes terrestres

Remarque : 51% d'échantillon en équivalent matière sèche (MS) correspond à 100% d'échantillon brut pré-traité.

Tableau 7. Récapitulatif des résultats en % (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute pré-traité

Tests	Effets	Descripteur toxicologique	24E098147-002
Avoines	Germination	CE 50 - 6j	19.2% de MS (15.0 ; 24.1)
Avoines	Croissance	CE 50 - 20j	32.5% de MS (22.1 ; >40.8)

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE 50 (si calculable)
En rouge : CE 50 < 10% de MS

Le tableau 8 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute pré-traité, en considérant le seuil de 10% de MS.

Tableau 8. Classement sur la base des tests biologiques sur matrice brute pré-traité

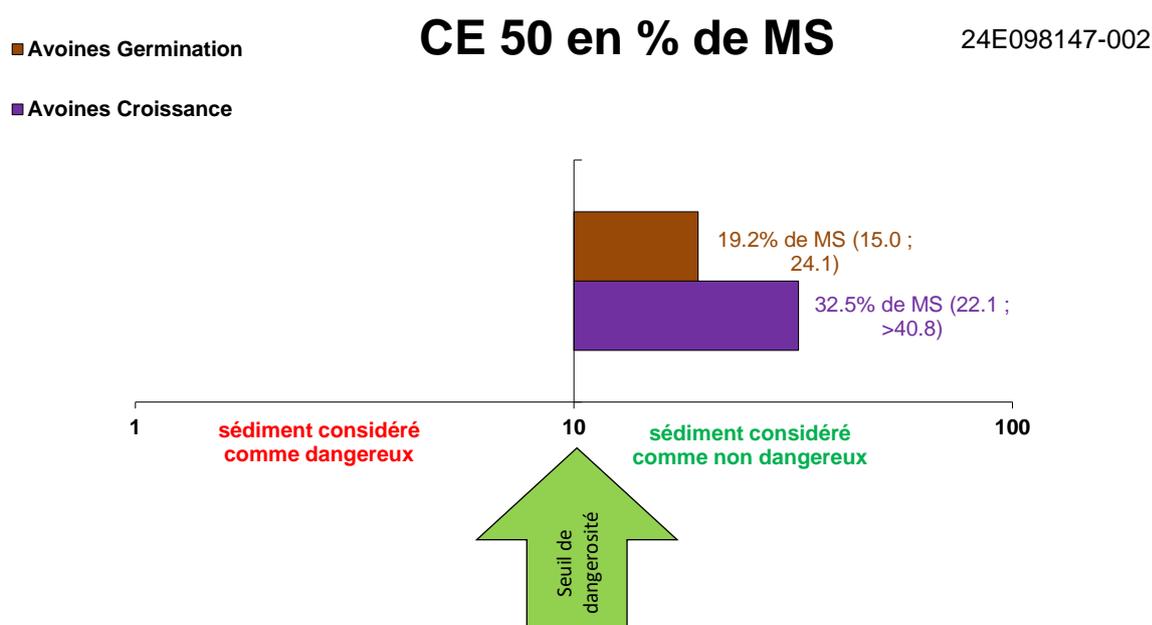
Sédiment	Classement sur la base du test Avoines Germination	Classement sur la base du test Avoines Croissance	Classement sur la base des essais de toxicité terrestre*
24E098147-002	-	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

La figure 4 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute pré-traité sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10% de MS.


Figure 4. Toxicité sur organismes terrestres

VII. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Le tableau 9 présente les résultats obtenus en termes de classement du sédiment, respectivement en fonction des seuils de dangerosité.

Tableau 9. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE)

Sédiment	Classement sur la base des essais de toxicité aiguë*	Classement sur la base des essais de toxicité chronique*	Classement sur la base des essais de toxicité terrestre*	Synthèse*
24E098147-002	-	-	-	-

+ (en rouge) : classé comme dangereux pour l'environnement

- (en vert) : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme "dangereux pour l'environnement"

- * **Pour le test de toxicité aiguë,** avec un seuil de CE 50 à 10%,

L'échantillon « 24E098147-002 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par le test Microtox®.

- * **Pour le test de toxicité chronique,** avec un seuil de CE 20 à 1%,

L'échantillon « 24E098147-002 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par le test Brachionus.

- * **Pour le test de toxicité terrestre,** avec un seuil de CE 50 à 10% de MS,

L'échantillon « 24E098147-002 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement" par les tests Avoines Germination et Avoines Croissance.

Dans le cadre du critère HP14 et en fonction des seuils retenus par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE) en 2016, l'échantillon « 24E098147-002 » n'est pas considéré comme "dangereux pour l'environnement".

A Maxéville, le 04 septembre 2024

Alice Rougier, Ingénieure projets Ecotoxicologie



Annexe au rapport d'analyse accrédité

Granulométrie laser à pas variable (prestation réalisée sur le site de SAVERNE)

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 Méthode interne T-PS-WO22915

Réf. de l'échantillon: Opérateur Date Source Obscurcution
Moyenne des "24e098147-003 (SED)" FPEP 12/06/2024 12:58:13 Averaged 26.05

Données Statistiques

Moyenne(μm) Médiane(μm) Variance(μm^2) Ecart Type (μm) Ratio: Moyenne/Médiane(μm) Mode(μm) Specific surface(m^2/g)
279.03 33.27 130687.47 361.51 8.39 627.09 704.82

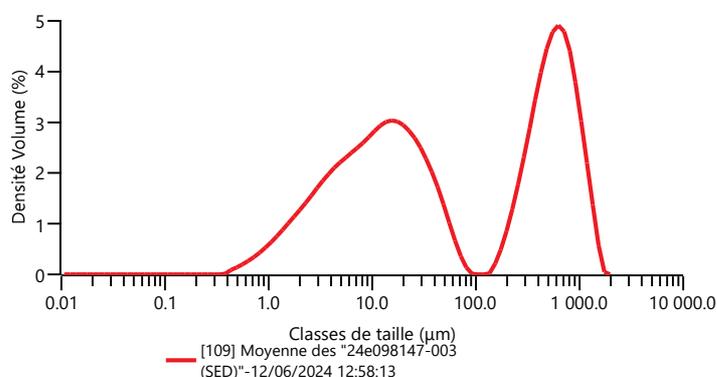
Pourcentages relatifs

0.02-2 μm	2-20 μm	20-50 μm	50-200 μm	200-2000 μm	20-63 μm	63-200 μm
5.85	35.32	13.68	3.11	42.04	15.15	1.64

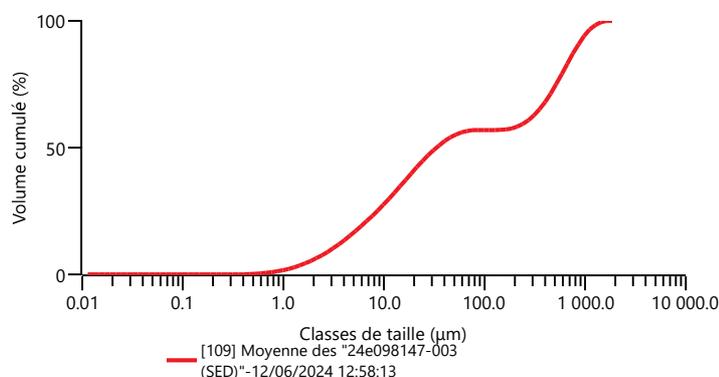
*Pourcentages cumulés en %

0.02-2 μm	0.02-20 μm	0.02-63 μm	0.02-200 μm	0.02-2000 μm
5.85	41.17	56.32	57.96	100.00

Distribution de la taille des particules



Taille des particules passantes



Pourcentage relatif

Taille (μm)	% Volume Dans	Taille (μm)	% Volume Dans	Taille (μm)	% Volume Dans
0.010	1.69	20.000	7.23	300.000	5.77
1.000	4.16	30.000	4.13	400.000	6.12
2.000	2.03	40.000	2.32	500.000	5.67
2.500	5.47	50.000	1.46	600.000	8.98
4.000	10.48	63.000	0.66	800.000	3.22
8.000	3.90	100.000	0.06	900.000	2.50
10.000	7.78	150.000	0.92	1000.000	5.20
15.000	1.28	200.000	1.84	1500.000	0.29
16.000	4.38	250.000	2.45	2000.000	

Pourcentage passant

Taille (μm)	% Volume Passant	Taille (μm)	% Volume Passant	Taille (μm)	% Volume Passant
0.010	0.00	20.000	41.17	300.000	62.26
1.000	1.69	30.000	48.40	400.000	68.03
2.000	5.85	40.000	52.54	500.000	74.14
2.500	7.88	50.000	54.86	600.000	79.81
4.000	13.35	63.000	56.32	800.000	88.79
8.000	23.83	100.000	56.98	900.000	92.01
10.000	27.73	150.000	57.04	1000.000	94.51
15.000	35.51	200.000	57.96	1500.000	99.71
16.000	36.79	250.000	59.81	2000.000	100.00

Paramètres d'analyse

Type de l'instrument Mastersizer3000
Nom du préparateur d'échantillons Hydro EV
Modèle de diffusion Mie
Vitesse d'agitateur atteinte 2400 rpm

Dispersant Eau 900 mL
Durée d'analyse : 2 x 30 secondes
L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole * EUROFINs Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne

ANNEXE 2 : CONDITIONS GÉNÉRALES DES MISSIONS DE PRESTATIONS DE SERVICES RELATIVES AUX SITES ET SOLS POLLUÉS (1 PAGE)

INTERVENTION SUR SITE

En cas d'intervention sur site :

- ▶ Le terrain est supposé libre d'occupation. Le client fait sienne toute demande d'autorisation des conditions d'accès et d'occupation des lieux de chantier,
- ▶ Le terrain, et particulièrement l'accès à chaque point d'étude ou d'intervention, est normalement accessible. Dans le cas contraire, les frais d'aménagement d'accès seront facturés en sus au prix des heures de régie s'il s'agit de travaux ne nécessitant pas la mise en œuvre d'engins
- ▶ Le client assure le repérage précis des canalisations, câbles et ouvrages souterrains pouvant exister dans le sous-sol du terrain étudié ou dans son environnement immédiat (fourniture d'un plan détaillé). Il désigne un responsable chargé d'accompagner les agents de la société SCE et de donner toutes consignes utiles de nature à éviter les accidents de chantier,
- ▶ En cas de survenance d'un de ces accidents ayant pour cause une erreur de plan, la responsabilité de la société SCE ne saurait être recherchée.

CADRE DES MISSIONS SSP

- ▶ La responsabilité de SCE ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission objet du présent mémoire. En particulier, toute modification apportée à l'environnement après le rendu du rapport ou phases de l'étude, que les causes soient accidentelles ou non, nécessite la réactualisation du rapport dans le cadre d'une nouvelle mission.
- ▶ Au-delà d'un an et en cas de modification du contexte, tout rapport devra être automatiquement considéré comme caduque compte tenu du caractère évolutif et mobile de certains polluants et nécessitera une réactualisation des résultats.
- ▶ Il est précisé que l'étude repose sur une connaissance du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel ou urbain. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités diverses (caves, fontis, puits, remblais d'ouvrages enterrés, fondations etc.) peuvent avoir des impacts sur les résultats fournis compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume réel sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être d'extension variable. Les tests et analyses intéressent également des volumes et des masses infiniment réduites par rapport aux volumes et masses intéressées par le projet de sorte que les résultats doivent être interprétés de manière statistique afin de lisser les éventuels effets pépites.
- ▶ Tout élément nouveau à caractère environnemental mis en évidence lors de l'exécution des travaux, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doit immédiatement être signalé au technicien responsable de l'étude. Si un caractère évolutif particulier a été signalé lors des études l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations, notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

RAPPORT DE LA MISSION

- ▶ Le rapport constitue le compte rendu de la mission définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport fixe la fin de la mission.
- ▶ Un rapport d'étude de pollution et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés ; un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'Ouvrage ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.



sce
Aménagement
& environnement

www.sce.fr

GROUPE KERAN



**Inventaire de la faune benthique
sur 3 stations
Proches de la Forme Joubert
Dans le port de Saint-Nazaire**



Résultats 2024



BIO-LITTORAL

Start-Up du Laboratoire de Biologie Marine de L'Université de Nantes

Siret 479 506 404 000 17

Siège social
3, place du Patureau
44 240 La Chapelle sur Erdre

Laboratoires
2 rue du Château de l'Eraudière
Immeuble NEVADA
44 306 Nantes cedex 3

Tel : 07 45 14 01 19
E-mail : al.barille@bio-littoral.fr

Titre :	
Inventaire de la faune benthique sur 3 stations proches de la Forme Joubert dans le Port de Saint-Nazaire en 2024.	
Marché :	Commande TETIS
Auteurs principaux : A.L. Barillé	Organisme Bio-Littoral 
Collaborateurs : M. Delemarre ; N. Truhaus ; N.Harin.	Organisme Bio-Littoral 
Résumé :	
<p>La forme Joubert est une forme de radoub située dans le port de Saint-Nazaire, qui fait également office d'écluse donnant accès au bassin de Penhouet depuis l'estuaire de la Loire. Cette écluse, de 350 m de long et 50 m de large, date de 1933. Le Grand Port prévoit de remplacer la porte amont (côté bassin). La société TETIS est en charge de certains de ces travaux et sollicite Bio-Littoral pour l'analyse de la faune benthique.</p> <p>En aout 2024, les Station 1 et Station 2 situées au nord (coté bassin en eau) de la Forme Jourbert ont été échantillonnées à partir du bateau à l'aide de la benne Van Veen (ouverture 0.1m²). En septembre 2024, le GPMNSN a mis à disposition une MRT afin d'échantillonner la faune benthique de la Station 3 située dans la zone de recul de la Forme Joubert à l'aide de la benne Van Veen. Pour chacune des 3 stations, 3 réplcats ont été récoltés.</p> <p>Les 3 stations présentent un sédiment vaseux riche en matière organique (> 7%).</p> <p>La Station 3 est azoïque et un des réplcats avait de nombreuses irisations de pétrole. La faune benthique des Station1 et Station2 présente une faible biodiversité avec seulement 10 espèces identifiées sur un total de 93 organismes récoltés dont 79 à la Station2. Il s'agit essentiellement d'annélides caractéristiques de milieux perturbés riches en matière organique.</p> <p>Le calcul de l'indicateur AMBI, classe la Station3 située de recul de la Forme Joubert en très mauvais état (logique car elle est azoïque) et les Station1 et Station2 en état médiocre.</p> <p>Remarque :</p> <p>Le seul mollusque récolté présente un intérêt particulier car le petit bivalve <i>Arcuatula senhousia</i> est une espèce exotique d'origine asiatique de type invasif qui a fortement colonisé la mer Méditerranée et qui fait actuellement l'objet d'un recensement en Atlantique et Manche.</p>	
Mots-Clefs :	
Inventaire, Port de Saint Nazaire, Invertébrés benthiques.	

Contenu

I	Contexte et objectifs	3
II	Matériel et méthode	3
II.1	Stratégie d'échantillonnage	3
II.2	Prélèvements.....	4
II.2.1	Moyens nautiques.....	4
II.2.2	Engins de prélèvements et nombre de répliqués	4
II.2.3	Prélèvements de sédiment	4
II.3	Analyses sédimentaires.....	5
II.3.1	Analyse granulométrique (norme ISO 16 665).	5
II.3.2	Mesure du taux de matière organique	5
II.4	Analyses de la faune benthique.	6
II.4.1	Prétraitement des échantillons de la faune benthique	6
II.4.2	Tri et détermination de la faune benthique.....	6
II.4.3	Estimation de la densité de la faune benthique	6
II.5	Traitement des données de faune benthique.....	6
III	Résultats	7
III.1	Mission terrain 2024	7
III.2	Analyses sédimentaires	10
III.2.1	Granulométrie.....	10
III.2.2	Taux de matière organique.	10
III.3	Analyses faunistiques.....	11
III.3.1	Abondance.....	11
III.3.2	Biodiversité	11
III.3.3	Densité.....	13
III.4	Indices de qualité biologiques sur le secteur de la Lambarde.....	14
III.4.1	AMBI	14
IV	Bibliographie.....	16

I Contexte et objectifs

La **forme Joubert** est une forme de radoub située dans le port de Saint-Nazaire, qui fait également office d'écluse donnant accès au bassin de Penhouet depuis l'estuaire de la Loire. Cette écluse, de 350 m de long et 50 m de large, date de 1933. Le Grand Port prévoit de remplacer la porte amont (côté bassin). La société TETIS est en charge de certains de ces travaux et sollicite Bio-Littoral pour l'analyse de la faune benthique.

En effet, avant travaux, il est important de caractériser la qualité des sédiments qui pourront être dragués au cours de ces opérations. Cette caractérisation passe par une analyse chimique des sédiments (non prise en compte dans cette étude) et la détermination de la faune benthique qui peuple ces sédiments.

Il s'agira de réaliser les prélèvements à l'aide d'une benne sur 3 stations définies par le Grand Port. La faune benthique est déterminée et comptabilisée. Sa biomasse est également mesurée. Une analyse sédimentaire sera également réalisée sur les 3 stations, car il est également important de caractériser le lieu de vie des espèces benthiques. Cette analyse sédimentaire comprend une granulométrie et la détermination du taux de matière organique.

II Matériel et méthode

Le protocole est le même que celui mis en oeuvre lors des inventaires de faune benthique réalisés en Loire pour le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN). Les prélèvements sont réalisés par les ingénieurs de Bio-Littoral.

II.1 Stratégie d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage comprend 3 stations (figure 1) définies par le GPMNSN.

Deux stations sont situées devant la porte et la troisième station est située côté enclave.

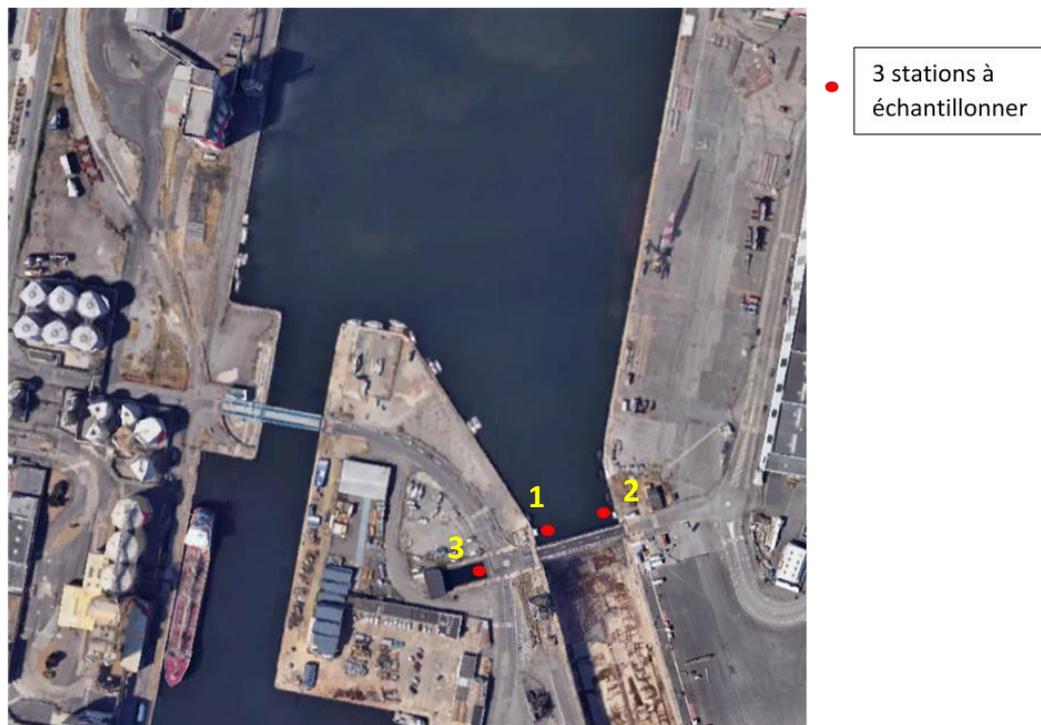


Figure 1 : Stratégie d'échantillonnage de la faune benthique de la Forme Joubert

II.2 Prélèvements

Ce protocole répond aux normes ISO 16 665 établies pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement des échantillons de la macrofaune marine de fonds meubles. Il correspond également au protocole antérieur avec **3 réplicats par station**.

II.2.1 Moyens nautiques

Les deux stations situées à l'amont de la porte ont été réalisées à partir d'un bateau, le TZIGANE mis à disposition par la société TETIS.

Côté enclave, le GPMNSN a fourni un MRT pour les prélèvements.

II.2.2 Engins de prélèvements et nombre de réplicats

Dans cet environnement peu profond et très vaseux, les stations ont été échantillonnées à l'aide d'une benne Van Veen de 45 kg qui fonctionne très bien sur fond meuble et peu profond (Figure 2).



Figure 2 : Benne Van Veen

Il est nécessaire de réaliser 3 réplicats de 0.1m² à chaque station qui seront traités séparément. **Les 3 réplicats d'une même station** sont effectués les uns après les autres après vérification du positionnement du bateau. Chaque réplicat est validé si sa composition sédimentaire est semblable à celle des 2 autres réplicats et son volume au moins égal à 10 L. Chaque benne est photographiée avec une étiquette. Les réplicats sont ensuite tamisés sur une maille carrée de 1 mm après lavage dans une bassine à l'aide d'une manche à eau sans pression pour ne pas détériorer les organismes. Le refus de chaque tamis est conservé dans des sacs plastiques ou des seaux avec une solution d'eau de salinité ambiante, formolée à 3%. Chaque réplicat est identifié par un code représentant la mission, le jour, la station et le numéro du réplicat (identifiant contrôle qualité → traçabilité).

II.2.3 Prélèvements de sédiment

Conformément au nouveau protocole développé dans le cadre de la DCE pour l'analyse de faune benthique en estuaire¹ (zone de transition), 1 échantillon de sédiment a été prélevé dans chacune des trois bennes de faune dans une zone de l'échantillon où le sédiment est le moins perturbé possible.

1

Méthodologie pour la surveillance et l'évaluation du paramètre « Macro-invertébrés benthiques » dans les masses d'eau de transition estuariennes de la façade Manche-Atlantique – H.BLANCHET, M. FOUET, L. BIZZOZERO, A. FOVEAU Version avril 2024.

II.3 Analyses sédimentaires

Il s'agit de caractériser le milieu dans lequel vivent les organismes benthiques. L'analyse granulométrique et la mesure du taux de matière organique sont réalisées sur les échantillons de sédiments conservés au congélateur. Ces deux paramètres conditionnent les peuplements benthiques. En effet, certains organismes sont inféodés aux substrats sableux et d'autres préfèrent des sédiments plus fins. De plus, les organismes benthiques ont des niveaux de tolérance très différents vis-à-vis d'un enrichissement en matière organique.

II.3.1 Analyse granulométrique (norme ISO 16 665).

Le protocole proposé correspond à celui de la DCE en Manche et en Atlantique (protocole DCE 2014). L'analyse granulométrique nécessite différentes phases de pesée. La masse de l'échantillon doit être suffisamment importante pour représenter la nature sédimentaire de la station dans toute son hétérogénéité, entre 350 et 500 g de poids sec (après étuve). Le tamisage se fait sur **17 tamis** normés avec un protocole standardisé de 15 minutes de vibrations. Chaque refus de tamis est pesé à l'aide d'une balance de précision au centième de gramme (Denver Instrument). Matériel utilisé (Figure 3): tamiseuse Retsch AS200 avec colonne à 17 tamis (4 mm, 2 mm, 1,6 mm, 1,25 mm, 1 mm, 800 µm, 630 µm, 500 µm, 400 µm, 315 µm, 250 µm, 200 µm, 160 µm, 125 µm, 100 µm, 80 µm et 63 µm). La maille des tamis répond à la norme AFNOR 16 665, préconisée dans Nettoyage des tamis par cuve à ultrason BPAC.

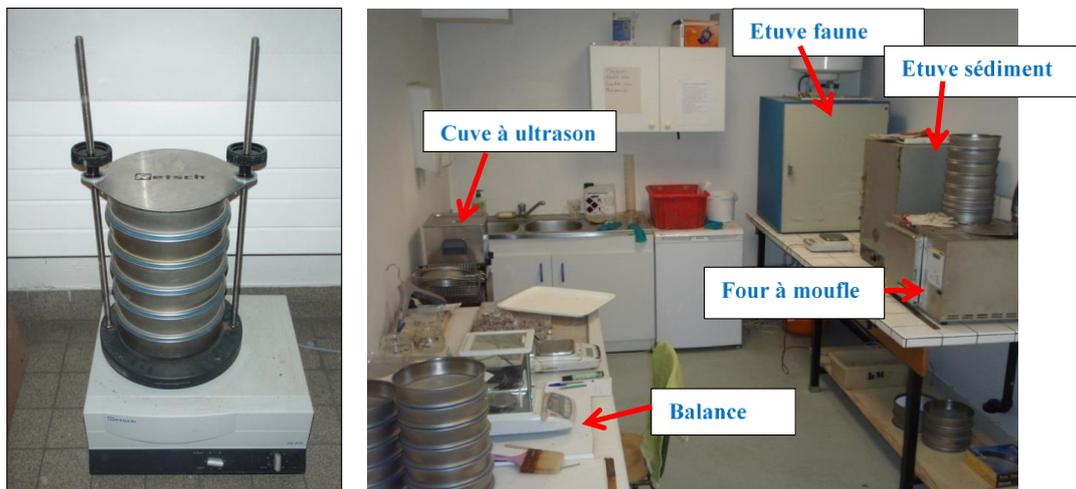


Figure 3. Tamiseuse RETSCH AS200, four à moufle et étuves, nécessaires pour l'analyse sédimentaire et l'estimation de la biomasse des organismes benthiques.

L'analyse des résultats est réalisée à l'aide du logiciel GRADISTAT (Blott et Pye, 2001) (recommandé par la DCE) en utilisant la méthode de classification de Folk et Ward.

II.3.2 Mesure du taux de matière organique

Le taux de matière organique dans le sédiment est obtenu par la technique de la perte au feu sur des sédiments décongelés (cf protocole DCE).

- Homogénéisation du prélèvement
- Mise à l'étuve pendant 48 heures à 60°C
- Pesée N°1 : masse de l'échantillon sec
- Passage au four à moufle pendant 4 heures à 450°C
- Pesée N°2 : masse des cendres l'échantillon

La masse de matière organique est obtenue par différence entre les pesées N°1 et les pesées N°2. A 450°C, la matière organique s'est transformée en gaz CO₂ et en vapeur d'eau H₂O.

La teneur en matière organique est mesurée 3 fois sur le même échantillon. Si les valeurs obtenues sont homogènes, la valeur retenue est la moyenne des trois répliqués. Si les valeurs sont hétérogènes, la mesure est refaite.

II.4 Analyses de la faune benthique.

II.4.1 Prétraitement des échantillons de la faune benthique

Les échantillons formolés sont conservés dans des seaux étanches. Avant traitement chaque échantillon est rincé trois fois pour éliminer le formol et l'effluent de rinçage est récupéré dans des bidons pour retraitement par la société Suez basée à Saint-Nazaire. Ce traitement s'effectue dans une salle aérée avec tous les EPI nécessaires (gants, masque, lunette, blouse).

II.4.2 Tri et détermination de la faune benthique

Le tri sera effectué au laboratoire par le personnel de Bio-Littoral. Les invertébrés sont classés par embranchement et stockés dans des piluliers dans une solution d'éthanol à 70 %. Les organismes sont ensuite déterminés jusqu'à l'espèce par les experts Bio-Littoral de chaque embranchement (Figure 4). Les déterminations font référence à la nomenclature WoRMS (World Register of Marine Species). Les ouvrages de référence pour la détermination sont régulièrement mis à jour.

- ❖ Annélides : M. N. T.
- ❖ Crustacés et mollusques : Mme M. D.
- ❖ Echinodermes : M. N. H.



Figure 4. *Tri du sédiment puis détermination des organismes à la loupe et au microscope, par les benthologues de Bio-Littoral.*

II.4.3 Estimation de la densité de la faune benthique

Pour chaque réplicat, les organismes sont identifiés à l'espèce et dénombrés. Les organismes sont séparés en fonction de leur taille, **juvéniles ou adultes**, et différentes classes de taille pour les bivalves qui peuvent atteindre plusieurs cm. Cette séparation peut permettre de mettre en évidence le rôle de nourricerie des stations pour certains invertébrés. Les résultats pour chacun des 3 réplicats sont donnés dans les fichiers Excell fournis. Dans le rapport, les densités sont présentées par station (moyenne des 3 réplicats) et ramenées au m². Les écart-types ne sont pas indiqués dans le rapport pour ne pas alourdir les graphiques et le texte.

II.5 Traitement des données de faune benthique.

La **richesse spécifique, la densité et la biomasse** de chaque espèce présente seront ramenés au mètre carré.

L'**écologie des principales espèces** (traits de vie, sensibilité vis-à-vis des paramètres environnementaux, régimes trophique, compétition) sera précisée afin de mieux comprendre les facteurs agissant sur l'évolution de la faune benthique de l'estuaire de la Loire.

III Résultats

III.1 Mission terrain 2024

Les prélèvements sur **les stations 1 et 2** ont été réalisés le **26 août 2024** par les ingénieurs de Bio-Littoral, à bord du TZIGANE II, bateau appartenant à la société TETIS (Figure 5).

Station	Latitude	Longitude	Date	Heure	Moyen	Equipe
1	47° 16.733'N	2° 11.890'O	26/08/2024	14h47	Tzigane (TETIS), benne Van Veen	NH, NT, ALB
2	47° 16.737'N	2° 11.866'O	26/08/2024	15h06	Tzigane (TETIS), benne Van Veen	NH, NT, ALB

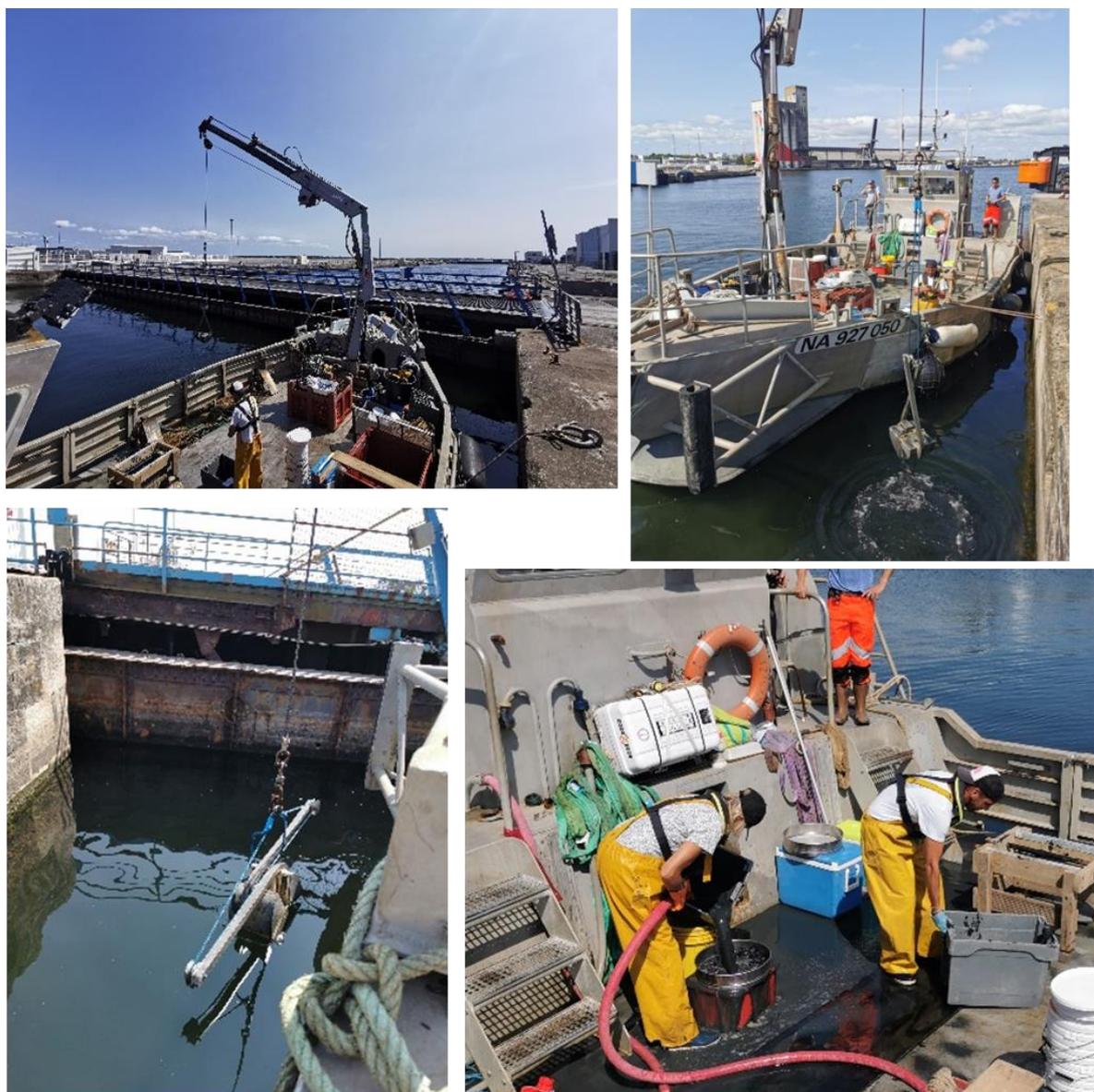


Figure 5 : Prélèvements des stations 1 et 2 en amont de la Forme Joubert et tamisage à bord du bateau.

La station 3 a été échantillonnée le **09 septembre 2024** par les ingénieurs de Bio-Littoral à l'aide de la MRT mise à disposition par le GPMNSN (Figure 7). Correspondant Grand Port M. Rabiller (06 37 77 76 16) et MRT M. Ollié (06 80 37 50 51).

Station	Latitude	Longitude	Date	Heure	Moyen	Equipe
3	47° 16.720'N	2° 11.933'O	09/09/2024	10h	MRT, benne Van Veen	ALB, NT, CA

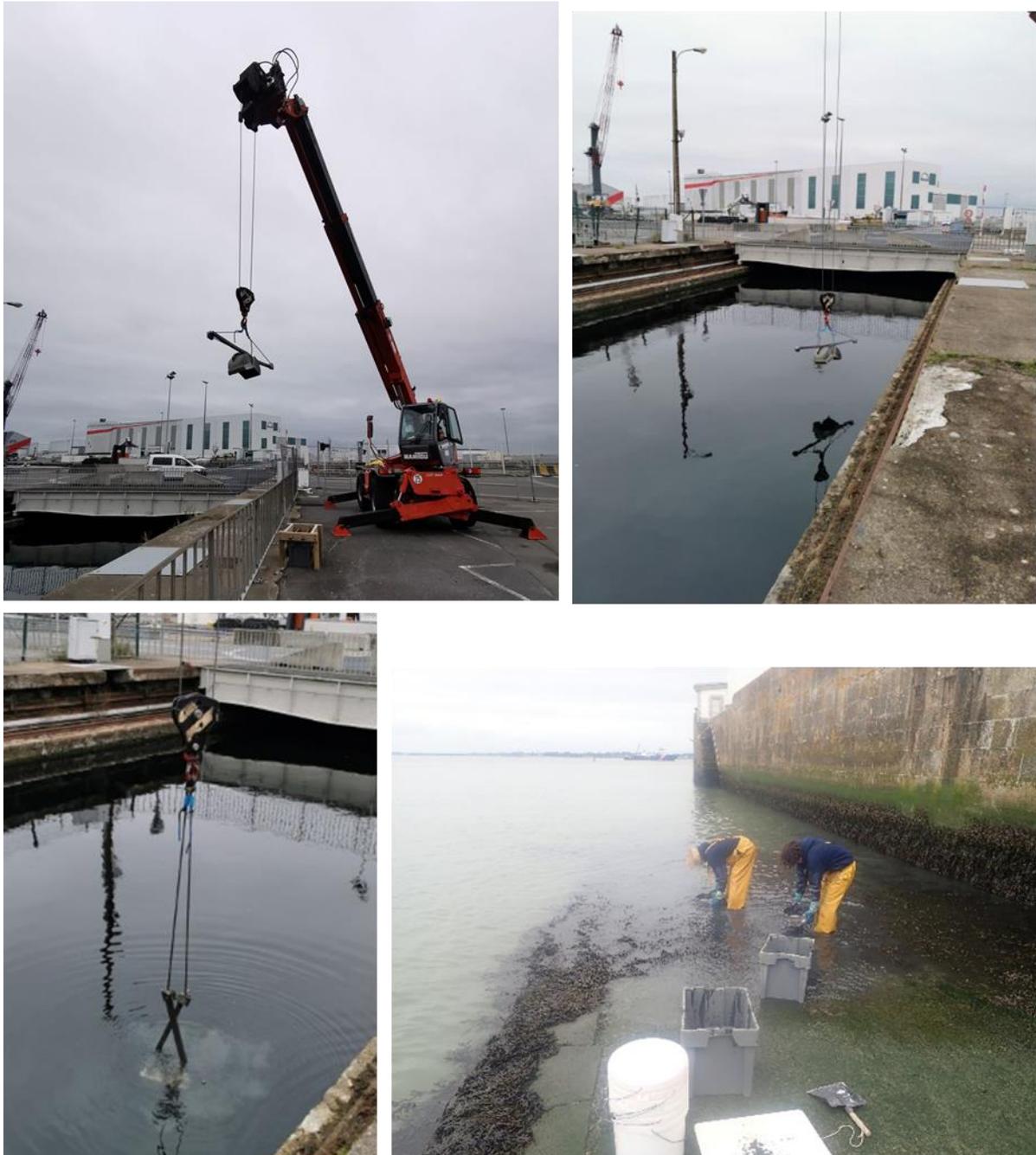


Figure 6 : Prélèvements de la station 3 dans l'enclave de la Forme Joubert et tamisage sur la cale de Saint Nazaire.

Chaque répliat est photographié avec son étiquette (Figure 7) avant d'être tamisé sur une maille de 1mm puis conditionné en seau étanche avec une solution de formol à 4% pour la conservation des organismes.



Figure 7 : Photographies de l'ensemble des répliqués des stations 1 (haut), 2 (milieu) et 3 (bas).

L'ensemble des prélèvements ont été formolés et stockés au laboratoire de Bio-littoral.

III.2 Analyses sédimentaires

III.2.1 Granulométrie

L'analyse granulométrique des sédiments des 3 stations indique un sédiment **essentiellement vaseux** avec une proportion de vase (fraction fine > 63µm) supérieure à 70% pour la station 1, à 95% pour la station 2 et 86% pour la station 3 (Tableau 1).

Tableau 1 : Fractions granulométriques des sédiments des stations de faune benthique prélevées près de la Forme Joubert en 2024.

2024	% Fraction																	
Station	4 mm	2 mm	1,6 mm	1,25 mm	1 mm	800 µm	630 µm	500 µm	400 µm	315 µm	250 µm	200 µm	160 µm	125 µm	100 µm	80 µm	63 µm	Receptacle
ST1	3,55%	1,54%	1,09%	1,36%	1,21%	1,48%	2,07%	2,96%	2,72%	2,81%	2,57%	1,48%	0,80%	0,74%	0,59%	0,65%	0,74%	71,97%
ST2	0,00%	0,37%	0,09%	0,34%	0,34%	0,61%	0,61%	0,61%	0,43%	0,31%	0,21%	0,31%	0,09%	0,15%	0,31%	0,31%	0,21%	95,09%
ST3	1,44%	1,97%	0,86%	0,65%	0,86%	1,13%	1,13%	1,16%	1,03%	0,89%	0,92%	0,65%	0,44%	0,40%	0,32%	0,37%	0,27%	86,11%

III.2.2 Taux de matière organique.

La matière organique mesurée correspond à de la MO détritique et de la très petite faune (bactéries, microalgues ou méiofaune < 1mm). Cette matière organique peut être consommée par une large partie de la macro-faune benthique (dont la taille est > 1mm), cependant un trop fort taux de MO peut entraîner une très forte diminution de la macro-faune car la biodégradation de cette MO conduit à un sédiment réduit (Pearse et Rosenberg, 1978).

Différents niveaux de stress liés aux teneurs en MO ont été définis par Schann et Marchand (1994) pour la faune benthique de l'estuaire de la Loire à la suite de plusieurs campagnes. En effet, des densités maximales de faune macro-benthique étaient toujours obtenues pour des teneurs en MO proche de 6% tandis que les stations étaient généralement azoïques pour des valeurs supérieures à 12%. Les nombreuses études de Bio-Littoral en estuaire de Loire confirment ce phénomène.

Le taux de matière organique mesuré dans le sédiment montre des taux variant de 7,32 % à 9,59 % dans les trois stations proche de la Forme Joubert (Tableau 2), ce qui représente des taux de MO importants mais qui permettent encore le développement d'une certaine faune benthique. Des valeurs similaires étaient attendues compte tenu de la couleur noire du sédiment (Figure 7).

Tableau 2 : Taux de matière organique mesuré dans le sédiment par la technique de la perte-au-feu.

Station	ST1	ST2	ST3
MO	8,41%	9,59%	7,32%

Remarque: il est important de noter que le 3eme réplikat de la station 3 dégageait de fortes irisations de produits pétroliers.

III.3 Analyses faunistiques

La macrofaune benthique correspond à tous les organismes vivant sur ou dans le sédiment dont la taille est supérieure à 1mm.

III.3.1 Abondance.

93 organismes vivants ont été retrouvés sur la totalité des 9 bennes prélevées près de la Forme Joubert. 79 organismes dont 77 annélides ont été récoltés dans les 3 bennes de la station 1. Seuls 14 individus ont pu être comptabilisés dans les 3 bennes de la station 2. La station 3, située dans le bassin de recul de la porte, est complètement azoïque.

Tableau 3 : Nombre d'individus récoltés dans chacune des bennes de 0.1m² sur les 3 stations de la Forme Joubert en 2024.

2024	Annelida	Crustacea	Mollusca	Total
Station 1	77	1	1	79
1,1	17	0	0	17
1,2	40	1	1	42
1,3	20	0	0	20
Station 2	11	3		14
2,1	5	0	0	5
2,2	6	3	0	9
2,3	0	0	0	0
Station 3	0	0	0	0
3,1	0	0	0	0
3,2	0	0	0	0
3,3	0	0	0	0

III.3.2 Biodiversité

10 espèces ont été récoltées sur les 9 bennes de 0.1m² dont 6 annélides, 3 crustacés et 1 bivalve (Tableau 4).

Lorsque la vie est possible, les **annélides forment l'essentiel de la faune benthique récoltée** dans cette vase riche en matière organique, ce qui est un résultat attendu car de nombreux annélides sont pu sensibles au fort taux de matière organique.

Tableau 4 : Pourcentage de chaque taxon par station.

Phylum	Taxons	Station 1	Station 2	Station 3
Crustacea	<i>Amphibalanus improvisus</i>		7%	
Mollusca	<i>Arcuatula senhousia</i>	1%		
Annelida	<i>Capitella capitata</i>	1%		
Crustacea	<i>Crangon crangon</i>		7%	
Annelida	<i>Dipolydora</i>	1%	36%	
Crustacea	<i>Mysida</i>	1%	7%	
Annelida	<i>Notomastus latericeus</i>	1%		
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	33%	14%	
Annelida	<i>Streblospio</i>	34%	21%	
Annelida	<i>Tharyx</i>	27%	7%	

La détermination à l'espèce des annélides s'est avérée difficile car les individus bien que vivants avaient des soies abimées (Tableau 5).

Tableau 5 : Richesse spécifique des organismes récoltés dans les bennes de la Forme Joubert en 2024.

ID	Station	Réplikat	Phylum	Espèce	Nb ind / benne 0,1m ²
1.1	1	1	Annelida	Oligochaeta	4
1.1	1	1	Annelida	Streblospio	8
1.1	1	1	Annelida	Tharyx	5
1.2	1	2	Annelida	Capitella capitata	1
1.2	1	2	Annelida	Oligochaeta	15
1.2	1	2	Annelida	Streblospio	15
1.2	1	2	Annelida	Tharyx	9
1.2	1	2	Crustacea	Mysida	1
1.2	1	2	Mollusca	Arcuatula senhousia	1
1.3	1	3	Annelida	Dipolydora	1
1.3	1	3	Annelida	Notomastus latericeus	1
1.3	1	3	Annelida	Oligochaeta	7
1.3	1	3	Annelida	Streblospio	4
1.3	1	3	Annelida	Tharyx	7
2.1	2	1	Annelida	Dipolydora	1
2.1	2	1	Annelida	Oligochaeta	1
2.1	2	1	Annelida	Streblospio	2
2.1	2	1	Annelida	Tharyx	1
2.2	2	2	Annelida	Dipolydora	4
2.2	2	2	Annelida	Oligochaeta	1
2.2	2	2	Annelida	Streblospio	1
2.2	2	2	Crustacea	Amphibalanus improvisus	1
2.2	2	2	Crustacea	Crangon crangon	1
2.2	2	2	Crustacea	Mysida	1

Mollusques

Le seul mollusque récolté présente un intérêt particulier car le petit bivalve *Arcuatula senhousia* est une espèce exotique d'origine asiatique de type invasif qui a fortement colonisé la mer Méditerranée et qui fait actuellement l'objet d'un recensement en Atlantique et Manche. Il a été récemment observé dans l'étang de Thau et à Dinard. Le Port de Nantes a autorisé la publication de cette observation dans le cadre de cet inventaire qui devrait faire l'objet d'une prochaine publication.


Figure 8 : *Arcuatula senhousia* taille 10 mm. Source WORMS.

Arcuatula senhousia est présente en zones côtière et estuarienne à des profondeurs allant jusqu'à 20 m. Elle se trouve généralement en patch sur des platiers vaseux intertidaux ou subtidaux autour de 4 m de profondeur mais peut se retrouver sur du substrat dur. Elle est enfouie à l'interface eau-sédiment, protégée par son cocon en byssus. Les densités dans son aire de distribution d'origine (Asie) avoisinent les 3000 ind./m². Dans les zones

où elle a été introduite les densités sont très variables, de quelques individus à plus de 15 000 adultes (≥ 5 mm de long) au m^2 . Elle peut former des tapis de moules à la surface du sédiment accrochées entre elles par leur byssus pouvant atteindre une taille de $170m^2$ à Bucklands Beach (Nouvelle-Zélande). Elle sert de support solide à de nombreuses espèces épibiontes végétales ou animales (Desgué, 2020).

Crustacés

Les rares crustacés récoltés correspondent à 1 crevette grise (*Crangon crangon*), 2 mysidacées (suprabenthos) et 1 cirripède (*Amphibalanus improvisus*) qui vit fixé sur des substrats dur comme des cailloux ou des débris métalliques. Ces organismes ne vivent pas dans le sédiment mais au-dessus. Il faut garder à l'esprit que la benne n'est pas l'engin adapté pour leur capture.

Annélides

Certains taxons comme les *oligochaeta* ou *Capitella capitata* sont généralement trouvés dans des milieux vaseux à fort taux de matière organique. Les espèces *Tharyx sp.* et *Streblospio sp.* ne sont observées en estuaire de Loire (Cf études Bio-Littoral) que sur certaines stations mais elles sont toujours associées. Ces deux espèces forment plus de 50% des 93 organismes récoltés (20 *Tharyx sp.* et 30 *Streblospio sp.*) sur les 3 stations de la Forme Joubert en 2024.



Figure 9 : Illustration des principales espèces d'annélides récoltées dans les vases du Port de Saint-Nazaire au niveau de la Forme Joubert en 2024.

III.3.3 Densité

Les densités d'organismes par mètre carré sont calculées en moyennant les abondances des 3 réplicats de $0.1m^2$ et en multipliant par 10 (Tableau 6).

En moyenne, on trouve 253 annélides / m^2 sur la station 1, et 37 annélides / m^2 sur la station 2. Les *Streblospio* étant toujours les plus abondants avec 90 ind/ m^2 sur la station 1 et 10 ind/ m^2 sur la station 2.

Tableau 6 : Densité d'organismes récoltés sur chacune des 3 stations du bassin du Port de Nantes en 2024.

		Densité (nb ind. m^2)		
Phylum	Taxons	Station 1	Station 2	Station 3
Crustacea	<i>Amphibalanus improvisus</i>	0	3	0
Mollusca	<i>Arcuatula senhousia</i>	3	0	0
Annelida	<i>Capitella capitata</i>	3	0	0
Crustacea	<i>Crangon crangon</i>	0	3	0
Annelida	<i>Dipolydora</i>	3	17	0
Crustacea	<i>Mysida</i>	3	3	0
Annelida	<i>Notomastus latericeus</i>	3	0	0
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	87	7	0
Annelida	<i>Streblospio</i>	90	10	0
Annelida	<i>Tharyx</i>	70	3	0

III.4 Indices de qualité biologiques sur le secteur de la Lambarde

Dans un milieu portuaire, les pressions exercées par l'homme sur l'environnement marin sont nombreuses (pollution, accumulations de débris, engorgement, remise en suspensions du sédiment...). Il est souvent difficile de mesurer les impacts potentiels sur la faune benthique en raison de sa capacité d'adaptation. Ainsi la raréfaction des espèces sensibles aux différents types de pollution ou au changement d'habitat peut être compensée en densité ou en biodiversité par le développement d'espèces opportunistes. Il s'agit donc de prendre en compte les caractéristiques écologiques de chaque espèce présentes. Etant donné la complexité des peuplements benthiques, il est courant d'utiliser des indicateurs permettant de réduire le nombre de paramètres à mesurer, tout en maintenant une information pertinente sur la structure et le fonctionnement de l'écosystème. Un indice représente une mesure agrégée ou un calcul dérivé de plusieurs paramètres.

La plupart des indices repose sur le modèle développé par Pearson et Rosenberg (1978) qui associe une structure du peuplement en fonction du degré de pollution calculé selon le taux d'enrichissement en matière organique.

1. Lorsque le milieu est très perturbé, le peuplement est caractérisé par un pic d'espèces opportunistes (petits organismes ayant une vie courte), avec un petit nombre d'espèces mais de fortes densités.
2. La perturbation se réduisant, l'abondance diminue tandis que la richesse spécifique augmente.
3. Lorsque le milieu n'est plus perturbé, le peuplement se stabilise petit à petit et est caractérisé par des espèces peu abondantes mais avec des tailles d'organismes plus importantes ayant des durées de vie plus longues.

L'indicateur AMBI et M-Ambi adoptés pour la Directive Cadre Eau (DCE marine) sur tout le littoral européen, ont été calculés pour les 3 stations de faune benthique du bassin du Port de Nantes.

III.4.1 AMBI

L'AMBI (AZTI Marine Biotic Index) est un indice biotique développé dans le cadre de la DCE pour permettre d'évaluer la qualité des eaux côtières à partir de la macrofaune benthique de milieu meuble (Borja *et al.*, 2003 ; Muxika *et al.*, 2007).

Pour le calcul de l'AMBI, les espèces macrobenthiques sont réparties dans cinq groupes écologiques (GI, GII, GIII, GIV, GV) identifiés par Hily (1984) en fonction de leur sensibilité aux perturbations (essentiellement basée sur leur sensibilité à l'enrichissement en matière organique).

Ces cinq groupes écologiques, sont définis comme suit :

- **groupe écologique I** : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a hypertrophisation du milieu ;
- **groupe écologique II** : espèces indifférentes à une hypertrophisation. Ce sont des espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de matière organique ;
- **groupe écologique III** : espèces tolérantes à une hypertrophisation. Elles sont naturellement présentes dans les vases ; comme leur prolifération est stimulée par un enrichissement du milieu, elles sont alors un indice du déséquilibre du système ;
- **groupe écologique IV** : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées ;
- **groupe écologique V** : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des déposivores, proliférant dans les sédiments réduits.

Pour chaque station, le pourcentage de chaque groupe écologique est ensuite pondéré par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation

$$AMBI = ((0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)) / 100$$

Cette formule permet d'avoir un gradient continu de valeurs. Les seuils définissant les états écologiques des habitats sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Valeurs de référence des indices biotiques AMBI et M-AMBI permettant de définir l'état écologique des habitats benthiques.

État écologique	AMBI
Très bon	0 – 1,2
Bon	1,2 – 3,3
Moyen	3,3 – 4,3
Médiocre	4,3 – 5,5
Très mauvais	5,5 – 7

Remarque :

Pour ce calcul d'indice, il ne faut prendre que les espèces qui sont correctement échantillonnées avec l'engin de prélèvement, car les calculs sont basés sur les abondances des espèces les uns par rapport aux autres. Ainsi les le sédiment étant essentiellement de la vase meuble, seules les espèces qui vivent sur ou dans ce type de sédiment sont gardées pour l'analyse. Les espèces supra benthiques telles que la crevette *Crangon crangon* ou les 2 mysidacés, sont écartées ainsi que le balane qui vit fixé sur les supports durs.

Sur les 7 taxons qui composent la faune benthique des stations autour de la Forme Joubert (Tableau 8) 2 sont des espèces opportunistes qui peuvent proliférer dans des milieux réduits (*Capitella capitata* et *Oligochaeta*), 3 sont des espèces opportunistes à cycle de vie court (< 1an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées (*Dipolydora sp.*, *Notomastus latericeus* et *Tharyx.sp*) et 2 sont des espèces caractéristiques des vases dont le développement est stimulé par un enrichissement en matière organique (*Streblospio.sp* et *Arcuatula senhousia*).

La faune benthique des vases de la Forme Joubert est donc caractéristique d'un milieu perturbé et riche en matière organique, ce qui est cohérent avec les valeurs de MO mesurées dans le sédiment.

Tableau 8 : Indice écologique selon Hily (1984) des espèces échantillonnées sur les stations de la Forme Joubert dans le port de Nantes en 2024.

Phylum	Espèce	Goupe
Mollusca	<i>Arcuatula senhousia</i>	III
Annelida	<i>Capitella capitata</i>	V
Annelida	<i>Dipolydora</i>	IV
Annelida	<i>Notomastus latericeus</i>	IV
Annelida	<i>Oligochaeta</i>	V
Annelida	<i>Streblospio</i>	III
Annelida	<i>Tharyx</i>	IV

Les résultats du calcul de l'indice AMBI sur le site AZTI (Tableau 9) indiquent que les 2 stations (station 1 et station 2) situées dans le bassin du port de Nantes près de la Forme Joubert sont de médiocre qualité et que la station 3 située dans la zone de recul de la porte est de très mauvaise qualité écologique, ce qui est logique puisqu'elle est azoïque.

Tableau 9 : Résultats du calcul de l'indice AMBI.

AMBI	Valeur	Etat écologique
Station 1	4.43	Médiocre
Station 2	5.23	Médiocre
Station 3	6.00	Très mauvais

IV Bibliographie

Desgué C, 2020 Ecologie du bivalve *Arcuatula senhousia*. <https://inpn.mnhn.fr/docs-web>.

Hily, C. (1984) Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hyper-trophiques de la rade de Brest, volume 1. PhD Thesis, University of La Bretagne .

Pearson, T.H. and Rosenberg, R. (1978) Macrobenthic Succession in Relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environment..

Schaan O. et J. Marchand, 1994. Cartographie des peuplements benthiques
de l'estuaire de la Loire de Mindin à Cordemais - Bilan 1994 Port autonome de Nantes-Saint-Nazaire.