

# Diagnostic environnemental d'un terrain localisé avenue des hydravions à Berre- L'Etang (13) en vue de la création d'une plage publique

Diagnostic environnemental – Prestations INFOS et  
DIAG selon NF X31-620-2

RÉFÉRENCE 2023S61-V2



# Diagnostic environnemental d'un terrain localisé avenue des hydravions à Berre-L'Etang (13) en vue de la création d'une plage publique

## Référence

2023S61-V2

## Client

SPL SENS URBAIN

## Référence NF X31-620-2

INFOS (A100, A110, A120, A130) et DIAG (A200, A210, A270)

## Adresse postale

Avenue des hydravions, 13 130 Berre-l'Etang (13)

## Mots-Clefs

Historique, vulnérabilité, sol, remblais, sédiments, analyses, diagnostic, plage, passif industriel, amiante

## Contact

nicolas.saille@cisma-environnement.com

frederic.panfili@cisma-environnement.com

	Date	État / modification	Rédaction	Validation
1	25/03/24	Rédaction du document	Stecy PORIKIAN-BELLUSCI Frédéric PANFILI Nicolas SAILLE	Nicolas SAILLE
2	04/06/24	Investigations complémentaires sur les remblais et les sédiments	Frédéric PANFILI	Nicolas SAILLE

# Sommaire

1.Synthèse non technique	8
2.Synthèse technique	9
3.Contexte de l'étude	11
3.1. Enoncé de la mission	11
3.2. Documents de référence	11
3.3. Normes et guides méthodologiques	12
3.4. Sources documentaires - Sitographie	12
4.Mission A100 : Visite de site	13
4.1. Situation générale et description du site	13
4.2. Date de visite et personnes rencontrées	15
4.3. Description de l'activité	15
4.4. Situation réglementaire	15
4.5. Description du site	15
4.6. Gestion des eaux résiduaires	16
4.7. Sources d'énergie présentes sur le site	16
4.8. Stockage de produits et de matériaux	16
4.9. Gestion des déchets	16
4.10. Recommandations de mesures de mise en sécurité	16
5.Mission A120 : Etude de vulnérabilité des milieux	17
5.1. Contexte géographique et topographique	17
5.2. Contexte géologique	17
5.3. Contexte hydrogéologique	19
5.4. Réseau hydrographique	20
5.5. Usages des eaux	21
5.5.1. Eaux souterraines	21
5.5.2. Les eaux superficielles	21
5.6. SDAGE et SAGE	22
5.7. Espaces Naturels Protégés	22
5.8. Risques répertoriés sur le territoire	23
5.9. Synthèse de l'étude de vulnérabilité	24
6.Mission A110 : Etude historique et documentaire	25
6.1. Passif environnemental de l'étang de Berre	25
6.2. Sites potentiellement pollués	26
6.3. Evolution historique de la zone d'étude	28
6.3.1. De 1926 à 1944	28
6.3.2. De 1944 à 1984	29
6.3.3. De 1985 à 2007	31

6.3.4. De 2008 à aujourd'hui	31
6.4. Incidents antérieurs	31
6.5. Synthèse de l'étude historique et mémorielle	32
<b>7. Mission A130 : élaboration du programme prévisionnel d'investigations</b>	<b>33</b>
7.1. Schéma conceptuel préliminaire	33
7.1.1. Notion de risque sanitaire	33
7.1.2. Usage considéré – Projet de création de plage	33
7.1.3. Cibles	34
7.1.4. Sources potentielles de pollution	34
7.1.5. Polluants potentiels	34
7.1.6. Voies de transfert	35
7.1.7. Voies d'exposition et schéma conceptuel initial	36
7.2. Programme d'investigations	38
7.2.1. Conditions d'accès au terrain	38
7.2.2. Risques liés aux réseaux enterrés	38
7.2.3. Investigations envisagées	38
7.2.3.1. Pour les sols	38
7.2.3.2. Pour les sédiments	39
<b>8. Mission A200 : Investigations sur les sols</b>	<b>40</b>
8.1. Hygiène sécurité et environnement	40
8.1.1. Phase préalable aux travaux	40
8.1.2. Moyens d'investigation des sols	41
8.1.3. Phase des travaux	41
8.1.4. Phase postérieure aux travaux	42
8.2. Compte-rendu de terrain	42
8.2.1. Observations	42
8.2.1.1. Février 2024	42
8.2.1.2. Avril 2024	42
8.2.2. Données lithologiques	42
8.2.3. Indices organoleptiques	42
8.3. Sélection des échantillons et programme analytique	43
<b>9. Mission A220 : Investigations sur les sédiments</b>	<b>45</b>
9.1. Moyens utilisés pour les prélèvements de sédiments	45
9.2. Phase des travaux	45
9.3. Compte rendu de terrain	45
9.3.1. Observations	45
9.3.2. Indices organoleptiques	46
9.4. Sélection des échantillons et programme analytique	46
<b>10. Mission A270 : interprétation des résultats</b>	<b>48</b>
10.1. Pour les sols	48

10.1.1.	Valeurs d'analyse de la situation	48
10.1.2.	Résultats d'analyses et interprétation	49
10.1.3.	Comparaison des résultats d'analyses des sols aux seuils N1/N2	53
10.1.4.	Cohérence des résultats	54
10.2.	Pour les sédiments	55
10.2.1.	Valeurs d'analyses de la situation	55
10.2.2.	Résultats d'analyses et interprétation	55
10.2.2.1.	Granulométrie	55
10.2.2.2.	Physico-chimie	55
10.2.3.	Cohérence des résultats	56
10.3.	Mise à jour du schéma conceptuel	59
<b>11.</b>	<b>Conclusions et recommandations</b>	<b>61</b>
<b>12.</b>	<b>Limites et incertitudes</b>	<b>62</b>
<b>13.</b>	<b>Justification des écarts</b>	<b>63</b>

## Liste des Figures

Figure 1 :	Informations cadastrales (Géoportail)	13
Figure 2 :	Vue aérienne du site dans son proche environnement (Google Earth)	14
Figure 3 :	Vue aérienne du site d'étude (Google Earth)	14
Figure 4 :	Extrait du PLU de la commune de Berre l'Etang (Géoportail de l'Urbanisme)	15
Figure 5 :	Vue d'ensemble depuis le nord-ouest	16
Figure 6 :	Topographique du secteur d'étude	17
Figure 7 :	Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de la feuille n° 1020 de Martigues (Infoterre)	18
Figure 8 :	Coupe du sondage BSS BSS002JJWH (Infoterre)	18
Figure 9 :	Réseau hydrographique dans la zone d'étude	20
Figure 10 :	Localisation des ouvrages exploitant la nappe dans la zone d'étude (Infoterre, ADES, BSS)	21
Figure 11 :	Prélèvements des eaux de surface dans la zone d'étude (BNPE)	22
Figure 12 :	Emprises des ENP dans la zone d'étude (DREAL PACA – Géoportail)	23
Figure 13 :	localisation des zonages de prescription du PPRI (Géorisques)	24
Figure 14 :	Localisation des principaux sites industriels sur le pourtour de l'étang de Berre	25
Figure 15 :	Localisation des sites potentiellement pollués et pollués (Géorisques)	27
Figure 16 :	Localisation des ICPE dans la zone d'étude (GEORISQUES)	28
Figure 17 :	Le site d'étude et son proche environnement entre 1926 et 1943	29
Figure 18 :	Evolution du site d'étude entre 1944 et 1984	30
Figure 19 :	Le site d'étude et son proche environnement en 1988 et 1998	31
Figure 20 :	Le site d'étude et son proche environnement entre 2008 et 2024	31
Figure 21 :	Notion de risque « source – vecteur – cible »	33
Figure 22 :	Schéma conceptuel initial	37
Figure 23 :	Plan prévisionnel des sondages	39
Figure 24 :	Localisation des prélèvements sédimentaires	40
Figure 25 :	Matériel utilisé pour la réalisation des sondages et des fouilles	41
Figure 26 :	Matériel utilisé pour les prélèvements des sédiments de L'étang de Berre (CISMA Environnement)	45
Figure 27 :	Carte de synthèse des principaux résultats d'analyses des sols – Berre-l'Etang – fév. et avr. 2024	52
Figure 28 :	Comparaison des résultats analytiques sur les sols aux seuils N1/N2	54
Figure 29 :	Répartitions des fractions granulométriques des échantillons sédimentaires	55
Figure 30 :	Carte de synthèse des principaux résultats des analyses sédimentaires – avril 2024	58
Figure 31 :	Schéma conceptuel à l'issue des investigations sur les sols de février 2024	60

# Liste des Tableaux

Tableau 1: Codification des prestations élémentaires selon la norme française X-31-620-2	11
Tableau 2 : Sites internet consultés	12
Tableau 3 : Caractéristiques principales des Formations variées et calcaires fuvéliens et jurassiques du bassin de l'Arc dans la zone d'étude (source : AERMC)	19
Tableau 4 : Entités hydrographiques présentes dans un rayon de 1,5 km de la zone d'étude	20
Tableau 5 : Liste des ENP dans un rayon de 1,5 km du site d'étude (DREAL PACA)	22
Tableau 6 : Niveau d'appréciation du risque sanitaire	33
Tableau 7 : Caractéristiques et comportements des principaux polluants recherchés	35
Tableau 8 : Substances recherchées dans les sols et les sédiments	35
Tableau 9 : Voies de transferts considérées	35
Tableau 10 : Examen des voies potentielles d'exposition	36
Tableau 11 : Echantillons de sol et de matériaux et programme analytique	44
Tableau 12 : Normes analytiques des principaux composés recherchés dans les sols et les matériaux	44
Tableau 13 : Echantillons sélectionnés et programme analytique	46
Tableau 14 : Normes analytiques des composés recherchés dans les sédiments	47
Tableau 15 : Résultats d'analyses des sols – Berre-l'Etang (13) – février et avril 2024	51
Tableau 16 : Résultats des analyses sédimentaires – avril 2024	57
Tableau 17 : Examen des voies potentielles d'exposition à l'issue des investigations sur les sols (février 2024)	59

# Liste des Annexes

ANNEXE 1 : Compte-rendu de visite de site
ANNEXE 2 : Fiches ex-BASOL de la raffinerie et de l'usine pétrochimique de Berre
ANNEXE 3 : Rapport d'inspection DREAL de la raffinerie du 15/09/2022
ANNEXE 4 : Reportage photographique des sondages et des fouilles
ANNEXE 5 : Coupes lithologiques des sondages et des fouilles
ANNEXE 6 : Fiches des prélèvements sédimentaires
ANNEXE 7 : Valeurs de référence considérées pour les sols
ANNEXE 8 : Rapport d'analyses du laboratoire pour les sols
ANNEXE 9 : Rapport d'analyses du laboratoire pour les matériaux
ANNEXE 10 : Résultats des analyses granulométriques pour les sédiments
ANNEXE 11 : Rapport d'analyses du laboratoire pour les sédiments

# Liste des abréviations

<b>ADES</b>	Accès aux données sur les eaux souterraines
<b>AEP</b>	Adduction d'eau potable
<b>AIPR</b>	Autorisation d'intervention à proximité des réseaux
<b>BSS</b>	Base de données sous-sol du BRGM
<b>BRGM</b>	Bureau de recherches géologiques et minières
<b>BTEX</b>	Benzène, toluène, éthylène et xylènes
<b>DREAL</b>	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
<b>ENP</b>	Espace naturel protégé
<b>EPI</b>	Equipement de protection individuelle
<b>ETM</b>	Elément trace métallique
<b>GIES</b>	Groupement inter-entreprises de sécurité
<b>HAP</b>	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
<b>HCT</b>	Hydrocarbures totaux
<b>ICPE</b>	Installation classée pour la protection de l'environnement
<b>ISDI</b>	Installation de stockage de déchets inertes
<b>ISDND</b>	Installation de stockage de déchets non dangereux
<b>PCB</b>	Polychlorobiphényles
<b>PID</b>	Photoionisation detector
<b>PLU</b>	Plan local d'urbanisme
<b>PPRI</b>	Plan de prévention des risques d'inondation
<b>PPRT</b>	Plan de prévention des risques technologique
<b>SAGE</b>	Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
<b>SDAGE</b>	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
<b>SIS</b>	Secteurs d'informations des sols
<b>SPL</b>	Société publique locale
<b>SPP</b>	Source potentielle de pollution
<b>SSP</b>	Sites et sols pollués
<b>VAS</b>	Valeur d'analyse de la situation
<b>ZNIEFF</b>	Zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique

# 1.Synthèse non technique

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un projet de création d'une plage publique sur le littoral de la commune de Berre-l'Etang (13).

La parcelle d'étude est située en milieu urbain, au sein du parc public Serge Andréoni, en bordure de l'étang de Berre. Sur ce secteur la berge a été aménagée avec des enrochements, une promenade et des espaces verts.

L'étude historique et notamment les photographies aériennes de l'IGN montrent que la zone d'étude a été en grande partie gagnée sur l'étang par des apports progressifs de remblais qui ont débuté dans le milieu des années 1940 et qui se sont poursuivis jusqu'en 1984, date à partir de laquelle la berge a atteint son profil actuel. L'historique de la zone d'étude est marqué par un passé industriel important, avec notamment la base d'hydravions qui jouxtait le site au nord. L'histoire de l'étang de Berre est également marquée par les pollutions industrielles et urbaines liées aux activités sur son pourtour. Particulièrement sur la commune de Berre-l'Etang les activités du pôle pétrochimique ont généré des pollutions chroniques et accidentelles, dont les traces sont aujourd'hui encore visibles dans les sédiments de l'étang. Ainsi, et bien que le site d'étude n'ait jamais connu d'activité industrielle, les remblais utilisés pour exonder le terrain, mais également les pollutions historiques urbaines et industrielles de l'étang, sont susceptibles de constituer des sources de pollution pouvant générer, dans le cadre du projet, des risques sanitaires et pour l'environnement.

Sur base de ces informations un diagnostic des sols et des sédiments a été réalisé en février et avril 2024.

En ce qui concerne les sols, les investigations confirment la présence de remblais contenant des déchets de démolition sur environ 1,5 à 2 m d'épaisseur. Ils sont de qualité médiocre : des hydrocarbures (HCT), des HAP et certains Eléments Traces Métalliques (ETM) ont été localement mis en évidence en concentrations notables. En particulier les concentrations maximales en HCT sont observées à environ 1,5 m de profondeur, à l'interface avec les eaux souterraines. Les remblais peuvent également contenir par endroits des débris de matériaux amiantés, mais l'amiante n'est pas retrouvée dans les sols emballant les déchets de démolition.

Des HCT en teneurs notables ont été relevées dans la strate sédimentaires superficielle (dépôt récents), d'une dizaine de centimètre d'épaisseur, et à proximité de la berge. Plus en profondeur, les sédiments ne sont pas significativement impactés.

Au regard des résultats obtenus, la qualité des sols et des sédiments superficiels en présence pourrait exposer directement ou indirectement les futurs usagers de la plage à des polluants, et ainsi induire potentiellement des risques sanitaires. De même des transferts de polluants vers le milieu maritime sont susceptibles de générer des risques pour les usagers de l'étang et pour l'environnement.

Considérant la qualité des déblais, l'excavation et la prise en charge hors site de ces matériaux est susceptible de générer des surcoûts importants.

Au regard de ces constats il est donc recommandé d'engager la rédaction d'un plan de gestion au sens de la norme NF X 31-620-20 afin de déterminer les mesures de gestion les plus favorables d'un point de vue sanitaire, environnemental et économique.

## 2.Synthèse technique

Demandeur	Société SENS URBAIN
<b>Données relatives aux sites</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Localisation</b> : Avenue des Hydravions, Berre-l'Etang (13 130)</li> <li>▪ <b>Superficie</b> : environ 1 750 m<sup>2</sup></li> <li>▪ <b>Usage actuel</b> : Parc public</li> </ul>
<b>Contexte de l'étude</b>	Diagnostic environnemental dans le cadre d'un projet d'aménagement.
<b>Usage futur</b>	Plage publique – usage sensible
<b>Visite de site (A100)</b>	Réalisée le 22/01/24. Les éléments principaux suivants ont été relevés : → Le site est parc public aménagé d'une promenade pédestre le long de la berge en enrochement. → Aucune source de pollution visible n'a été observée en surface.
<b>Historique (A110)</b>	→ Avant les années 40 : plage ou berge naturelle de l'étang. → Milieu des années 1940 – 1984 : comblement progressif de la berge par apports de remblais anthropiques. → 1984 2004 : pas d'usage notable. → 2008 : aménagement de la promenade et des enrochements. → 1919 à 1972 : Le site est bordé au nord-est par l'ancienne base d'hydravions de Berre l'Etang. → Pollution historique de l'étang de Berre et particulièrement de l'étang de Vaïne du fait des activités industrielles essentiellement chimiques et pétrochimiques et des activités urbaines. Ces pollutions ont entraîné une dégradation de la qualité des sédiments de l'étang, qui est aujourd'hui fortement atténuée du fait des dépôts récents de sédiments par l'usine hydroélectrique de Saint-Chamas.
<b>Vulnérabilité (A120)</b>	→ Le site est dans un environnement proche sensible. → Terrain attendu constituée par des remblais anthropiques reposant sur quelques mètres d'alluvions sablo-graveleuses, puis plus en profondeur, sur une puissante formation argileuse (> 50 m). → Présence d'un aquifère karstique sous couverture argileuse, qui est donc peu vulnérable. Les eaux souterraines au niveau de la parcelle d'étude sont celles de l'étang, attendues à environ 1,5 m. → L'étang de Vaïne (partie est de l'étang de Berre), qui borde le site, est très vulnérable. Il a en outre des usages sensibles (pêche professionnelle et usages récréatifs) et il est classé en Espace Naturel Protégé (ENP). → La parcelle est hors zone de prescription du PPRI et du PPRT de la commune.
<b>Sources potentielles de pollution (A130)</b>	→ Les remblais historiques constituent une source de pollution potentielle. → Les sédiments pollués par les activités industrielles et urbaines du pourtour de l'étang de Berre.
<b>Investigations sur site (A200 et A220)</b>	5 sondages à la tarière à gouge jusqu'à 2 m de profondeur, le 1 <sup>er</sup> février 2024. 5 fouilles à la pelle mécanique jusqu'à 1,8 m, le 16 avril 2024 Prélèvements de sédiments le 25 avril 2024
<b>Composés recherchés dans les sols et les sédiments (A130)</b>	<u>Sols :</u> HCT C10-C40, HAP, BTEX, 8 métaux, PCB et COHV + ensemble des paramètres sur éluât de l'arrêté du 12/12/2014 relatif à la caractérisation des déchets inertes + amiante (sur sols et matériaux) <u>Sédiments :</u> HCT C10-C40 + analyses N1/N2 selon l'arrêté du 30/06/06/2020
<b>Constats réalisés (A200, A220 et A270)</b>	→ Terrain superficiel constitué par des remblais hétérogènes contenant des déchets de démolition décimétriques et centimétriques en proportion pouvant être importante sur environ 1,5 à 2 m d'épaisseur. Quelques débris de matériaux amiantés, type fibrociment, ont été retrouvés ponctuellement, mais la recherche d'amiante dans les sols emballant ces déchets s'est avérée négative. → Zone saturée interceptée à 1,3-1,5 m. → Les remblais/sols présentent localement des teneurs notables en HCT, HAP et ETM (plomb, cuivre, zinc). Les teneurs en HCT les plus élevées (entre 504 et 1 310 mg/kg) sont constatées dans les remblais situés au niveau du toit de la nappe (à environ 1,5 m de profondeur), dans les 3 sondages/fouilles les plus proches de la berge de l'étang. → Des traces de PCB sont détectés dans la moitié des échantillons. → Les polluants organiques volatils ne sont pas mis en évidence.

<p><b>Conclusions et recommandations (A270)</b></p>	<p>→ Dans le cadre du projet d'aménagement des risques sanitaires potentiels sont retenus pour les futurs usagers de la plage et les usagers de l'étang.</p> <p>→ En ce qui concerne l'évacuation des déblais, les filières à envisager sont majoritairement de type ISDND en raison de la présence de HCT notamment.</p> <p><u>Recommandations dans le cadre du projet d'aménagement :</u></p> <p>→ Elaboration d'un plan de gestion (mission PG, norme NF X 31-620-2)</p>
---	---

## 3. Contexte de l'étude

### 3.1. Enoncé de la mission

La ville de Berre-l'Etang (13) souhaite créer une plage publique sur son littoral. Elle a délégué à la SPL SENS URBAIN la maîtrise d'ouvrage de ce projet. Le site retenu pour la réalisation de la plage est le parc public Serge Andréoni, dans sa partie sud-est, située sur la berge de l'étang de Berre, au nord-est du port de plaisance.

La berge au droit du site retenu est actuellement constituée d'enrochements. Le projet nécessitera donc selon toute probabilité un retrait des enrochements et éventuellement d'une partie des sols du parc adjacents, et un reprofilage de la berge. Des terrassements seront donc nécessaires.

Dans ce contexte SENS URBAIN a sollicité CISMA Environnement pour évaluer l'état des sols et des sédiments au droit de la zone d'étude. L'objectif est de caractériser la qualité des milieux et, le cas échéant, de déterminer (i) s'il existe des risques sanitaires ou environnementaux potentiels dans le cadre du projet et (ii) d'évaluer si des surcoûts sont à envisager pour la gestion des déblais qui seront générés par les terrassements à venir.

Le présent rapport rend compte des investigations réalisées.

### 3.2. Documents de référence

Cette étude est menée conformément à la norme AFNOR NF X31-620-2, version révisée de décembre 2021 qui traite des exigences associées aux prestations relatives aux sites et sols pollués. Le détail des prestations élémentaires couvertes par cette norme, ainsi que leur codification sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Prestations globales	Prestations élémentaires	Objectifs
INFOS	A100 – Visite de site	Etablir l'état des lieux d'un site à partir des observations et premières mesures sur le terrain.
	A110 – Etudes historiques, documentaires et mémorielles	Reconstituer l'histoire des pratiques industrielles et artisanales (polluants et zones polluées potentielles).
	A120 – Etude de vulnérabilité des milieux	Identifier les possibilités de transferts des polluants éventuels en fonction des milieux et usages considérés.
	A130 – Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	Elaborer un programme d'investigation sur base du schéma conceptuel issu des prestations A100 à A120.
DIAG	A200 – Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	Procéder aux prélèvements, mesures et observations et/ou analyses sur les milieux.
	A220 – Investigations sur les sédiments	
	A270 – Interprétation des résultats des investigations	Interprétation des résultats des investigations via les prestations A200 à A260

Tableau 1: Codification des prestations élémentaires selon la norme française X-31-620-2, version révisée de décembre 2021

### 3.3. Normes et guides méthodologiques

Les prestations techniques réalisées respectent les normes techniques associées lorsqu'elles existent et notamment :

- Ministère en charge de l'Environnement - Introduction à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (2017) ;
- Ministère en charge de l'Environnement - Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (2017) ;
- Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) Guide méthodologique « Analyse des sols en contexte sites et sols pollués - Synthèse des réunions du groupe de travail Laboratoires ». Rapport final BRGM/RP-64749-FR (2015) ;
- NF ISO 18400-102, Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 102 : Choix et application des techniques d'échantillonnage ;
- NF ISO 18400-203, Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 203 : Investigation des sites potentiellement contaminés ;
- NF ISO 18400-105, Qualité du sol – Échantillonnage – Partie 105 : Emballage, transport, stockage et conservation des échantillons ;

Cette liste n'est pas exhaustive.

### 3.4. Sources documentaires - Sitographie

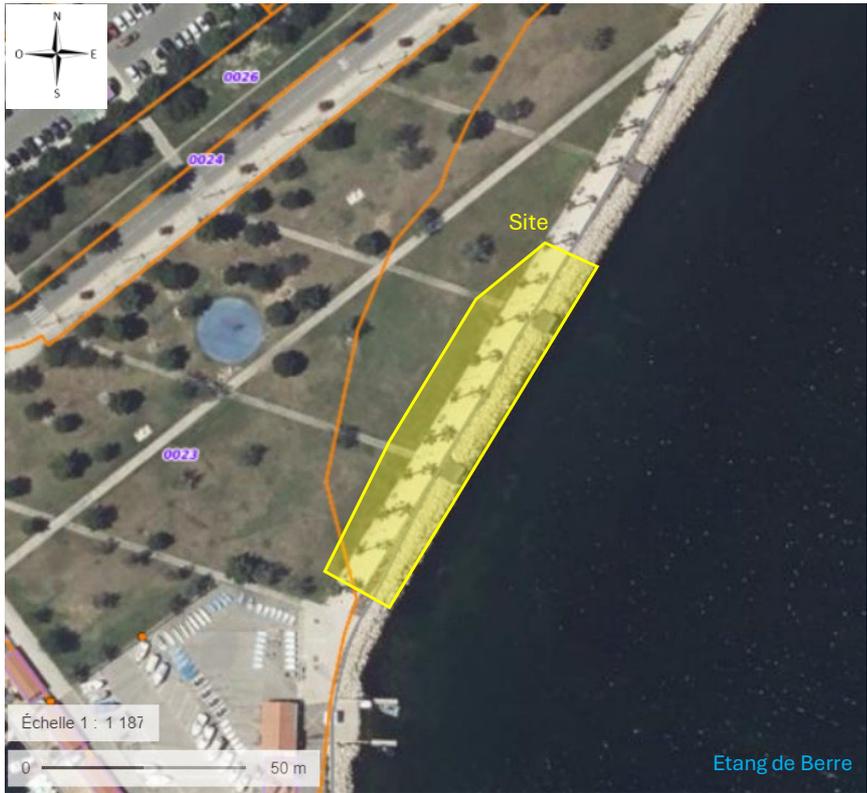
Les sites Internet consultés pour l'étude historique et documentaire, et pour l'étude de vulnérabilité, sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Organisme	Adresse / contact	Date de consultation	Information recherchées / Document
ADES	<a href="http://www.ades.eaufrance.fr/">http://www.ades.eaufrance.fr/</a>	08/03/2024	Usages, piézométrie et qualité des eaux souterraines
ARIA	<a href="http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/">http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/</a>	08/03/2024	Base de données sur les accidents technologiques passés
ARS (AtlaSanté)	<a href="https://carto.atlasante.fr/">https://carto.atlasante.fr/</a>	08/03/2024	Périmètres de protection des eaux souterraines
BNPE	<a href="https://bnpe.eaufrance.fr/">https://bnpe.eaufrance.fr/</a>	08/03/2024	Données sur les prélèvements d'eau
BRGM	<a href="http://infoterre.brgm.fr/">http://infoterre.brgm.fr/</a>	08/03/2024	Données géographiques, géologiques, hydrogéologiques, sites BASIAS et BASOL
DREAL PACA	<a href="https://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/">https://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/</a>	08/03/2024	Données espaces protégés, sites industriels...
Eaufrance	<a href="https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/">https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/</a>	08/03/2024	Données hydrogéologiques
GEORISQUES	<a href="http://www.georisques.gouv.fr/">http://www.georisques.gouv.fr/</a>	08/03/2024	Risques naturels et technologiques, installations classées par la protection de l'environnement (ICPE), sites BASIAS, BASOL et SIS
Géoportail de l'urbanisme	<a href="https://www.geoportail-urbanisme.gouv.fr/">https://www.geoportail-urbanisme.gouv.fr/</a>	08/03/2024	PLU
Gest'eau	<a href="http://www.gesteau.eaufrance.fr/">http://www.gesteau.eaufrance.fr/</a>	08/03/2024	Informations relatives aux SDAGE et SAGE
IGN	<a href="http://www.geoportail.fr">www.geoportail.fr</a>	17/01/2024	Cartes IGN, cadastre, images aériennes historiques, topographie...
Ministère de la Culture	<a href="http://atlas.patrimoines.culture.fr/atlas/trunk/">http://atlas.patrimoines.culture.fr/atlas/trunk/</a>	08/03/2024	Périmètres de protection des monuments historiques
SANDRE	<a href="http://www.sandre.eaufrance.fr/">http://www.sandre.eaufrance.fr/</a>	08/03/2024	Données relatives à l'hydrographie

Tableau 2 : Sites internet consultés

# 4.Mission A100 : Visite de site

## 4.1. Situation générale et description du site

<p style="text-align: center;"><b>Localisation</b></p>	<p>➤ <b>Localisation</b> : Promenade Serge Andréoni, avenue de hydravions, Berre-l'Etang (13 130)</p> <p>➤ <b>Coordonnées géographiques</b> :  X Lamb. 93 = 875 576 et Y Lamb. 93 = 6 266 086  Altitude = 1,45 mNGF</p> <p>➤ <b>Superficie</b> : environ 1 750 m<sup>2</sup></p> <p>➤ <b>Parcelle cadastrale</b> : l'emprise du site d'étude fait partie en quasi-totalité du Domaine Public Maritime (DPM) ; une petite partie à l'extrémité sud-ouest est dans la parcelle 0023 de la section AC.</p>  <p style="text-align: center;">Figure 1 : Informations cadastrales (Géoportail)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Activité</b></p>	<p>Parc citoyen - usages récréatifs</p>
<p style="text-align: center;"><b>Usage envisagé</b></p>	<p>Plage (usage sensible)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Environnement proche</b></p>	<p>Le site est localisé en milieu urbain. L'environnement du site est constitué comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Au nord les terrains sont occupés en proximité immédiate par un parc, puis une esplanade et une école (environ 100 m) qui est un Etablissements Recevant du Public (ERP) sensible ;</li> <li>- A l'ouest, le parc ;</li> <li>- Au sud, le port de plaisance de la commune ;</li> <li>- A l'est : l'étang de Berre.</li> </ul> <p><b>La parcelle d'étude et son environnement proche ont des usages sensibles.</b></p>

Vue / plan



Figure 2 : Vue aérienne du site dans son proche environnement (Google Earth)



Figure 3 : Vue aérienne du site d'étude (Google Earth)

Le site est en zone urbaine (UA) qui concentre le noyau urbain historique de la commune de Berre-l'Etang et les cœurs des hameaux de Mauran et Saint-Estève. Le taux d'occupation du sol est élevé (supérieur à 80%).

### Plan local d'urbanisme

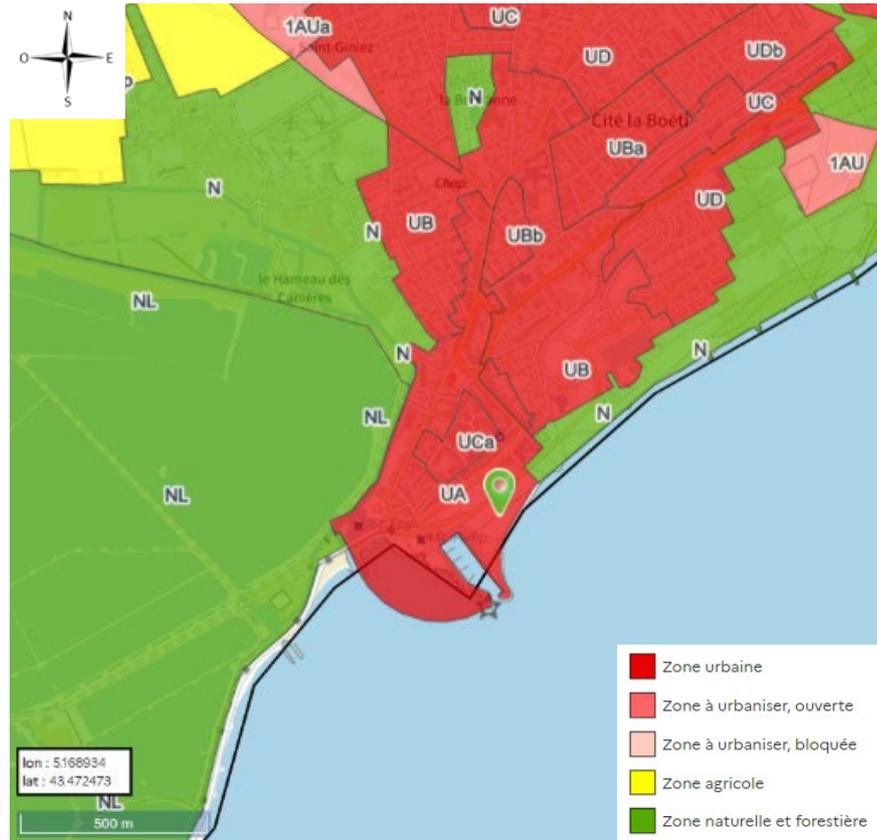


Figure 4 : Extrait du PLU de la commune de Berre-l'Etang (Géoportail de l'Urbanisme)

## 4.2. Date de visite et personnes rencontrées

La visite de site a été réalisée le 22/01/2024 par Nicolas SAILLE (Responsable SSP CISMA Environnement).

Un compte-rendu de la visite de site est disponible en **annexe 1**.

## 4.3. Description de l'activité

Parc urbain. Sur la parcelle étudiée l'activité principale est la promenade.

## 4.4. Situation réglementaire

Sans objet.

## 4.5. Description du site

- Le site n'est pas clos et il est libre d'accès aux promeneurs et aux cyclistes. Il n'est pas accessible aux véhicules non autorisés (présence de barrières et de plots métalliques).
- Il ne possède aucun bâtiment, ni infrastructures.
- Le terrain est enherbé (végétation rase).
- Aucun déchet n'est visible en surface.

- Un chemin stabilisé de promenade longe les berges en enrochement de l'étang de Berre.



Figure 5 : Vue d'ensemble depuis le nord-ouest

## 4.6. Gestion des eaux résiduaires

Sans objet.

## 4.7. Sources d'énergie présentes sur le site

Sans objet.

## 4.8. Stockage de produits et de matériaux

Aucun stockage n'a été observé.

## 4.9. Gestion des déchets

Aucun déchet n'est observable sur le site.

## 4.10. Recommandations de mesures de mise en sécurité

A l'issue de la visite aucune recommandation n'est à formuler.

# 5. Mission A120 : Etude de vulnérabilité des milieux

La vulnérabilité d'un milieu traduit le risque pour celui-ci d'être affecté négativement par toute pollution qui pourraient être émise au niveau du site d'étude.

La sensibilité d'un milieu s'entend par rapport à l'usage de celui-ci par l'homme.

## 5.1. Contexte géographique et topographique

La commune de Berre-l'Étang se situe dans les Bouches-du-Rhône, à l'ouest d'Aix-en-Provence, en bordure est de l'étang de Berre. La partie nord et ouest de la commune se situe dans la plaine alluviale de l'Arc dont l'altitude est comprise entre 25 et 0 mNGF au niveau de l'étang.

La parcelle d'étude est plane. Son altitude est d'ordre de 1,5 mNGF. Elle se situe dans la partie basse de la plaine alluviale de l'Arc. Le profil topographique depuis l'Arc, à environ 4 km au nord, jusqu'au site d'étude indique une pente négative moyenne de 1 %.

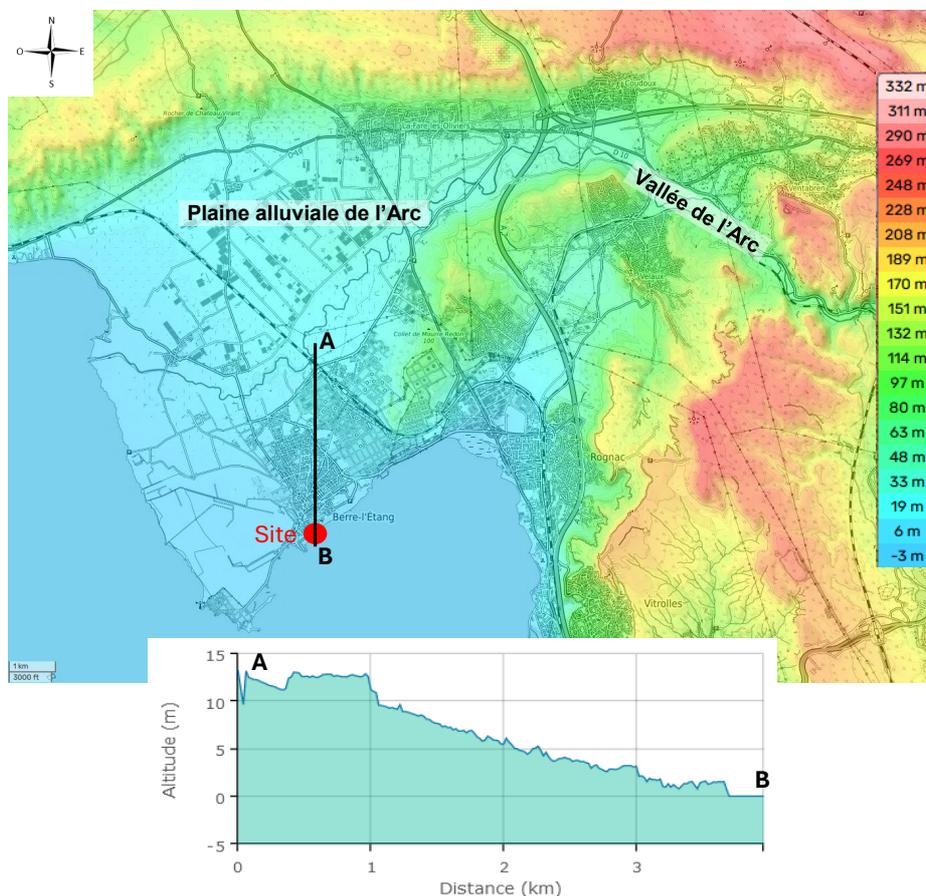


Figure 6 : Topographie du secteur d'étude

## 5.2. Contexte géologique

Un extrait de la carte géologique dans la zone d'étude est proposé page suivante.

Dans le secteur d'étude, on retrouve majoritairement des alluvions fluviales et des dépôts marins, ainsi que des remblais anthropiques (notés X), qui ont permis de gagner de la surface terrestre sur l'étang (voir § 6.3.2).

Au droit du site, la carte géologique de Martigues fait état de la présence de dépôts anthropiques. Il s'agit de morts-terrains (lignite de la Fare, carrières diverses...) ou de remblais à usage de génie civil (autoroutes, piste d'envol de Marignane...). L'épaisseur des remblais n'est pas précisée dans la notice géologique, mais au regard de la topographique du secteur, il est probable que leur épaisseur soit de quelques mètres tout au plus.

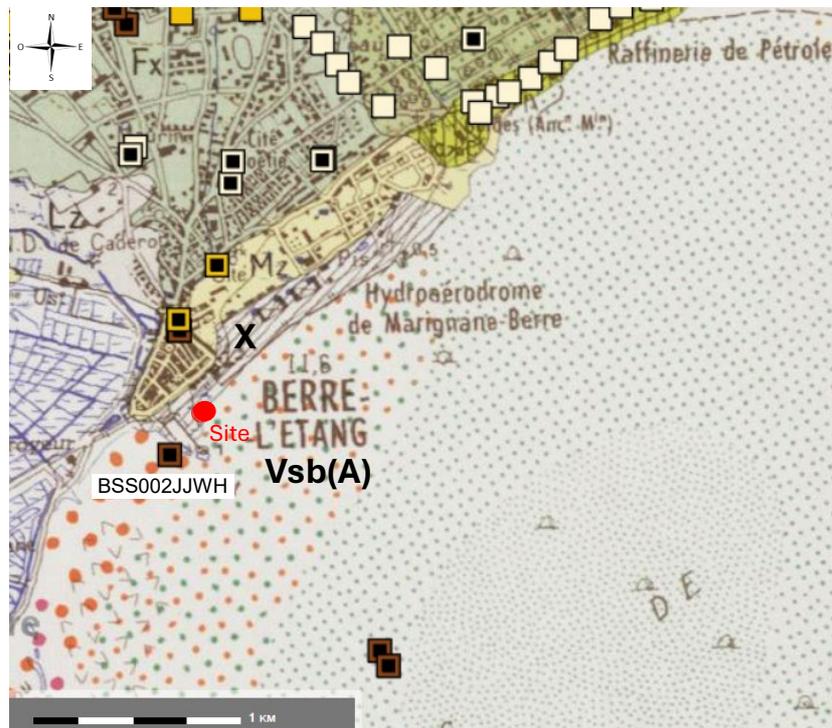


Figure 7 : Extrait de la carte géologique au 1/50 000 de la feuille n° 1020 de Martigues (Infoterre)

La coupe lithologique de l'ouvrage de la BSS BSS002JJWH, localisé à environ 230 m au sud-sud-ouest (voir ci-dessous) suggère que les dépôts anthropiques reposent sur des alluvions du Quaternaire sablo-graveleuses sur environ 6 m, puis plus en profondeur sur un substratum argileux (vases plus ou moins gravo-sableuses de l'étang de Berre ; notées Vsb(A) sur l'extrait de la carte géologique) d'une puissance supérieure à 50 m.

Profondeur	Formation	Lithologie	Lithologie	Stratigraphie	Altitude
			Alluvions: sable et gros galets (dépôts marins)		
5.70			Blocs erratiques dans de l'argile grisâtre (dépôts marins)		-5.10
7.75			Argile verdâtre avec des lits de galets (dépôts marins)		-7.15
8.95			Argile verte avec des plaquettes de calcaire (dépôts marins)		-8.35
18.10			Argile compacte (dépôts marins)	Saalien à Historique	-17.50
20.40			Argile compacte avec des lits de petits galets (dépôts marins)		-19.80
20.90			Argile verdâtre (dépôts marins)		-20.30
21.70			Argile marron avec des veines de sable vert et de galets (dépôts marins)		-21.10
22.80			Argile compacte (dépôts marins)		-22.20
24.85			Argile avec des veines de sable vert (dépôts marins)		-24.25
30.25			Argile maigre, sableuse, feuilletée (dépôts marins)		-29.65
33.75			Argile marron avec des veines de sable vert (dépôts marins)		-33.15
37.15			Argile très sableuse avec des petits galets (dépôts marins)		-36.55
38.95			Argile marron maigre avec du limon, des sables verdâtres et des petits galets (dépôts marins)		-38.35
41.65			Argile sableuse (dépôts marins)	-41.05	
47.25			Argile brune compacte (dépôts marins)	-46.65	
51.35			Argile bigarrée (dépôts marins)	-50.75	

Figure 8 : Coupe du sondage BSS BSS002JJWH (Infoterre)

La lithologie attendue au droit du site se présente comme suit (depuis la surface) :

- 0 – quelques mètres : remblais anthropiques ;
- Quelques mètres – 6 m environ : alluvions sablo-graveleuses ;
- > 6 m : substratum argileux (vases de l'étang de Berre).

Le terrain est considéré comme perméable en surface et peu perméable à partir de 6 m environ.

## 5.3. Contexte hydrogéologique

Une entité hydrogéologique est un nom générique qui représente un regroupement de systèmes aquifères et de domaines hydrogéologiques. 5 grandes catégories d'entités hydrogéologiques ont été identifiées et codifiées dans le cadre des travaux d'évaluation des ressources hydrauliques de la France (ERH) :

- Domaines à grands systèmes aquifères, à nappes essentiellement libres (code 001 à 199) ;
- Domaines à grands systèmes aquifères captifs (code 201 à 299) ;
- Zones alluviales situées dans les domaines sans grand système aquifère individualisé (code 301 à 499) ;
- Domaines sans grand système aquifère individualisé, en terrains sédimentaires (code 501 à 599) ;
- Domaines sans grand système aquifère individualisé, en terrains cristallins (code 601 à 699).

Le site est localisé au droit d'une entité hydrogéologique :

- Niveau 1 : « Formations variées et calcaires fuvéliens et jurassiques du bassin de l'Arc » (FRDG210).

Les caractéristiques principales de cette entité sont décrites dans le tableau ci-dessous.

<b>NIVEAU DE L'ENTITE</b>	1
<b>NOM DE L'ENTITE</b>	Formations variées et calcaires fuvéliens et jurassiques du bassin de l'Arc
<b>CODE SANDRE</b>	FRDG210
<b>CARACTERISTIQUES PRINCIPALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Aquifère d'une superficie de 1 034 km<sup>2</sup>, majoritairement captif. Il s'étend de la commune de Martigues (ouest) jusqu'au nord d'Aix-en-Provence (nord), puis vers Saint-Maximin la Sainte Baume (est) jusqu'à l'Estaque (sud) en passant par l'étang de Berre.</li> <li>→ La lithologie majoritairement calcaire comprend plusieurs unités d'âges jurassiques à quaternaires constituant le bassin de l'Arc.</li> <li>→ Le type d'écoulement est karstique, libres à l'affleurement puis captif sous les formations imperméables, notamment dans la zone d'étude. Son épaisseur varie de 5 à 20 m localement.</li> <li>→ Le réseau hydrographique est relativement développé avec notamment l'Arc qui constitue l'axe drainant principal du bassin de Pourrières à l'étang de Berre (80 km). Globalement l'alimentation est directe, par l'intermédiaire de sources, ou indirecte, par les venues alluviales des principaux cours d'eau du bassin versant.</li> <li>→ Son alimentation se fait principalement grâce à la pluie sur les affleurements calcaires et par les pertes ou drainances sur les rivières et les sources. Aucune recharge artificielle n'est réalisée.</li> <li>→ La nappe représente une ressource économique locale pour l'alimentation en eau potable (usage sensible).</li> <li>→ <b>Au niveau du site d'étude, cet aquifère karstique est sous couverture d'une puissante formation argileuse (&gt; 50 m).</b></li> </ul>
<b>PROFONDEUR ESTIMÉE DU NIVEAU STATIQUE</b>	<p>La piézométrie est difficile à déterminer dans les réservoirs karstiques et fissurés, car les écoulements souterrains sont très hétérogènes.</p> <p>Au niveau du site les eaux souterraines sont probablement celles de l'étang, attendues à environ 1,5 m de profondeur.</p>
<b>SENS D'ÉCOULEMENT</b>	Aucune information pour l'aquifère karstique (voir précédemment).

Tableau 3 : Caractéristiques principales des Formations variées et calcaires fuvéliens et jurassiques du bassin de l'Arc dans la zone d'étude (source : AERMC)

A noter : l'aquifère alluviale de l'Arc n'est pas présent au droit du site d'étude ; selon Infoterre sa limite hydraulique est à 300 m au nord.

**Le site d'étude se trouve au droit d'un aquifère karstique sous couverture. Ainsi la ressource en eau karstique est peu vulnérable.**

## 5.4. Réseau hydrographique

Trois surfaces en eau sont recensées dans la zone d'étude. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Nom	Code hydro	Longueur (km)	Distance/site (m) et direction	
L'étang de Vaïne	06P000000200077301	-	0	S
L'étang de Berre	06P000000200077898	-	0	S
La zone des Salins	-	-	300	O

Tableau 4 : Entités hydrographiques présentes dans un rayon de 1,5 km de la zone d'étude

L'étang de Vaïne est la partie est de l'étang de Berre. Sa vulnérabilité est donc forte en cas de pollution au droit du site.

Les Salins sont considérés comme modérément à peu vulnérables vis-à-vis du site en raison de sa position en latérale hydraulique.

Un plan du réseau hydrographique est figuré ci-après.

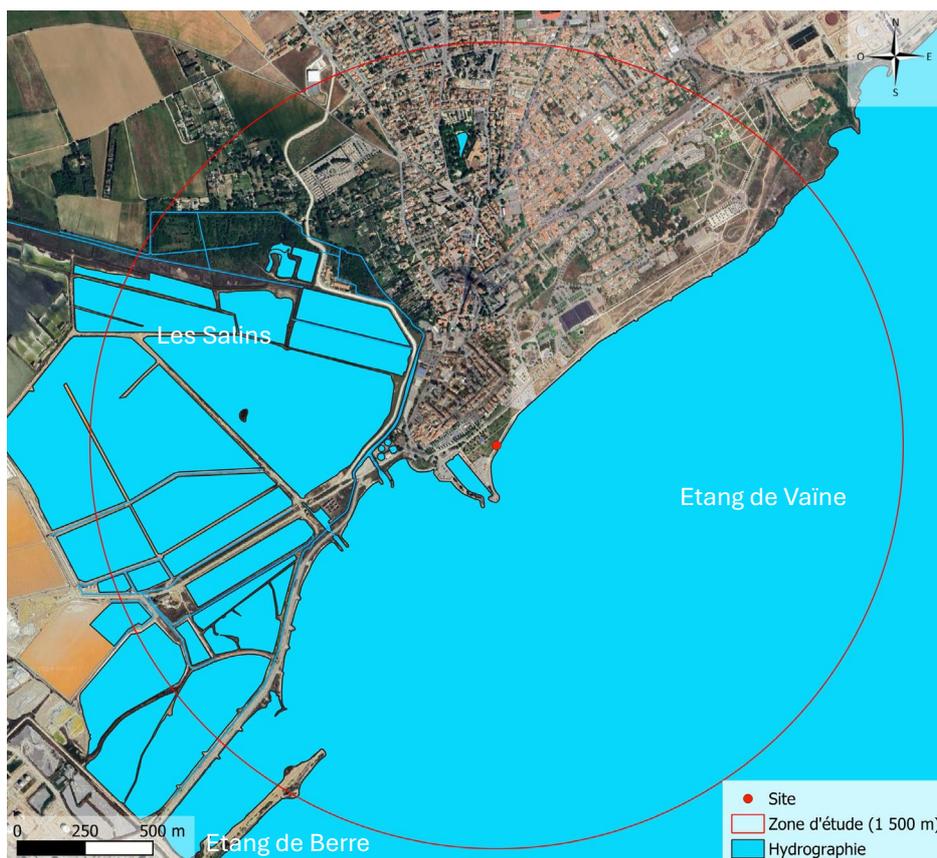


Figure 9 : Réseau hydrographique dans la zone d'étude

**La vulnérabilité de l'étang de Vaïne (partie est de l'étang de Berre) est considérée comme forte en cas de pollution au droit du site.**

**Les salins à environ 300 m en latéral hydraulique sont jugés modérément à peu vulnérables vis-à vis du site.**

## 5.5. Usages des eaux

### 5.5.1. Eaux souterraines

10 ouvrages sont répertoriés dans la BSS du BRGM et dans le portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) dans un rayon de 1,5 km.

Ces ouvrages exploitent la nappe alluviale de l'Arc, absente au droit du site (voir § 5.3). Aucun n'est donc jugé vulnérable.

A noter qu'après consultation de la fiche de l'ouvrage BSS002JJWH au sud-ouest, il ressort qu'il s'agit probablement d'un sondage (datant de 1930) vraisemblablement remblayé, et non d'un ouvrage exploitant les eaux souterraines.

Une carte de localisation des ouvrages est figurée ci-dessous.



Figure 10 : Localisation des ouvrages exploitant la nappe dans la zone d'étude (Infoterre, ADES, BSS)

Tous les ouvrages répertoriés exploitent la nappe alluviale. Aucun n'est donc jugé vulnérable.

### 5.5.2. Les eaux superficielles

Un seul ouvrage est répertorié dans la BNPE pour un usage industriel des eaux de surface (sur le site de la raffinerie) localisé en amont hydraulique du site. Cette prise d'eau n'est pas vulnérable.

Concernant les usages, une activité de pêche professionnelle est avérée sur de l'étang (usage sensible) ainsi que des activités récréatives. Une activité de baignade (usage sensible) est envisagée dans le cadre du projet de création de la plage.



Figure 11 : Prélèvements des eaux de surface dans la zone d'étude (BNPE)

Seul un usage industriel (peu sensible) des eaux de surface est identifiée en amont hydraulique du site. Des usages sensibles des eaux de l'étang (pêche professionnelle et usages récréatifs) sont avérés.

## 5.6. SDAGE et SAGE

Institué par les articles L.212-1 et L.212-2 du Code de l'Environnement, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) est mis en place par la Loi sur l'Eau du 3 janvier 1992. Il a pour objectif de définir une gestion équilibrée de la ressource en eau sur l'ensemble d'un bassin versant. Il s'agit d'un document de planification avec une certaine portée juridique.

Les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) déclinent localement les politiques de gestion des ressources en eau du SDAGE.

La commune de Berre-l'Étang fait partie du SDAGE Rhône Méditerranée Corse 2022-2027. L'emprise du site n'entre pas dans le périmètre d'action d'un SAGE.

## 5.7. Espaces Naturels Protégés

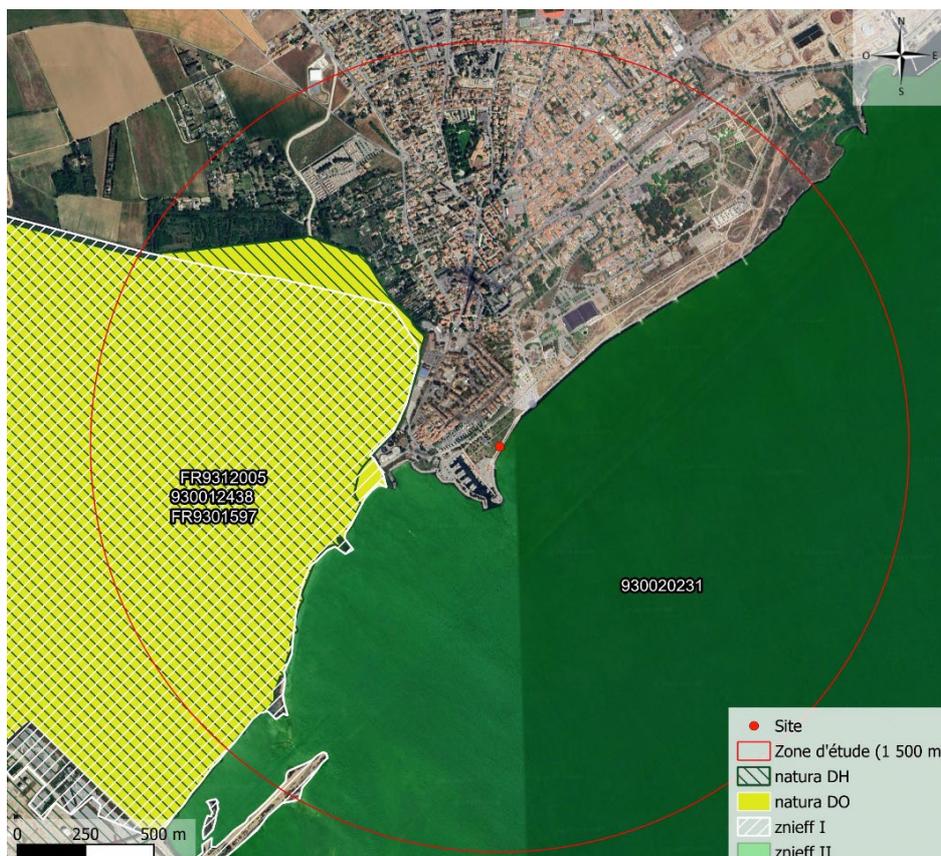
La liste des Espaces Naturels Protégés (ENP) dans un rayon de 1,5 km du site est présentée dans le tableau ci-après.

Type d'ENP	N° de Référence	Nom usuel	Distance/site (m) et direction	
ZNIEFF II	930020231	Etang de Berre Etang de Vaine	0	SE
ZNIEFF I	930012438	Salins de Berre	370	NO
Natura 2000 DO	FR9312005	Salines de l'Étang de Berre	370	NO
Natura 2000 DH	FR9301597	Marais et zones humides liés à l'étang de Berre	370	NO

Tableau 5 : Liste des ENP dans un rayon de 1,5 km du site d'étude (DREAL PACA)

4 ENP (2 ZNIEFF (I et II) et 2 sites Natura 2000) sont répertoriés dans la zone d'étude. Ces 4 ENP sont localisées à proximité (< 500 m) du site. Toutefois, seule la ZNIEFF II « étang de Berre et étang de Vaïne » (930020231) est localisée en aval hydraulique. Cette dernière est ainsi considérée comme vulnérable.

Une carte des ENP est disponible ci-après.



L'étang de Vaïne est classé en ENP (ZNIEFF) ; sa vulnérabilité est forte.

Les salins sont également classés en ENP ; ils sont modérément à faiblement vulnérables.

## 5.8. Risques répertoriés sur le territoire

Les risques majeurs recensés sur la commune sont :

- Inondation ;
- Risques côtiers (submersion marine, tsunami) ;
- Mouvement de terrain ;
- Séisme (modéré) ;
- Retrait gonflement des argiles ;
- Feux de forêts ;
- Radon ;
- Canalisation de transport de matières dangereuses ;
- Rupture de barrage ;
- Risque minier.

La commune de Berre-l'Etang fait partie d'un Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) et est soumise à un Plan de Prévention des Risques Inondations (PPRI) approuvé le 22/05/2022.

Elle est également concernée par un Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) prescrit le 01/08/2013.

Le site est cependant hors zones de prescription du PPRI et du PPRT.

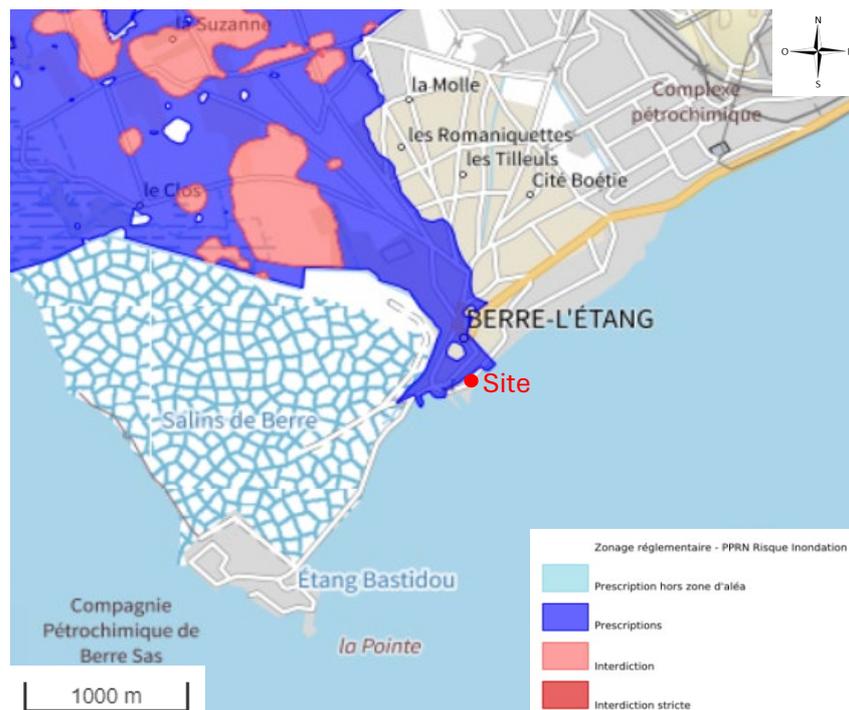


Figure 13 : localisation des zonages de prescription du PPRI (Géorisques)

## 5.9. Synthèse de l'étude de vulnérabilité

**Environnement proche :** Le site se trouve en milieu urbain au sein d'un parc public en bordure de l'étang de Berre. L'environnement proche est jugé sensible.

**Géologie :** Le terrain attendu est constitué des remblais anthropiques en tête sur quelques mètres d'épaisseur, surmontant des alluvions sablo-graveleuses jusqu'à 6 m de profondeur environ. Plus en profondeur le terrain devient argileux (vases de Berre) sur une puissance d'au moins 50 m. Le terrain superficiel est considéré comme perméable.

**Hydrogéologie :** Le site est au droit d'un aquifère karstique sous couverture argileuse, qui est donc peu vulnérable. Les eaux souterraines au niveau de la parcelle d'étude sont celles de l'étang, attendues à environ 1,5 m.

**Hydrologie :** L'étang de Vaïne (partie est de l'étang de Berre) est considéré comme très vulnérable en cas de pollution au droit du site.

**Usages des eaux :** Aucun ouvrage exploitant les eaux souterraines n'est vulnérable. Des usages sensibles des eaux de l'étang sont avérées (pêche professionnelle et usages récréatifs).

**Espaces naturels protégés :** L'étang de Vaïne et les salins sont classés en ENP ; ils sont respectivement très vulnérables et modérément à peu vulnérables.

**Risques :** Le site est hors zones de prescription du PPRI et du PPRT.

# 6.Mission A110 : Etude historique et documentaire

## 6.1. Passif environnemental de l'étang de Berre

Avec le développement économique, industriel et urbain de ses rives au cours du XXe siècle et spécialement depuis la seconde guerre mondiale, l'étang de Berre a fait l'objet de nombreuses pollutions qui ont affecté à la fois son état écologique et les activités susceptibles d'y être pratiquées.

Une première phase de pollution a été principalement d'origine industrielle et urbaine. Le développement industriel a débuté dans le début des années 1930 par l'industrie pétrochimique, et s'est intensifié et diversifié dans les années 1960. La littérature disponible montre que sur cette période l'étang a été largement affecté par des pollutions accidentelles ou chroniques. En effet, les industries présentes sur le pourtour de l'étang (notamment pétrochimiques) y trouvaient un exutoire pour leurs rejets polluants. Les systèmes d'épuration collective des villes en plein développement sur le pourtour de l'étang, rejetaient également des nutriments (azote et phosphore notamment) en quantité très importante, faute d'équipement de traitement approprié. En conséquence, en 1957, la pêche est interdite dans l'étang de Berre, en contrepartie d'un dédommagement financier des pêcheurs par les compagnies pétrolières.

Les actions de régulation des rejets entamées dans les années 1970 ont permis de réduire progressivement les apports de polluants dans l'étang. Cette pollution historique a aujourd'hui complètement cessé mais elle est toujours identifiable dans les sédiments qui tapissent le fond de l'étang de Berre. Ces derniers sont toutefois recouverts par les dépôts de vase plus récents et issus notamment des limons apportés par les rejets de l'usine hydroélectrique de Saint-Chamas. Néanmoins, cette pollution ayant cessé il y a de nombreuses années, la qualité sanitaire des eaux n'est plus en cause. Ainsi, l'étang a été rouvert à la baignade en 2004, après évaluation de la qualité sanitaire de ses eaux.

En ce qui concerne l'étang de Vaine spécifiquement, la pression industrielle y a été plus importante que sur les autres secteurs de l'étang de Berre comme le montre la cartographie ci-dessous :

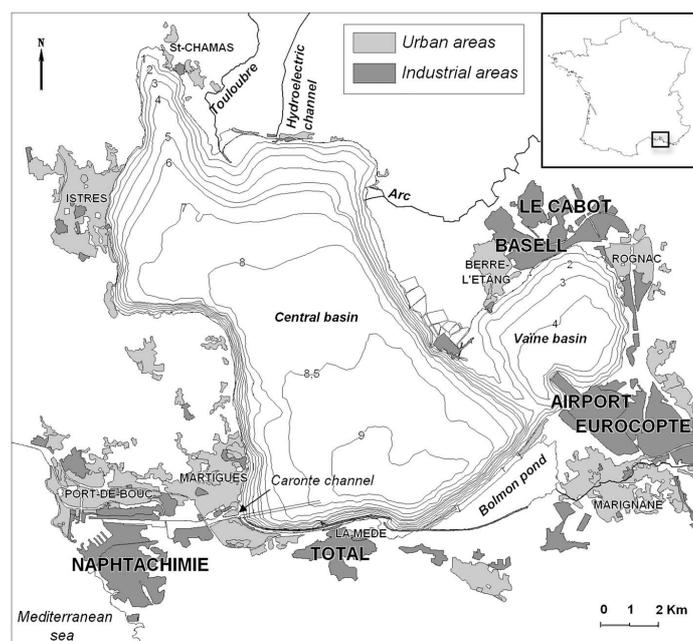


Figure 14 : Localisation des principaux sites industriels sur le pourtour de l'étang de Berre<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Source : S. Rigaud et al. / Journal of Environmental Management 92 (2011) 2201-2210

Plusieurs études ont été menées depuis les années 1970 sur la qualité des sédiments. Une étude de 2010 (Rigaud et al.) établit l'évolution des teneurs en certains polluants organiques (hydrocarbures totaux et PCB) et inorganiques (Hg, Pb, Cu, Cr and Zn), dans les sédiments de surface de l'étang entre 1964 et 2006. 3 zones ont été considérées : l'étang central nord, l'étang central sud et l'étang de Vaïne. Sans entrer dans les détails de l'étude, il est possible de constater (i) que les sédiments de l'étang de Vaïne sont significativement plus impactés que les autres secteurs considérés, (ii) que les concentrations sont décroissantes depuis 1976 (baisse de 80 à 90% pour les polluants organiques et environ 60 % pour les métaux), et (iii) que les dépôts sédimentaires très importants liés à l'usine hydroélectrique de Saint-Chamas (depuis 1966) ont entraînés une dilution de la pollution et finalement sa couverture progressive. Une étude menée par EDF en 1992 sur l'évolution du dépôt sédimentaire dans l'étang de Berre de 1966 à 1992<sup>2</sup> estime à 10 cm d'apport de sédiments au droit de l'étang de Vaïne.

**Au regard des éléments évoqués ci-dessus, il convient de retenir que les activités industrielles et urbaines historiques du pourtour de l'étang de Berre, et plus particulièrement sur le secteur de l'étang de Vaïne, ont engendré un passif environnemental qui est aujourd'hui encore décelable dans les sédiments. Sur le secteur de l'étang de Vaïne les polluants principalement mis en évidence sont les métaux (Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Co, As) et certains polluants organiques (HAP, HCT, PCB). Au fil du temps les sédiments contaminés ont été couverts par des épaisseurs plus ou moins importantes de sédiments rapportés majoritairement par l'usine hydroélectrique de Saint-Chamas.**

## 6.2. Sites potentiellement pollués

L'établissement de l'environnement industriel du site d'étude se base sur la consultation du site GEORIQUES qui regroupe les bases de données suivantes :

- **Ex-BASOL** : répertorie les sites présentant une pollution suspectée ou avérée.
- **CASIAS (Carte des Anciens Sites Industriels et Activités de Services)** : recense les anciennes activités susceptibles d'être à l'origine d'une pollution des sols, Il peut s'agir d'anciennes activités industrielles (industries lourdes, manufacturières, etc,) ou encore d'anciennes activités de services potentiellement polluantes (ex, blanchisseries, stations-services et garages, etc,).
- **La base de données de la DREAL** : recense les ICPE soumises à autorisation ou à enregistrement, en construction, en fonctionnement ou en cessation d'activité, Les ICPE soumises à déclaration, présentant à priori le moins de risque pour l'environnement, ne sont pas prises en compte.
- **La base de données SIS (Secteurs d'Informations des Sols)** : recense les terrains où l'Etat à une connaissance d'une pollution des sols justifiant la réalisation d'études de sols et la mise en place de mesures de gestion de la pollution pour préserver la santé et l'environnement.

**Le site d'étude ne figure pas les bases de données ex-BASOL ou CASIAS et n'est pas classé en dans un SIS.**

Le passif industriel du secteur d'étude est relativement important. Dans un rayon de 3 km et en amont hydraulique, on compte une trentaine de sites classés dans CASIAS (potentiellement pollués), et 2 sites classés dans ex-BASOL (sites pollués).

Les établissements CASIAS sont plutôt des sites de petites tailles, en lien avec des activités de services (ex. station-service...) ; la plupart ne sont plus en activité actuellement. Dans l'éventualité d'un impact celui-ci serait probablement d'extension limitée.

---

<sup>2</sup> « Evolution du dépôt sédimentaire dans l'étang de Berre depuis 1966 » Salençon (1), Reys (2) et Gos (1) – (1) EDF recherche & développement – Laboratoire national d'hydraulique et environnement, Chatou ; (2) Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, (CEA-CNRS – UMR 1572), domaine du CNRS 91 198 Gif-sur-Yvette, France

Les 2 sites ex-BASOL (SSP000908801 et SSP000909101) sont quant à eux des sites industriels importants. Ils sont actuellement exploités par la Compagnie Pétrochimique de Berre (CPB), qui est classée ICPE Seveso seuil haut. Les fiches ex-BASOL (voir **annexe 2**) datant de 2013 rapportent des impacts avérés des sols et des eaux souterraines par des HCT, notamment, mais qui ont fait l'objet de travaux des réhabilitations (sols et eaux souterraines). La surveillance du sous-sol sur l'ensemble du site est encadrée par les AP du 6/07/2005 (raffinerie), du 25/06/2008 (unité chimique B), et du 29/01/2002 (unité chimique A). En février 2010, l'exploitant a proposé une densification du réseau de piézomètres pour compléter le suivi du sous-sol, qui porte le nombre de piézomètres sur le site à 101. Par ailleurs, La consultation du rapport d'inspection DREAL du 15 septembre 2022 (en **annexe 3**) fait état de la cessation de l'activité de la raffinerie en 2018. A la date de l'inspection, la mise en sécurité et le démantèlement des installations de la raffinerie étaient en cours.

Plusieurs ICPE, dont la plus proche et celle de la CPB (voir précédemment), sont également répertoriés dans la zone d'étude.

Une carte des sites CASIAS et ex-BASOL, ainsi qu'une carte des sites ICPE sont proposées ci-après.

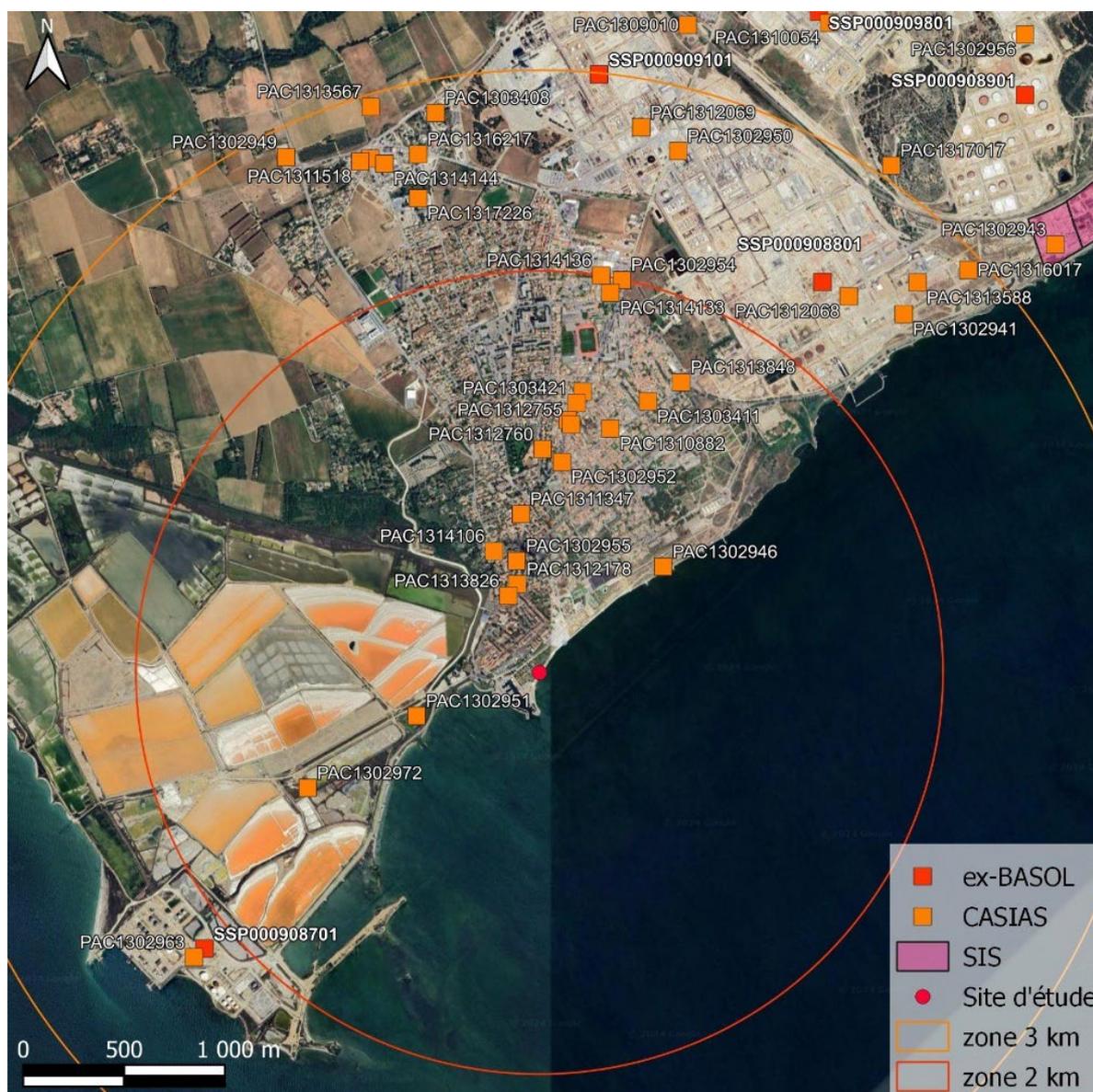


Figure 15 : Localisation des sites potentiellement pollués et pollués (Géorisques)



Figure 16 : Localisation des ICPE dans la zone d'étude (GEORISQUES)

Comme évoqué au § 6.1 les bases de données relatives aux sites et sols (potentiellement) pollués confirment l'intense activité industrielle historique et le passif environnemental important de certains sites, non loin de la zone d'étude. Un impact notable direct de ces sites sur les sols ou les eaux souterraine de la parcelle d'étude est peu probable. Toutefois et comme évoqué au § 6.1 ces sites ont eu une incidence notable sur la qualité des sédiments de l'étang de Berre. Considérant que la parcelle étudiée est une zone gagnée sur l'étang par remblaiement (cf. § 6.3.2) une incidence indirecte de ces pollutions sur le site étudié reste possible.

## 6.3. Evolution historique de la zone d'étude

L'historique de la zone d'étude a été reconstituée à partir de l'analyse des photographies aériennes issues de la base de données de l'IGN. Les paragraphes suivants décrivent les évolutions majeures du site et de son proche environnement. Quelques cartes postales de l'époque ont également été utilisées.

### 6.3.1. De 1926 à 1944

Les premières images aériennes disponibles datent des années 1920. Elles montrent un territoire composé de friches industrielles à l'est du site (ancien dépôt pétrolier ?), d'habitations au nord du site et d'une plage au droit du site, comme la montre d'anciennes cartes postales.

Le centre d'aviation maritime, à l'ouest, a été construit dans les années 30.

Aucune modification de la parcelle n'est observée jusqu'au milieu des années 40.

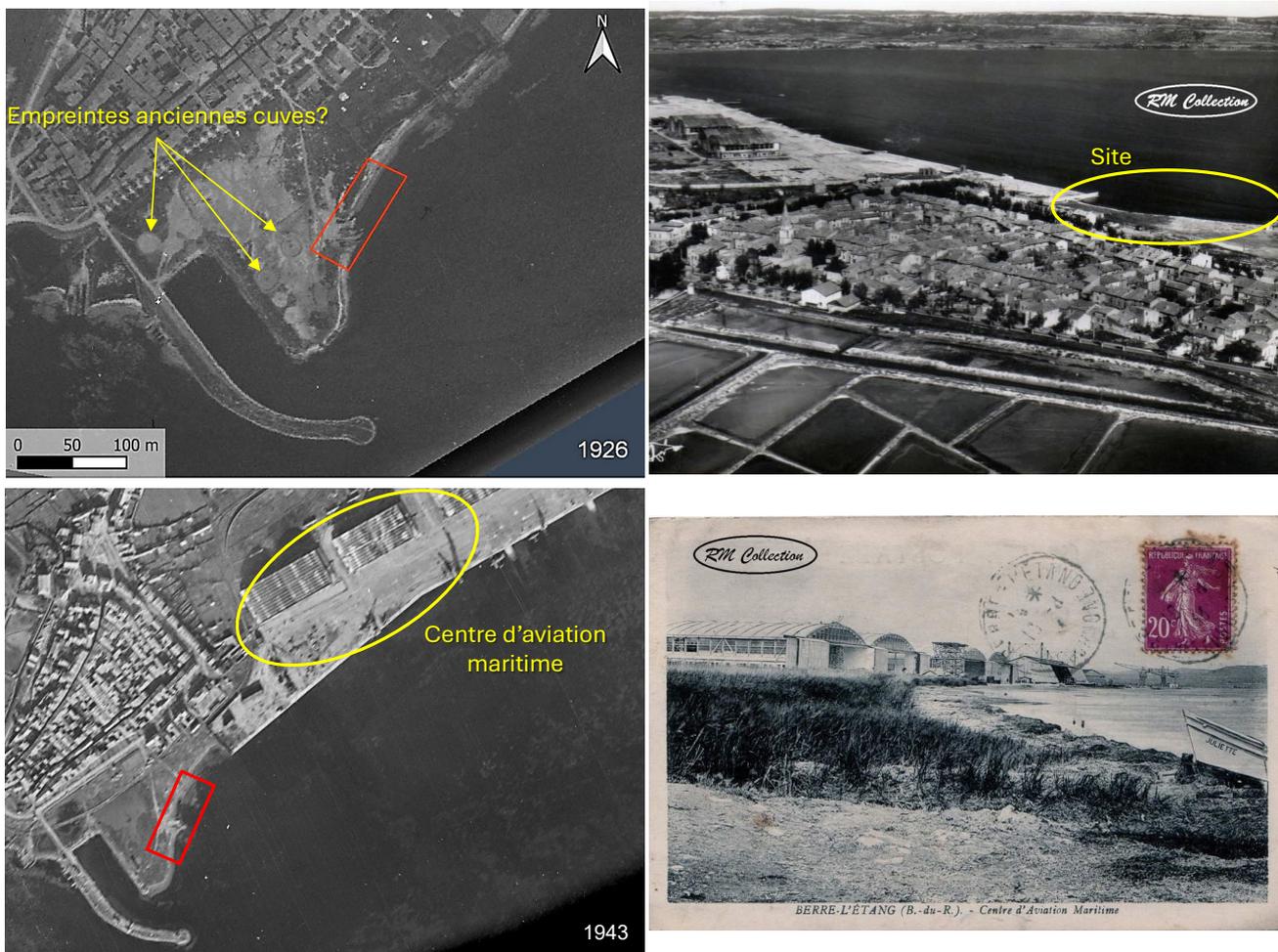


Figure 17 : Le site d'étude et son proche environnement entre 1926 et 1943

### 6.3.2. De 1944 à 1984

Le milieu des années 40 marquent le début d'une succession d'aménagements et de travaux sur la parcelle d'étude jusqu'au milieu des années 80. Ces travaux correspondent au reprofilage des berges de l'étang par décaissements tout d'abord (1944), puis par remblaiements (1967, 1968, 1972 et 1982) ; voir figure page suivante.

On y observe également la mise en place d'un bâtiment en limite sud-est du site en 1950, finalement démoli en 1982 et la mise en place d'une petite darse en 1950.

Enfin, en 1984, la parcelle est remblayée une dernière fois.

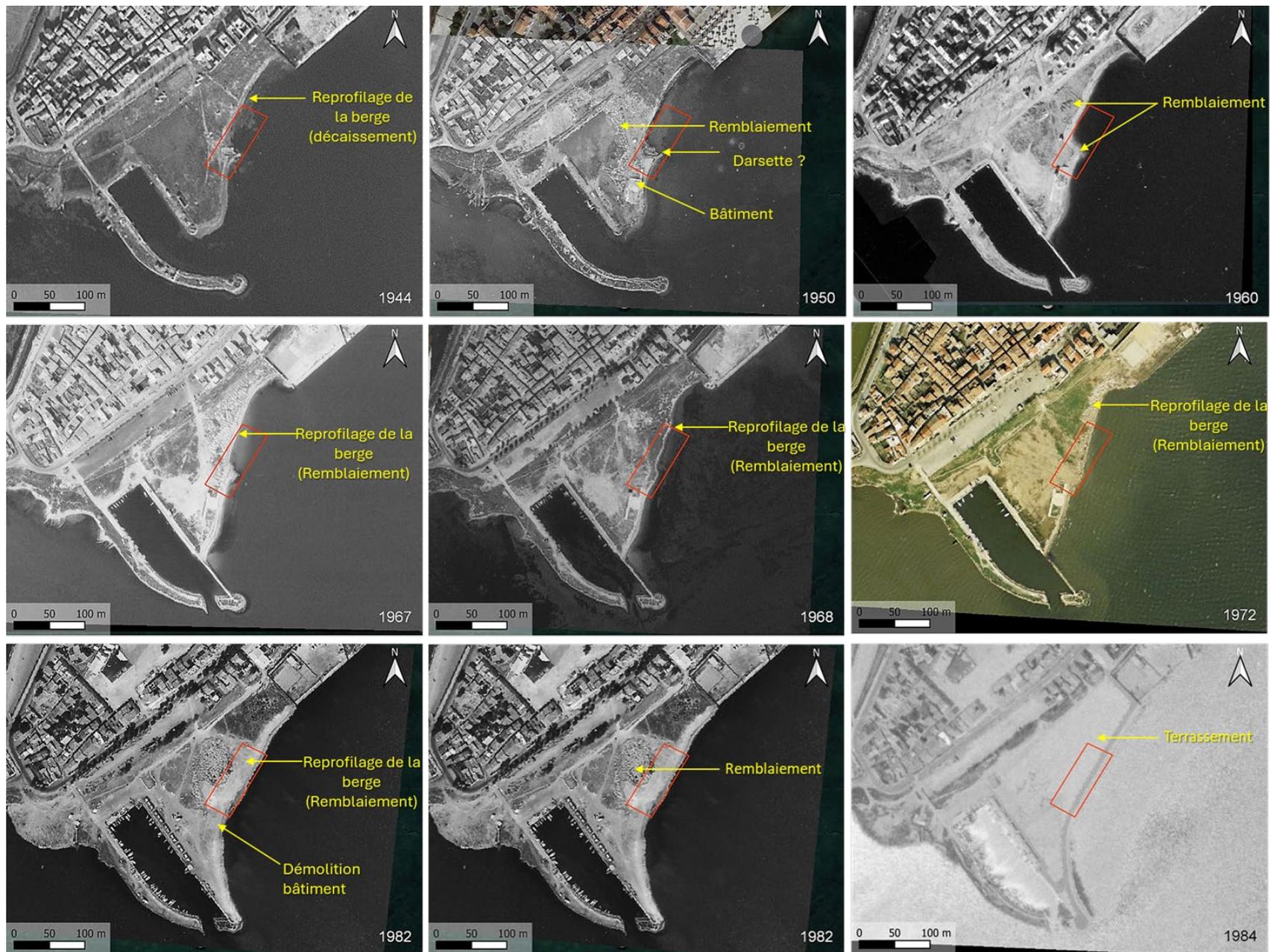


Figure 18 : Evolution du site d'étude entre 1944 et 1984

### 6.3.3. De 1985 à 2007

Sur cette période aucun changement n'est observé. On observe toutefois des dépôts ou aménagements ponctuels (voir image de 1998).

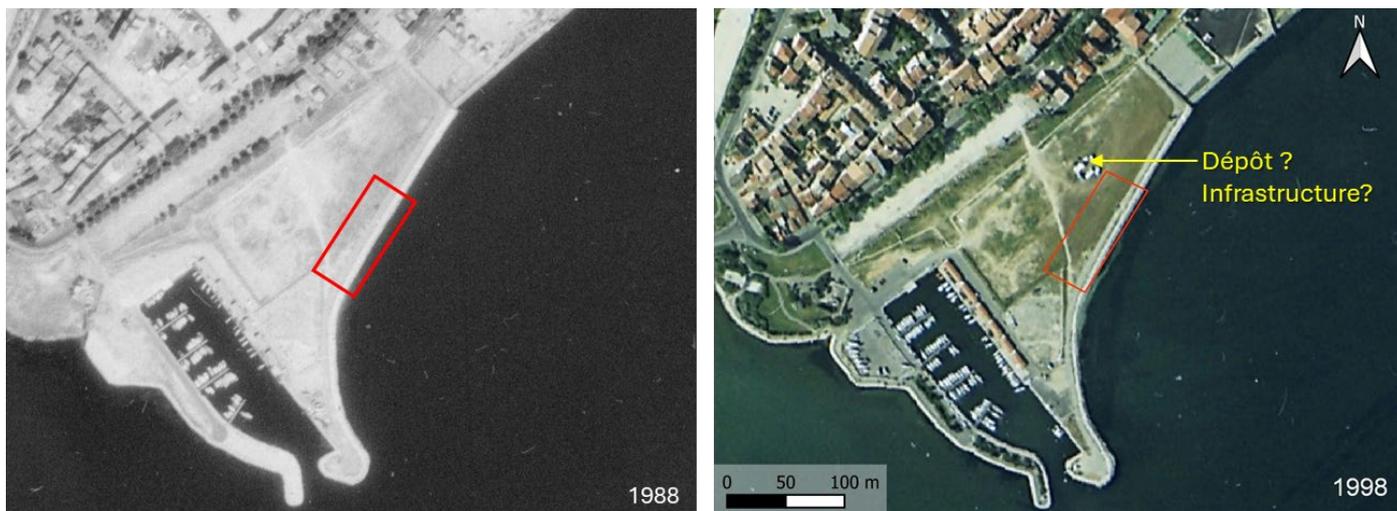


Figure 19 : Le site d'étude et son proche environnement en 1988 et 1998

### 6.3.4. De 2008 à aujourd'hui

Le parc et les enrochements de la berge, sont mis en place en 2008. Depuis, le site n'a pas connu d'évolution notable.



Figure 20 : Le site d'étude et son proche environnement entre 2008 et 2024

## 6.4. Incidents antérieurs

La base de données ARIA a été consultée afin d'obtenir des informations à propos d'éventuels incidents industriels importants sur ou à proximité du site d'étude.

Environ 50 incidents sont répertoriés sur la commune de Berre-l'Etang depuis 1989.

Ils concernent pour 50% des pollutions de l'étang de Berre (hydrocarbures etc.) et pour 50% des incidents survenus sur le site de la raffinerie de Berre (incendies, fuites, ruptures de cuves de produits chimiques divers).

## 6.5. Synthèse de l'étude historique et mémorielle

L'étude historique et mémorielle montre que si le site n'est pas référencé dans les inventaires sur les sites potentiellement pollués, il relève toutefois de la méthodologie nationale s'y afférant du fait (i) du passif industriel potentiel ou avéré de certains sites voisins (base d'hydravions, pétrochimie...) et (ii) du fait qu'il s'agit d'une zone gagnée sur l'étang par des remblaiement avec des matériaux dont l'origine n'est pas connue.

Deux sources de pollutions potentielles sont donc retenues. En premier lieu, il s'agit des remblais utilisés pour exonder les terrains et en second lieu, les sédiments sous-jacents potentiellement impactés par les activités industrielles voisines. Les polluants plus particulièrement suspectés sont les éléments en traces métalliques, les hydrocarbures et les HAP.

# 7. Mission A130 : élaboration du programme prévisionnel d'investigations

Conformément à la méthodologie nationale sur les sites et sols pollués, le programme prévisionnel d'investigations est basé sur le schéma conceptuel découlant des prestations A100 à A120. Ce schéma conceptuel que nous qualifierons de « préliminaire » est élaboré sur la base des sources de pollutions potentielles mise en évidence à ce stade de l'étude et non sur des constats de pollutions. Le schéma conceptuel est ensuite mis à jour au grès de informations acquises lors de l'étude et plus particulièrement la caractérisation des milieux.

## 7.1. Schéma conceptuel préliminaire

### 7.1.1. Notion de risque sanitaire

La notion de risque suppose l'existence conjointe :

- ➔ D'une source de pollution ;
- ➔ D'un vecteur de transfert capable de mettre en relation la source et la cible. Le transfert peut être direct ou se faire via des mécanismes successifs transportant les polluants d'un milieu à un autre ;
- ➔ D'une cible pouvant ressentir les effets toxiques, nocifs ou physiques des contaminants identifiés.

En l'absence de l'un de ces trois éléments, il n'y a pas de risque de contamination.

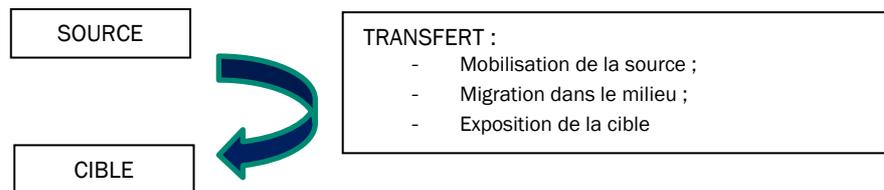


Figure 21 : Notion de risque « source – vecteur – cible »

L'appréciation du niveau de risque sanitaire dans le présent rapport est définie de la façon suivante :

Niveau de risque sanitaire	Définition
Négligeable/Inexistant	Pas de risque considéré en l'état actuel des connaissances
Limité	Risque faible ; les données collectées à ce stade, associées aux usages sur site et hors site considérés, n'impliquent pas la réalisation d'investigations supplémentaires
Potentiel	Les données collectées à ce stade ne peuvent exclure l'existence d'une voie de transfert ou d'exposition, et des investigations supplémentaires sont conseillées
Existant	Risque effectif, des investigations complémentaires ou des mesures de gestion doivent être envisagées

Tableau 6 : Niveau d'appréciation du risque sanitaire

### 7.1.2. Usage considéré – Projet de création de plage

L'usage retenu pour l'analyse des risques sanitaires est celui de l'usage futur à savoir l'aménagement d'une plage.

A ce stade du projet, le futur profil de la plage n'est pas encore arrêté. La solution la plus probable consistera à rechercher le profil d'origine de la berge tel que visible sur les photographies du début du

siècle dernier (cf. § 6.3.1). Ce profil de plage nécessiterait de procéder au retrait des enrochement et au terrassement de tout ou partie des remblais utilisés pour exonder les terrains. Enfin, il sera probablement nécessaire de procéder à un apport de sables pour finaliser l'ouvrage.

Considérant que la plage est destinée à accueillir du public (adultes et enfants) l'usage et considéré comme sensible.

### 7.1.3. Cibles

Les cibles considérées sur et hors site sont les usagers de la future plage (adultes et enfants).

Hors site sont également considérées les activités récréatives sur l'étang (pêche, activités nautiques) et les activités de pêche professionnelle.

### 7.1.4. Sources potentielles de pollution

Les SPP identifiés à ce stade sont les suivantes :

- Les remblais anthropiques ;
- Les sédiments de l'étang de Berre sous les remblais.

### 7.1.5. Polluants potentiels

Sur base de notre retour d'expérience et de l'étude historique, la recherche des polluants suivants est privilégiée :

- Tous les hydrocarbures ou huiles minérales ;
- Les hydrocarbures aromatiques monocycliques (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, ...) ;
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- Les éléments en traces métalliques (ou métaux lourds). Le plus couramment recherchés sont l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le nickel, le plomb, le mercure, et le zinc ;
- Les composés organiques halogénés volatils (COHV) ;
- Les polychlorobiphényle (PCB).

Dans l'éventualité d'un décaissement superficiel du terrain et de la gestion des déblais hors site, l'ensemble des analyses sur matrice brute et sur éluât de l'arrêté du 12/12/2014, relatif aux à l'acceptation en Installation de Stockage des Déchets Inertes (ISDI), est également prévu.

Le comportement de ces polluants dans l'environnement est décrit dans le tableau ci-après :

Substances	Origine	Solubilité / mobilité	Volatilité	Biodégradation
Hydrocarbures ou huiles minérales	Différents produits pétroliers (pétrole brut, essences, fuel, huiles et...) Contient essentiellement des hydrocarbures aliphatiques en mélange avec des aromatiques monocycliques et polycycliques (voir ci-après)	Solubilité variable mais jamais élevée (3 mg/L pour les C5-C7 chutant à 0,007 pour les C12).  Densité variable et majoritairement inférieure à 1 → s'accumulent à la surface de l'eau	C5 à C12 Volatils C12 à C26 Volatils ou semi-volatils > C26 Peu à non volatils	C5 à C16 biodégradable  C16 à C40 biodégradable difficilement
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (CAV ou BTEX)	Dérivés pétroliers, industrie chimique de synthèse, industrie mécanique, traitement de surface, plasturgie, carbochimie et cokéfaction.	Solubilité variable mais jamais élevée  (ex : Benzène 1,8g/L)  Densité inférieure à 1 → s'accumulent à la surface de l'eau	Volatils	Facilement biodégradable
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	Proviennent de : La combustion de matières organiques (moteurs, chauffage...). L'industrie (cokéfaction, pétrochimie, raffinage)	Faible (1 à 30 mg/L)  Densité supérieure à 1 → s'accumulent en profondeur dans la nappe	Faiblement volatil. Volatil pour le naphtalène	Biodégradable en milieu aérobie

Les composés organiques halogénés volatils (COHV)	Utilisation courante comme solvant, dégraissant... Plasturgie, imprimerie, nettoyage, industrie pharmaceutique...	Faible  Densité supérieure à 1 → s'accroissent en fond de nappe	Volatils	Biodégradable. Forte toxicité de certains produits de dégradation
Métaux	Origine naturelle Activités humaines (agriculture, métallurgie, déchets ...)	Variable en fonction de la chimie de la phase aqueuse et de la spéciation de certains éléments.	Seul le mercure sous sa forme élémentaire est volatil.	Non biodégradable
PCB	Composés de synthèse utilisés dans l'industrie comme fluide caloporteur, pour l'isolation électrique et le refroidissement des transformateurs...	Non soluble mais forte capacité à se fixer sur les particules en suspension  Peu ou pas mobiles (forte adsorption dans les sols)	Semi-volatils à très faiblement volatils pour les PCB présentant un degré de chloration important	Biodégradable à non biodégradable pour les PCB présentant un degré de chloration important

Tableau 7 : Caractéristiques et comportements des principaux polluants recherchés

Les substances mentionnées ci-dessus ne seront pas recherchées systématiquement, mais en fonction de la matrice selon le tableau ci-dessous. A noter que pour les sédiments, des composés de la famille des organoétains, qui sont utilisés dans les peintures pour bateaux, seront également recherchés.

Substance / paramètre	Sol (remblais)	Sédiments
8 métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)	X	X
HCT C10-C40	X	X
HAP	X	X
BTEX	X	
PCB	X	X
COHV	X	
Organoétains		X
Pack ISDI *	X	

\* Ensembles des paramètres sur brut et éluât de l'arrêté 12/12/2014

Tableau 8 : Substances recherchées dans les sols et les sédiments

## 7.1.6. Voies de transfert

L'examen des voies de transfert, réalisé à partir de l'étude de vulnérabilité et du projet d'aménagement, est présenté ci-dessous.

Voie de transfert	Statut		Motif
	Sur site	Hors site	
Envol de poussières Ingestion de sol	Retenue	Retenue	Bien qu'un apport de sable soit sans doute nécessaire pour habiller tout ou partie de la plage, à ce stade la couverture de la totalité de la zone d'étude n'est pas actée.
Air du sol → Air extérieur	Retenue	Retenue	En cas de présence de polluants volatils dans les remblais
Air du sol → Air intérieur	Non Retenue	Non Retenue	Voies de transfert non retenue, aucun bâtiment n'est prévu.
Eaux de ruissellement	Retenue	Retenue	Les travaux de terrassement sont susceptibles de favoriser la mobilisation de polluants via les eaux de ruissellement (découvert des remblais, modification de la topographie...).
Sol vers nappe	Non Retenue	Non Retenue	Aucune nappe vulnérable n'est identifiée au droit du site.
Nappe vers eau de surface	Non Retenue	Non Retenue	Aucune nappe vulnérable n'est identifiée au droit du site.
Perméation canalisation AEP	Non retenue	Non retenue	Voie de transfert non retenue.

Tableau 9 : Voies de transferts considérées

## 7.1.7. Voies d'exposition et schéma conceptuel initial

Le tableau ci-dessous détaille les voies d'exposition potentielles à l'issue de l'examen décrit précédemment :

SOURCE POTENTIELLE	VOIE DE TRANSFERT	VOIE D'EXPOSITION	NIVEAU DE RISQUE		MOTIF / REMARQUE
			CIBLES SUR SITE	CIBLES HORS SITE	
Sols	Envol de poussières	Ingestion, contact cutané	Potentiel	Potentiel	Voie de transfert retenue et absence d'information sur la qualité des sols et sur l'aménagement définitif du site.
	Air du sol	Inhalation polluants volatils air extérieur	Potentiel	Potentiel	Voie de transfert retenue et absence d'information sur la qualité des sols.
Sédiments	Eaux de ruissellement → Eaux de surface	Contact cutané	Potentiel	Potentiel	Création de panaches turbides lors des épisodes pluvieux.
		Ingestion MES	Potentiel	Potentiel	Mise en suspension de polluants par le piétinement exposant ainsi les baigneurs, sur et hors site.
		Ingestion de produits de la pêche	Potentiel	Potentiel	A la limite un transfert vers la faune aquatique est possible.

Tableau 10 : Examen des voies potentielles d'exposition

Le schéma conceptuel est proposé ci-dessous.

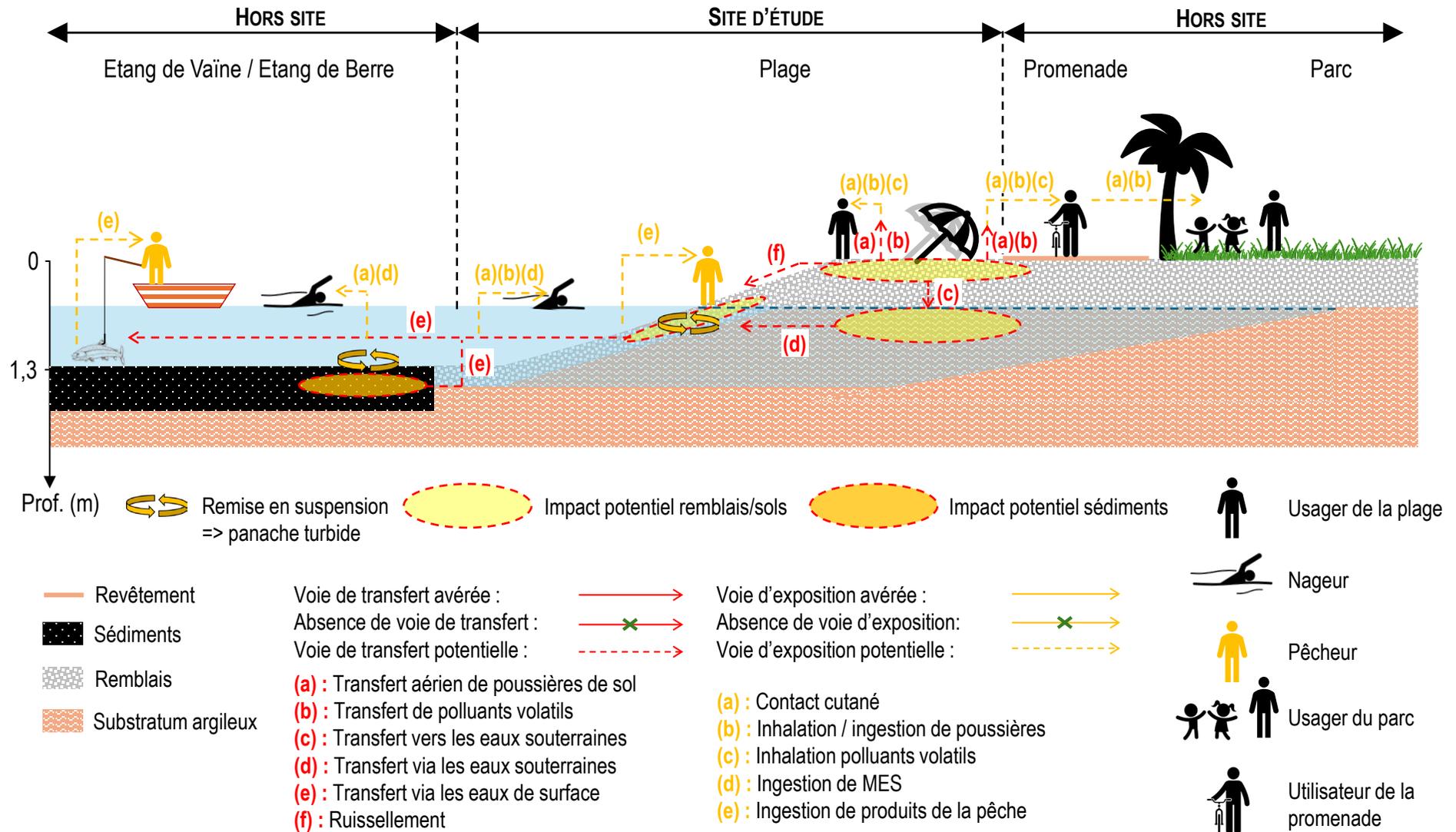


Figure 22 : Schéma conceptuel initial

## 7.2. Programme d'investigations

### 7.2.1. Conditions d'accès au terrain

Sans difficulté d'accès.

### 7.2.2. Risques liés aux réseaux enterrés

Description des démarches au § 8.1.1.

### 7.2.3. Investigations envisagées

Au regard de l'analyse des risques sanitaires potentiels décrite dans le § précédent, il est proposé de vérifier la qualité (i) des remblais (sols) utilisés pour exonder les terrains, et (ii) des sédiments.

#### 7.2.3.1. Pour les sols

Les remblais/sols seront investigués au moyen d'un marteau hydraulique muni d'une gouge. Cette technique ne permet pas une observation optimale des sols en place, mais elle est peu invasive et permet de limiter la dégradation de la pelouse du parc. Compte tenu du projet, la profondeur des sondages est limitée à 2 m.

Les sols sont prélevés en fonction des observations de terrain (indices organoleptiques, PID) et des caractéristiques lithologiques en s'inspirant de la norme NF ISO 10381-5. En l'absence d'indice probant ou de variation lithologique, les échantillons sont prélevés par pas de 1 mètre linéaire.

En cas de présence de matériaux suspects, un échantillon est prélevé au sein de la tranche de terrain qui semble la plus impactée. Dans la mesure du possible des échantillons de délimitation au-dessus et au-dessous sont également prélevés.

Dans un premier temps les échantillons suspects sont analysés. En l'absence d'indice organoleptique le premier mètre de terrain est analysé. En cas d'impact avéré et sous réserve de l'accord du client les échantillons de délimitation sont analysés.

**5 sondages à 2 m sont prévus selon le plan d'investigation ci-après.**

**A noter :** A l'issue de ces investigations réalisées en février 2024 (voir § 8.2.1), la découverte de débris de déchets de démolition dans les sols, dont un amianté, nous a conduit à réaliser des investigations complémentaires au moyen d'une pelle mécanique, de façon à observer dans les meilleures conditions possibles les remblais/sols en présence. Les fouilles ont été repositionnées au droit des sondages (selon le plan page suivante).



Nom	Prof. (m)	Source potentielle de pollution	Substances recherchées
S1	2	Secteur anciennes cuves aériennes / Remblais années 50, 60, 70	1
S2	2	Ancienne darsette / Remblais années 60, 70 et 80	1
S3	2	Remblais début années 70 / années 80	1
S4	2	Remblais années 80	1
S5	2	Remblais début années 70 et années 80	1

1 : Ensemble des paramètres sur sol brut et sur éluât de l'Arrêté du 12/12/2014 relatif aux déchets inertes + 8 métaux + COHV

Figure 23 : Plan prévisionnel des sondages

### 7.2.3.2. Pour les sédiments

Les sédiments seront prélevés depuis une embarcation avec un carottier manuel, permettant un échantillonnage à différentes profondeurs. Les prélèvements viseront à distinguer les sédiments superficiels (de l'ordre de 10 à 20 cm) et les sédiments plus profonds (entre 20 et 50 cm). Cette approche permettra d'établir s'il y a une différence de qualité entre les sédiments récents et ceux plus anciens (voir § 6.1), une distinction entre les parties hautes et basses sera établie en fonction des observations de terrain.

Des échantillons moyens (Em) des strates hautes et basses seront constitués à partir d'échantillons premiers, selon le plan de prélèvement ci-après. La dénomination des échantillons sédimentaires est détaillée dans le § 9.4.



Figure 24 : Localisation des prélèvements sédimentaires

## 8.Mission A200 : Investigations sur les sols

### 8.1. Hygiène sécurité et environnement

#### 8.1.1. Phase préalable aux travaux

CISMA Environnement a établi une analyse de risques qui a été transmise à SENS URBAIN.

Préalablement à la réalisation des travaux, la procédure DT/DICT a été menée. L'ensemble des concessionnaires de la zone d'étude a été sollicité afin d'identifier les réseaux souterrains, et éventuelles servitudes du site. L'ensemble des réseaux a été consigné sur un plan (sous SIG) préalablement à la phase d'implantation des sondages.

L'implantation des sondages a été réalisée par Frédéric PANFILI (CISMA Environnement). Lors de l'implantation des points sur le terrain (traceur de chantier), une recherche préalable des réseaux enterrés a été effectuée à l'aide d'un détecteur de réseaux (CAT).

### 8.1.2. Moyens d'investigation des sols

Lors de la première intervention, des sondages ont été réalisés par CISMA Environnement au moyen d'un marteau hydraulique équipé d'une gouge à percussion en diamètre 100 et 75 mm, et d'un extracteur hydraulique.

Lors de la seconde intervention, des fouilles à la pelle mécanique ont été réalisées par les Ets MORIN TP sous la direction de CISMA Environnement.



Figure 25 : Matériel utilisé pour la réalisation des sondages et des fouilles

Pour se prémunir de tout risque de contamination des échantillons et/ou d'impact sur l'environnement les précautions suivantes ont été appliquées :

- Vérification de la propreté du matériel ;
- Utilisation d'huile hydraulique végétale ;
- Présence d'un kit antipollution.

### 8.1.3. Phase des travaux

Le personnel intervenant sur site est sensibilisé aux risques inhérents aux activités de sondages et de prélèvements de sols et dispose des habilitations nécessaires (GIES 1 et 2, AIPR).

Le port des équipements individuels de sécurité (EPI) a été respecté, à savoir :

- Vêtements de travail adaptés ;
- Gilet réfléchissant ;
- Chaussures de sécurité ;
- Casque de protection ;
- Protections auditives ;
- Gants de manutention ;
- Gants nitrile pour l'échantillonnage.

La deuxième intervention (pelle mécanique) a été menée en sous-section 4 simplifiée. Les précautions suivantes ont été mises en œuvre :

- Pelle mécanique avec cabine pressurisée
- Mise à disposition de personnel qualifié amiante (SS3)
- Mise à disposition des EPI spécifiques.

#### 8.1.4. Phase postérieure aux travaux

Les sondages / fouilles ont été comblées avec les matériaux extraits, selon l'ordre d'excavation.

Aucun déchet géré par CISMA Environnement n'a été laissé sur le site (gants de prélèvements...).

## 8.2. Compte-rendu de terrain

### 8.2.1. Observations

#### 8.2.1.1. Février 2024

Les sondages au carottier pneumatique ont été réalisés le 1<sup>er</sup> février 2024 par Frédéric PANFILI et Jérémy POURCEL (CISMA Environnement) par temps couvert et doux.

Les sondages ont été réalisés conformément au plan d'échantillonnage initial.

Nous avons eu plusieurs refus de sondage en S2 et S3, nous obligeant à les décaler ou à réduire la profondeur d'échantillonnage à 1 m pour S3, suggérant la présence de blocs, ce qui sera confirmée par les fouilles à la pelle mécanique (voir ci-dessous).

Les eaux souterraines (qui sont en fait les eaux de l'étang ; voir § 5.3) ont été interceptées à 1,3 m sur les sondages S1, S4 et S5. Dans ces sondages, les terrains humides (non cohésifs) sont retombés en partie lors de la remontée du carottier.

Aucun changement notable n'a été constaté sur la parcelle depuis la visite de site.

#### 8.2.1.2. Avril 2024

Les fouilles ont été réalisées le 25 avril 2024 sous la direction de Frédéric PANFILI (CISMA Environnement) par temps ensoleillé et venteux.

Elles ont été positionnées au droit des sondages de février 2024. Ces investigations complémentaires confirment la présence de déchets de démolition (voir § 8.2.3) et de la nappe à environ 1,5 m de profondeur.

### 8.2.2. Données lithologiques

Les reportages photographiques et coupes de sondage des 2 campagnes d'investigation sont présentés en **annexes 4 et 5**.

Le terrain est constitué de remblais limoneux sur les 30 premiers centimètres environ (« terre végétale ») puis par des remblais très hétérogènes, qui contiennent généralement de nombreux déchets de démolition (voir § suivant). L'épaisseur moyenne des remblais est d'environ 1,5 m (incluant les remblais superficiels limoneux). Ils reposent sur un terrain sableux à argilo-sableux riche en matière organique.

### 8.2.3. Indices organoleptiques

L'ensemble des observations concernant la présence d'indices de pollution (couleur, odeur, débris de brique...) est consigné sur les coupes de sondages.

Une mesure systématique à l'aide d'un analyseur de terrain de gaz volatils de type PID a été réalisée sur chaque échantillon. Les teneurs mesurées ont été consignées sur les coupes lithologiques et dans le tableau qui va suivre.

Des détections notables ont été relevées dans les échantillons prélevés en fond de sondage/fouille (16,4, 24,6 et 34 ppm en F3 (1,6-1,8), S4 (1,3-1,7) et F4 (1,4-1,6), respectivement). Ces échantillons dégagent en outre une odeur de HCT.

Une faible détection (0,6 ppm), accompagnée d'une odeur de matière organique, a été faite dans l'échantillon S2 (1,5-2).

A l'exception des remblais de la fouille F1, qui contient beaucoup de galets décimétriques, des déchets de démolition décimétriques et centimétriques ont été observés en proportion importante dans toutes les autres fouilles. Il s'agit de blocs béton ou de pierre, de morceaux de briques, d'enrobé, de carrelage, et plus rarement de ferrailles, de plastique, de tissus et de verre.

Parmi ces déchets, des matériaux susceptibles d'être amiantés ont été retrouvés, notamment des débris de fibrociment (en S3 et F5). Les enrobés et les débris de carrelage peuvent également contenir potentiellement de l'amiante. Sur l'ensemble des fouilles un total de 17 échantillons de matériaux suspects ont été prélevés par un opérateur habilité (sous-section 3) des Ets MORIN TP. Les sols emballant ces matériaux ont également été prélevés pour la recherche d'amiante.

A noter que les remblais limoneux (les 30 premiers cm ; voir précédemment) semblent contenir peu d'éléments graveleux.

### 8.3. Sélection des échantillons et programme analytique

Le tableau ci-dessous présente les échantillons sélectionnés pour analyses, ainsi que le programme analytique correspondant.

Sondage / Fouille	Prof. max réalisée (m)	Echantillon	Indice PID (ppm)	Date de prélèvement	Composés recherchés
S1 / F1	2	S1 (0-0,7)	0	Fev-24	1
		S1 (0,7-2)	0		
S2 / F2	2	S2 (0-1)	0	Fev-24	1
		S2 (1-1,5)	0		
		S2 (1,5-2)	0,6		
		F2	-	Avr-24	3
		F2.1	-		
		F2.2	-		
S3 / F3	1,8	S3 (0-0,4)	0	Fev-24	1
		S3 (0,4-1)	0		
		F3 (1,6-1,8)	16,4	Avr-24	2
		« Morceau canalisation »	-	Fev-24	3
		F3	-	Avr-24	
		F3.1	-		
		F3.2	-		
		F3.3	-		
F3.4	-				
S4 / F4	2	S4 (0,4-1,3)	0	Fev-24	1
		S4 (1,3-1,7)	26,4		
		F4 (1,4-1,6)	34	Avr-24	2
		F4	-		
		F4.1	-		
		F4.2	-		

		<i>F4.3</i>	-			
		<i>F4.4</i>	-			
		<i>F4.5</i>	-			
S5 / F5	2	S5 (0-0,4)	0	Fev-24	1	
		S5 (0,4-1,3)	0			
		S5 (1,3-1,5)	0			
			F5	-	Avr-24	3
			<i>F5.1</i>	-		
			<i>F5.2</i>	-		
			<i>F5.3</i>	-		
			<i>F5.4</i>	-		
			<i>F5.5</i>	-		
			<i>F5.6</i>	-		

Nom d'échantillon en italique = échantillon de matériaux

1 : HCT C10-C40, HAP, BTEX, 8 métaux, PCB, COHV + analyses sur éluât selon l'arrêté du 12/12/2014 ; voir détails ci-dessous

2 : HCT C10-C40, HAP, BTEX, 8 métaux, PCB + analyses sur éluât selon l'arrêté du 12/12/2014 ; voir détails ci-dessous

3 : amiante

Tableau 11 : Echantillons de sol et de matériaux et programme analytique

L'ensemble des échantillons sélectionnés a été conditionné dans des pots en plastique (de 2 l) fournis par le laboratoire. Les échantillons ainsi conditionnés ont été conservés en milieu réfrigéré et à l'abri de la lumière avant envoi au laboratoire d'analyses dans les plus brefs délais. L'ensemble des analyses a été réalisé par le laboratoire Eurofins de Saverne, accrédité COFRAC (NF EN ISO/IEC 17025 : 2005).

Les normes analytiques des principaux composés recherchés sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	ANALYSE	METHODE ANALYTIQUE
	Métaux	EN ISO 54321 MET B + EN ISO 17294-2
	Composés organiques volatils : COHV	ISO 22155
Paramètres sur brut et éluât selon l'arrêté du 12/12/2014	Hydrocarbures totaux C10-C40	EN ISO 16703
	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	ISO 18287
	Composés organiques volatils : BTEX	ISO 22155
	PCB	EN 16167
	Carbone organique total (COT) sur brut	NF ISO 10694
	COT sur éluât	EN 1484
	Fraction soluble	EN 15216
	Chlorures sur éluât	EN ISO 10304-1
	Fluorures sur éluât	EN ISO 10304-1
	Sulfates sur éluât	EN ISO 10304-1
	Indice phénol sur éluât	UNI EN 16192
	12 Métaux sur éluât	EN ISO 15587-2 + EN ISO 17294-2
	Amiante	Méthode interne

Tableau 12 : Normes analytiques des principaux composés recherchés dans les sols et les matériaux

# 9. Mission A220 : Investigations sur les sédiments

## 9.1. Moyens utilisés pour les prélèvements de sédiments

Les prélèvements ont été réalisés par CISMA Environnement depuis une embarcation au moyen d'un carottier à lame.



Figure 26 : Matériel utilisé pour les prélèvements des sédiments de L'étang de Berre (CISMA Environnement)

## 9.2. Phase des travaux

Le personnel intervenant sur site est sensibilisé aux risques inhérents aux prélèvements de sédiments sur plan d'eau.

Le port des équipements individuels de sécurité (EPI) a été respecté, à savoir :

- Gilet de sauvetage ;
- Vêtements de travail adaptés ;
- Chaussures de sécurité ;
- Gants de manutention ;
- Gants nitrile pour l'échantillonnage.

## 9.3. Compte rendu de terrain

### 9.3.1. Observations

Les sédiments ont été prélevés le 25 avril 2024 par Nicolas SAILLE et Frédéric PANFILI (CISMA Environnement) par temps ensoleillé et doux.

Le plan d'échantillonnage initial a été respecté (voir Figure 24).

Les sédiments sont à dominante limoneuse. On note toutefois des sédiments un peu plus sableux contenant quelques débris végétaux à partir de 0,1 / 0,25 cm de profondeur au niveau de C1, C2 et C3. Cette différence est moins marquée pour les sédiments des points C5, C6 et C7.

On observe également une strate noirâtre superficielle d'une dizaine de centimètres d'épaisseur (entre 0 et 0,1 m) pour les 2 points de prélèvements les plus proches de la berges (*i.e.* C1 et C4). Cette couche

a fait l'objet d'un prélèvement spécifique (voir § 9.4). A noter, la présence importante d'algues et de débris végétaux à proximité des berges. La couleur noirâtre de cette couche sédimentaire pourrait être due à de la matière organique en décomposition.

Les fiches descriptives des prélèvements de sédiments sont proposées en **annexe 6**.

### 9.3.2. Indices organoleptiques

A part l'aspect noirâtre des sédiments en surface à proximité des berges (possiblement due à de la matière organique en décomposition ; voir précédemment), aucun indice de pollution organoleptique n'est à rapporter.

## 9.4. Sélection des échantillons et programme analytique

Les échantillons analysés et le programme analytique sont rappelés ci-après.

Point de prélèvement	Echantillon	Analyse
C1	C1 (0,1-0,25)	1
	C1 (0,25-0,5)	
	Em 1H	2
	Em 1B	
	C1 + C4 (0-0,1)	
C2	C2 (0-0,15)	1
	C2 (0,15-0,5)	
	Em 1H	2
	Em 1B	
C3	C3 (0-0,1)	1
	C3 (0,1-0,5)	
	Em 1H	2
	Em 1B	
C4	C4 (0,1-0,35)	1
	C1 (0,35-0,5)	
	Em 2H	2
	Em 2B	
	C1 + C4 (0-0,1)	
C5	C5 (0-0,15)	1
	C5 (0,15-0,5)	
	Em 2H	2
	Em 2B	
C6	C6 (0-0,15)	1
	C6 (0,15-0,5)	
	Em 2H	2
	Em 2B	

Em = Echantillon moyen

H = strate sédimentaire haute - de 0 à 0,1 / 0,35 m

B = strate sédimentaire basse - de 0,1/0,35 à 0,5 m

1 = analyse granulométrique

2 = ensemble des analyses N1/N2 de l'arrêté du 30 juin 2020 relatif à la qualité des sédiments marins ; voir ci-dessous

**Tableau 13 : Echantillons sélectionnés et programme analytique**

Des échantillons moyens ont été constitués à partir des points C1, C2 et C3, et C4, C5 et C6, nommés respectivement Em 1 et Em 2 ; une distinction strate haute et strate basse a été faite (notée H et B

respectivement). Un échantillon moyen de la strate sédimentaire superficielle noirâtre, à proximité de la berge, a également été constitué (noté C1+C4 (0-0,1)).

L'ensemble des échantillons sélectionnés a été conditionné dans des pots en verre (de 1 l ou 375 ml) fournis par le laboratoire. Les échantillons ainsi conditionnés ont été conservés en milieu réfrigéré et à l'abri de la lumière avant envoi au laboratoire d'analyses dans les plus brefs délais. L'ensemble des analyses a été réalisé par le laboratoire Eurofins de Saverne, accrédité COFRAC (NF EN ISO/IEC 17025 : 2005).

Les normes analytiques des principaux composés recherchés sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	ANALYSE	METHODE ANALYTIQUE
Paramètres N1/N2*	Hydrocarbures totaux C10-C40	NF EN 14039 - NF EN ISO 16703
	Granulométrie laser	Méthode interne
	Carbone organique total (COT) sur brut	NF EN 15936 - Méthode B
	Métaux	NF EN ISO 11885 - Méthode interne - NF EN ISO 54321
	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	NF EN 17503
	PCB	NF EN 17322
	Organoétains	XP T 90-250

\* Arrêté du 30/06/2020

Tableau 14 : Normes analytiques des composés recherchés dans les sédiments

# 10. Mission A270 : interprétation des résultats

## 10.1. Pour les sols

### 10.1.1. Valeurs d'analyse de la situation

Les Valeurs d'Analyse de la Situation (VAS) considérées dans le cadre de cette étude sont figurées dans le tableau des résultats qui va suivre et sont également détaillées en **annexe 7**.

Brièvement, il s'agit :

1. Des valeurs du **Fond Géochimique Anthropisé (FGA)** pour les métaux autre que le mercure (programme ASPITTET de l'INRA, et RMQS) ;

Cas particulier du plomb : Le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) a mené des travaux pour réévaluer l'ensemble des valeurs de gestion du plomb, en vue de réduire l'exposition au plomb de la population française. Il a établi une synthèse et des recommandations concernant la détermination de nouveaux objectifs de gestion des expositions au plomb<sup>3</sup>. Ce document fixe des seuils d'alerte pour les teneurs en plomb dans le sol :

- Un niveau de vigilance à 100 mg/kg MS dans les sols (déclenchant une évaluation des risques sanitaires en cas de dépassement) ;
- Un niveau déclenchant un dépistage du saturnisme chez l'enfant à 300 mg/kg MS dans les sols.

2. De la valeur du Fond pédo-Géochimique Urbain (FGU) proposées par l'ADEME <sup>4</sup> pour le mercure ;

3. **Des seuils d'acceptation des terres en installation de stockage de déchets inertes (ISDI et ISDI+) définis dans l'arrêté du 12/12/14**. Ces installations qui relèvent de la réglementation sur les ICPE (rubrique 2760) ont pour vocation à réceptionner des déchets minéraux issus des travaux de construction et de démolition (briques, béton, tuiles etc...). Ils sont également susceptibles d'accueillir des terres non dangereuses provenant de sites pollués sous réserve de valider leur acceptabilité via une caractérisation analytique sur matrice brute, afin d'évaluer les teneurs adsorbées dans l'échantillon, et sur lixiviât (éluât), afin d'évaluer leur potentiel de solubilisation.

A noter : Certaines ISDI, du fait de leur situation particulière (fond géochimique, protection naturelle) disposent de seuils majorés dans la limite d'un facteur 3 pour les paramètres sur lixiviât, à l'exception du COT (sur lixiviat). Pour les paramètres sur matrice brute, seul le COT (sur matrice brute) dispose d'une majoration possible d'un facteur 2 (article 6 de l'arrêté du 12/12/2014). Ces installations sont qualifiées d'ISDI aménagées, dites ISDI+.

Pour la présentation des résultats qui va suivre, nous avons considéré que les sols sont compatibles à priori avec une gestion en ISDI+, si les résultats d'analyses sont inférieurs aux seuils de l'arrêté du 12/12/2014 majorés, tels que précisés ci-dessus.

En tout état de cause, l'acceptation effective dans ce type de filière devra être validée par les filières consultées.

4. **Les modalités d'acceptation des terres excavées dans les centres d'enfouissement pour les déchets non inertes non dangereux (ISDND)**. Ces installations qui relèvent de la réglementation

---

<sup>3</sup> Plomb dans l'environnement extérieur. Recommandations pour la maîtrise du risque – HCSP février 2021

<sup>4</sup> ADEME. 2018. « Méthodologie de détermination des valeurs de fonds dans les sols : Echelle territoriale. Groupe de travail sur les valeurs de fonds ». 112 p.

sur les ICPE (rubrique 2760). Les critères d'acceptation sont définis dans la Décision n° 2003/33/CE du 19/12/02 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges. Les analyses ne sont réalisées que sur lixiviats.

A noter que les VAS sont proposées à titre indicatif et ne constituent en aucun cas des seuils de dépollution.

## 10.1.2. Résultats d'analyses et interprétation

Les résultats d'analyses des sols sont regroupés dans le tableau 15 page suivante. Une carte de synthèse est également proposée en figure 27.

Les rapports d'analyses du laboratoire sont figurés en **annexe 8** pour les sols, et **annexe 9** pour les matériaux.

Les résultats d'analyses indiquent :

### Pour les HCT C10-C40 :

- Les HCT C10-C40 sont détectés dans tous les échantillons, généralement en faible teneur.
- Des faibles impacts (entre 504 et 1 310 mg/kg) dans les sondages/fouilles 2, 3 et 4, les plus proches de la berge, dans les remblais prélevés au niveau du toit de la nappe, sont constatés.
- Les fractions carbonées C16-C22, C22-C30 et C30-C40 sont majoritaires et en proportion équivalente dans les échantillons S2(1-1,5) et F4 (1,5-1,6) suggérant la présence d'un mélange de produit pétrolier de type gasoil et huile minérale, alors que dans l'échantillon F3 (1,6-1,8) la fraction C16-C22 est majoritaire, suggérant la prépondérance de produit type gasoil.

### Pour les métaux :

- Les métaux sont globalement détectés à des teneurs conformes au FGA ;
- Une anomalie notable est enregistrée pour le plomb en S2 (568 mg/kg pour S2 (1-1,5)) ; elle dépasse largement le FGA ainsi que les teneurs préconisées par le HCSP (100 et 300 mg/kg). Cette anomalie est toutefois délimitée en profondeur par les échantillons prélevés entre 0 et 1 m et entre 1,5 et 2 m.
- D'autres anomalies ponctuelles sont également observées pour le cuivre (max 215 mg/kg pour S1(0,7-2)) et le zinc (max 539 mg/kg pour S4 (1,3-1,7)) ;

### Pour les HAP :

- Les HAP sont détectés dans tous les échantillons. Les concentrations en HAP totaux sont variables et s'échelonnent de 0,72 mg/kg à des max 39,90 mg/kg (S2 (1-1,5)).
- Le naphtalène, seul HAP volatil, n'est pas détecté. Les teneurs en benzo(a)pyrène et dibenzo(a,h)anthracène, composés les plus contraignants en termes de risques sanitaires, restent faibles.

### Pour les BTEX :

- Ces composés ne sont pas détectés dans les échantillons.

### Pour les PCB :

- Les PCB sont détectés dans 9 échantillons sur 14 à l'état de traces (max 0,3 mg/kg).

### Pour les COHV :

- Ces composés ne sont pas détectés dans les échantillons.

### Amiante :

- Sur les 17 échantillons de matériaux, des fibres d'amiante ont été détectés dans 2 échantillons. Il s'agit de 2 débris de matériaux type fibrociment prélevés en février 2024 dans le sondage S3 (échantillon « morceau fibro »), et en avril 2024 dans la fouille F5 (échantillon F5.1).
- Aucune détection d'amiante n'a été faite dans les sols emballant les déchets de démolition.

## **Gestion des déblais :**

### **En l'absence de déchets amiantés :**

- 75 % des échantillons ne sont pas acceptables en ISDI en raison de dépassements sur les paramètres fraction soluble et sulfates (systématiquement associés en cas de dépassement) et sur le paramètre HCT (remblais au niveau du toit de la nappe dans les sondages/fouilles 2, 3 et 4).
- Les remblais associés aux échantillons présentant des dépassements des seuils ISDI devront être gérés en ISDND (non acceptables en ISDI+) et/ou éventuellement en biocentre pour ceux impactés en HCT.

A noter que les déchets amiantés sont assimilables à des déchets dangereux et devront être orientés vers des filières agréées.

**Les résultats d'analyses indiquent que les remblais historiques sont de qualité médiocre. Ils contiennent généralement des déchets de démolition décimétriques et centimétriques en proportion pouvant être importante, et présentent localement des teneurs notables en HCT, HAP et ETM (plomb, cuivre, zinc).**

**Les teneurs en HCT les plus élevées (entre 504 et 1 310 mg/kg) sont constatées dans les remblais situés au niveau du toit de la nappe (à environ 1,5 m de profondeur), dans les 3 sondages/fouilles les plus proches de la berge de l'étang (*i.e.* 2, 3 et 4).**

**La présence de déchets amiantés apparaît faible (2 détections d'amiante positives sur 17 échantillons) et aucune détection d'amiante n'est à rapporter dans les remblais/sols emballant les déchets de démolition.**

**En cas d'évacuation des remblais hors site et en l'absence d'amiante, la majorité (75 % des échantillons) devra être envoyée en filières de type ISDND et/ou éventuellement en biocentre. A noter que les déchets amiantés sont assimilables à des déchets dangereux et devront être gérés en conséquence.**

ANALYSES	Unités	LQ	S1 (0-0.7)	S1 (0.7-2)	F1	S2 (0-1)	S2 (1-1.5)	S2 (1.5-2)	F2	S3 (0-0.4)	S3 (0.4-1)	F3 (1.4-1.8)	F3	S4 (0.4-1.3)	S4 (1.3-1.7)	F4 (1.4-1.6)	F4	S5 (0-0.4)	S5 (0.4-1.3)	S5 (1.3-1.5)	F5	Critères d'acceptation <sup>1</sup>		Fond géochimique <sup>2</sup>	
																						ISDI	ISDND		
Matière sèche	% P.B.	0,1	92,9	68,5		89,1	85,9	79,6		83,8	84,5	88		85,4	82,2	77,5		87,2	87,4	81,9					
<b>ANALYSES SUR SOL BRUT</b>																									
<b>Métaux</b>																									
Arsenic (As)	mg/kg MS	1	5,1	8,17		7,74	16,5	9,24		6,16	5,4	5,26		4,45	5,07	7,22		6,59	6,14	6,55				25,0	
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,4	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	0,69		<0,05	<0,05	<0,05				1,18	
Chrome (Cr)	mg/kg MS	5	10,5	13		12,6	16,8	11,9		16,1	8,84	12,7		6,9	8,6	19,3		17,2	15,3	12				114,5	
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	5	24,9	21,6		21,7	97,4	62		15,8	15,2	29,3		14,1	12,7	52,2		24,4	43,5	26,4				96,5	
Nickel (Ni)	mg/kg MS	0,1	10,6	13,9		13,1	17,3	12,9		13,9	7,88	11,3		7,43	6,64	16,4		15,9	14,1	14,5				90,4	
Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	31	42,5		43,1	56,8	84,3		25,4	50,5	26,5		31,8	47,4	104		43,1	36,4	61,8				92,0	
Zinc (Zn)	mg/kg MS	5	52	29,2		53,1	106	28,5		61,6	252	63,9		392	539	253		85	92,3	81,1				174,7	
Mercure (Hg)	mg/kg MS	5	0,21	<0,10		0,19	0,32	0,49		0,17	0,66	0,11		0,27	0,46	0,57		0,21	0,15	0,26				0,85	
<b>Hydrocarbures totaux</b>																									
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/kg MS	15	31,8	26,1		117	544	268		39,7	28,3	1 310		49,1	65,7	502		42	36,8	247		500			
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg MS		10,5	6,42		29	6,58	21,7		14	4,26	109		4,06	18	33,6		6,09	9,64	12					
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/kg MS		5,41	5,01		21,2	86,2	83,5		4,17	8,96	670		8,9	16,9	127		6,69	8,13	24,9					
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/kg MS		7,59	7,3		39,9	218	82,8		11,3	11,7	343		26,2	22,1	188		14	11,7	84,5					
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/kg MS		8,27	7,32		27,3	233	80,2		10,2	3,3	188		9,87	8,76	154		15,2	7,35	126					
<b>Composés organiques volatils</b>																									
Benzène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05					
Toluène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05					
Ethylbenzène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05					
m+p-Xylène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05					
o-Xylène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05					
Somme des BTEX	mg/kg MS		<0,0500	<0,0500		<0,0500	<0,0500	<0,0500		<0,0500	<0,0500	<0,0500		<0,0500	<0,0500	<0,0500		<0,0500	<0,0500	<0,0500					
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>																									
Naphtalène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05					
Fluorène	mg/kg MS	0,05	0,23	0,12		0,66	0,36	0,05		0,27	0,12	<0,2		0,1	0,49	<0,23		0,2	0,33	<0,23					
Phénanthrène	mg/kg MS	0,05	0,3	0,17		1,2	3,8	0,053		0,33	0,6	<0,24		0,25	0,61	<0,27		0,42	0,57	0,52					
Pyrrène	mg/kg MS	0,05	0,16	0,067		0,83	4,5	0,19		0,13	0,92	0,53		0,5	0,28	0,54		0,4	0,24	1,1					
Benzo[a]-anthracène	mg/kg MS	0,05	0,093	0,056		0,78	2,7	0,11		0,1	0,68	0,33		0,77	0,48	0,50		0,29	0,21	0,93					
Chrystène	mg/kg MS	0,05	0,12	0,064		0,95	3,5	0,13		0,12	0,81	0,36		0,94	0,66	0,51		0,35	0,26	1,2					
Indano (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg MS	0,05	0,12	<0,05		0,51	3,3	0,19		0,06	0,29	0,06		0,88	0,72	0,38		0,24	0,18	0,85					
Dibenzo[a,h]anthracène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,6	<0,05		<0,05	0,2	<0,05		0,21	0,18	<0,05		0,053	<0,05	<0,05					
Acénaphthène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		0,35	0,85	<0,05		<0,05	<0,05	0,31		<0,05	0,09	0,98		0,087	0,078	0,35					
Acénaphthène	mg/kg MS	0,05	0,12	0,081		0,44	<0,29	<0,05		0,19	0,074	<0,24		0,069	0,34	<0,27		0,1	0,21	<0,27					
Anthracène	mg/kg MS	0,05	0,068	<0,05		0,35	1,2	<0,05		<0,05	0,14	<0,23		0,22	0,25	0,42		0,14	0,1	0,27					
Fluoranthène	mg/kg MS	0,05	0,18	0,09		1	5,6	0,16		0,14	1,1	0,36		0,49	0,28	0,51		0,44	0,3	1,2					
Benzo[b]fluoranthène	mg/kg MS	0,05	0,18	0,067		1,2	4,8	0,2		0,16	1,2	0,50		2	1,4	0,76		0,51	0,37	1,9					
Benzo[k]fluoranthène	mg/kg MS	0,05	0,066	<0,05		0,32	1,9	0,087		0,067	0,41	0,24		0,63	0,46	0,30		0,2	0,13	0,52					
Benzo[a]pyrène	mg/kg MS	0,05	0,099	<0,05		0,66	3,3	0,14		0,084	0,66	0,32		0,84	0,53	0,41		0,3	0,21	1					
Benzo[ghi]pérylène	mg/kg MS	0,05	0,14	<0,05		0,49	3,5	0,16		0,071	0,79	0,29		1,1	0,95	0,42		0,24	0,17	0,76					
Somme des HAP	mg/kg MS		1,88	0,72		9,74	39,90	1,42		1,72	8,45	3,53		9,00	7,72	5,73		3,97	3,36	10,60					
<b>Polychlorobiphényles</b>																									
PCB 28	mg/kg MS	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	<0,01	<0,01					
PCB 52	mg/kg MS	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	<0,01	<0,01					
PCB 101	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	0,01	<0,01		<0,01	0,02	0,03		<0,01	<0,01	<0,01					
PCB 118	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01		<0,01	<0,01	<0,01		0,01	0,02	0,02		<0,01	<0,01	<0,01					
PCB 138	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01		<0,01	0,01	<0,01		0,01	0,1	0,01		0,05	0,07	0,08		0,01	<0,01	0,01					
PCB 153	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01		<0,01	0,01	<0,01		<0,01	0,11	0,01		0,05	0,07	0,08		0,01	<0,01	0,02					
PCB 180	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01		<0,01	0,01	<0,01		<0,01	0,08	0,01		0,01	0,01	0,09		0,01	<0,01	<0,01					
Somme des PCB	mg/kg MS		<0,010	<0,010		<0,010	0,03	<0,010		0,01	0,3	0,03		0,13	0,19	0,3		0,03	<0,010	0,03					
<b>Composés Organiques halogénés volatils</b>																									
Dichlorométhane	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	<0,05					
Chlorure de vinyle	mg/kg MS	0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02					
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg MS	0,1	<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					
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	0,1	<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					
cis-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS	0,1	<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					
Chloroforme																									



Figure 27 : Carte de synthèse des principaux résultats d'analyses des sols – Berre-l'Etang – février et avril 2024

### 10.1.3. Comparaison des résultats d'analyses des sols aux seuils N1/N2

La conception du projet telle que définie au § 7.1.2 conduira à remettre en contact les sols en place avec le milieu marin. Les sols actuels constitueront le fond de l'étang au droit de la future plage, avec les risques de transferts de pollution vers le milieu marin tels que définis dans le cadre du schéma conceptuel (§ 7.1.7). Dans ce contexte, il apparaît pertinent de comparer les résultats obtenus sur les sols aux seuils N1 et N2 de l'arrêté du 30 juin 2020, modifiant l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins. Ces valeurs de référence ont été définies pour les substances dont la connaissance scientifique est suffisante pour définir les impacts potentiels sur le milieu naturel dans le cas de sédiments destinés à être immergés.

- Au-dessous du niveau N1 : l'impact potentiel est en principe jugé d'emblée neutre ou négligeable, les teneurs étant « normales » ou comparables au bruit de fond environnemental. Toutefois, dans certains cas exceptionnels, un approfondissement de certaines données peut s'avérer utile ;
- Entre le niveau N1 et le niveau N2 : une investigation complémentaire peut être nécessaire en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du niveau N1. Ainsi une mesure, dépassant légèrement le niveau N1 sur seulement un ou quelques échantillons analysés, ne nécessite pas de complément sauf raison particulière (par exemple toxicité de l'élément considéré : cadmium, mercure...). De façon générale, l'investigation complémentaire doit être proportionnée à l'importance de l'opération envisagée. Elle peut porter, pour les substances concernées, sur des mesures complémentaires et/ou des estimations de sensibilité du milieu.
- Au-delà du niveau N2 : une investigation complémentaire est généralement nécessaire car des indices notables laissent présager un impact potentiel négatif de l'opération. Il faut alors mener une étude spécifique portant sur la sensibilité du milieu aux substances concernées, avec au moins un test d'écotoxicité globale du sédiment, une évaluation de l'impact prévisible sur le milieu et, le cas échéant, affiner le maillage des prélèvements sur la zone incriminée (afin, par exemple, de délimiter le secteur plus particulièrement concerné).

Dans le contexte de l'étude la comparaison à ces seuils permet un premier niveau d'évaluation de la portée des résultats obtenus.

Le tableau page suivante permet une comparaison des résultats analytiques sols aux seuils N1/N2.

Les résultats analytiques obtenus sur les sols mettent en évidence :

- Pour les ETM, 50 % des échantillons dépassent au moins un seuil pour le cuivre, le mercure et/ou le plomb. 2 échantillons (S1 (0,7-2) et S2 (1-1,5)) présentent des dépassements des seuils N2 pour le cuivre et le plomb ;
- Pour les HAP, tous les échantillons présentent au moins un dépassement des seuils, dont 8 dépassent les seuils N2 ;
- Pour les PCB ; 35 % des échantillons dépassent les seuils, dont 4 dépassent les seuils N2.

**Au final la totalité des échantillons dépassent au moins un seuil N1, et 9 échantillons sur 14 dépassent au moins un seuil N2, ce qui traduit la qualité médiocre des sols (remblais ou sols en place) qui vont être mobilisés dans le cadre du projet, au regard de la sensibilité du milieu marin.**

ANALYSES	Unités	LQ	S1 (0-0.7)	S1 (0.7-2)	S2 (0-1)	S2 (1-1.5)	S2 (1.5-2)	S3 (0-0.4)	S3 (0.4-1)	F3 (1,6-1,8)	S4 (0.4-1.3)	S4 (1.3-1.7)	F4 (1,4-1,6)	S5 (0-0.4)	S5 (0.4-1.3)	S5 (1.3-1.5)	Seuils de l'arrêté du 30/06/2020*	
																	N1	N2
Matière sèche	% P,B,	0,1	92,9	68,5	89,1	85,9	79,6	83,8	84,5	88	85,4	82,2	77,5	87,2	87,4	81,9		
<b>ANALYSES SUR SOL BRUT</b>																		
<b>Métaux</b>																		
Arsenic (As)	mg/kg MS	1	5,1	8,17	7,74	16,5	9,24	6,16	5,4	5,26	4,45	5,07	7,22	6,59	6,14	6,55	25	50
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,4	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	0,69	<0,40	<0,41	1,2	2,4
Chrome (Cr)	mg/kg MS	5	10,5	13	12,6	16,8	11,9	16,1	8,84	12,7	6,9	8,6	19,3	17,2	15,3	12	90	180
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	5	24,9	215	21,7	97	62	15,8	15,2	29,3	14,1	12,7	52,2	24,4	43,5	26,4	45	90
Nickel (Ni)	mg/kg MS	0,1	10,6	13,9	13,1	17,3	12,9	13,9	7,88	11,3	7,43	6,64	16,4	15,9	14,1	14,5	37	74
Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	31	42,5	43,1	568	84,3	25,4	50,5	26,5	31,8	47,4	104	43,1	36,4	61,8	100	200
Zinc (Zn)	mg/kg MS	5	52	29,2	53,1	106	28,5	61,6	252	63,9	392	539	253	85	92,3	81,1	276	552
Mercure (Hg)	mg/kg MS	5	0,21	<0,10	0,19	0,32	0,49	0,17	0,66	0,11	0,27	0,46	0,57	0,21	0,15	0,26	0,40	0,80
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>																		
Naphtalène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,16	1,13
Fluorène	mg/kg MS	0,05	0,23	0,12	0,66	0,36	<0,05	0,27	0,12	<0,2	0,10	0,49	<0,23	0,20	0,33	<0,23	0,02	0,28
Phénanthrène	mg/kg MS	0,05	0,30	0,17	1,20	3,80	0,053	0,33	0,60	<0,24	0,25	0,61	<0,27	0,42	0,57	0,52	0,24	0,87
Pyrène	mg/kg MS	0,05	0,16	0,067	0,83	4,50	0,19	0,13	0,92	0,53	0,50	0,28	0,54	0,4	0,24	1,10	0,50	1,50
Benzo-(a)-anthracène	mg/kg MS	0,05	0,093	0,056	0,78	2,70	0,11	0,1	0,68	0,33	0,77	0,48	0,50	0,29	0,21	0,93	0,26	0,93
Chrysène	mg/kg MS	0,05	0,12	0,064	0,95	3,50	0,13	0,12	0,81	0,36	0,94	0,66	0,51	0,35	0,26	1,20	0,38	1,59
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg MS	0,05	0,12	<0,05	0,51	3,30	0,19	0,06	0,75	0,29	0,88	0,72	0,38	0,24	0,18	0,85	1,70	5,65
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05	<0,26	0,60	<0,05	<0,05	0,20	<0,23	0,21	0,18	<0,26	0,053	<0,05	<0,26	0,06	0,16
Acénaphthylène	mg/kg MS	0,05	<0,05	<0,05	0,35	0,85	<0,05	<0,05	<0,05	0,31	<0,05	0,09	0,98	0,09	0,08	0,35	0,04	0,34
Acénaphène	mg/kg MS	0,05	0,12	0,08	0,44	<0,29	<0,05	0,19	0,07	<0,24	0,07	0,34	<0,27	0,10	0,21	<0,27	0,02	0,26
Anthracène	mg/kg MS	0,05	0,068	<0,05	0,35	1,20	<0,05	<0,05	0,14	<0,23	0,22	0,25	0,42	0,14	0,10	0,27	0,09	0,59
Fluoranthène	mg/kg MS	0,05	0,18	0,09	1,00	5,60	0,16	0,14	1,10	0,36	0,49	0,28	0,51	0,44	0,3	1,20	0,60	2,85
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,05	0,18	0,067	1,20	4,80	0,2	0,16	1,20	0,50	2,00	1,40	0,76	0,51	0,37	1,90	0,40	0,90
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0,05	0,066	<0,05	0,32	1,90	0,087	0,067	0,41	0,24	0,63	0,46	0,30	0,20	0,13	0,52	0,20	0,40
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0,05	0,099	<0,05	0,66	3,30	0,14	0,084	0,66	0,32	0,84	0,53	0,41	0,3	0,21	1,00	0,43	1,02
Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg MS	0,05	0,14	<0,05	0,49	3,50	0,16	0,071	0,79	0,29	1,10	0,95	0,42	0,24	0,17	0,76	1,70	5,65
Somme des HAP	mg/kg MS		1,88	0,72	9,74	39,90	1,42	1,72	8,45	3,53	9,00	7,72	5,73	3,97	3,36	10,60		
<b>Polychlorobiphényles</b>																		
PCB 28	mg/kg MS	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	<0,01	<0,01	0,005	0,010
PCB 52	mg/kg MS	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	<0,01	<0,01	0,005	0,010
PCB 101	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,02	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	0,010	0,020
PCB 118	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,010	0,020
PCB 138	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01	0,1	0,01	0,05	0,07	0,08	0,01	<0,01	0,01	0,020	0,040
PCB 153	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,11	0,01	0,05	0,07	0,08	0,01	<0,01	0,02	0,020	0,040
PCB 180	mg/kg MS	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,08	0,01	0,01	0,01	0,09	0,01	<0,01	<0,01	0,010	0,020
Somme des PCB	mg/kg MS		<0,010	<0,010	<0,010	0,03	<0,010	0,01	0,3	0,03	0,13	0,19	0,3	0,03	<0,010	0,03		

<0,5 : teneur inférieure au seuil de quantification analytique

\* Seuils N1 et N2 de l'arrêté du 30 juin 2020 remplaçant l'arrêté du 9 août 2006, relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins

Figure 28 : Comparaison des résultats analytiques sur les sols aux seuils N1/N2

A noter : certaines limites de quantification analytiques pour les sols sont supérieures aux seuils N1. Au regard des résultats obtenus ces limites de quantification élevées ne nuisent pas à l'interprétation des résultats.

### 10.1.4. Cohérence des résultats

Les résultats sont globalement cohérents avec les observations de terrain (présence d'éléments de déchets de démolition, détections notables aux PID et odeurs de HCT dans certains échantillons).

## 10.2. Pour les sédiments

### 10.2.1. Valeurs d'analyses de la situation

Les VAS utilisées pour les sédiments sont les seuils N1 / N2 de l'arrêté du 30 juin 2020 décrits dans le § précédent.

### 10.2.2. Résultats d'analyses et interprétation

#### 10.2.2.1. Granulométrie

Les résultats des analyses granulométriques sont détaillés en **annexe 10**.

Globalement et en cohérence avec les observations de terrain, les sédiments sont essentiellement limoneux (voir figure ci-dessous).

D'un point de vue granulométrique la distinction strate haute / strate basse, avec des matériaux un peu plus sableux dans la strate basse, est confirmée pour quelques échantillons (C3 et C5) mais elle n'est pas systématique.

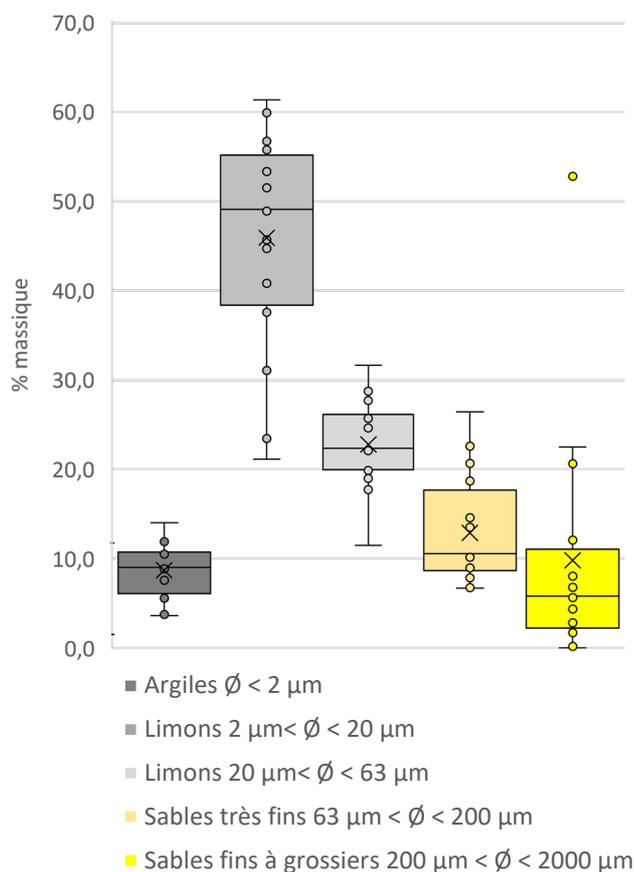


Figure 29 : Répartitions des fractions granulométriques des échantillons sédimentaires

#### 10.2.2.2. Physico-chimie

Les résultats d'analyses des sédiments sont regroupés dans le tableau 16 page suivante. Une carte de synthèse est également proposée en figure 30.

Le rapport d'analyses du laboratoire est en **annexe 11**.

Les constats sont les suivants :

- Au regard des VAS considérées, les sédiments sont globalement de bonne qualité, avec uniquement quelques dépassements de seuils N1 pour les HAP dans les échantillons Em 2H et Em C1+C4 (0-0,1).
- L'échantillon Em C1+C4 (0-0,1), qui pour rappel est issu de la strate sédimentaire de surface la plus proche de la berge, contient également des HCT C10-C40 en teneur notable (513 mg/kg). Les fractions carbonées C16-C22, C22-C30 et C30-C40 sont majoritaires et en proportion équivalente, suggérant la présence d'un mélange de produit pétrolier de type gasoil et huile minérale. Cet échantillon contient également des HAP en faibles concentrations (2,9 mg/kg), ainsi que des traces de mercure (0,15 mg/kg), qui n'a pas été détecté dans les autres échantillons ; ces substances sont des marqueurs de l'anthropisation de la couche superficielle des sédiments de surface (entre 0 et 0,1m) proche de la berge.
- Les HCT C10-C40 et les HAP, sont également retrouvés dans les autres échantillons moyens, mais en plus faibles concentrations (max 66,9 et 0,86 mg/kg respectivement). Les échantillons de la strate haute (Em H) contiennent systématiquement des teneurs en HCT C10-C40 et en HAP plus élevées que ceux de la strate basse (Em B) – *max 31,2 et 0,3 mg/kg respectivement pour Em B*, ce qui tend à confirmer une faible anthropisation des sédiments les plus récents.

A noter : la présence de matières organiques dans les sédiments pourrait conduire à une surestimation des teneurs mesurées en HCT.

**Les sédiments ont un faciès limoneux dominant. Ils sont globalement de bonne qualité au regard des seuils N1/N2 : ils contiennent notamment des métaux en teneurs normales et des HAP uniquement à l'état de traces.**

On note toutefois une anthropisation des sédiments les plus récents par des HCT C10-C40 et dans une moindre mesure par des HAP, en particulier à proximité de la berge sur les dix premiers centimètres, avec des concentrations en HCT C10-C40 et en HAP jusqu'à 513 et 2,9 mg/kg respectivement. Les sédiments plus anciens (à partir de 0,1 à 0,35 m) ne sont que faiblement anthropisés, contrairement à ce que laissait supposer l'étude historique (voir § 6.1).

### 10.2.3. Cohérence des résultats

Les résultats d'analyses sont cohérents avec les observations de terrain.

ANALYSES	Unités	LQ	Em 1H	Em 1B	Em 2H	Em 2B	Em C1+C4 (0-0.1)	Seuils de l'arrêté du 30/06/2020*		Seuils ISDI **
								N1	N2	
Masse volumique	g/cm <sup>3</sup>		1,74	1,51	1,65	1,34	1,59			
Matière sèche	mg/kg MS	0,1	55,1	53	53,2	55	53,7			
Carbone Organique Total (COT)	mg C/kg MS	1 000	18 900	20 700	18 600	20 400	23 700			30 000
Azote kjeldhal	g/kg MS		1,5	2	1,8	2,2	1,3			
Phosphore total	mg/kg MS		312	252	296	323	504			
<b>Hydrocarbures totaux</b>										
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/kg MS	15	66,9	27,6	60,7	31,2	513			500
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg MS		2,08	0,85	7,51	0,75	38,8			
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/kg MS		9,1	1,21	9,79	0,6	113			
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/kg MS		20,8	6,99	18,2	6,56	202			
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/kg MS		35	18,5	25,2	23,3	159			
<b>Métaux</b>										
Arsenic (As)	mg/kg MS	1	5,8	6,22	5,18	7,1	4,06	25	50	
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,1	0,11	0,1	0,16	0,11	0,27	1,2	2,4	
Chrome (Cr)	mg/kg MS	0,1	19,8	12,1	18,1	18,8	50,9	90	180	
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	5	14	11	14,1	22,4	24,7	45	90	
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,1	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,15	0,40	0,80	
Nickel (Ni)	mg/kg MS	1	17,8	14,3	17,9	18,2	17,4	37	74	
Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	13	8,37	13,3	16,7	26,5	100	200	
Zinc (Zn)	mg/kg MS	5	32,7	18,9	31,7	30,9	77,9	276	552	
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>										
Naphtalène	mg/kg MS	0,002	0,01	<0,0021	0,008	<0,002	0,039	0,16	1,13	
Fluorène	mg/kg MS	0,002	0,005	<0,0021	0,04	<0,002	0,03	0,02	0,28	
Phénanthrène	mg/kg MS	0,002	0,02	<0,0021	0,35	0,01	0,17	0,24	0,87	
Pyrène	mg/kg MS	0,002	0,04	0,009	0,092	0,03	0,29	0,50	1,50	
Benzo(a)-anthracène	mg/kg MS	0,002	0,03	0,0043	0,041	0,03	0,31	0,26	0,93	
Chrysène	mg/kg MS	0,002	0,03	0,0028	0,027	0,03	0,27	0,38	1,59	
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg MS	0,002	0,01	<0,0021	0,0061	0,017	0,14	1,70	5,65	
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0,002	0,002	<0,0021	0,0026	0,01	0,06	0,06	0,16	
Acénaphthylène	mg/kg MS	0,002	0,02	0,0042	0,013	0,0024	0,11	0,04	0,34	
Acénaphthène	mg/kg MS	0,002	0,0057	<0,0021	0,01	<0,002	0,02	0,02	0,26	
Anthracène	mg/kg MS	0,002	0,01	0,0044	0,076	0,01	0,06	0,09	0,59	
Fluoranthène	mg/kg MS	0,002	0,04	0,004	0,13	0,04	0,29	0,60	2,85	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,002	0,05	0,0025	0,025	0,06	0,39	0,40	0,90	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0,002	0,02	<0,0021	0,0084	0,01	0,14	0,20	0,40	
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0,002	0,03	0,005	0,027	0,04	0,43	0,43	1,02	
Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg MS	0,002	0,02	<0,0021	0,0074	0,019	0,17	1,70	5,65	
Somme des HAP	mg/kg MS		0,33	0,04	0,86	0,30	2,90			50
<b>Polychlorobiphényles</b>										
PCB 28	mg/kg MS	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,010	
PCB 52	mg/kg MS	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005	0,010	
PCB 101	mg/kg MS	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0011	<0,001	0,010	0,020	
PCB 118	mg/kg MS	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0011	<0,001	0,010	0,020	
PCB 138	mg/kg MS	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0011	0,0014	0,020	0,040	
PCB 153	mg/kg MS	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0012	0,002	0,020	0,040	
PCB 180	mg/kg MS	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0011	<0,001	0,010	0,020	
Somme des PCB	mg/kg MS		0,004	0,004	0,004	0,004	0,006			1
<b>Organoétains</b>										
Dibutylétain cation-Sn (DBT)	µg Sn/kg MS	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0			
Tributylétain cation-Sn (TBT)	µg Sn/kg MS	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,2	100	400	
Tétra-butylétain -Sn (TeBT)	µg Sn/kg MS	10	<10	<10	<10	<10	<10			
Monobutylétain cation-Sn (MBT)	µg Sn/kg MS	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	3,2			
Triphénylétain cation-Sn (TPHT)	µg Sn/kg MS	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0			
MonoOctylétain cation-Sn (MOT)	µg Sn/kg MS	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0			
DiOctylétain cation-Sn (DOT)	µg Sn/kg MS	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0			
Tricyclohexylétain cation-Sn (TcHexT)	µg Sn/kg MS	2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0			
<b>Microbiologie</b>										
Escherichia coli	NPP/g	56	<56	<56	<56	<56	<56			

<0,5 : teneur inférieure au seuil de quantification analytique

\* Seuils N1 et N2 de l'arrêté du 30 juin 2020, relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins :

Teneur inférieure au seuil N1

Teneur inférieure au seuil N2

\*\* Critère d'acceptation en Installation de Stockage de Déchets (Arrêté du 12/12/14 et directive européenne du 19/12/2002) :

Seuil ISDI

Teneur > seuil ISDI => Acceptable en ISDND

Tableau 16 : Résultats des analyses sédimentaires – avril 2024

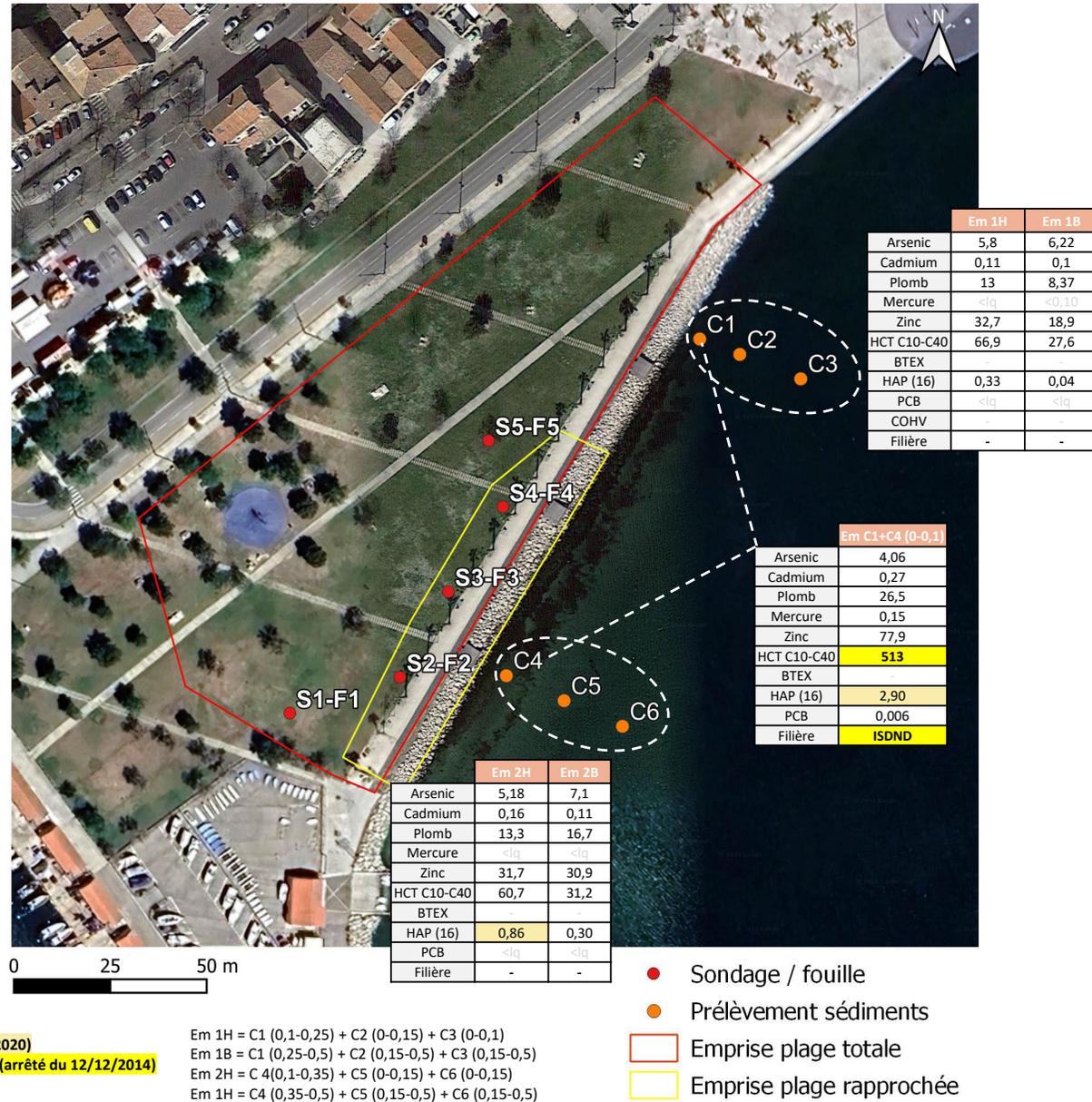


Figure 30 : Carte de synthèse des principaux résultats des analyses sédimentaires – avril 2024

## 10.3. Mise à jour du schéma conceptuel

Le tableau des voies d'exposition ainsi que le schéma conceptuel mis à jour, sont présentés ci-après.

SOURCE POTENTIELLE	VOIE DE TRANSFERT	VOIE D'EXPOSITION	NIVEAU DE RISQUE		MOTIF / REMARQUE
			CIBLES SUR SITE	CIBLES HORS SITE	
Sol	Envol de poussières - sols	Ingestion, contact cutané	Potentiel	Potentiel	Au regard de la qualité des remblais en présence et en l'absence de valeurs de référence pour ce type d'exposition, le risque est estimé potentiel.
	Air du sol	Inhalation polluants volatils air extérieur	Limité	Négligeable /Inexistant	Les remblais/sols ne contiennent pas de polluants volatils en teneur significative.
Sédiments	Eaux de ruissellement → Eaux de surface	Contact cutané	Potentiel	Potentiel	Au regard de la qualité des remblais en présence et en l'absence de valeurs de référence pour les expositions considérées le risque est estimé potentiel.
		Ingestion MES	Potentiel	Potentiel	
		Ingestion de produits de la pêche	Potentiel	Potentiel	Considérant la comparaison des résultats sols aux seuils N1/N2 (cf. § 10.1.3) un risque pour le milieu marin ne peut être exclu.

Tableau 17 : Examen des voies potentielles d'exposition à l'issue des investigations sur les sols (février 2024)

**En raison de la qualité médiocre des remblais et des sols au droit du site, de la sensibilité de l'usage envisagé, ainsi que des usages constatés sur l'étang de Berre, les risques sanitaires et pour l'environnement suivant ne peuvent être exclus :**

- Inhalation/ingestion de sol ;
- La mise en suspension et l'ingestion de substances indésirables durant les activités de baignades ;
- Le transfert de polluant vers la faune marine.

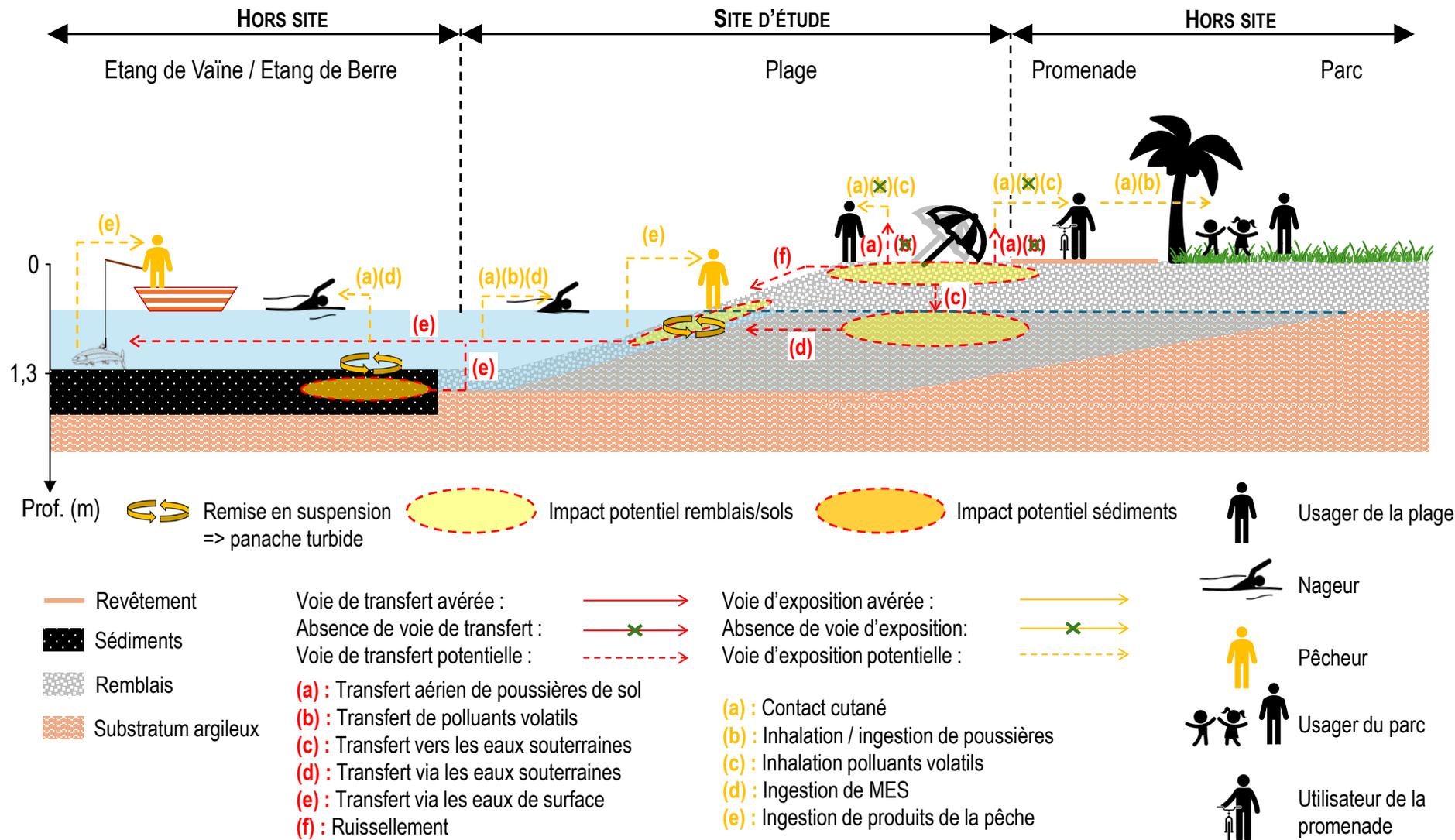


Figure 31 : Schéma conceptuel à l'issue des investigations de février et avril 2024

# 11. Conclusions et recommandations

CISMA Environnement a réalisé un diagnostic environnemental (prestations INFOS et DIAG) dans le cadre d'un projet d'aménagement d'une plage au niveau du parc Serge Andréoni sur la commune de Berre-l'Étang (13).

## Historique :

L'étude historique montre qu'aucune activité industrielle n'a eu cours sur la parcelle pressentie pour la construction de la plage. Il est par contre avéré que ce terrain a été gagné sur l'étang par des apports de remblais successifs d'origine inconnue et susceptibles de constituer une source de pollution. Par ailleurs le pourtour de l'étang a accueilli durant le siècle dernier un vaste complexe d'industrie notamment pétrochimiques et plus particulièrement le littoral de Berre-l'Étang, non loin de la zone d'étude. Immédiatement en limite nord-est de la parcelle étudié se trouvait une importante base d'hydravions. Ces activités ainsi que les activités agricoles et urbaines ont entraîné une pollution générale de l'étang de Berre et plus particulièrement de l'étang de Vaïne. Bien que les activités polluantes aient progressivement cessé à partir des années 1970 et que la qualité des eaux de l'étang soit aujourd'hui bonne, les pollutions historiques sont encore décelables dans les sédiments de l'étang. Les polluants plus particulièrement mis en évidence sont les ETM (Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Co, As) et certains polluants organiques (HAP, HCT, PCB). Au fil du temps les sédiments contaminés ont été couverts par des épaisseurs plus ou moins importantes de sédiments rapportés majoritairement par l'usine hydroélectrique de Saint-Chamas.

## Vulnérabilité :

L'étude de vulnérabilité permet de retenir essentiellement la vulnérabilité des eaux de surface. Plusieurs usages sensibles sont constatés sur l'étang (pêche professionnelle, usages récréatif). L'étang est en outre un espace naturel protégé (en ZNIEFF).

## Investigation sur les sols :

- Le terrain superficiel est constitué par une couche de remblais d'environ 1,5 -2 m, reposant sur des sols argilo-sableux. Ces remblais contiennent des déchets de démolition décimétriques et centimétriques en proportion pouvant être importante. Quelques débris de matériaux amiantés, type fibrociment, ont été retrouvés ponctuellement, mais la recherche d'amiante dans les sols emballant ces déchets s'est avérée négative.
- Les terrains sont saturés en eau à partir de 1,3-1,5 m de profondeur.
- Les remblais/sols présentent localement des teneurs notables en HCT, HAP et ETM (plomb, cuivre, zinc). Les teneurs en HCT les plus élevées (entre 504 et 1 310 mg/kg) sont constatées dans les remblais situés au niveau du toit de la nappe (à environ 1,5 m de profondeur), dans les 3 sondages/fouilles les plus proches de la berge de l'étang (i.e. 2, 3 et 4).
- Des traces de PCB sont détectés dans la moitié des échantillons.
- Les polluants organiques volatils ne sont pas mis en évidence.

## Investigation sur les sédiments :

- Les sédiments ont un faciès limoneux dominant. Ils sont globalement de bonne qualité au regard des seuils N1/N2 : ils contiennent notamment des métaux en teneurs normales et des HAP uniquement à l'état de traces.
- On note toutefois une anthropisation des sédiments les plus récents par des HCT C10-C40 et dans une moindre mesure par des HAP, en particulier à proximité de la berge sur les dix premiers

centimètres, avec des concentrations en HCT C10-C40 et en HAP jusqu'à 513 et 2,9 mg/kg respectivement.

- Les sédiments plus anciens (à partir de 0,1 à 0,35 m), ne sont que faiblement anthropisés, contrairement à ce que le laissait supposer l'étude historique (voir précédemment).

#### Risques sanitaires potentiels :

Dans le cadre du projet de création de plage, les résultats obtenus amènent à retenir un risque sanitaire potentiel à la fois pour les usagers du site mais également pour les usagers de l'étang, ainsi qu'un risque de dégradation de l'environnement. En effet et en l'absence de précaution le projet est susceptible (i) de créer un transfert de polluants vers les usagers du site et (ii) vers le milieu marin.

#### Gestion des déblais :

En ce qui concerne la gestion de déblais, les terres à excavées sont majoritairement assimilables à déchets non dangereux et pourront être orientées vers des filières de type ISDND ou biocentre et, dans une moindre mesure, à des déchets inertes qui pourront être valorisés en ISDI. A noter que les matériaux amiantés sont assimilables à des déchets dangereux et devront être orientés vers des filières adaptées.

En cas du retrait de la couche sédimentaire de surface impactée par des HCT C10-C40, ces sédiments ne seront pas acceptés en ISDI. Des analyses complémentaires sur lixiviat devront être effectuée pour préciser la filière.

**A l'issue de cette étude il est recommandé** d'engager la rédaction d'un plan de gestion au sens de la norme NF X 31-620-20 afin de déterminer les mesures de gestion les plus favorables d'un point de vue sanitaire, environnemental et économique.

## 12. Limites et incertitudes

#### Informations recueillies :

- Consultations des bases de données en ligne : les informations mises à disposition sur les sites Internet faisant référence dans le domaine des études des SSP et listées dans le Tableau 2 (Sites internet consultés) sont supposées fiables et à jour au moment de leur consultation. Toutefois, des erreurs et/ou des imprécisions concernant par exemple l'emprise ou la localisation d'objet ou d'entité spatiale, ne peuvent être totalement exclues.
- Lors de la visite de site : la qualité des informations issues de la visite de site dépend de la connaissance du site de la ou des personnes qui ont accompagné le personnel de CISMA Environnement. En outre, nous considérons que les informations et / ou documents communiqués lors de la visite de site sont véridiques et qu'aucune information relative notamment à un incident ou à une pratique, qui aurait pu générer une pollution, n'a sciemment été cachée.

**Echantillonnage des matrices solides (sols et sédiments)** : les sondages/prélèvements sont des investigations menées de manière ponctuelle en se basant sur des informations historiques et documentaires, sur des informations récoltées auprès de l'exploitant et/ou sur des informations collectées lors de la visite de site (sources de pollutions visibles). L'hétérogénéité du sous-sol, et les éventuelles lacunes des informations initiales, ne permettent pas de garantir l'exhaustivité de l'identification ou de la détermination des sources de pollution existantes.

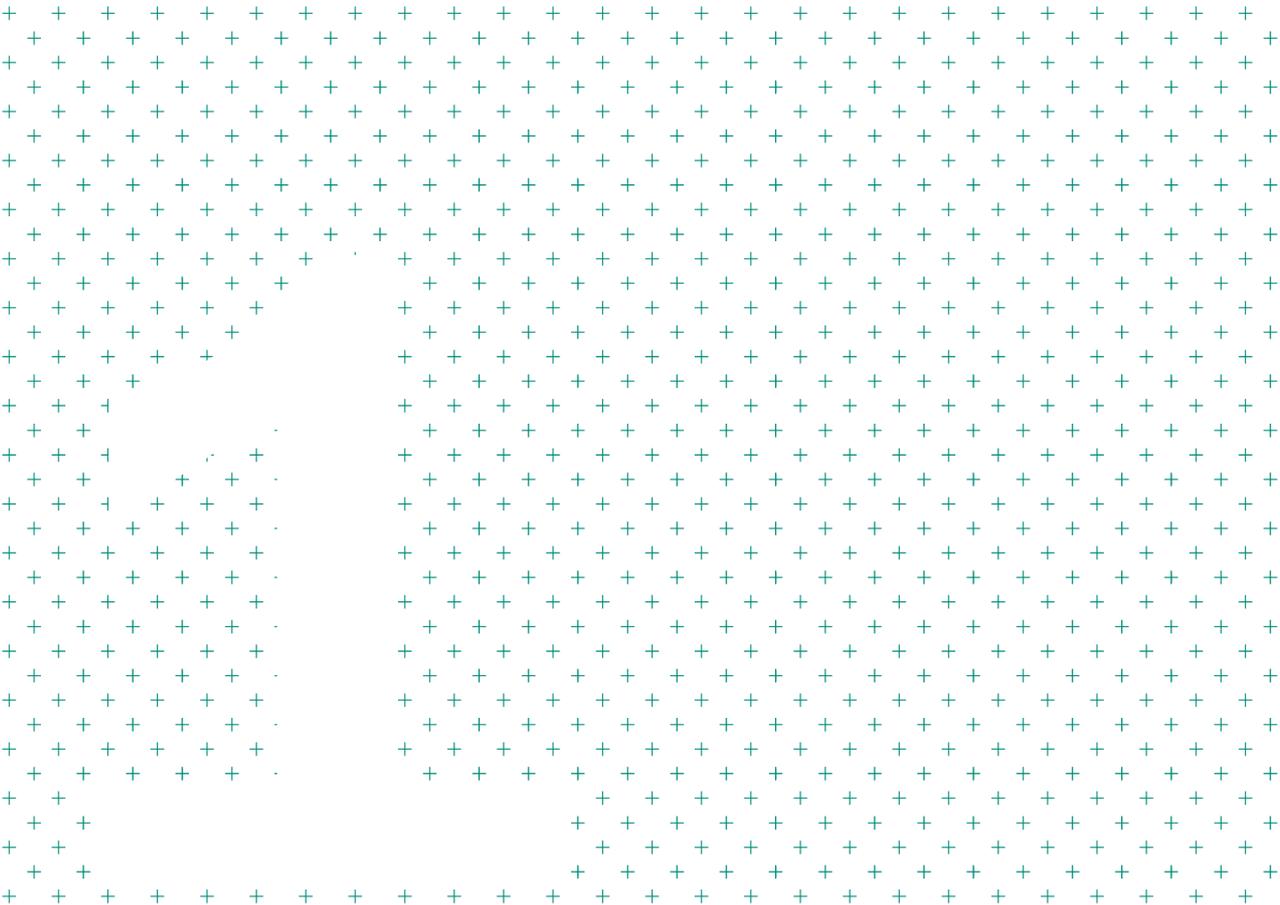
**Analyses en laboratoires** : des variations sur les résultats analytiques peuvent être observées en raison des incertitudes propres à la chaîne analytique, depuis le prélèvement jusqu'aux techniques employées au laboratoire. CISMA Environnement et ses sous-traitants mettent en œuvre les moyens visant à limiter ces incertitudes, mais ne peuvent en aucun cas garantir l'absence de variation dans les résultats.

**Temporalité des résultats** : les investigations rendent compte de la situation environnementale de la zone d'étude à un instant donné.

## 13. Justification des écarts

Sans objet. La prestation a été réalisée dans son intégralité et conformément à ce qui été prévu initialement.

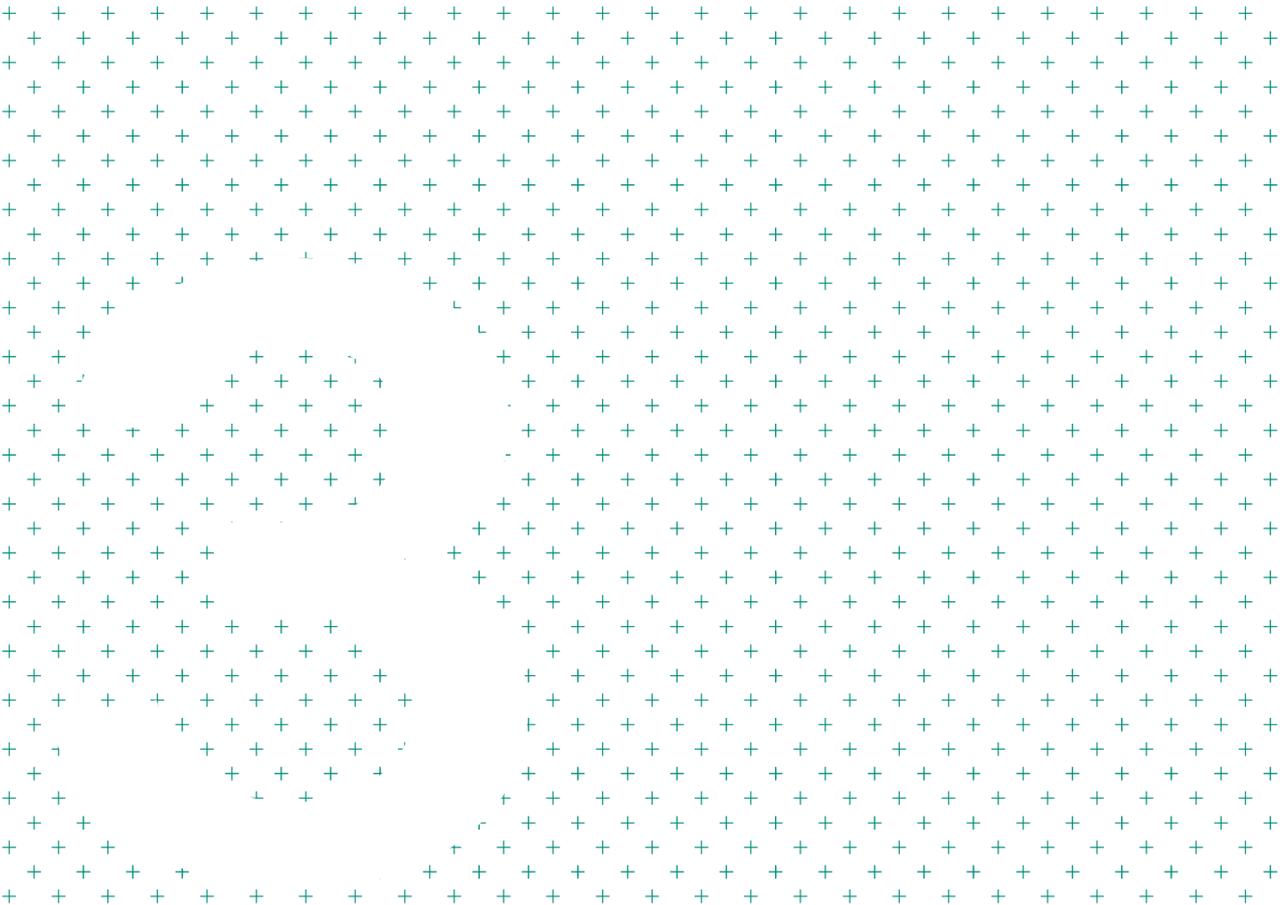
# Annexe 1 : Compte-rendu de visite de site



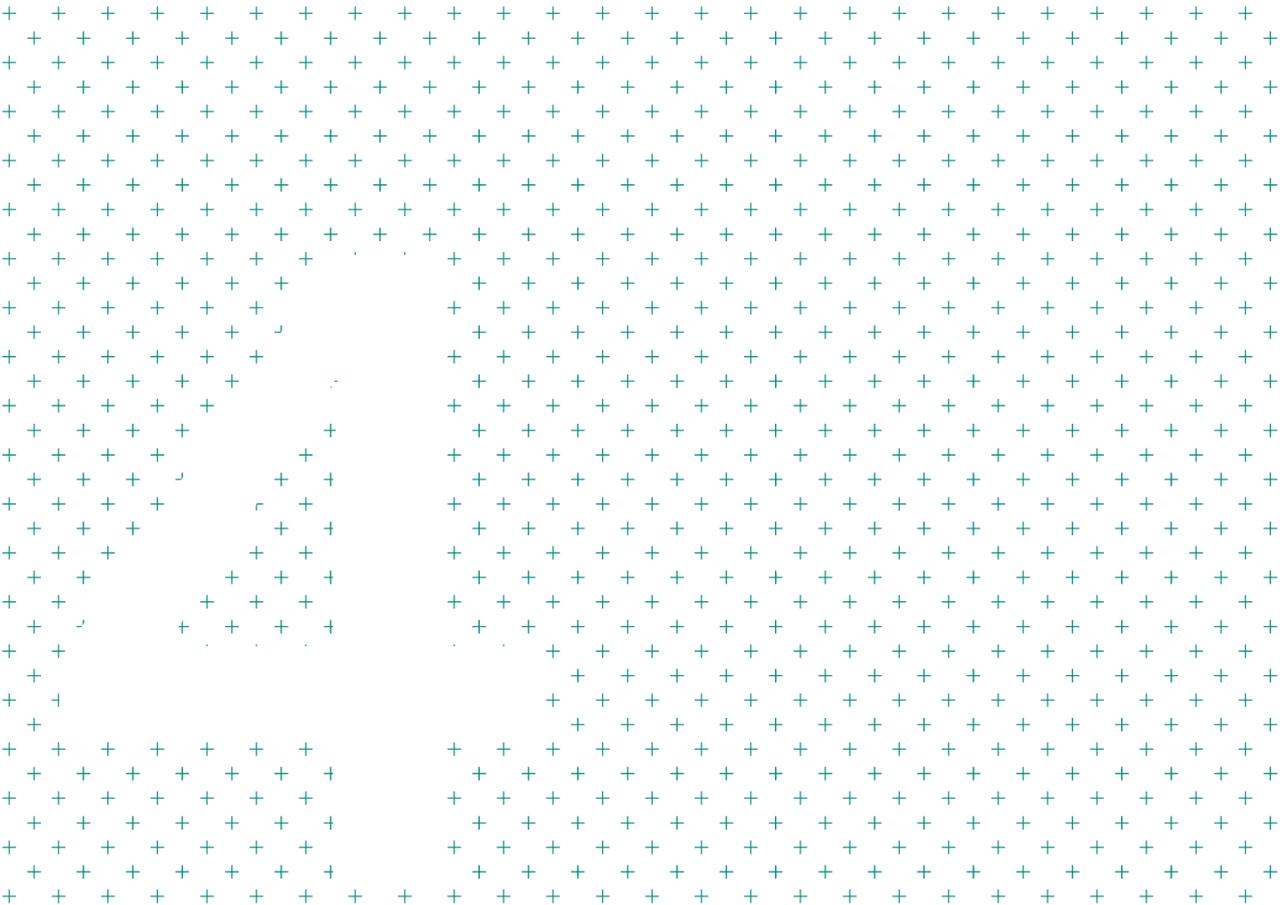
# Annexe 2 : Fiches ex-BASOL de la raffinerie et de l'usine pétrochimique de BERRE



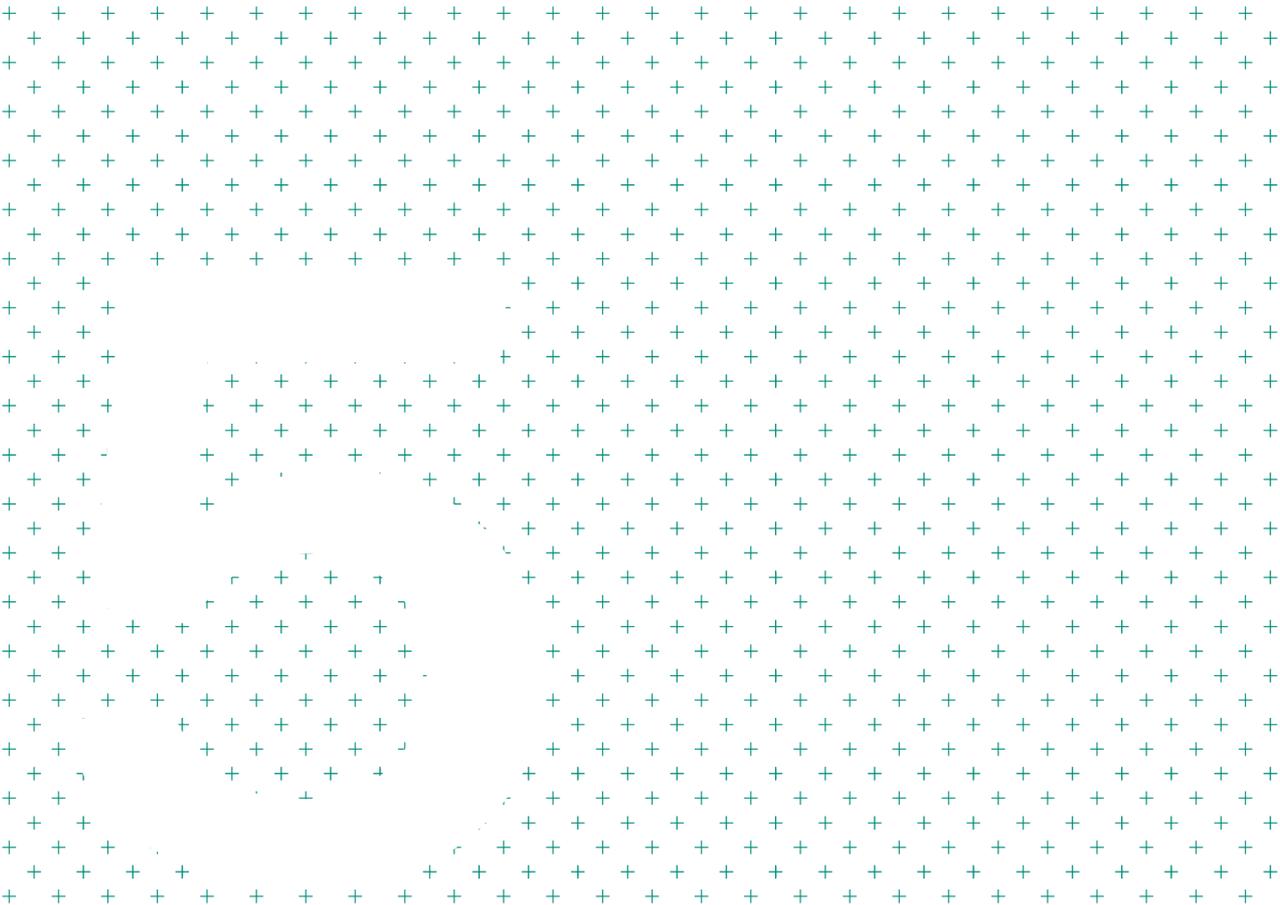
# Annexe 3 : Rapport d'inspection DREAL de la raffinerie de Berre du 15/09/2022



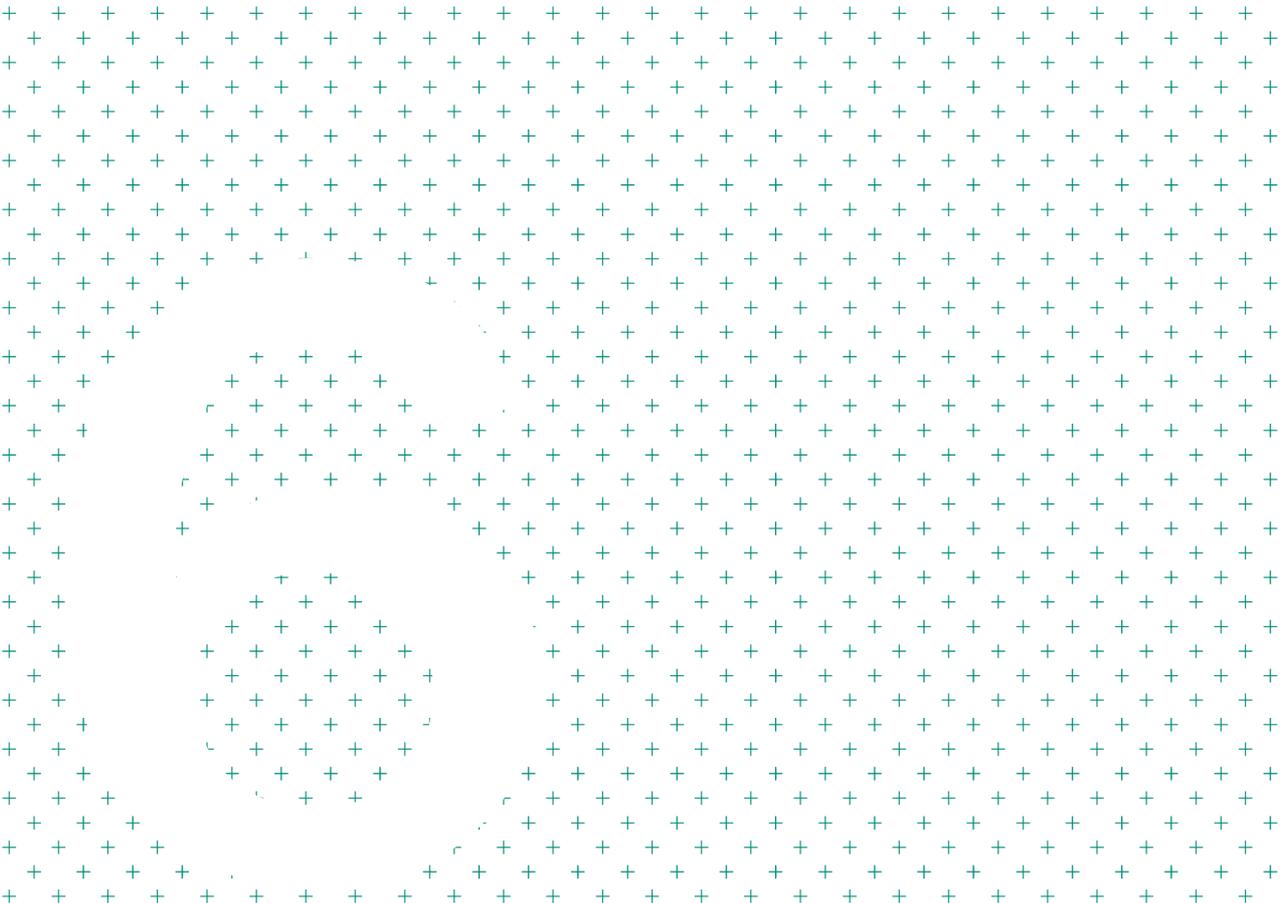
# Annexe 4 : Reportage photographique des sondages et des fouilles



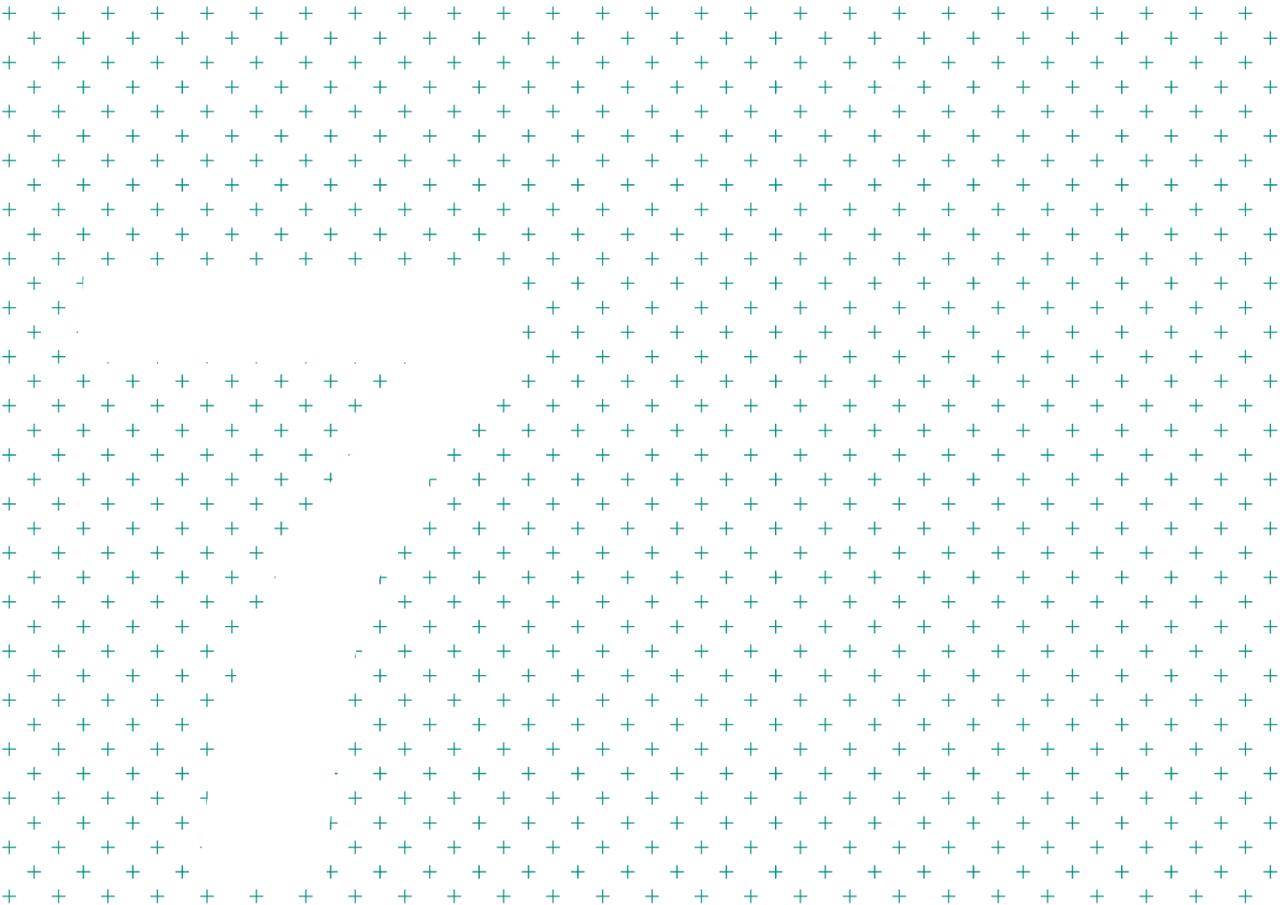
# Annexe 5 : Coupes lithologiques des sondages et des fouilles



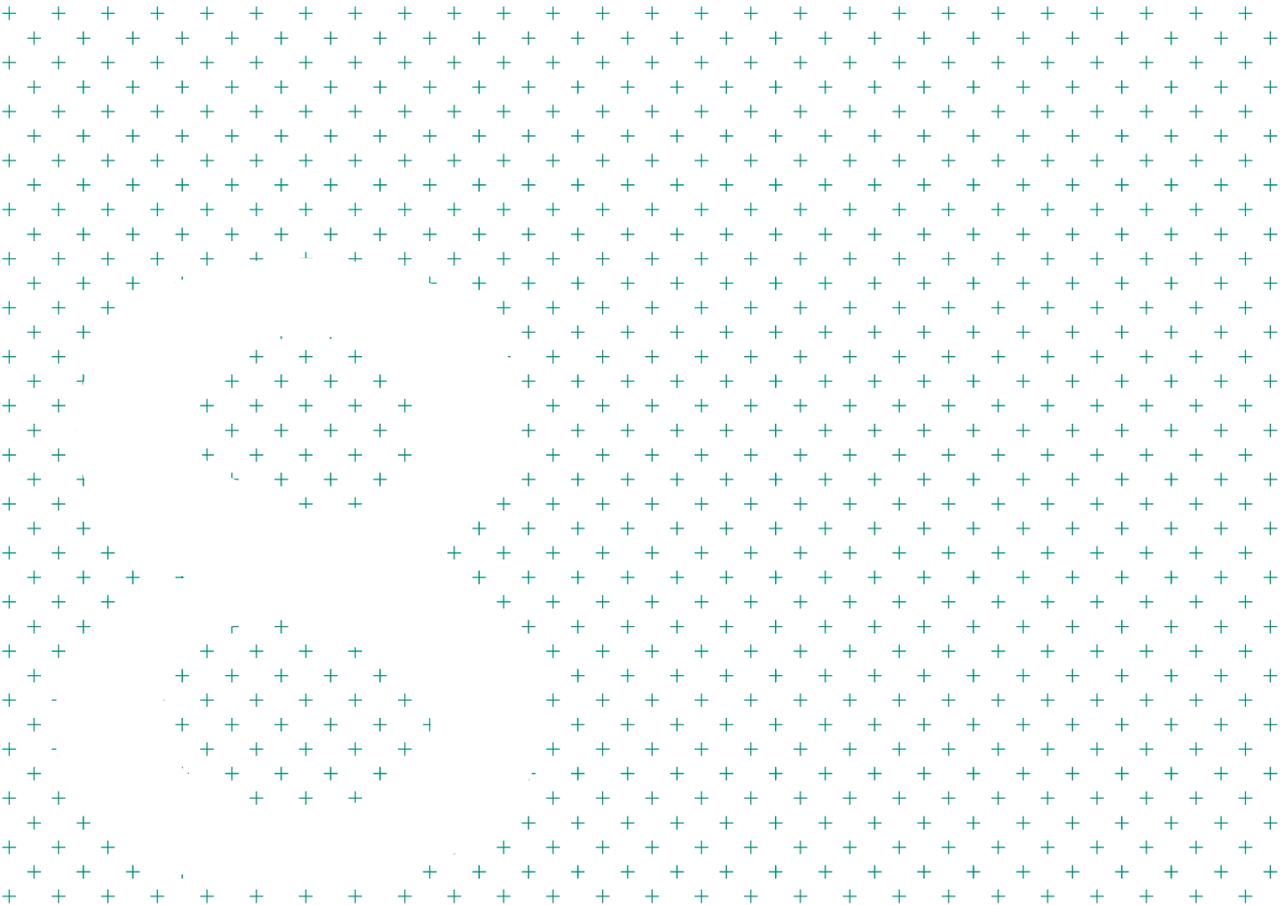
# Annexe 6 : Fiches des prélèvements sédimentaires



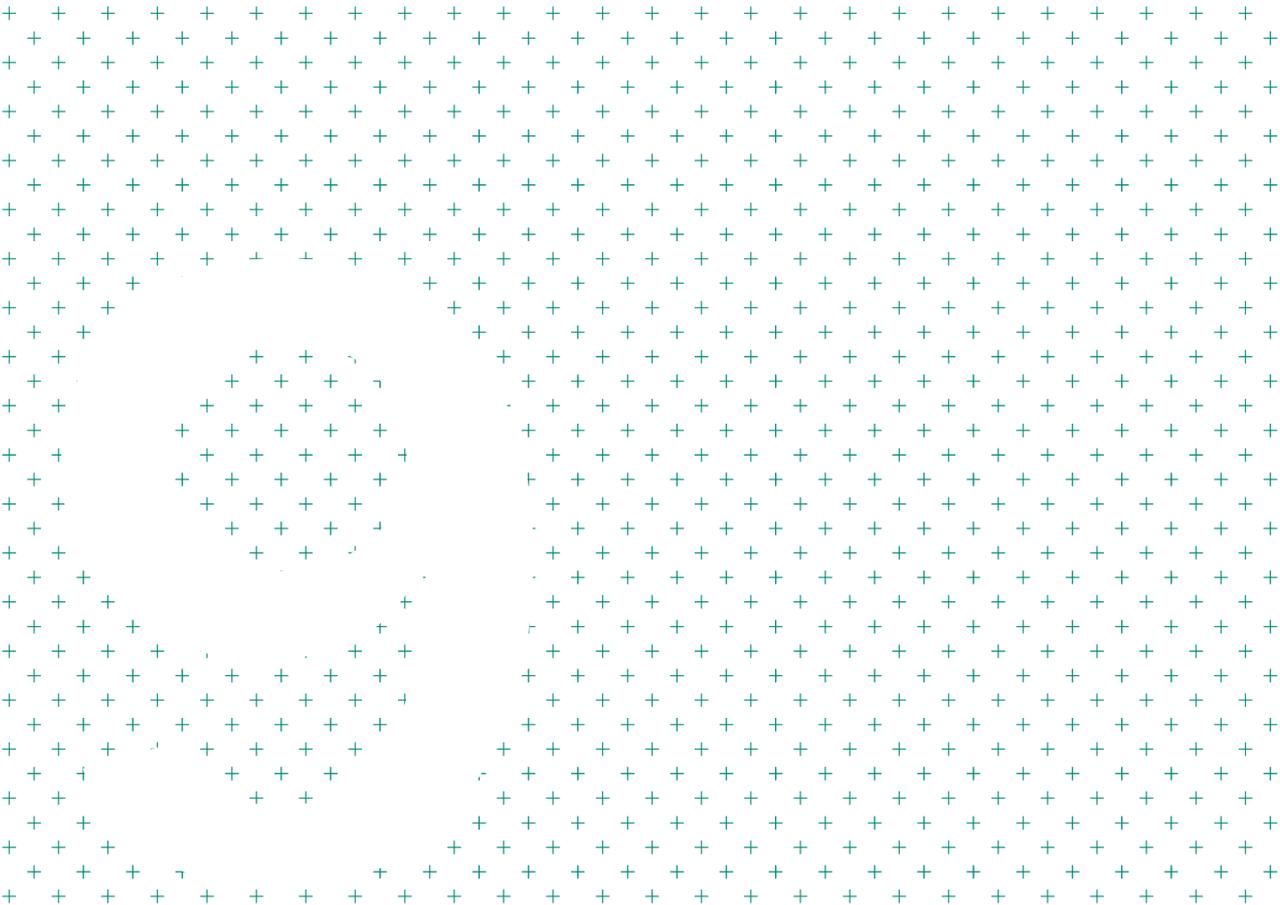
# Annexe 7 : Valeurs de référence considérées pour les sols



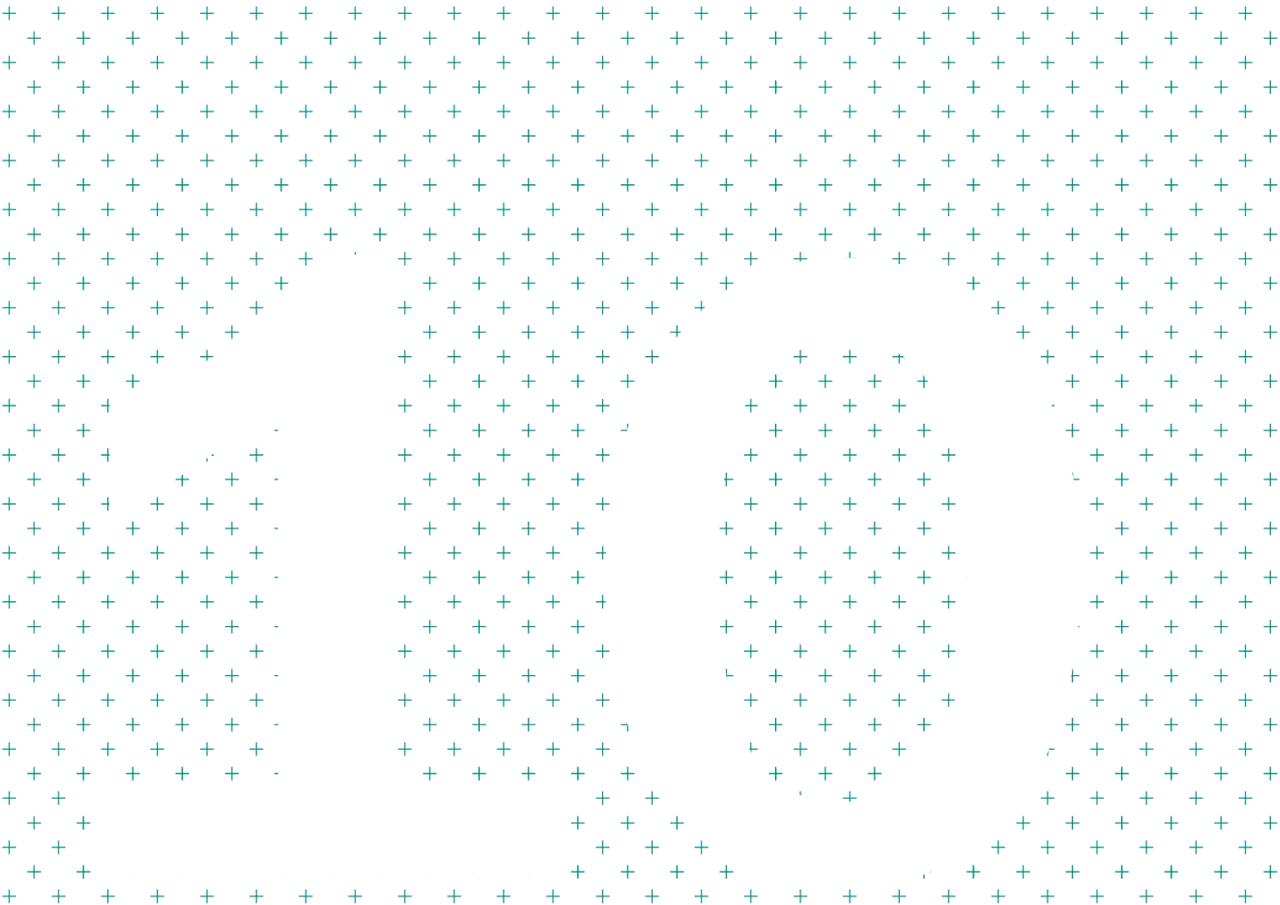
# Annexe 8 : Rapports d'analyses du laboratoire pour les sols



# Annexe 9 : Rapports d'analyses du laboratoire pour les matériaux



# Annexe 10 : Résultats des analyses granulométriques des sédiments



# Annexe 11 : Rapport d'analyses du laboratoire pour les sédiments

