

NOTE EXPLICATIVE 06 : DIAGNOSTIC SEDIMENTAIRE
PHASE DIAG - JUIN 2021

ANSE DU PHARO - MARSEILLE
Maîtrise d'œuvre pour l'opération création d'un village d'entreprises nautiques
SOLEAM

ARTELIA - PANORAMA ARCHITECTURE





Création d'un village d'entreprises nautiques – Anse du Pharo

Diagnostic sédimentaire

RAPPORT D'ANALYSES

SOLEAM



Création d'un village d'entreprises nautiques – Anse du Pharo

Diagnostic sédimentaire

SOLEAM

Rapport d'analyses

| VERSION | DESCRIPTION | ÉTABLI(E) PAR | APPROUVÉ(E) PAR | DATE |
|---------|--------------------|---------------|-----------------|------------|
| V1 | Rapport d'analyses | HCL | DVE | 11/05/2021 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

ETUDES HYDRAULIQUES ET ENVIRONNEMENTALES – Direction Méditerranée
Le Condorcet – 18 rue Elie Pelas – CS 80132 – 13322 Marseille Cedex 16 – TEL : 04.91.17.00.00

Rapport d'analyses

CREATION D'UN VILLAGE D'ENTREPRISES NAUTIQUES – ANSE DU PHARO

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| 1. CONTEXTE ET OBJECTIFS | 6 |
| 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES | 7 |
| 2.1. Compte rendu de l'intervention | 7 |
| 2.2. Plan d'échantillonnage | 7 |
| 2.3. Prélèvement des sédiments | 8 |
| 2.4. Les analyses réalisées | 10 |
| 3. RÉSULTATS | 11 |
| 3.1. Granulométrie..... | 11 |
| 3.2. Qualité physico-chimique des sédiments..... | 12 |
| 3.2.1. Caractérisation des sédiments au regard des seuils GEODE – paramètres du 30 juin 2020 | 12 |
| 3.2.1.1. Les niveaux de référence | 13 |
| 3.2.1.2. Les conditions d'utilisation | 14 |
| 3.2.2. Les résultats | 15 |
| 3.2.2.1. Matière sèche | 16 |
| 3.2.2.2. Teneur en aluminium | 16 |
| 3.2.2.3. Les métaux lourds | 16 |
| 3.2.2.4. Les polychlorobiphényles | 16 |
| 3.2.2.5. Les hydrocarbures polyaromatiques | 16 |
| 3.2.2.6. Le tributylétain..... | 17 |
| 3.3. Indice de contamination organique | 17 |
| 3.3.1. Description..... | 17 |
| 3.3.2. Les résultats | 18 |
| 3.4. Analyse du risque lié aux sédiments marins | 18 |
| 3.4.1. Dangérosité du sédiment..... | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.1.1. Description | 18 |
| 3.4.1.2. Résultats | 20 |
| 3.4.2. Mise en installation de stockage des déchets | 21 |
| 3.4.2.1. Catégories d'installation de stockage des déchets..... | 21 |
| 3.4.2.2. Résultats | 22 |
| 3.5. Conclusion..... | 23 |
| ANNEXES | 25 |
| 1- Bordereaux d'analyses | 25 |

TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1- Coordonnées des points de prélèvement | 7 |
| Tableau 2- Caractéristiques des sédiments prélevés et illustration des échantillons moyens | 9 |
| Tableau 3- Classification générale granulométrique | 11 |
| Tableau 4- Médiane de la fraction granulométrique et nature des sédiments..... | 12 |
| Tableau 5- Niveaux relatifs aux éléments traces..... | 13 |
| Tableau 6- Niveaux relatifs aux PCB | 13 |
| Tableau 7- Niveaux relatifs aux HAP | 14 |
| Tableau 8- Niveaux relatifs aux TBT..... | 14 |
| Tableau 9- Résultats des analyses de la qualité des sédiments de l'anse du Pharo | 15 |
| Tableau 10- Définition des indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique des sédiments marins et valeurs de référence de l'indice de pollution organique proposé par Alzieu (2004) | 17 |
| Tableau 11- Résultats de l'indice de pollution organique pour les sédiments de l'anse du Pharo | 18 |
| Tableau 12- Critères d'admission des déchets en installations de stockage | 22 |
| Tableau 13- Résultats des tests d'admissibilité des sédiments de l'anse du Pharo dans les installations de stockage de déchets | 23 |

FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1- Emprise maximum de la zone potentielle de dragage | 6 |
| Figure 2- Navire de surface | 7 |
| Figure 3- Plan d'échantillonnage des sédiments de l'anse du Pharo | 8 |
| Figure 4- Résultats des analyses granulométriques des sédiments de l'anse du Pharo | 12 |
| Figure 5- Interprétation des résultats de l'indice de pollution organique | 18 |
| Figure 6- Protocole d'essai du test HP14 et logigramme à appliquer pour les sédiments..... | 19 |
| Figure 7- Résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur les éluats | 20 |
| Figure 8- Résultats en % de matière sèche (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute | 20 |
| Figure 9- Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus | 21 |

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le projet de création d'un village d'entreprises nautiques à l'anse du Pharo va nécessiter la réalisation d'un dragage des fonds marins. Celui-ci concernera le fond de l'anse et permettra d'obtenir un tirant d'eau suffisant pour la navigation des bateaux.



Figure 1- Emprise maximum de la zone potentielle de dragage

Dans ce cadre, un diagnostic sédimentaire a été réalisé pour caractériser la nature et la qualité des sédiments marins afin de définir les modes de dragage et de gestion les plus adaptés.

A ce jour, il est possible de préciser que le dragage concernera un volume estimé entre 2000 et 3000 m³ et que la profondeur de dragage pourra atteindre au maximum de 3,5 m très localement.

Les résultats de ce diagnostic sont présentés dans ce rapport.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. COMPTE RENDU DE L'INTERVENTION

La mission de prélèvement des sédiments s'est déroulée le 18 février 2021. Le temps était beau et il n'y avait pas de vent. Une équipe, constituée de 2 plongeurs et d'un équipier, est intervenue pour réaliser les prélèvements. L'intervention a été menée depuis un semi-rigide de 5 m.



Figure 2- Navire de surface

2.2. PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Le plan d'échantillonnage suivant a été suivi. Les prélèvements ont été réalisés sur 11 points situés dans l'anse du Pharo. Leurs coordonnées sont données dans le tableau suivant et localisées sur la figure suivante.

| Station N° | | Latitude (WGS84) | Longitude (WGS84) |
|------------|-----|---------------------|----------------------|
| P1 | P1A | 43°17,702' N | 5°21,361' E |
| | P1B | 43°17,689' N | 5°21,361' E |
| | P1C | 43°17,677' N | 5°21,367' E |
| P2 | P2A | 43°17,678' N | 5°21,392' E |
| | P2B | 43°17,669' N | 5°21,380' E |
| | P2C | 43°17,663' N | 5°21,399' E |
| P3 | P3A | 43°17,682' N | 5°21,428' E |
| | P3B | 43°17,678' N | 5°21,415' E |
| | P3C | 43°17,663' N | 5°21,419' E |
| P5 | P5A | 43°17,712' N | 5°21,375' E |
| | P5B | 43°17,711' N | 5°21,400' E |

Tableau 1- Coordonnées des points de prélèvement

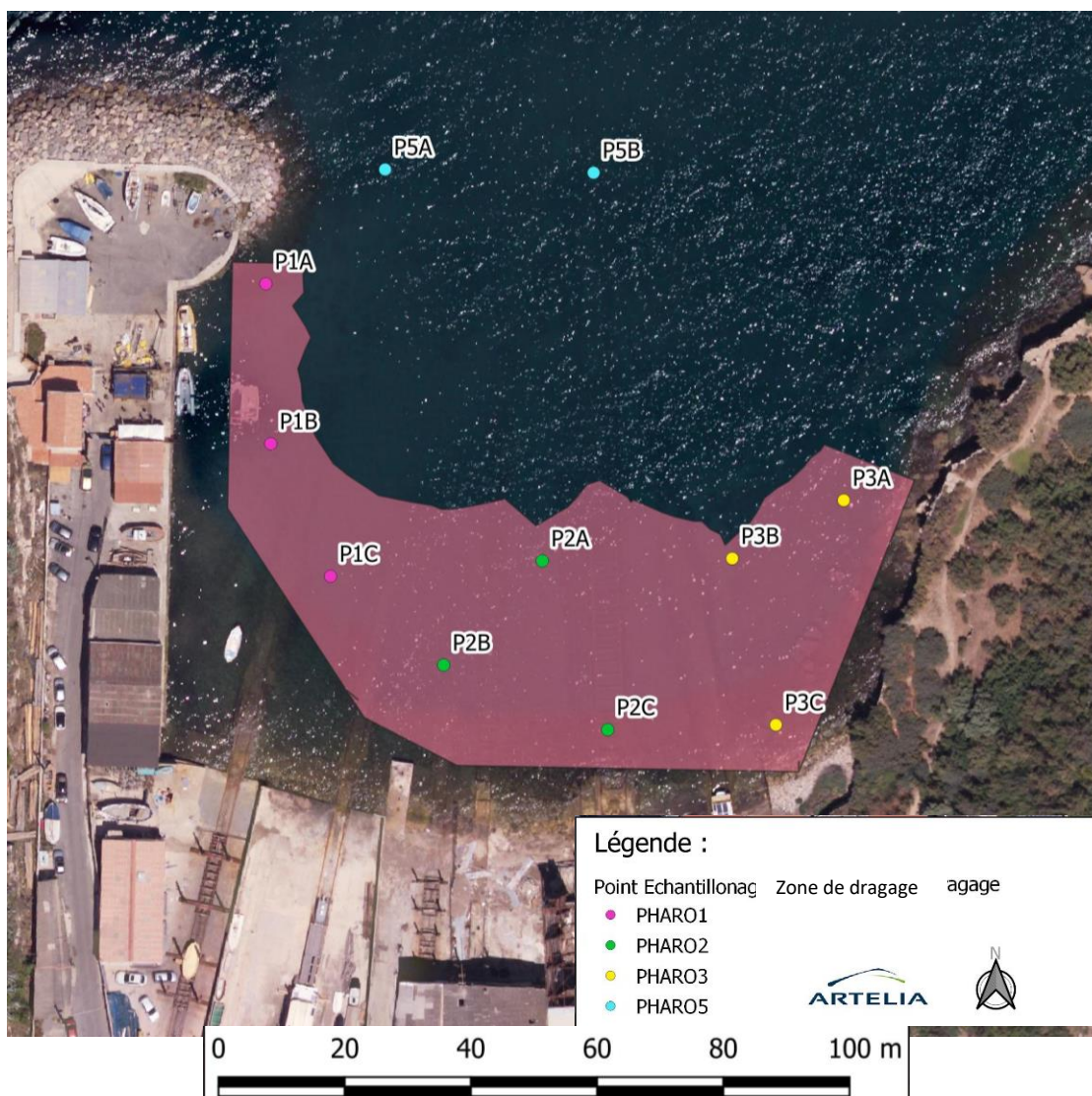


Figure 3- Plan d'échantillonnage des sédiments de l'anse du Pharo

Les échantillons P1, P2 et P3 concernent l'opération de dragage. L'échantillon P5 a été réalisé en complément pour caractériser la qualité des sédiments sur l'emprise du futur ouvrage prévu.

2.3. PRELEVEMENT DES SEDIMENTS

Les prélèvements ont été effectués avec un carottier à main de 1 m de hauteur en plongée sous-marine. Quatre échantillons moyens des sédiments ont été constitués à partir des 11 prélèvements de sédiments.

Pour cela, chaque échantillon élémentaire a été remonté sur le bateau. Le carottier a été vidé dans une baignoire permettant l'homogénéisation des différents prélèvements composant l'échantillon moyen. Une fois mélangés, les matériaux ont été immédiatement conditionnés dans le flacon fourni par le laboratoire d'analyses. Les flacons ont été identifiés, maintenus au frais et expédiés dans la journée au laboratoire EUROFIN, accrédité COFRAC pour les analyses de sédiments.

Les caractéristiques des sédiments prélevés sont données dans le tableau suivant.

| Echantillon moyen | Echantillon élémentaire | Profondeur | Description | Illustration |
|-------------------|-------------------------|------------|---|---|
| P1 | P1A | 3,1 m | Observation de 2 strates dans les carottes, une claire (jaune/ocre), une noire Odeur dans le prélèvement P1C |  |
| | P1B | 3,1 m | | |
| | P1C | 2,9 m | | |
| P2 | P2A | 3 m | Présence d'irisation en surface de l'eau de la carotte Observation d'une dalle en béton |  |
| | P2B | 2 m | | |
| | P2C | 2 m | | |
| P3 | P3A | 4,1 m | Observation de 2 strates dans la carotte, une claire (jaune/ocre), une noire |  |
| | P3B | 3,3 m | | |
| | P3C | 2,1 m | | |
| P5 | P5A | 5,1 m | Sédiments très grossiers/carottage difficile (socle rocheux du platier?) |  |
| | P5B | 5,3 m | | |

Tableau 2- Caractéristiques des sédiments prélevés et illustration des échantillons moyens

2.4. LES ANALYSES REALISEES

Les analyses suivantes ont été effectuées :

- paramètres de l'arrêté du 30 juin 2020, relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments, et la circulaire n°2000-62 du 14 juin 2000, relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire ;
- paramètres de l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes en installation de stockage des déchets ;
- test d'écotoxicité HP14

Le tableau suivant synthétise les analyses réalisées en fonction des échantillons :

| Echantillon moyen | Paramètres de l'arrêté du 30 juin 2020 | Paramètres de l'arrêté du 12 décembre 2014 | Test écotoxicologique HP14 |
|-------------------|--|--|----------------------------|
| P1 | X | X | |
| P2 | X | X | |
| P3 | X | X | |
| P5 | X | | |
| P4 | | | X |

L'échantillon P4 correspond à un mélange de sédiments en proportion équivalente des échantillons moyens P1, P2 et P3.

3. RESULTATS

3.1. GRANULOMETRIE

La granulométrie est la mesure de la taille des grains d'un sédiment et correspond à la définition des paramètres exprimant cette taille, telle que la médiane (valeur qui sépare l'échantillon en deux effectifs égaux). La granulométrie peut être exprimée selon la classification suivante.

| CLASSE | DIAMETRE DES GRAINS |
|-----------------------|---------------------|
| Colloïdes | < 0,12 µm |
| Précolloïdes | 0,12 – 4 µm |
| Silts | 4 – 63 µm |
| Sables très fins | 63 – 125 µm |
| Sables fins | 125 – 250 µm |
| Sables moyens | 250 – 500 µm |
| Sables grossiers | 500 – 1 000 µm |
| Sables très grossiers | 1 – 2 mm |
| Graviers | 2 – 20 mm |
| Galets | 20 – 200 mm |
| Blocs | > 200 mm |

Tableau 3- Classification générale granulométrique

Il est communément admis que les « vases » correspondent à la fraction < 63 µm. Les vases sont généralement constituées :

- D'une matrice minérale (quartz, feldspaths ou carbonates) ;
- D'argiles, fraction < à 2 µm (kaolinite, illite, smectite). Les argiles sont des silicates d'aluminium hydratés qui présentent une structure cristalline en feuillets ;
- D'une fraction organique (débris végétaux, micro-organismes, acides fulviques et humiques) ;
- D'eau présente sous différentes formes.

La granulométrie des échantillons prélevés en 2021 a été déterminée par granulométrie laser. Les caractéristiques principales des échantillons sont présentées sur la figure suivante.

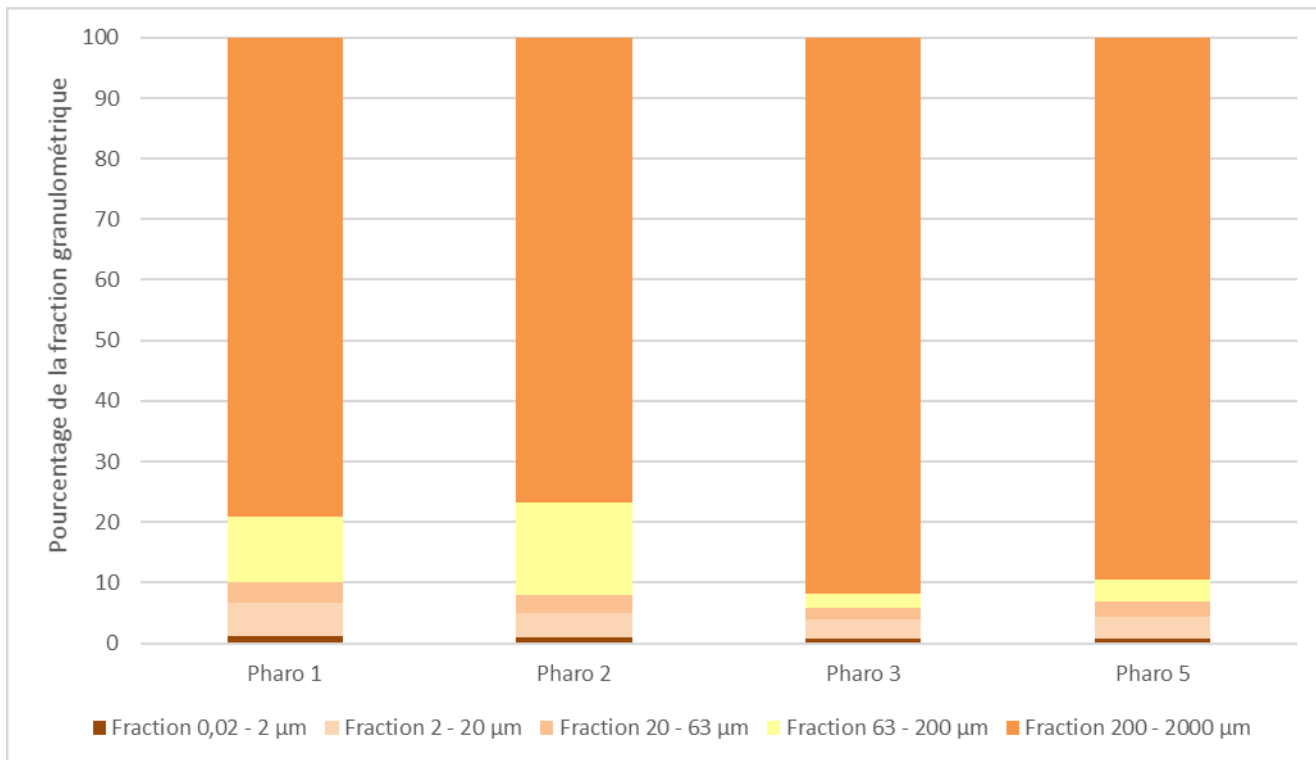


Figure 4- Résultats des analyses granulométriques des sédiments de l'anse du Pharo

| Echantillon | Pharo 1 | Pharo 2 | Pharo 3 | Pharo 5 |
|---|---------------|--------------|------------------|------------------|
| Valeur de la médiane (µm) | 483,506 | 383,828 | 696,999 | 663,099 |
| Nature des sédiments | Sables moyens | Sable moyens | Sables grossiers | Sables grossiers |
| Teneur en vase (% de matériaux < 63 µm) | 10,15% | 7,95% | 5,9% | 6,79% |

Tableau 4- Médiane de la fraction granulométrique et nature des sédiments

Les sédiments de l'anse du Pharo sont de nature grossière, allant de sables moyens aux sables grossiers. Ils présentent de faibles teneurs en vase, plus importante dans l'ouest de la baie que dans l'est.

3.2. QUALITE PHYSICO-CHEMIE DES SEDIMENTS

3.2.1. Caractérisation des sédiments au regard des seuils GEODE – paramètres du 30 juin 2020

Afin d'identifier les risques environnementaux liés au dragage, la Direction des Ports et de la Navigation Maritimes a créé, en décembre 1990, un groupe de travail dénommé GEODE (Groupe d'Etude et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement).

Les travaux de ce groupe de travail ont vu naître des textes réglementaires et notamment l'arrêté du 14 juin 2000¹ relatif « aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire » auquel était associée une circulaire et des instructions techniques. Cet arrêté présente notamment des niveaux de contamination des sédiments N1 et N2.

Ces niveaux de contamination permettent, d'une part, d'identifier le risque lié à l'immersion des sédiments mais également de définir la procédure réglementaire (autorisation ou déclaration). Ces seuils sont donc les seuls permettant de caractériser une opération de dragage même si le sédiment n'est pas destiné à être immergé.

Pour chaque substance, sélectionnée en fonction des connaissances et de sa représentativité en matière de potentiel d'impact sur le milieu naturel dans le cas de sédiments dragués destinés à être immergés, des seuils ont été définis, correspondants à des niveaux potentiels d'impact croissants sur un même milieu.

3.2.1.1. Les niveaux de référence

L'arrêté du 9 août 2006, modifié par 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, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n°93-742 du 29 mars 1993 (mentionné également à l'arrêté du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire) précise par son article 1 : « Lorsque, pour apprécier l'incidence de l'opération sur le milieu aquatique (ou pour apprécier l'incidence sur le milieu aquatique d'une action déterminée), une analyse est requise en application du décret nomenclature : La qualité des sédiments marins ou estuariens est appréciée au regard des seuils de la rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature dont les niveaux de référence N1 et N2 sont précisés dans les tableaux suivants » :

Tableau 5- Niveaux relatifs aux éléments traces

| ELEMENTS TRACES | UNITE | NIVEAU N1 | NIVEAU N2 |
|-----------------|-------|-----------|-----------|
| Arsenic (As) | mg/kg | 25 | 50 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg | 1,2 | 2,4 |
| Chrome (Cr) | mg/kg | 90 | 180 |
| Cuivre (Cu) | mg/kg | 45 | 90 |
| Mercuré (Hg) | mg/kg | 0,4 | 0,8 |
| Nickel (Ni) | mg/kg | 37 | 74 |
| Plomb (Pb) | mg/kg | 100 | 200 |
| Zinc (Zn) | mg/kg | 276 | 552 |

Tableau 6- Niveaux relatifs aux PCB

| POLLUANTS ORGANIQUES | UNITE | NIVEAU N1 | NIVEAU N2 |
|----------------------|-------|-----------|-----------|
| PCB 28 | mg/kg | 0,005 | 0,01 |
| PCB 52 | mg/kg | 0,005 | 0,01 |
| PCB 101 | mg/kg | 0,01 | 0,02 |
| PCB 118 | mg/kg | 0,01 | 0,02 |
| PCB 138 | mg/kg | 0,02 | 0,04 |
| PCB 153 | mg/kg | 0,02 | 0,04 |
| PCB 180 | mg/kg | 0,01 | 0,02 |

¹ Cet arrêté est aujourd'hui remplacé par l'arrêté du 30 juin 2020

Tableau 7- Niveaux relatifs aux HAP

| HAP | UNITE | NIVEAU N1 | NIVEAU N2 |
|---------------------------|-------|-----------|-----------|
| Naphtalène | µg/kg | 160 | 1 130 |
| Acénaphène | µg/kg | 15 | 260 |
| Acénaphthylène | µg/kg | 40 | 340 |
| Fluorène | µg/kg | 20 | 280 |
| Anthracène | µg/kg | 85 | 590 |
| Phénanthrène | µg/kg | 240 | 870 |
| Fluoranthène | µg/kg | 600 | 2 850 |
| Pyrène | µg/kg | 500 | 1 500 |
| Benzo [a] anthracène | µg/kg | 260 | 930 |
| Chrysène | µg/kg | 380 | 1 590 |
| Benzo [b] fluoranthène | µg/kg | 400 | 900 |
| Benzo [k] fluoranthène | µg/kg | 200 | 400 |
| Benzo [a] pyrène | µg/kg | 430 | 1 015 |
| Di-benzo [a,h] anthracène | µg/kg | 60 | 160 |
| Benzo [g,h,i] pérylène | µg/kg | 1 700 | 5 650 |
| Indéno [1,2,3-cd] pyrène | µg/kg | 1 700 | 5 650 |

Tableau 8- Niveaux relatifs aux TBT

| TBT | UNITE | NIVEAU N1 | NIVEAU N2 |
|-----|-------|-----------|-----------|
| TBT | mg/kg | 0,1 | 0,4 |

3.2.1.2. Les conditions d'utilisation

La circulaire (jointe à l'arrêté du 14 juin 2000) définit, par son point 3, les conditions d'utilisation des seuils et stipule que :

- **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 s'avérer 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 : Cd, Hg, ...) ; 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. Toutefois, le coût et les délais en résultant doivent rester proportionnés au coût du projet et le maître d'ouvrage doit intégrer les délais de réalisation des analyses dans son propre calendrier ;
- **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 concernée (afin, par exemple, de délimiter le secteur plus particulièrement concerné). En fonction des résultats, le maître d'ouvrage pourra étudier des solutions alternatives pour réaliser le dragage, ou des phasages de réalisation (ex. : réduire le dragage en période de reproduction ou d'alevinage de certaines espèces rares très sensibles).

3.2.2. Les résultats

Les résultats des analyses physico-chimiques des sédiments prélevés en 2021 dans l'anse du Pharo sont présentés dans le tableau suivant.

| Paramètres | Pharo 1 | Pharo 2 | Pharo 3 | Pharo 5 | N1 | N2 |
|---|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| Phase 1: Propriétés physiques | | | | | | |
| Matières sèches % | 74,6 | 73 | 80,4 | 81 | | |
| Densité | 2,61 | 2,14 | 1,98 | 2,14 | | |
| Teneur en Al g/kg | 3,03 | 3,78 | 5,74 | 1,51 | | |
| COT g/kg | 15,2 | 4,18 | 10,4 | 7,68 | | |
| Phase 2: Propriétés chimiques: substances polluantes | | | | | | |
| As mg/kg | 23,9 | 29,4 | 19,6 | 5,99 | 25 | 50 |
| Cd mg/kg | 1,21 | 0,5 | 0,31 | < 0,1 | 1,2 | 2,4 |
| Cr mg/kg | 18,5 | 36,1 | 18,2 | 5,94 | 90 | 180 |
| Cu mg/kg | 325 | 570 | 191 | 30,2 | 45 | 90 |
| Hg mg/kg | 6,73 | 12 | 0,86 | 0,78 | 0,4 | 0,8 |
| Ni mg/kg | 10,8 | 20,4 | 13,3 | 4,37 | 37 | 74 |
| Pb mg/kg | 398 | 335 | 394 | 38,9 | 100 | 200 |
| Zn mg/kg | 1320 | 615 | 256 | 42,7 | 276 | 552 |
| PCB 28 mg/kg | 0,0011 | 0,0024 | < 0,001 | < 0,001 | 0,005 | 0,01 |
| PCB 52 mg/kg | 0,015 | 0,03 | 0,0033 | 0,0014 | 0,005 | 0,01 |
| PCB 101 mg/kg | 0,026 | 0,052 | 0,011 | 0,0032 | 0,01 | 0,02 |
| PCB 118 mg/kg | 0,02 | 0,052 | 0,0021 | 0,0041 | 0,01 | 0,02 |
| PCB 138 mg/kg | 0,036 | 0,089 | 0,0068 | 0,0082 | 0,02 | 0,04 |
| PCB 153 mg/kg | 0,038 | 0,084 | 0,0045 | 0,0092 | 0,02 | 0,04 |
| PCB 180 mg/kg | 0,018 | 0,043 | 0,0033 | 0,0055 | 0,01 | 0,02 |
| PCB Totaux mg/kg | | | | | | |
| Somme des 7 PCB mg/kg | 0,154 | 0,352 | 0,032 | 0,032 | | |
| Fluoranthène | 1,3 | 0,3 | 0,99 | 0,16 | 0,6 | 2,85 |
| Benzo(k)fluoranthène | 0,39 | 0,32 | 0,22 | 0,046 | 0,2 | 0,4 |
| Benzo(b)fluoranthène | 2,2 | 0,47 | 0,61 | 0,21 | 0,4 | 0,9 |
| Benzo(a)pyrène | 2 | 0,32 | 0,48 | 0,19 | 0,43 | 1,015 |
| Indéno(1,2,3-Cd)pyrène | 1,1 | 0,21 | 0,18 | 0,11 | 1,7 | 5,65 |
| Benzo(ghi)perylène | 1,4 | 0,28 | 0,23 | 0,14 | 1,7 | 5,65 |
| Naphtalène | 0,02 | 0,007 | 0,027 | < 0,002 | 0,16 | 1,13 |
| Acénaphtylène | 0,044 | 0,043 | 0,031 | 0,0067 | 0,04 | 0,34 |
| Acénaphène | 0,038 | 0,015 | 0,1 | 0,0068 | 0,015 | 0,26 |
| Fluorène | 0,07 | 0,014 | 0,14 | 0,0095 | 0,02 | 0,28 |
| Phénanthrène | 0,82 | 0,12 | 0,83 | 0,071 | 0,24 | 0,87 |
| Anthracène | 0,35 | 0,041 | 0,25 | 0,028 | 0,085 | 0,59 |
| Pyrène | 1,6 | 0,28 | 0,73 | 0,16 | 0,5 | 1,5 |
| Benzo(a)anthracène | 0,99 | 0,18 | 0,47 | 0,12 | 0,26 | 0,93 |
| Chrysène | 0,94 | 0,22 | 0,52 | 0,11 | 0,38 | 1,59 |
| Dibenzo(a,h)anthracène | 0,44 | 0,071 | 0,069 | 0,043 | 0,06 | 0,16 |
| Somme des 16 HAP mg/kg | 14 | 2,9 | 5,9 | 1,4 | | |
| TBT µg/kg | 1400 | 2600 | 1800 | 140 | 100 | 400 |
| DBT µg/kg | 800 | < 820 | 790 | 64 | | |
| MBT µg/kg | 980 | 3500 | 1400 | 96 | | |
| Phase 2: Propriétés chimiques: nutriments | | | | | | |
| Azote Kjeldahl g/kg | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | < 0,5 | | |
| Phosphore total mg/kg | 1340 | 1800 | 816 | 440 | | |

Tableau 9- Résultats des analyses de la qualité des sédiments de l'anse du Pharo

3.2.2.1. Matière sèche

Les sédiments du port de l'anse du Pharo ont des teneurs en matières sèches de l'ordre de 70 à 80 %. Leur teneur en eau est donc faible. Leur consolidation est importante.

3.2.2.2. Teneur en aluminium

L'aluminium, présent naturellement en quantités importantes dans les sédiments, est le signe d'apports terrigènes (argiles) et ne reflète pas de contamination du milieu.

La concentration moyenne en aluminium dans les sédiments est de 3,5 g/kg. Cette valeur est corrélée aux teneurs en argiles faibles présentes dans les sédiments.

3.2.2.3. Les métaux lourds

Les métaux lourds entrent dans la constitution des roches et sont présents à l'état naturel dans les sédiments. Depuis le début de l'ère industrielle, des changements importants ont eu lieu dans le bilan global de la répartition des métaux à la surface de la terre. Les teneurs de certains d'entre eux ont été multipliées par un facteur allant de 100 à 1 000. Ils peuvent changer de forme et devenir plus ou moins disponibles. Leur durée de vie est infinie et ils ne sont pas biodégradables. Les plus dangereux sont le mercure et le cadmium, qui bloquent les activités enzymatiques du métabolisme, et sont suivis par le plomb, le cuivre, le nickel, le chrome et le zinc. Les éléments métalliques sont préférentiellement fixés sur les particules fines.

Dans la zone à draguer (P1, P2 et P3), les sédiments présentent des dépassements de seuils N2 pour le cuivre, le mercure, le plomb et le zinc. Le seuil N1 est franchi pour l'arsenic au point P2 et pour le cadmium au point P1.

Le point 5 ne présente qu'un dépassement du seuil N1 pour le mercure.

Les sédiments de l'anse du Pharo présentent des contaminations élevées en métaux lourds.

3.2.2.4. Les polychlorobiphényles

Pour les PolyChloroBiphényles (PCB), il n'existe pas de valeur de bruit de fond géologique car ces substances organochlorées sont exclusivement d'origine anthropique (humaine). Les PCB sont utilisés depuis 1930 dans les peintures, les encres, les revêtements muraux, le matériel électrique... Ils sont apportés au milieu marin par les rejets urbains, les décharges, les activités liées à la récupération de matériaux ferreux... Leur production a été stoppée en 1987 en France. Les PCB sont toxiques pour la croissance du phytoplancton et le développement larvaire des vertébrés et des invertébrés marins. Les PCB sont des substances organiques de synthèse qui sont caractérisées par leur très grande stabilité chimique : ceci leur confère une persistance exceptionnelle dans le milieu, et en particulier dans les sédiments où ils sont piégés.

Les teneurs en PCB présentent des dépassements des seuils N1 et N2 pour les points 1 et 2. Le point 3 ne présente qu'un dépassement du seuil N1 pour le PCB 101 et le point 5 ne présente aucun dépassement.

Les sédiments de l'anse du Pharo présentent des dépassements des seuils N2 pour les PCB.

3.2.2.5. Les hydrocarbures polyaromatiques

La famille des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) comprend plusieurs molécules dont la structure chimique est constituée de plusieurs noyaux aromatiques ayant en commun plus d'un atome de carbone. Les HAP constituent une large classe de contaminants qui se différencient entre eux par le nombre de noyaux aromatiques. Cette famille est observée dans les fuels et provient essentiellement des rejets pétroliers, des déchets industriels et urbains et enfin du lessivage des aires techniques, des routes ou des sols. 16 molécules ont été reconnues toxiques pour l'environnement. Si on n'est pas en présence d'une zone de production naturelle de pétrole, la présence d'hydrocarbures et de HAP est la résultante d'activités industrielles et nautiques.

Les teneurs en HAP présentent des dépassements des seuils N1 pour les points 2 et 3 et un dépassement des seuils N2 pour le point 1. Le point 5 ne présente pas de dépassement des seuils.

Les sédiments de l'anse du Pharo présentent des dépassements des seuils N2 pour les HAP.

3.2.2.6. Le tributylétain

Les TBT ou Tri-Buthyls Etains font partie de la famille des composés organostanniques ou étains organiques (MBT, DBT, TBT). Il s'agit d'une molécule complexe utilisée pour ses propriétés biocides (toxiques). En effet, son usage dans la composition des peintures anti-salissures marines apportait une efficacité redoutable et assurait le rôle de barrière toxique pour empêcher la colonisation des coques des navires. Ces substances sont interdites à la production depuis 2003 et ont été interdites d'utilisation en 2008. Cependant, ces substances persistent parfois encore sur les coques des navires. La contamination du milieu sédimentaire s'effectue déjà par le seul « stockage » des bateaux dans le plan d'eau du port maritime, qui entraîne des libérations dans le milieu de quantité non-négligeable des composés toxiques. Les premiers effets observés sur la faune apparaissent à partir d'une concentration de 1 ng/L de TBT dans l'eau. Chez les huîtres qui filtrent près de 100 litres d'eau par jour, la pollution par les TBT peut se traduire par un phénomène de chambrage.

La teneur en TBT dépasse les seuils réglementaires N1 pour le point 5 et N2 pour les points 1, 2 et 3 dans les sédiments de l'anse du Pharo.

3.3. INDICE DE CONTAMINATION ORGANIQUE

3.3.1. Description

La pollution organique peut être évaluée à partir de trois paramètres : l'azote Kjeldahl, le phosphore et le carbone organique total. Un indice synthétique de la contamination organique, constitué de ces 3 paramètres a été élaboré dans le cadre de la bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion. La somme des indices de contamination de ces trois composants permet de déterminer un niveau de contamination de l'échantillon (Alzieu, 2004). Les indices et niveaux de contamination sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 10- Définition des indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique des sédiments marins et valeurs de référence de l'indice de pollution organique proposé par Alzieu (2004)

| COT (G/KG) | | AZOTE KJELDHAL (MG/KG) | | PHOSPHORE (MG/KG) | |
|------------|--------|------------------------|--------|-------------------|--------|
| VALEUR | INDICE | VALEUR | INDICE | VALEUR | INDICE |
| < 6 | 0 | < 600 | 0 | < 500 | 0 |
| 6 à 23 | 1 | 600 à 1200 | 1 | 500 à 800 | 1 |
| 24 à 40 | 2 | 1200 à 2400 | 2 | 800 à 1200 | 2 |
| 41 à 58 | 3 | 2400 à 3600 | 3 | >1200 | 3 |
| >58 | 4 | >3600 | 4 | - | - |

Les résultats sont interprétés de la façon suivante :

| Somme des indices de pollution organique | Niveau de contamination |
|--|-------------------------|
| < 3 | Nul à faible |
| 3 à 6 | Moyen |
| 6 à 8 | Fort |
| > 8 | Très fort |

Figure 5- Interprétation des résultats de l'indice de pollution organique

3.3.2. Les résultats

Les résultats du calcul de l'indice de pollution organique sont présentés dans le tableau suivant :

| Localisation | Carbone Organique Total | | Azote Kjeldahl NTK | | Phosphore | | Niveau de pollution organique |
|--------------|-------------------------|--------|--------------------|--------|----------------|--------|-------------------------------|
| | valeur (g/kg) | indice | valeur (mg/kg) | indice | valeur (mg/kg) | indice | |
| Pharo 1 | 15,2 | 1 | 0,5 | 0 | 1340 | 3 | 4 |
| Pharo 2 | 4,18 | 0 | 0,5 | 0 | 1800 | 3 | 3 |
| Pharo 3 | 10,4 | 1 | 0,5 | 0 | 816 | 2 | 3 |
| Pharo 5 | 7,68 | 1 | 0,5 | 0 | 440 | 0 | 1 |

Tableau 11- Résultats de l'indice de pollution organique pour les sédiments de l'anse du Pharo

Les sédiments de l'anse du Pharo présente un taux de pollution organique qualifié de moyen pour les points 1, 2 et 3. Il est faible à nul sur le point 5.

3.4. ANALYSE DU RISQUE LIE AUX SEDIMENTS MARINS

En lien avec une gestion à terre envisagée pour le traitement des sédiments, des analyses complémentaires ont été réalisées sur les échantillons de sédiments de l'anse du Pharo.

3.4.1. Dangersité du sédiment

3.4.1.1. Description

La gestion des boues de dragage passe par la caractérisation précise de la dangersité du sédiment. Il est donc nécessaire, dans le cadre d'un stockage à terre, de réaliser des analyses permettant de définir l'écotoxicité du sédiment par rapport au milieu terrestre.

Le caractère non-dangereux ou dangereux d'un déchet est régi par l'article R541-8 du Code de l'Environnement. Le potentiel de dangersité d'un sédiment, en vue d'une élimination à terre est défini au travers de l'analyse de 15 propriétés de danger HP1 à HP15.

D'après une note juridique issue du MEDD au travers son comité technique sur la gestion des sédiments parue le 18 septembre 2002, le critère HP14 relatif à l'écotoxicité du déchet est le critère déterminant pour qualifier la dangersité du sédiment placé à terre.

Les essais réalisés sont ceux proposés dans le rapport INERIS -DRC-15-149793-06416A réalisé pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) – « Classification réglementaire des déchets - Guide

d'application pour la caractérisation en dangerosité » pour la mesure du paramètre HP14 sur les sédiments marins et continentaux (4 février 2016). La figure ci-dessous illustre le logigramme à appliquer.

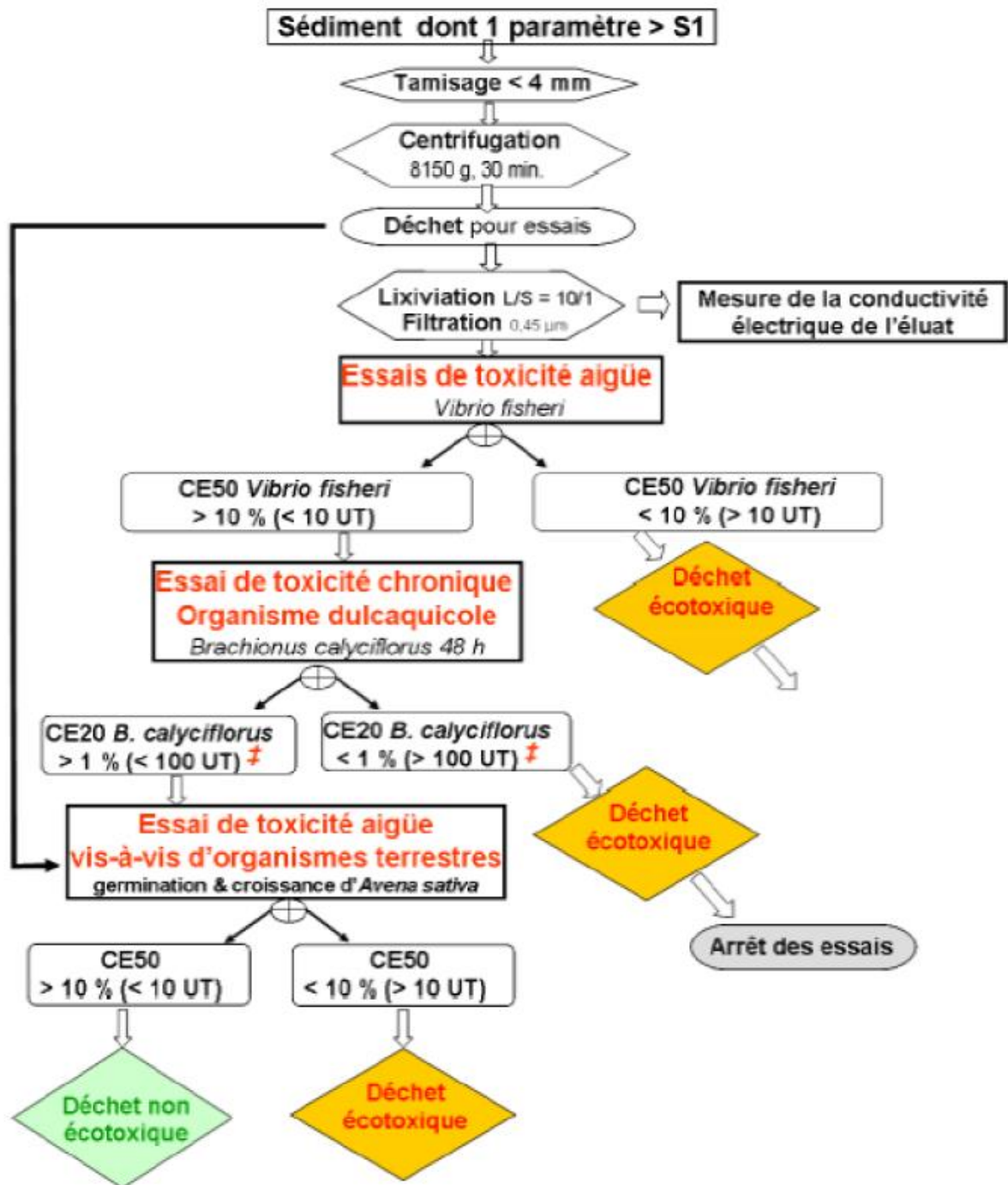


Figure 6- Protocole d'essai du test HP14 et logigramme à appliquer pour les sédiments

Les tests de toxicité sont réalisés sur des matrices liquides (lixiviats) et solides (sédiments centrifugés). Sur les matrices liquides, les tests suivants sont réalisés : le test d'inhibition de la luminescence de bactéries marines (*vibrio fischeri*) pour la toxicité aiguë, le test de toxicité chronique sur des *Brachionus calyciflorus* en 48h. Sur les matrices solides, un test est réalisé, il s'agit du test d'inhibition de l'émergence et de la croissance de semences par une matrice potentiellement polluée.

- **Test d'inhibition de la luminescence de bactéries marines (*Vibrio fischeri* ou *Microtox*)** : Ce test repose sur la détermination de l'inhibition de la luminescence émise par une bactérie marine *Vibrio fischeri* (toxicité aiguë). Cet essai permet de déterminer la concentration d'échantillon (en %) qui, après 5, 15 à 30 minutes inhibe 50 % de la luminescence des bactéries.
- **Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de *Brachionus calyciflorus* en 48 heures - Essai d'inhibition de la croissance de la population** : De jeunes femelles *Brachionus calyciflorus* (rotifères), âgées de moins de 2 heures au début de l'essai, sont exposées individuellement pendant une période de 48 heures à une gamme de concentrations de l'échantillon. En fin d'essai, le nombre de rotifères femelles est déterminé et, par comparaison avec le témoin, les pourcentages d'inhibition de la croissance de la population sont déterminés à chaque concentration.
- **Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance de semences par une matrice potentiellement polluée** : Les échantillons de sédiment sont dilués avec le milieu ISO (mélange de 70% de sable de Fontainebleau, 20 % de kaolinite et 10 % de sphaigne). Les différentes graines (monocotylédone : avoine – *Avena sativa*) sont plantées dans les dilutions. L'émergence et la croissance des semences sont suivies quotidiennement lors de l'arrosage. Après 7 jours, les graines germées sont comptabilisées dans les différentes dilutions pour déterminer l'effet sur la germination et le nombre de pousses est réduit à cinq. Après 14 jours minimum et au maximum au bout de 21 jours après que 50 % des semis témoins ont émergés, la biomasse de chaque dilution est quantifiée par pesée.

3.4.1.2. Résultats

Les résultats de cet essai sont présentés sur les figures suivantes. Ils sont exprimés en fonction de la CE50, c'est-à-dire la concentration entraînant 50 % de l'effet maximum observable.

| | Tests | Effet | Descripteur toxicologique | Pharo 4 |
|-----------------------------|------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Tests de toxicité aiguë | Microtox® | Inhibition de la luminescence | CE 50-5 min | non toxique à 80 % |
| | | | CE 50-15 min | non toxique à 80 % |
| | | | CE 50-30 min | non toxique à 80 % |
| Tests de toxicité chronique | Brachionus | Croissance de la population | CE 20-48h | non toxique à 90% |

Figure 7- Résultats en % (Volume/Volume) des tests biologiques réalisés sur les éluats

| Tests | Effet | Descripteur toxicologique | Pharo 4 |
|--------|-------------|---------------------------|--------------------------|
| Avoine | Germination | CE 50 | 40.2 % de MS (32.6-52.1) |
| Avoine | Croissance | CE 50-14 jours | 61.1 % de MS (55.8-61.7) |

Figure 8- Résultats en % de matière sèche (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute

La figure suivante présente les résultats obtenus en termes de classement des sédiments, respectivement en fonction des seuils de dangerosité.

| Sédiment | Classement sur la base des essais de toxicité aiguë* | Classement sur la base des essais de toxicité chronique* | Classement sur la base des essais de toxicité terrestre* | Synthèse* |
|----------|--|--|--|-----------|
| Pharo 4 | - | - | - | - |

+ « ombré » : classé comme dangereux pour l'environnement

- : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme écotoxique

Figure 9- Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus

Pour le test de toxicité aiguë, réalisé sur éluat avec un seuil de CE 50 à 10 %, l'échantillon « P4 » n'est pas considéré comme écotoxique par le test Microtox.

Pour le test de toxicité chronique, réalisés sur éluat avec un seuil de CE 20 à 1 %, l'échantillon n'est pas considéré comme écotoxique par les tests sur la croissance de la population des *Brachionus*.

Pour le test de toxicité terrestre, avec un seuil de CE 50 à 10 %, l'échantillon n'est pas considéré comme écotoxique.

En conclusion, l'échantillon moyen P4 n'est pas considéré comme écotoxique au regard du critère HP14.

3.4.2. Mise en installation de stockage des déchets

Une fois sortie de l'eau, les déblais de dragage sont considérés selon la réglementation des déchets. L'admission en installation de stockage des déchets (ISD) est réglementée : les déchets sont qualifiés d'inertes, non dangereux ou dangereux en fonction de leur niveau de contamination. Les critères d'admission se basent essentiellement sur des tests de lixiviation.

3.4.2.1. Catégories d'installation de stockage des déchets

Les conditions de stockage des déchets ont été cadrées par l'adoption de la Directive 1999/31/CE du 26 avril 1999 (en annexe) concernant la mise en décharge. L'article 4 de cette directive définit 3 catégories de décharges :

- **Installation de stockage des déchets inertes (ISDI)**

Il s'agit de sites perméables destinés aux déchets inertes, permettant une migration rapide des lixiviats. Les ISDI sont principalement destinés aux déchets du bâtiment et des travaux publics. Ils sont également intégrés dans la législation des ICPE visant à minimiser leur impact sur l'environnement.

- **Installation de stockage des déchets non dangereux (ISDND)**

Les ISDND reçoivent, de manière générale, les déchets -- même industriels -- qu'il n'est pas possible de traiter différemment, dans les conditions techniques et économiques du moment. En leur qualité d'ICPE, ces centres sont soumis à une stricte réglementation relativement à leur conception, à leur construction, à leur exploitation et même à leur post-exploitation. Il s'agit de sites semi perméables destinés aux ordures ménagères et aux déchets industriels banals, qui assurent une migration lente des lixiviats à travers une zone non saturée d'épaisseur suffisante.

- **Installation de stockage de déchets dangereux (ISDD)**

Les ISDD accueillent, dans des conditions strictes (équipements particuliers et systèmes d'étanchéité) dictées par la réglementation, des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), ce que l'on appelle des déchets industriels spéciaux. Il s'agit de sites imperméables qui assurent un confinement convenable des déchets et des lixiviats. Ces déchets présentent un caractère dangereux pour l'environnement et/ou pour les êtres vivants. Ainsi, avant d'être enfouis ils subissent un traitement visant à les stabiliser.

- **Seuils d'admissibilité en ISD**

La décision du conseil européen n°2003/33/CE du 19 décembre 2002 établit des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la directive 1999/31/CE. Les critères sont définis pour les déchets inertes, non dangereux et dangereux. Ils sont présentés dans le tableau suivant.

| Analyses sur | Éléments (mg/kg) | Critères d'admission des déchets dans les ISD (En mg/kg pour L/S 10 l/kg sauf mention) | | |
|------------------|----------------------|---|-----------------------|-----------------|
| | | Inertes | Non dangereux | Dangereux |
| | | arrêté 12/12/2014 | circulaire 19/12/2002 | arrêté 10/10/12 |
| Lixiviats | Arsenic | 0,5 | 2 | 25 |
| | Baryum | 20 | 100 | 300 |
| | Cadmium | 0,04 | 1 | 4,5 |
| | Chrome | 0,5 | 10 | 70 |
| | Cuivre | 2 | 50 | 100 |
| | Mercure | 0,01 | 0,2 | 2 |
| | Molybdène | 0,5 | 10 | 30 |
| | Nickel | 0,4 | 10 | 40 |
| | Plomb | 0,5 | 10 | 50 |
| | Antimoine | 0,06 | 0,7 | 5 |
| | Sélénium | 0,1 | 0,7 | 5 |
| | Zinc | 4 | 50 | 200 |
| | COT | 500 | 800 | 1 000 |
| | Chlorures | 800 | 15 000 | 25 000 |
| | Fluorures | 10 | 150 | 500 |
| | Sulfates | 1 000 | 20 000 | 50 000 |
| | Indice Phénols | 1 | / | / |
| Fraction soluble | 4 000 | 60 000 | 100 000 | |
| Bruts | BTEX | 6 | | |
| | Hydrocarbures totaux | 500 | | |
| | COT* | 30 000 | | |
| | HAP (16) | 50 | | |
| | PCB (7) | 1 | | |

* Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut être admise par l'autorité compétente, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg soit respectée pour le COT sur éluat pour L/S=10 l/kg, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

Tableau 12- Critères d'admission des déchets en installations de stockage

3.4.2.2. Résultats

Les résultats pour les sédiments de l'anse du Pharo sont présentés dans le tableau suivant.

| Support | Paramètres (mg/kg) | Pharo 1 | Pharo 2 | Pharo 3 | Critères d'admission en ISDI | Critères d'admission en ISDND | Critères d'admission en ISDI |
|--------------------------------|----------------------|----------|----------|----------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Lixiviats | Physico -chimie | | | | | | |
| | PH | 8,6 | 8,6 | 9,2 | | | |
| | COT | < 50,00 | 50,00 | < 51,00 | 500 | 800 | 1000 |
| | Fraction soluble | 12200,00 | 16400,00 | 11300,00 | 4000 | 60000 | 100000 |
| | Chlorure | 5910,00 | 7540,00 | 3700,00 | 800 | 15000 | 25000 |
| | Sulfate | 1410,00 | 1790,00 | 603,00 | 1000 | 20000 | 50000 |
| | Indice Phénol | < 0,50 | < 0,50 | < 0,51 | 1 | | |
| | Poluants minéraux | | | | | | |
| | Antimoine | 0,018 | 0,025 | 0,008 | 0,06 | 0,7 | 5 |
| | Arsenic | < 0,200 | < 0,200 | 0,200 | 0,5 | 2 | 25 |
| | Baryum | 0,290 | 0,240 | 0,120 | 20 | 100 | 300 |
| | Cadmium | < 0,002 | < 0,002 | < 0,002 | 0,04 | 1 | 5 |
| | Chrome | < 0,100 | < 0,100 | < 0,100 | 0,5 | 10 | 70 |
| | Cuivre | 0,230 | 0,430 | 0,420 | 2 | 50 | 100 |
| | Fluorures | 7,990 | 8,370 | 5,140 | 10 | 150 | 500 |
| | Mercure | < 0,001 | < 0,001 | < 0,001 | 0,01 | 0,2 | 2 |
| | Molybdène | 0,255 | 0,089 | 0,021 | 0,5 | 10 | 30 |
| | Nickel | < 0,100 | < 0,100 | < 0,100 | 0,4 | 10 | 40 |
| | Plomb | < 0,100 | < 0,100 | < 0,100 | 0,5 | 10 | 50 |
| | Sélénium | < 0,010 | < 0,010 | < 0,010 | 0,1 | 0,5 | 7 |
| Zinc | < 0,200 | < 0,200 | < 0,200 | 4 | 50 | 200 | |
| Sédiments bruts | Physico -chimie | | | | | | |
| | COT | 15200 | 4180 | 10400 | 30 000 | | |
| | BTEX | | | | | | |
| | Benzène | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | | | |
| | Toluène | < 0,2 | < 0,2 | < 0,2 | | | |
| | Ethyl Benzène | < 0,2 | < 0,2 | < 0,2 | | | |
| | Xylènes (m + p) | < 0,2 | < 0,2 | < 0,2 | | | |
| | Somme | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 6 | | |
| | HAP | | | | | | |
| | Somme 16 HAP | 14 | 2,90 | 5,90 | 50 | | |
| | PCB | | | | | | |
| | Somme des 7 PCB | 0,154 | 0,352 | 0,032 | 1 | | |
| | Hydrocarbures totaux | | | | | | |
| Hydrocarbures totaux (C10/C40) | 299 | 428 | 52,7 | 500 | | | |

Tableau 13- Résultats des tests d'admissibilité des sédiments de l'anse du Pharo dans les installations de stockage de déchets

Les sédiments ne sont pas considérés comme des déchets inertes en raison des concentrations en fraction soluble, chlorures et sulfates supérieures à celles mentionnées dans l'arrêté du 12/12/2014. Ces valeurs, caractéristiques des sédiments marins, permettraient une élimination des matériaux en installation de stockage des déchets non dangereux (ISDND), sous réserve que les teneurs en métaux sur les sédiments brut soient compatibles avec ces seuils.

A l'exception de ces 3 paramètres, les teneurs en contaminants, sur sédiments bruts et sur lixiviats, sont toutes conformes aux valeurs seuil des déchets inertes. Les fortes valeurs en métaux lourds constatés dans les sédiments bruts ne sont pas retrouvées dans les lixiviats.

Les sédiments de l'anse du Pharo correspondent à des déchets non dangereux.

3.5. CONCLUSION

Les sédiments de l'anse du Pharo concernés par le projet de dragage (point 1, 2 et 3) :

- présentent des dépassements de seuils N2 pour :

- Les métaux lourds ;
 - Les PCB ;
 - Les HAP ;
 - Les TBT ;
- ont un indice de pollution organique moyen ;
 - sont qualifiés de non dangereux au regard du critère HP14
 - sont classés comme des déchets non dangereux et pourraient être acceptables en l'état en ISDND.

ANNEXES



1- BORDEREAUX D'ANALYSES

ARTELIA
Madame Hélène CLAUDEL

 Le Condorcet – 18, rue Elie Pelas – CS 80132
13016 MARSEILLE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

Coordinateur de Projets Clients : Marie Diebolt / MarieDiebolt@eurofins.com / +3303 8802 9020 or +

| N° Ech | Matrice | | Référence échantillon |
|--------|-----------|-------|-----------------------|
| 001 | Sédiments | (SED) | Pharo 1 |
| 002 | Sédiments | (SED) | Pharo 2 |
| 003 | Sédiments | (SED) | Pharo 3 |
| 004 | Sédiments | (SED) | Pharo 4 |
| 005 | Sédiments | (SED) | Pharo 5 |

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

| N° Echantillon | 001 Pharo 1 | 002 Pharo 2 | 003 Pharo 3 | 004 Pharo 4 | 005 Pharo 5 |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Référence client : | SED | SED | SED | SED | SED |
| Matrice : | SED | SED | SED | SED | SED |
| Date de prélèvement : | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 |
| Date de début d'analyse : | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 05/03/2021 | 24/02/2021 |
| Température de l'air de l'enceinte : | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C |

Préparation Physico-Chimique

| | | | | | | | | | |
|--|--------|---|------|---|------|---|------|---|------|
| XXS06 : Prétraitement et séchage à 40°C | | * | - | * | - | * | - | * | - |
| LSA07 : Matière sèche | % P.B. | * | 74.6 | * | 73.0 | * | 80.4 | * | 81.0 |
| XXS07 : Refus Pondéral à 2 mm | % P.B. | * | 7.88 | * | 2.99 | * | 2.94 | * | 19.8 |

Mesures physiques

| | | | | | | | | | |
|---|-------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|
| LS918 : Masse volumique sur échantillon brut | g/cm³ | | 2.61 | | 2.14 | | 1.98 | | 2.14 |
| LS995 : Perte au feu à 550°C | % MS | | 3.53 | | 4.54 | | 2.62 | | 3.52 |
| LS4WH : Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm | % | * | 1.17 | * | 0.97 | * | 0.73 | * | 0.70 |
| LS4P2 : Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm | % | * | 6.67 | * | 5.07 | * | 3.98 | * | 4.31 |
| LSQK3 : Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm | % | * | 10.15 | * | 7.95 | * | 5.91 | * | 6.79 |
| LS3PB : Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm | % | * | 20.82 | * | 23.18 | * | 8.07 | * | 10.50 |
| LS9AT : Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm | % | * | 100.00 | * | 100.00 | * | 100.00 | * | 100.00 |
| LS9AS : Fraction 2 - 20 µm | % | * | 5.50 | * | 4.10 | * | 3.24 | * | 3.61 |
| LSSKU : Fraction 20 - 63 µm | % | * | 3.48 | * | 2.88 | * | 1.93 | * | 2.48 |
| LS9AV : Fraction 63 - 200 µm | % | * | 10.67 | * | 15.23 | * | 2.16 | * | 3.71 |
| LS3PC : Fraction 200 - 2000 µm | % | * | 79.18 | * | 76.82 | * | 91.93 | * | 89.51 |

Analyses immédiates

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|-----|--|-----|--|------|--|-----|
| LSL4H : pH H2O pH extrait à l'eau | | | 8.6 | | 8.9 | | 10.4 | | 9.1 |
|---|--|--|-----|--|-----|--|------|--|-----|

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

| N° Echantillon | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Référence client : | Pharo 1 | Pharo 2 | Pharo 3 | Pharo 4 | Pharo 5 |
| Matrice : | SED | SED | SED | SED | SED |
| Date de prélèvement : | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 |
| Date de début d'analyse : | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 05/03/2021 | 24/02/2021 |
| Température de l'air de l'enceinte : | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C |

Analyses immédiates

| LSL4H : pH H2O | °C | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 |
|-----------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Température de mesure du pH | °C | 20 | 20 | 20 | | 20 |

Indices de pollution

| LS916 : Azote Kjeldahl (NTK) | g/kg M.S. | * | <0.5 | * | <0.5 | * | <0.5 | * | <0.5 |
|---|------------|---|-------|---|------|---|-------|---|------|
| LSSKM : Carbone organique total (COT) par combustion sèche (Sédiments) | | | | | | | | | |
| Carbone Organique Total par Combustion | mg/kg M.S. | * | 15200 | * | 4180 | * | 10400 | * | 7680 |
| Coefficient de variation (CV) | % | * | 29.7 | | | | | * | 26.6 |

Métaux

| | | | | | | | | | |
|--|------------|---|------|---|------|---|------|---|-------|
| XXS01 : Minéralisation eau régale - Bloc chauffant | | * | - | * | - | * | - | * | - |
| LS862 : Aluminium (Al) | mg/kg M.S. | * | 3030 | * | 3780 | * | 5740 | * | 1510 |
| LS865 : Arsenic (As) | mg/kg M.S. | * | 23.9 | * | 29.4 | * | 19.6 | * | 5.99 |
| LS874 : Cuivre (Cu) | mg/kg M.S. | * | 325 | * | 570 | * | 191 | * | 30.2 |
| LS881 : Nickel (Ni) | mg/kg M.S. | * | 10.8 | * | 20.4 | * | 13.3 | * | 4.37 |
| LS882 : Phosphore (P) | mg/kg M.S. | * | 585 | * | 785 | * | 356 | * | 192 |
| LS883 : Plomb (Pb) | mg/kg M.S. | * | 398 | * | 335 | * | 394 | * | 38.9 |
| LS894 : Zinc (Zn) | mg/kg M.S. | * | 1320 | * | 615 | * | 256 | * | 42.7 |
| LSA09 : Mercure (Hg) | mg/kg M.S. | * | 6.73 | * | 12.0 | * | 0.86 | * | 0.78 |
| LS931 : Cadmium (Cd) | mg/kg M.S. | * | 1.21 | * | 0.50 | * | 0.31 | * | <0.10 |
| LS934 : Chrome (Cr) | mg/kg M.S. | * | 18.5 | * | 36.1 | * | 18.2 | * | 5.94 |
| LSA6B : Phosphore total (P2O5) | mg/kg M.S. | | 1340 | | 1800 | | 816 | | 440 |

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

| N° Echantillon | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Référence client : | Pharo 1 | Pharo 2 | Pharo 3 | Pharo 4 | Pharo 5 |
| Matrice : | SED | SED | SED | SED | SED |
| Date de prélèvement : | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 |
| Date de début d'analyse : | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 05/03/2021 | 24/02/2021 |
| Température de l'air de l'enceinte : | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C |

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

| | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 |
|--------------------------------|------------------|------------------|-------------------|-----|-----|
| Indice Hydrocarbures (C10-C40) | mg/kg M.S. * 299 | mg/kg M.S. * 428 | mg/kg M.S. * 52.7 | | |
| HCT (nC10 - nC16) (Calcul) | mg/kg M.S. 16.1 | mg/kg M.S. 20.4 | mg/kg M.S. 5.16 | | |
| HCT (>nC16 - nC22) (Calcul) | mg/kg M.S. 71.8 | mg/kg M.S. 86.8 | mg/kg M.S. 12.3 | | |
| HCT (>nC22 - nC30) (Calcul) | mg/kg M.S. 127 | mg/kg M.S. 202 | mg/kg M.S. 19.8 | | |
| HCT (>nC30 - nC40) (Calcul) | mg/kg M.S. 83.9 | mg/kg M.S. 118 | mg/kg M.S. 15.5 | | |

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

| | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 |
|---|--------------------|--------------------|--------------------|-----|---------------------|
| LSRHU : Naphtalène | mg/kg M.S. * 0.02 | mg/kg M.S. * 0.007 | mg/kg M.S. * 0.027 | | mg/kg M.S. * <0.002 |
| LSRHI : Fluorène | mg/kg M.S. * 0.07 | mg/kg M.S. * 0.014 | mg/kg M.S. * 0.14 | | mg/kg M.S. * 0.0095 |
| LSRHJ : Phénanthrène | mg/kg M.S. * 0.82 | mg/kg M.S. * 0.12 | mg/kg M.S. * 0.83 | | mg/kg M.S. * 0.071 |
| LSRHM : Pyrène | mg/kg M.S. * 1.6 | mg/kg M.S. * 0.28 | mg/kg M.S. * 0.73 | | mg/kg M.S. * 0.16 |
| LSRHN : Benzo(a)-anthracène | mg/kg M.S. * 0.99 | mg/kg M.S. * 0.18 | mg/kg M.S. * 0.47 | | mg/kg M.S. * 0.12 |
| LSRHP : Chrysène | mg/kg M.S. * 0.94 | mg/kg M.S. * 0.22 | mg/kg M.S. * 0.52 | | mg/kg M.S. * 0.11 |
| LSRHS : Indeno (1,2,3-cd) Pyrène | mg/kg M.S. * 1.1 | mg/kg M.S. * 0.21 | mg/kg M.S. * 0.18 | | mg/kg M.S. * 0.11 |
| LSRHT : Dibenzo(a,h)anthracène | mg/kg M.S. * 0.44 | mg/kg M.S. * 0.071 | mg/kg M.S. * 0.069 | | mg/kg M.S. * 0.043 |
| LSRHV : Acénaphthylène | mg/kg M.S. * 0.044 | mg/kg M.S. * 0.043 | mg/kg M.S. * 0.031 | | mg/kg M.S. * 0.0067 |
| LSRHW : Acénaphtène | mg/kg M.S. * 0.038 | mg/kg M.S. * 0.015 | mg/kg M.S. * 0.1 | | mg/kg M.S. * 0.0068 |
| LSRHK : Anthracène | mg/kg M.S. * 0.35 | mg/kg M.S. * 0.041 | mg/kg M.S. * 0.25 | | mg/kg M.S. * 0.028 |
| LSRHL : Fluoranthène | mg/kg M.S. * 1.3 | mg/kg M.S. * 0.3 | mg/kg M.S. * 0.99 | | mg/kg M.S. * 0.16 |
| LSRHQ : Benzo(b)fluoranthène | mg/kg M.S. * 2.2 | mg/kg M.S. * 0.47 | mg/kg M.S. * 0.61 | | mg/kg M.S. * 0.21 |

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

| N° Echantillon | 001 Pharo 1 SED | 002 Pharo 2 SED | 003 Pharo 3 SED | 004 Pharo 4 SED | 005 Pharo 5 SED |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Référence client : | | | | | |
| Matrice : | | | | | |
| Date de prélèvement : | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 |
| Date de début d'analyse : | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 05/03/2021 | 24/02/2021 |
| Température de l'air de l'enceinte : | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C |

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs)

| | | | | | |
|-------------------------------------|------------|--------|--------|--------|---------|
| LSRHR : Benzo(k)fluoranthène | mg/kg M.S. | * 0.39 | * 0.32 | * 0.22 | * 0.046 |
| LSRHH : Benzo(a)pyrène | mg/kg M.S. | * 2.0 | * 0.32 | * 0.48 | * 0.19 |
| LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène | mg/kg M.S. | * 1.4 | * 0.28 | * 0.23 | * 0.14 |
| LSFF9 : Somme des HAP | mg/kg M.S. | 14 | 2.9 | 5.9 | 1.4 |

Polychlorobiphényles (PCBs)

| | | | | | |
|------------------------------|------------|----------|----------|----------|----------|
| LS3U7 : PCB 28 | mg/kg M.S. | * 0.0011 | * 0.0024 | * <0.001 | * <0.001 |
| LS3UB : PCB 52 | mg/kg M.S. | * 0.015 | * 0.03 | * 0.0033 | * 0.0014 |
| LS3U8 : PCB 101 | mg/kg M.S. | * 0.026 | * 0.052 | * 0.011 | * 0.0032 |
| LS3U6 : PCB 118 | mg/kg M.S. | * 0.02 | * 0.052 | * 0.0021 | * 0.0041 |
| LS3U9 : PCB 138 | mg/kg M.S. | * 0.036 | * 0.089 | * 0.0068 | * 0.0082 |
| LS3UA : PCB 153 | mg/kg M.S. | * 0.038 | * 0.084 | * 0.0045 | * 0.0092 |
| LS3UC : PCB 180 | mg/kg M.S. | * 0.018 | * 0.043 | * 0.0033 | * 0.0055 |
| LSFEH : Somme PCB (7) | mg/kg M.S. | 0.154 | 0.352 | 0.032 | 0.032 |

Composés Volatils

| | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------|-------|-------|--|
| LS0XU : Benzène | mg/kg M.S. | <0.10 | <0.10 | <0.10 | |
| LS0Y4 : Toluène | mg/kg M.S. | <0.20 | <0.20 | <0.20 | |
| LS0XW : Ethylbenzène | mg/kg M.S. | <0.20 | <0.20 | <0.20 | |
| LS0Y6 : o-Xylène | mg/kg M.S. | <0.20 | <0.20 | <0.20 | |
| LS0Y5 : m+p-Xylène | mg/kg M.S. | <0.20 | <0.20 | <0.20 | |
| LS0IK : Somme des BTEX | mg/kg M.S. | 0.300 | 0.300 | 0.300 | |

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

| N° Echantillon | 001 Pharo 1 SED | 002 Pharo 2 SED | 003 Pharo 3 SED | 004 Pharo 4 SED | 005 Pharo 5 SED |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Référence client : | | | | | |
| Matrice : | | | | | |
| Date de prélèvement : | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 |
| Date de début d'analyse : | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 05/03/2021 | 24/02/2021 |
| Température de l'air de l'enceinte : | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C |

Organoétains

| | | | | | |
|--|---------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| LS33U : Monobutyltin cation (MBT) | µg/kg M.S. | * <u>980</u> | * <u>3500</u> | * <u>1400</u> | * <u>96</u> |
| LS33V : Dibutylétain cation (DBT) | µg/kg M.S. | * <u>800</u> | * <u><820</u> | * <u>790</u> | * <u>64</u> |
| LS33W : Tributylétain cation (TBT) | µg/kg M.S. | * <u>1400</u> | * <u>2600</u> | * <u>1800</u> | * <u>140</u> |
| LS33Y : Monoctylétain cation (MOT) | µg/kg M.S. | * <u><170</u> | * <u><820</u> | * <u><200</u> | * <u><2.5</u> |
| LS33Z : Diocetylétain cation (DOT) | µg/kg M.S. | * <u><170</u> | * <u><820</u> | * <u><200</u> | * <u><4.0</u> |
| LS342 : Triphenyltin cation (TPhT) | µg/kg M.S. | * <u><260</u> | * <u>1500</u> | * <u><290</u> | * <u><4.0</u> |
| LS343 : Tricyclohexyltin cation (TCyT) | µg/kg M.S. | * <u><270</u> | * <u>4000</u> | * <u><310</u> | * <u><4.0</u> |
| LS344 : Tétrabutylétain (TeBT) | µg/kg M.S. | * <u><170</u> | * <u><820</u> | * <u><200</u> | * <u><15</u> |
| LS2GK : Dibutylétain cation-Sn (DBT) | µg Sn/kg M.S. | * 410 | * <420 | * 400 | * 33 |
| LS2GL : Tributylétain cation-Sn (TBT) | µg Sn/kg M.S. | * 560 | * 1000 | * 730 | * 56 |
| LS2IJ : Tétrabutylétain -Sn (TeBT) | µg Sn/kg M.S. | * <60 | * <280 | * <68 | * <10 |
| LS2IK : Monobutylétain cation-Sn (MBT) | µg Sn/kg M.S. | * 660 | * 2400 | * 910 | * 65 |
| LS2IL : Triphénylétain cation-Sn (TPhT) | µg Sn/kg M.S. | * <87 | * 520 | * <99 | * <2.0 |
| LS2IM : MonoOctyletain cation-Sn (MOT) | µg Sn/kg M.S. | * <89 | * <420 | * <100 | * <2.0 |
| LS2IN : DiOctyletain cation-Sn (DOT) | µg Sn/kg M.S. | * <60 | * <280 | * <69 | * <2.0 |
| LS2IP : Tricyclohexyletain cation-Sn (TcHexT) | µg Sn/kg M.S. | * <86 | * 1300 | * <99 | * <2.0 |

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

| N° Echantillon | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Référence client : | Pharo 1 | Pharo 2 | Pharo 3 | Pharo 4 | Pharo 5 |
| Matrice : | SED | SED | SED | SED | SED |
| Date de prélèvement : | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 |
| Date de début d'analyse : | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 05/03/2021 | 24/02/2021 |
| Température de l'air de l'enceinte : | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C |

Lixiviation
LSA36 : Lixiviation 1x24 heures

| | | | | | |
|-------------------------|--------|------|------|------|--|
| Lixiviation 1x24 heures | | Fait | Fait | Fait | |
| Refus pondéral à 4 mm | % P.B. | 22.8 | 3.1 | 22.8 | |

XXS4D : Pesée échantillon lixiviation

| | | | | | |
|--------|----|------|------|------|--|
| Volume | ml | 950 | 950 | 950 | |
| Masse | g | 95.6 | 97.1 | 93.9 | |

Analyses immédiates sur éluat
LSQ13 : Mesure du pH sur éluat

| | | | | | |
|-----------------------------|----|-----|-----|-----|--|
| pH (Potentiel d'Hydrogène) | | 8.7 | 8.6 | 9.2 | |
| Température de mesure du pH | °C | 19 | 19 | 19 | |

LSQ02 : Conductivité à 25°C sur éluat

| | | | | | |
|--|-------|------|------|------|--|
| Conductivité corrigée automatiquement à 25°C | µS/cm | 2140 | 2790 | 1390 | |
| Température de mesure de la conductivité | °C | 18.5 | 18.5 | 18.4 | |

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

| | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------|-------|-------|--|
| sur éluat | | | | | |
| Résidus secs à 105 °C | mg/kg M.S. | 12200 | 16400 | 11300 | |
| Résidus secs à 105°C (calcul) | % MS | 1.2 | 1.6 | 1.1 | |

Indices de pollution sur éluat

| | | | | | |
|--|------------|------|------|------|--|
| LSM68 : Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat | mg/kg M.S. | <50 | 50 | <51 | |
| LS04Y : Chlorures sur éluat | mg/kg M.S. | 5910 | 7540 | 3700 | |
| LSN71 : Fluorures sur éluat | mg/kg M.S. | 7.99 | 8.37 | 5.14 | |
| LS04Z : Sulfate (SO4) sur éluat | mg/kg M.S. | 1410 | 1790 | 603 | |

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

| N° Echantillon | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Référence client : | Pharo 1 | Pharo 2 | Pharo 3 | Pharo 4 | Pharo 5 |
| Matrice : | SED | SED | SED | SED | SED |
| Date de prélèvement : | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 |
| Date de début d'analyse : | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 05/03/2021 | 24/02/2021 |
| Température de l'air de l'enceinte : | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C |

Indices de pollution sur éluat

| | | | | |
|--|------------|-------|-------|-------|
| LSM90 : Indice phénol sur éluat | mg/kg M.S. | <0.50 | <0.50 | <0.51 |
|--|------------|-------|-------|-------|

Métaux sur éluat

| | | | | |
|---|------------|--------|--------|--------|
| LSM04 : Arsenic (As) sur éluat | mg/kg M.S. | <0.20 | <0.20 | <0.20 |
| LSM05 : Baryum (Ba) sur éluat | mg/kg M.S. | 0.29 | 0.24 | 0.12 |
| LSM11 : Chrome (Cr) sur éluat | mg/kg M.S. | <0.10 | <0.10 | <0.10 |
| LSM13 : Cuivre (Cu) sur éluat | mg/kg M.S. | 0.23 | 0.43 | 0.42 |
| LSN26 : Molybdène (Mo) sur éluat | mg/kg M.S. | 0.255 | 0.089 | 0.021 |
| LSM20 : Nickel (Ni) sur éluat | mg/kg M.S. | <0.10 | <0.10 | <0.10 |
| LSM22 : Plomb (Pb) sur éluat | mg/kg M.S. | <0.10 | <0.10 | <0.10 |
| LSM35 : Zinc (Zn) sur éluat | mg/kg M.S. | <0.20 | <0.20 | <0.20 |
| LS04W : Mercure (Hg) sur éluat | mg/kg M.S. | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| LSM97 : Antimoine (Sb) sur éluat | mg/kg M.S. | 0.018 | 0.025 | 0.008 |
| LSN05 : Cadmium (Cd) sur éluat | mg/kg M.S. | <0.002 | <0.002 | <0.002 |
| LSN41 : Sélénium (Se) sur éluat | mg/kg M.S. | <0.01 | <0.01 | <0.01 |

Sous-traitance | Eurofins Ecotoxicologie France

| | | | | |
|---|-----------|--|--|--------------------|
| IY031 : Tamassage, centrifugation | g/kg | | | voir rapport joint |
| IY00H : Lixiviation | | | | voir rapport joint |
| IY00Q : Test Microtox sur éluat | | | | voir rapport joint |
| Inhibition Luminescence de <i>V. fischeri</i> (15min) | % (CE 50) | | | voir rapport joint |

RAPPORT D'ANALYSE
Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :

| N° Echantillon | 001 | 002 | 003 | 004 | 005 |
|--------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Référence client : | Pharo 1 | Pharo 2 | Pharo 3 | Pharo 4 | Pharo 5 |
| Matrice : | SED | SED | SED | SED | SED |
| Date de prélèvement : | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 | 18/02/2021 |
| Date de début d'analyse : | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 24/02/2021 | 05/03/2021 | 24/02/2021 |
| Température de l'air de l'enceinte : | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C | 3.5°C |

Sous-traitance | Eurofins Ecotoxicologie France
IY00Q : Test Microtox sur éluat
Inhibition Luminescence de *V. fischeri* (30min) % (CE 50)Inhibition Luminescence de *V. fischeri* (5min) % (CE 50)
IX00A : Test Brachionus

Brachionus calyciflorus CE20/48h % (CE 20)

Brachionus calyciflorus CE50/48h % (CE 50)

IX248 : Test plantes émergence
et croissance - 1 semence % (CE 50)

D : détecté / ND : non détecté

z2 ou (2) : zone de contrôle des supports

voir rapport joint
voir rapport joint
voir rapport joint
voir rapport joint

| Observations | N° Ech | Réf client |
|---|-------------------------|---|
| Du fait d'une LQ labo supérieure à la LQ réglementaire définie au sein de l'avis en vigueur paru au Journal officiel de la République française, en application de l'Arrêté du 27 octobre 2011, la valeur retenue pour le calcul de la somme Somme des BTEX pour le(s) paramètre(s) Toluène, o-Xylène, m+p-Xylène est LQ labo/2 | (001) (002) (003) | Pharo 1 / Pharo 2 / Pharo 3 / |
| Du fait d'une LQ labo supérieure à la LQ réglementaire définie au sein de l'avis en vigueur paru au Journal officiel de la République française, en application de l'Arrêté du 27 octobre 2011, la valeur retenue pour le calcul de la somme SOMME PCB (7) pour le(s) paramètre(s) PCB 28 est LQ labo/2 | (003) (005) | Pharo 3 / Pharo 5 / |
| Version modifiée suite à une demande de complément(s) d'analyse(s) | (001) (002) (003) (005) | Pharo 1 / Pharo 2 / Pharo 3 / Pharo 5 / |

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 21E030954

Version du : 14/05/2021

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Date de réception technique : 19/02/2021

Première date de réception physique : 19/02/2021

Annule et remplace la version AR-21-LK-091272-01.

Référence Dossier : N° Projet : 4243223

Nom Projet : Pharo

Nom Commande : Pharo

Référence Commande :



Aurélié RODERMANN
Coordinatrice Projets Clients

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

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

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

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

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

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

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : <http://www.labeau.ecologie.gouv.fr>

Laboratoire agréé pour la réalisation des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Le résultat d'une somme de paramètres est soumis à une méthodologie spécifique développée par notre laboratoire. Celle-ci peut dépendre de la LQ réglementaire du ou des paramètres sommés. Pour les matrices Eaux résiduaires, Eaux douces et Sédiments, elle est définie au sein de l'avis en vigueur de l'Arrêté du 27 octobre 2011, portant les modalités d'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau. Pour la matrice d'Eau de Consommation, elle est définie selon l'Arrêté du 11 janvier 2019 modifiant l'arrêté du 5 juillet 2016 relatif aux conditions d'agrément des laboratoires pour la réalisation des prélèvements et des analyses du contrôle sanitaire des eaux et l'arrêté du 19 octobre 2017 relatif aux méthodes d'analyse utilisées dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux. Pour plus d'informations, n'hésitez pas à contacter votre chargé d'affaires ou votre coordinateur de projet client.

Annexe technique

Dossier N° :21E030954

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Emetteur : Mme Hélène CLAUDEL

Commande EOL : 006-10514-703358

Nom projet :

Référence commande :

Sédiments

| Code | Analyse | Principe et référence de la méthode | LQI | Unité | Prestation réalisée sur le site de : | |
|-------|--|--|--|-------|--|---------------|
| IX00A | Test Brachionus | Technique [Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de Brachionus calyciflorus en 48 h] - NF ISO 20666 | | | Prestation soustraite à EUROFINS ECOTOXICOLOGIE FRANCE | |
| | Brachionus calyciflorus CE20/48h | | | | | % (CE 20) |
| | Brachionus calyciflorus CE50/48h | | | | % (CE 50) | |
| IX248 | Test plantes émergence et croissance - 1 semence | Technique [Détermination des effets des polluants sur la flore du sol] - NF ISO 11269-2 | | | % (CE 50) | |
| IY00H | Lixiviation | Lixiviation - NF EN 12457-2 | | | | |
| IY00Q | Test Microtox sur éluat | Technique [Essais de toxicité aigue sur bactéries luminescentes] - NF EN ISO 11348-3 | | | | |
| | Inhibition Luminescence de V. fischeri (15min) | | | | | % (CE 50) |
| | Inhibition Luminescence de V. fischeri (30min) | | | | | % (CE 50) |
| | Inhibition Luminescence de V. fischeri (5min) | | | | | % (CE 50) |
| IY031 | Tamissage, centrifugation | Technique - | | | g/kg | |
| LS04W | Mercuré (Hg) sur éluat | ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 | 0.001 | | mg/kg M.S. | |
| LS04Y | Chlorures sur éluat | Spectrophotométrie (UV/VIS) [Spectrométrie visible automatisée] - NF ISO 15923-1 | 10 | | mg/kg M.S. | |
| LS04Z | Sulfate (SO4) sur éluat | | 50 | | mg/kg M.S. | |
| LS01K | Somme des BTEX | Calcul - Calcul | | | mg/kg M.S. | |
| LS0XU | Benzène | HS - GC/MS [Extraction méthanolique] - NF EN ISO 22155 (sol) Méthode interne (boue,séd) | 0.1 | | mg/kg M.S. | |
| LS0XW | Ethylbenzène | | 0.2 | | mg/kg M.S. | |
| LS0Y4 | Toluène | | 0.2 | | mg/kg M.S. | |
| LS0Y5 | m+p-Xylène | | 0.2 | | mg/kg M.S. | |
| LS0Y6 | o-Xylène | | 0.2 | | mg/kg M.S. | |
| LS2GK | Dibutylétain cation-Sn (DBT) | | GC/MS/MS [Dérivaison, extraction Solide/Liquide] - XP T 90-250 | 2 | | µg Sn/kg M.S. |
| LS2GL | Tributylétain cation-Sn (TBT) | 2 | | | µg Sn/kg M.S. | |
| LS2IJ | Tétra-butylétain -Sn (TeBT) | 10 | | | µg Sn/kg M.S. | |
| LS2IK | Monobutylétain cation-Sn (MBT) | 2 | | | µg Sn/kg M.S. | |
| LS2IL | Triphénylétaïn cation-Sn (TPHT) | 2 | | | µg Sn/kg M.S. | |
| LS2IM | MonoOctylétain cation-Sn (MOT) | 2 | | | µg Sn/kg M.S. | |
| LS2IN | DiOctylétain cation-Sn (DOT) | 2 | | | µg Sn/kg M.S. | |
| LS2IP | Tricyclohexylétain cation-Sn (TcHexT) | 2 | | | µg Sn/kg M.S. | |
| LS33U | Monobutyltin cation (MBT) | 2.5 | | | µg/kg M.S. | |
| LS33V | Dibutylétain cation (DBT) | 2.5 | | | µg/kg M.S. | |
| LS33W | Tributylétain cation (TBT) | 2.5 | | | µg/kg M.S. | |
| LS33Y | MonoOctylétain cation (MOT) | 2.5 | | | µg/kg M.S. | |
| LS33Z | DiOctylétain cation (DOT) | 4 | | | µg/kg M.S. | |

Annexe technique

Dossier N° :21E030954

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Emetteur : Mme Hélène CLAUDEL

Commande EOL : 006-10514-703358

Nom projet :

Référence commande :

Sédiments

| Code | Analyse | Principe et référence de la méthode | LQI | Unité | Prestation réalisée sur le site de : |
|-------|--|---|-------|--|--------------------------------------|
| LS342 | Triphenyltin cation (TPhT) | | 4 | µg/kg M.S. | |
| LS343 | Tricyclohexyltin cation (TCyT) | | 4 | µg/kg M.S. | |
| LS344 | Tétrabutylétain (TeBT) | | 15 | µg/kg M.S. | |
| LS3PB | Pourcentage cumulé 0.02 à 200 µm | Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne | 0 | % | |
| LS3PC | Fraction 200 - 2000 µm | | 0 | % | |
| LS3U6 | PCB 118 | GC/MS/MS [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 17322 | 0.001 | mg/kg M.S. | |
| LS3U7 | PCB 28 | | 0.001 | mg/kg M.S. | |
| LS3U8 | PCB 101 | | 0.001 | mg/kg M.S. | |
| LS3U9 | PCB 138 | | 0.001 | mg/kg M.S. | |
| LS3UA | PCB 153 | | 0.001 | mg/kg M.S. | |
| LS3UB | PCB 52 | | 0.001 | mg/kg M.S. | |
| LS3UC | PCB 180 | | 0.001 | mg/kg M.S. | |
| LS4P2 | Pourcentage cumulé 0.02 à 20 µm | Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne | 0 | % | |
| LS4WH | Pourcentage cumulé 0.02 à 2 µm | | 0 | % | |
| LS862 | Aluminium (Al) | ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autres) - NF EN ISO 11885 | 5 | mg/kg M.S. | |
| LS865 | Arsenic (As) | | 1 | mg/kg M.S. | |
| LS874 | Cuivre (Cu) | | 5 | mg/kg M.S. | |
| LS881 | Nickel (Ni) | | 1 | mg/kg M.S. | |
| LS882 | Phosphore (P) | | 1 | mg/kg M.S. | |
| LS883 | Plomb (Pb) | | 5 | mg/kg M.S. | |
| LS894 | Zinc (Zn) | | 5 | mg/kg M.S. | |
| LS916 | Azote Kjeldahl (NTK) | Volumétrie [Minéralisation] - Méthode interne (Sols) - NF EN 13342 | 0.5 | g/kg M.S. | |
| LS918 | Masse volumique sur échantillon brut | Gravimétrie - Méthode interne | | g/cm³ | |
| LS919 | Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40) Indice Hydrocarbures (C10-C40) HCT (nC10 - nC16) (Calcul) HCT (>nC16 - nC22) (Calcul) HCT (>nC22 - nC30) (Calcul) HCT (>nC30 - nC40) (Calcul) | GC/FID [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN 14039 (Boue, Sédiments) - NF EN ISO 16703 (Sols) | 15 | mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. mg/kg M.S. | |
| LS931 | Cadmium (Cd) | ICP/MS [Minéralisation à l'eau régale] - ISO 54321 (sol, boue) Méthode interne (autres) - NF EN ISO 17294-2 | 0.1 | mg/kg M.S. | |
| LS934 | Chrome (Cr) | | 0.1 | mg/kg M.S. | |
| LS995 | Perte au feu à 550°C | Gravimétrie - NF EN 12879 (annulée) | 0.1 | % MS | |
| LS9AS | Fraction 2 - 20 µm | Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne | 0 | % | |

Annexe technique

Dossier N° :21E030954

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Emetteur : Mme Hélène CLAUDEL

Commande EOL : 006-10514-703358

Nom projet :

Référence commande :

Sédiments

| Code | Analyse | Principe et référence de la méthode | LQI | Unité | Prestation réalisée sur le site de : |
|-------|---|---|-------------|--------------------|--------------------------------------|
| LS9AT | Pourcentage cumulé 0.02 à 2000 µm | | 0 | % | |
| LS9AV | Fraction 63 - 200 µm | | 0 | % | |
| LSA07 | Matière sèche | Gravimétrie - NF EN 12880 | 0.1 | % P.B. | |
| LSA09 | Mercuré (Hg) | SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - Méthode interne (Hors sol) - NF EN 13346 Méthode B Déc 2000 Norme abrogée (sol) - NF ISO 16772 (sol) | 0.1 | mg/kg M.S. | |
| LSA36 | Lixiviation 1x24 heures Lixiviation 1x24 heures Refus pondéral à 4 mm | Lixiviation [Ratio L/S = 10 l/kg - Broyage par concasseur à mâchoires] - NF EN 12457-2 | 0.1 | % P.B. | |
| LSA6B | Phosphore total (P2O5) | Calcul - Calcul | | mg/kg M.S. | |
| LSFEH | Somme PCB (7) | | | mg/kg M.S. | |
| LSFF9 | Somme des HAP | | | mg/kg M.S. | |
| LSL4H | pH H2O pH extrait à l'eau Température de mesure du pH | Potentiométrie - Ad. NF ISO 10390 (SED) NF EN 12176 (abrogée,BOU) | | °C | |
| LSM04 | Arsenic (As) sur éluat | ICP/AES - NF EN ISO 11885 | 0.2 | mg/kg M.S. | |
| LSM05 | Baryum (Ba) sur éluat | | 0.1 | mg/kg M.S. | |
| LSM11 | Chrome (Cr) sur éluat | | 0.1 | mg/kg M.S. | |
| LSM13 | Cuivre (Cu) sur éluat | | 0.2 | mg/kg M.S. | |
| LSM20 | Nickel (Ni) sur éluat | | 0.1 | mg/kg M.S. | |
| LSM22 | Plomb (Pb) sur éluat | | 0.1 | mg/kg M.S. | |
| LSM35 | Zinc (Zn) sur éluat | | 0.2 | mg/kg M.S. | |
| LSM46 | Résidu sec à 105°C (Fraction soluble) sur éluat Résidus secs à 105 °C Résidus secs à 105°C (calcul) | Gravimétrie - NF T 90-029 | 2000 0.2 | mg/kg M.S. % MS | |
| LSM68 | Carbone Organique par oxydation (COT) sur éluat | Spectrophotométrie (IR) [Oxydation à chaud en milieu acide] - Méthode interne (Hors sol) - NF EN 1484 (Sols) | 50 | mg/kg M.S. | |
| LSM90 | Indice phénol sur éluat | Flux continu - NF EN ISO 14402 (adaptée sur sédiment,boue) | 0.5 | mg/kg M.S. | |
| LSM97 | Antimoine (Sb) sur éluat | ICP/MS - NF EN ISO 17294-2 | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSN05 | Cadmium (Cd) sur éluat | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSN26 | Molybdène (Mo) sur éluat | | 0.01 | mg/kg M.S. | |
| LSN41 | Sélénium (Se) sur éluat | | 0.01 | mg/kg M.S. | |
| LSN71 | Fluorures sur éluat | Electrométrie [Potentiometrie] - NF T 90-004 (adaptée sur sédiment,boue) | 5 | mg/kg M.S. | |
| LSQ02 | Conductivité à 25°C sur éluat Conductivité corrigée automatiquement à 25°C Température de mesure de la conductivité | Potentiométrie [Méthode à la sonde] - NF EN 27888 | 15 | µS/cm °C | |

Annexe technique

Dossier N° :21E030954

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Emetteur : Mme Hélène CLAUDEL

Commande EOL : 006-10514-703358

Nom projet :

Référence commande :

Sédiments

| Code | Analyse | Principe et référence de la méthode | LQI | Unité | Prestation réalisée sur le site de : |
|-------|---|--|------------|-----------------|--------------------------------------|
| LSQ13 | Mesure du pH sur éluat pH (Potentiel d'Hydrogène) Température de mesure du pH | Potentiométrie - NF EN ISO 10523 | | °C | |
| LSQK3 | Pourcentage cumulé 0.02 à 63 µm | Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne | 0 | % | |
| LSRHH | Benzo(a)pyrène | GC/MS/MS [Extraction Hexane / Acétone] - NF ISO 18287 (Sols) - PR NF EN 17503 | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHI | Fluorène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHJ | Phénanthrène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHK | Anthracène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHL | Fluoranthène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHM | Pyrène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHN | Benzo-(a)-anthracène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHP | Chrysène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHQ | Benzo(b)fluoranthène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHR | Benzo(k)fluoranthène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHS | Indeno (1,2,3-cd) Pyrène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHT | Dibenzo(a,h)anthracène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHU | Naphtalène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHV | Acénaphthylène | | 0.002 | mg/kg M.S. | |
| LSRHW | Acénaphtène | 0.002 | mg/kg M.S. | | |
| LSRHX | Benzo(ghi)Pérylène | 0.002 | mg/kg M.S. | | |
| LSSKM | Carbone organique total (COT) par combustion sèche (Sédiments) Carbone Organique Total par Combustion Coefficient de variation (CV) | Combustion [sèche] - NF EN 15936 - Méthode B | 1000 | mg/kg M.S. % | |
| LSSKU | Fraction 20 - 63 µm | Spectroscopie (Diffraction laser) - Méthode interne | 0 | % | |
| XXS01 | Minéralisation eau régale - Bloc chauffant | Digestion acide - | | | |
| XXS06 | Prétraitement et séchage à 40°C | Séchage [Le laboratoire travaillera sur la fraction <à 2mm de l'échantillon sauf demande explicite du client] - NF ISO 11464 (Boue et sédiments) | | | |
| XXS07 | Refus Pondéral à 2 mm | Tamisage [Le laboratoire travaillera sur la fraction <à 2mm de l'échantillon sauf demande explicite du client] - | 1 | % P.B. | |
| XXS4D | Pesée échantillon lixiviation Volume Masse | Gravimétrie - NF EN 12457-2 | | ml g | |

Annexe de traçabilité des échantillons

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

Dossier N° : 21E030954

N° de rapport d'analyse : AR-21-LK-091272-02

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-703358

Nom projet : N° Projet : 4243223

Référence commande :

Pharo

Nom Commande : Pharo

Sédiments

| N° Ech | Référence Client | Date & Heure Prélèvement | Date de Réception Physique (1) | Date de Réception Technique (2) | Code-Barre | Nom Flacon |
|--------|------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------|------------|
| 001 | Pharo 1 | 18/02/2021 09:38:00 | 19/02/2021 | 19/02/2021 | | |
| 002 | Pharo 2 | 18/02/2021 09:38:00 | 19/02/2021 | 19/02/2021 | | |
| 003 | Pharo 3 | 18/02/2021 09:38:00 | 19/02/2021 | 19/02/2021 | | |
| 004 | Pharo 4 | 18/02/2021 09:38:00 | 19/02/2021 | 19/02/2021 | | |
| 005 | Pharo 5 | 18/02/2021 09:38:00 | 19/02/2021 | 19/02/2021 | | |

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

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

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

Annexe au rapport d'analyse

LS08F : Granulométrie laser a pas variable

prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488

Méthode interne T-PS-WO22915

Référence de l'échantillon (Matrice) :

21e030954-001 (SED) - Average

Opérateur :

FPEP

Date de l'analyse :

mercredi 3 mars 2021 15:06:21

Résultat de la source :

Moyenne de 2 mesures

Données statistique

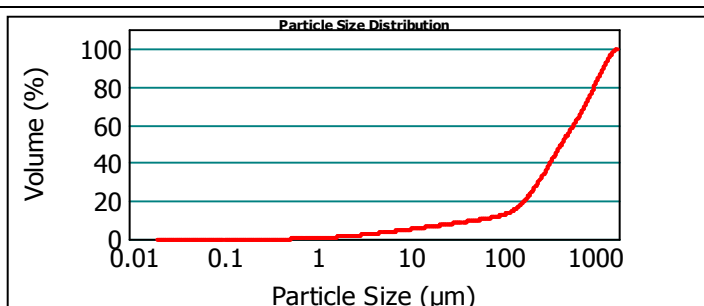
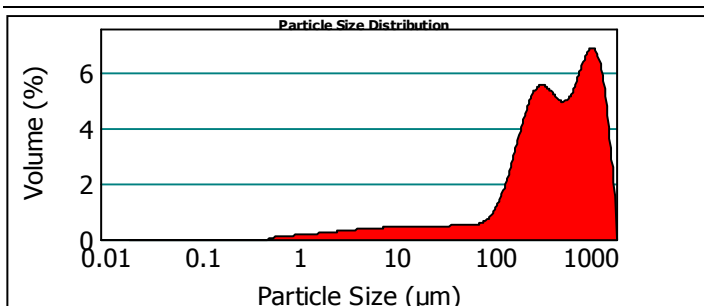
Surface spécifique : Moyenne : 0.14 m²/g Médiante : 627.383 µm Variance : 243006.63 µm² Ecart type : 492.957 µm Rapport moyenne/médiane : 1.297 µm Mode : 1136.100 µm

* Pourcentages cumulés :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 1.17%
 Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 6.67%
 Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 10.15%
 Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 20.82%
 Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 1.17%
 Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 5.50%
 Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 2.74%
 Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 11.41%
 Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 3.48%
 Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 10.67%
 Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 79.18%



21e030954-001 (SED) - Average

mercredi 3 mars 2021 15:06:21

| Size (µm) | Volume In % | Size (µm) | Volume In % | Size (µm) | Volume In % | Size (µm) | Volume In % | Size (µm) | Volume In % | Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.020 | | 8.000 | 0.61 | 30.000 | 0.88 | 150.000 | 5.38 | 500.000 | | 1500.000 | 6.74 |
| 1.000 | 0.36 | 10.000 | 1.12 | 40.000 | 0.71 | 200.000 | 6.24 | 600.000 | 5.89 | 2000.000 | |
| 2.000 | 0.35 | 15.000 | 0.18 | 50.000 | 0.74 | 250.000 | 6.14 | 800.000 | 4.61 | | |
| 2.500 | 0.91 | 16.000 | 0.61 | 63.000 | 1.76 | 300.000 | 10.32 | 900.000 | 4.45 | | |
| 4.000 | 1.71 | 20.000 | 1.15 | 100.000 | 3.53 | 400.000 | 7.60 | 1000.000 | 17.36 | | |
| 8.000 | | 30.000 | | 150.000 | | 500.000 | | 1500.000 | | | |

| Size (µm) | Vol Under % | Size (µm) | Vol Under % | Size (µm) | Vol Under % | Size (µm) | Vol Under % | Size (µm) | Vol Under % | Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.020 | 0.00 | 8.000 | 4.15 | 30.000 | 7.82 | 150.000 | 15.44 | 500.000 | 51.11 | 1500.000 | 93.26 |
| 1.000 | 0.36 | 10.000 | 4.76 | 40.000 | 8.69 | 200.000 | 20.82 | 600.000 | 56.99 | 2000.000 | 100.00 |
| 2.000 | 1.17 | 15.000 | 5.88 | 50.000 | 9.40 | 250.000 | 27.05 | 800.000 | 66.83 | | |
| 2.500 | 1.53 | 16.000 | 6.06 | 63.000 | 10.15 | 300.000 | 33.19 | 900.000 | 71.44 | | |
| 4.000 | 2.44 | 20.000 | 6.67 | 100.000 | 11.91 | 400.000 | 43.51 | 1000.000 | 75.90 | | |

Paramètre d'analyse

Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000 **Durée d'analyse :** 2 X 30 secondes
Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU **Indice de réfraction :** 1.33
 0.020 µm à 2000 µm **Liquide :** Water 800 mL
Logiciel : Malvern Application 5.60 **Obscurisation :** 10.78 %
Modèle optique : Fraunhofer
Vitesse de la pompe : 3000 rpm *- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure*

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

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *

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

Annexe au rapport d'analyse

LS08F : Granulométrie laser a pas variable

prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488

Méthode interne T-PS-WO22915

Référence de l'échantillon (Matrice) :

21e030954-002 (SED) - Average

Opérateur :

FPEP

Date de l'analyse :

mercredi 3 mars 2021 14:28:44

Résultat de la source :

Moyenne de 2 mesures

Données statistique

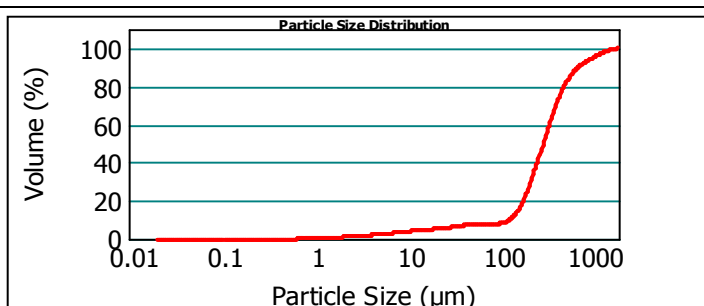
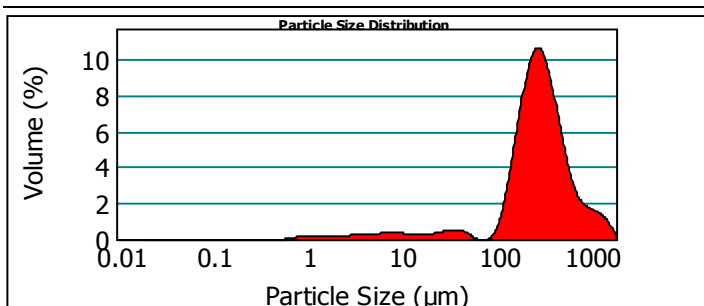
Surface spécifique : Moyenne : 0.117 m²/g Médiane : 383.828 µm Variance : 94486.76 µm² Ecart type : 307.386 µm Rapport moyenne/médiane : 1.256 µm Mode : 297.641 µm

* Pourcentages cumulés :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 0.97%
 Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 5.07%
 Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 7.95%
 Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 23.18%
 Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 0.97%
 Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 4.10%
 Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 2.51%
 Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 15.60%
 Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 76.82%
 Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 15.23%



21e030954-002 (SED) - Average

mercredi 3 mars 2021 14:28:44

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 0.020 | |
| 1.000 | 0.28 |
| 2.000 | 0.69 |
| 2.500 | 0.26 |
| 4.000 | 0.68 |
| 8.000 | 1.37 |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 8.000 | 0.49 |
| 10.000 | 0.80 |
| 15.000 | 0.11 |
| 16.000 | 0.39 |
| 20.000 | 0.91 |
| 30.000 | |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 30.000 | 0.92 |
| 40.000 | 0.68 |
| 50.000 | 0.37 |
| 63.000 | 0.04 |
| 100.000 | 4.45 |
| 150.000 | |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 150.000 | 10.74 |
| 200.000 | 13.10 |
| 250.000 | 12.46 |
| 300.000 | 18.94 |
| 400.000 | 11.34 |
| 500.000 | |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 500.000 | 6.43 |
| 600.000 | 6.07 |
| 800.000 | 1.63 |
| 900.000 | 1.27 |
| 1000.000 | 4.05 |
| 1500.000 | |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 1500.000 | 1.51 |
| 2000.000 | |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 0.020 | 0.00 |
| 1.000 | 0.28 |
| 2.000 | 0.97 |
| 2.500 | 1.24 |
| 4.000 | 1.91 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 8.000 | 3.29 |
| 10.000 | 3.78 |
| 15.000 | 4.57 |
| 16.000 | 4.69 |
| 20.000 | 5.07 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 30.000 | 5.98 |
| 40.000 | 6.90 |
| 50.000 | 7.58 |
| 63.000 | 7.95 |
| 100.000 | 7.99 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 150.000 | 12.44 |
| 200.000 | 23.18 |
| 250.000 | 36.28 |
| 300.000 | 48.75 |
| 400.000 | 67.69 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 500.000 | 79.03 |
| 600.000 | 85.47 |
| 800.000 | 91.54 |
| 900.000 | 93.18 |
| 1000.000 | 94.44 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 1500.000 | 98.49 |
| 2000.000 | 100.00 |

Paramètre d'analyse

Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000

Durée d'analyse : 2 X 30 secondes

Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU
0.020 µm à 2000 µm

Indice de réfraction : 1.33

Logiciel : Malvern Application 5.60

Liquide : Water 800 mL

Modèle optique : Fraunhofer

Obscurisation : 14.52 %

Vitesse de la pompe : 3000 rpm

- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure

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

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *

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

Annexe au rapport d'analyse

LS08F : Granulométrie laser a pas variable

prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488

Méthode interne T-PS-WO22915

Référence de l'échantillon (Matrice) :

21e030954-003 (SED) - Average

Opérateur :

FPEP

Date de l'analyse :

mercredi 3 mars 2021 14:43:41

Résultat de la source :

Moyenne de 2 mesures

Données statistique

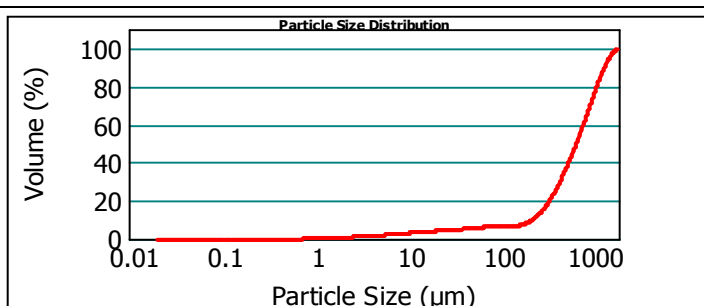
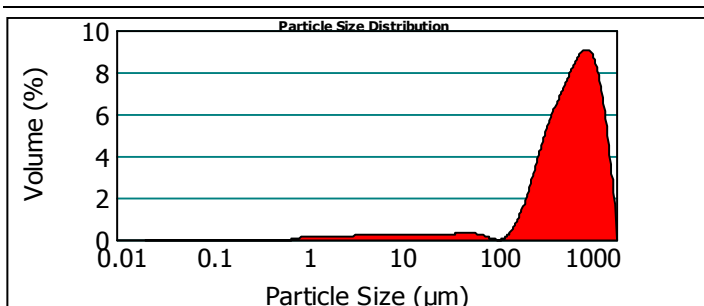
Surface spécifique : 0.0826 m²/g **Moyenne :** 760.513 μm **Médiane :** 696.999 μm **Variance :** 207930.061 μm² **Ecart type :** 455.993 μm **Rapport moyenne/médiane :** 1.091 μm **Mode :** 969.788 μm

* Pourcentages cumulés :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 0.73%
 Percentage between 0.02 μm and 20.00 μm : 3.98%
 Percentage between 0.02 μm and 63.00 μm : 5.91%
 Percentage between 0.02 μm and 200.00 μm : 8.07%
 Percentage between 0.02 μm and 2000.00 μm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 μm and 2.00 μm : 0.73%
 Percentage between 2.00 μm and 20.00 μm : 3.24%
 Percentage between 20.00 μm and 50.00 μm : 1.48%
 Percentage between 50.00 μm and 200.00 μm : 2.61%
 Percentage between 20.00 μm and 63.00 μm : 1.93%
 Percentage between 63.00 μm and 200.00 μm : 2.16%
 Percentage between 200.00 μm and 2000.00 μm : 91.93%



■ 21e030954-003 (SED) - Average

mercredi 3 mars 2021 14:43:41

| Size (μm) | Volume In % | Size (μm) | Volume In % | Size (μm) | Volume In % | Size (μm) | Volume In % | Size (μm) | Volume In % | Size (μm) | Volume In % |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.020 | | 8.000 | 0.36 | 30.000 | 0.47 | 150.000 | 1.48 | 500.000 | 8.64 | 1500.000 | 7.54 |
| 1.000 | 0.15 | 10.000 | 0.66 | 40.000 | 0.42 | 200.000 | 3.00 | 600.000 | 15.50 | 2000.000 | |
| 2.000 | 0.22 | 15.000 | 0.10 | 50.000 | 0.45 | 250.000 | 4.03 | 800.000 | 6.89 | | |
| 2.500 | 0.55 | 16.000 | 0.34 | 63.000 | 0.52 | 300.000 | 9.24 | 900.000 | 6.27 | | |
| 4.000 | 1.02 | 20.000 | 0.59 | 100.000 | 0.17 | 400.000 | 9.21 | 1000.000 | 21.61 | | |
| 8.000 | | 30.000 | | 150.000 | | 500.000 | | 1500.000 | | | |

| Size (μm) | Vol Under % | Size (μm) | Vol Under % | Size (μm) | Vol Under % | Size (μm) | Vol Under % | Size (μm) | Vol Under % | Size (μm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 0.020 | 0.00 | 8.000 | 2.52 | 30.000 | 4.56 | 150.000 | 6.60 | 500.000 | 33.56 | 1500.000 | 92.46 |
| 1.000 | 0.15 | 10.000 | 2.88 | 40.000 | 5.03 | 200.000 | 8.07 | 600.000 | 42.20 | 2000.000 | 100.00 |
| 2.000 | 0.73 | 15.000 | 3.54 | 50.000 | 5.46 | 250.000 | 11.07 | 800.000 | 57.70 | | |
| 2.500 | 0.95 | 16.000 | 3.64 | 63.000 | 5.91 | 300.000 | 15.10 | 900.000 | 64.58 | | |
| 4.000 | 1.50 | 20.000 | 3.98 | 100.000 | 6.43 | 400.000 | 24.35 | 1000.000 | 70.86 | | |

Paramètre d'analyse

| | |
|---|---|
| Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000 | Durée d'analyse : 2 X 30 secondes |
| Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU 0.020 μm à 2000 μm | Indice de réfraction : 1.33 |
| Logiciel : Malvern Application 5.60 | Liquide : Water 800 mL |
| Modèle optique : Fraunhofer | Obscurisation : 6.11 % |
| Vitesse de la pompe : 3000 rpm | <i>- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure</i> |

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

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *

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

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

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-21-IY-005389-01

Version du : 21/04/2021

Page 1/2

Dossier N° : 21G001250

Date de réception : 23/02/2021

Référence bon de commande : EUFRSA200108741

| N° Ech | Matrice | Référence échantillon | Observations |
|--------|-----------|---------------------------|--------------|
| 001 | Sédiments | 21E030954-004 / Pharo 4 - | |

| | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------|
| Prélèvement effectué par (1) | Prélevé par vos soins | Date de réception | 23/02/2021 14:42 |
| Date prélèvement (1) | 18/02/2021 09:38 | Début d'analyse | 21/04/2021 |

Ecotoxicologie continentale

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

Divers

| | Résultat | Unité |
|--|--------------------|-------|
| IY031 : Tamisage, centrifugation Prestation réalisée par nos soins Technique - | voir rapport joint | g/kg |



Eloise Renouf
Ingénieur Projets

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

Pour déclarer, ou non, la conformité à la spécification, il n'a pas été tenu explicitement compte de l'incertitude associée au résultat. Tous les éléments de traçabilité, ainsi que les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.
Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

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

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

A l'attention de :

**EUROFINS ANALYSES
POUR L'ENVIRONNEMENT
(Saverne)**

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

« 21E030954-004 »

Rapport d'analyses n° 21FER6-0667 du 21/04/2021

SOMMAIRE

| | | |
|--------------|---|-----------|
| I. | PRESENTATION DE L'ECHANTILLON | 4 |
| II. | VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE DES SEDIMENTS : CRITERE HP14* | 4 |
| III. | PREPARATION DES ELUATS..... | 5 |
| IV. | DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE | 5 |
| IV.1 | DESCRIPTEURS TOXICOLOGIQUES | 5 |
| IV.2 | TESTS DE TOXICITE REALISES SUR MATRICES LIQUIDES | 5 |
| IV.2.1 | <i>Tests de toxicité aiguë.....</i> | <i>5</i> |
| IV.2.2 | <i>Test de toxicité chronique.....</i> | <i>6</i> |
| IV.3 | TESTS DE TOXICITE REALISES SUR SEDIMENTS CENTRIFUGES..... | 7 |
| IV.3.1 | <i>Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance de semences par une matrice potentiellement polluée (NF EN ISO 11269-2, 2013)</i> | <i>7</i> |
| V. | DATES DES DIFFERENTES ETAPES..... | 7 |
| VI. | CARACTERISATION DU SEDIMENT | 8 |
| VI.1 | ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES..... | 8 |
| VI.2 | RESULTATS DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE..... | 8 |
| VI.2.1 | <i>- Résultats des essais d'écotoxicité sur éluats</i> | <i>8</i> |
| VI.2.2 | <i>- Ecotoxicité de la matrice solide.....</i> | <i>11</i> |
| VII. | SYNTHESE DES RESULTATS..... | 12 |
| VIII. | CRITERES DE VALIDITE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE..... | 13 |
| VIII.1 | TEST <i>VIBRIO FISCHERI</i> : | 13 |
| VIII.2 | TEST <i>BRACHIONUS</i> : | 13 |
| VIII.3 | TEST PLANTES : | 13 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 . Tableau récapitulatif en % (Volume/Volume) des résultats des tests biologiques réalisés sur les éluats..... | 8 |
| Tableau 2. Classement du sédiment sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë | 9 |
| Tableau 3 . Classement des sédiments sur la base des tests biologiques de toxicité chronique | 10 |
| Tableau 4. Tableau récapitulatif des résultats en % de matière sèche (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute | 11 |
| Tableau 5. Classement du sédiment sur la base des tests biologiques sur matrice brute | 11 |
| Tableau 6. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus | 12 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1. Toxicité aiguë sur éluats..... | 9 |
| Figure 2. Toxicité chronique sur éluats..... | 10 |
| Figure 3 . Toxicité terrestre sur sédiment | 11 |

I. PRESENTATION DE L'ECHANTILLON

Echantillon de sédiment référencé « 21E030954-004 » réceptionné le 23/02/2021.

Date de prélèvement : 18/02/2021.

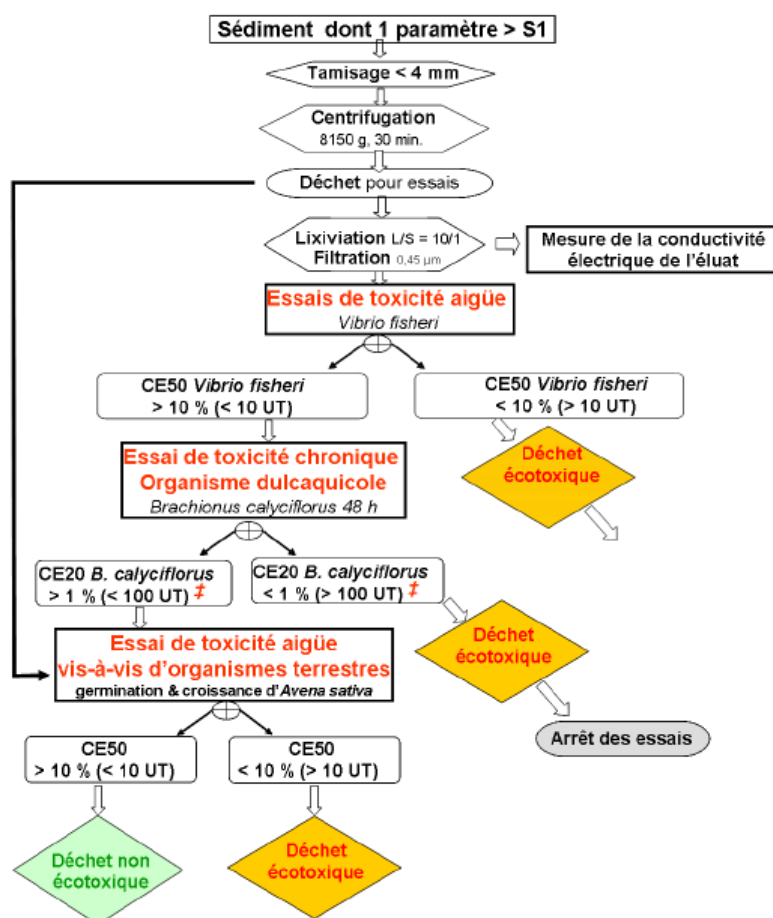
Référence Eurofins Ecotoxicologie France : 21G001250-001.

Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

II. VERIFICATION DU CARACTERE ECOTOXIQUE DES SEDIMENTS : CRITERE HP14*

* anciennement appelé critère H14.

Les essais à réaliser sur chaque échantillon sont ceux proposés dans le rapport INERIS - DRC-15-149793-06416A réalisé pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE) – « Classification réglementaire des déchets - Guide d'application pour la caractérisation en dangerosité » pour la mesure du paramètre HP14 sur les sédiments marins et continentaux (4 février 2016). La figure ci-dessous illustre le logigramme à appliquer. Suivant le déroulement de l'étude, certains échantillons pourront n'être soumis qu'à une partie des tests.



III. PREPARATION DES ELUATS

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

1. Rapport massique Liquide/Solide = 10 calculé en équivalent de matière sèche,
2. Agitation 24 heures, par retournement (5 à 10 tours/min),
3. Séparation par centrifugation 3000 t/min, 30 min,
4. Filtration de l'éluat à 0,45 µm sur filtre nylon.

IV. DESCRIPTION SIMPLIFIEE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

IV.1 Descripteurs toxicologiques

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

IV.2 Tests de toxicité réalisés sur matrices liquides

IV.2.1 Tests de toxicité aiguë

IV.2.1.1 Test d'inhibition de la luminescence de bactéries marines (*Vibrio fischeri* ou Microtox®, NF EN ISO 11348-3, 2009)

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

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 2.

Organisme d'essai : *Vibrio fischeri* (NRRL B-11177).
Fournisseur de la souche lyophilisée : R-Biopharm.

Essai sur substances de référence réalisé à chaque série analytique comprenant au moins un essai définitif : - ZnSO₄, 7H₂O ou 3,5-dichlorophénol (C₆H₄OCl₂) ou K₂Cr₂O₇.

Méthode de calcul de la CE50 : logiciel Microtox-Omni.

IV.2.2 Test de toxicité chronique

IV.2.2.1 Détermination de la toxicité chronique vis-à-vis de *Brachionus calyciflorus* en 48 heures - Essai d'inhibition de la croissance de la population (NF ISO 20666, 2009)

De jeunes femelles *Brachionus calyciflorus* (*Monogota*, *Rotifera*), âgées de moins de 2 heures au début de l'essai, sont exposées individuellement pendant une période de 48 heures à une gamme de concentrations de l'échantillon.

En fin d'essai, le nombre de rotifères femelles est déterminé et, par comparaison avec le témoin, les pourcentages d'inhibition de la croissance de la population sont déterminés à chaque concentration.

Nombre de réplique par concentrations testées et témoins : 8.

Organisme d'essai : *Brachionus calyciflorus*

Fournisseur des sporocystes déshydratés : R-Biopharm.

Essai sur substance de référence réalisé une fois par mois : $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Méthode de calcul de la CE20 : modèle logistique basé sur l'équation de Hill (macro Regtox_ev6.6.2.xls).

IV.3 Tests de toxicité réalisés sur sédiments centrifugés

IV.3.1 Test d'inhibition de l'émergence et de la croissance de semences par une matrice potentiellement polluée (NF EN ISO 11269-2, 2013)

Les échantillons de sédiment sont dilués avec le milieu ISO (mélange de 70 % de sable de Fontainebleau, 20 % de kaolinite et 10 % de sphaigne). Les différentes graines (monocotylédone : avoine – *Avena sativa*) sont plantées dans les dilutions.

L'essai se déroule en 2 étapes (nombre de graines semées par pot : 10) :

- un essai préliminaire de 7 jours qui permet d'étudier l'effet de différentes concentrations comprises entre 1 et 100 % d'échantillon (une réplique par concentrations testées et témoin),
- un essai définitif pour lequel une série de 5 dilutions est réalisée (en se plaçant aux bornes des dilutions pour lesquelles l'émergence passait de 0 à 100 % lors de l'essai préliminaire) – 4 répliques par concentrations testées et témoin.

L'émergence et la croissance des semences sont suivies quotidiennement lors de l'arrosage.

Après 7 jours, les graines germées sont comptabilisées dans les différentes dilutions pour déterminer l'effet sur la germination et le nombre de pousses est réduit à cinq.

Après 14 jours minimum et au maximum au bout de 21 jours après que 50 % des semis témoins ont émergés, la biomasse de chaque dilution est quantifiée par pesée.

Méthode de calcul des CE50 (germination et croissance) : modèle statistique Log-Probit ou par interpolation linéaire (logiciel Toxcalc).

Diamètre des pots : 9,5 cm.

Masse de sol par pot : de l'ordre de 250 grammes.

Type d'environnement : phytotron.

Cycle jour/nuit : 16 heures/8 heures.

Température : 22 °C +/- 1 °C (jour) / 18 °C +/- 1 °C (nuit).

Humidité relative : 70 %.

Type d'éclairage : tubes fluorescents « lumière du jour ».

Intensité de l'éclairage : environ 7 500 lux.

V. DATES DES DIFFERENTES ETAPES

Tamissage à 4 mm : 25/03/21.

Centrifugation 25/03/21.

Lixiviation : 29-30/03/21.

Date des essais définitifs :

- Test *Vibrio fischeri* : 19/04/21 (échantillon congelé avant analyse).
- Test Brachionus : 31/03 au 02/04/21.
- Test plantes : 06/04/21.

VI. CARACTERISATION DU SEDIMENT

VI.1 Analyses physico-chimiques

Teneur en eau de l'échantillon brut : 19 %.

Teneur en eau de l'échantillon après tamisage et centrifugation : 18 %.

| | pH | Oxygène dissous (mg/L) | Conductivité (μ S/cm) |
|----------------------|-----|---------------------------|-------------------------------|
| Eaux interstitielles | | | 8 690 |
| Eluats | 7.8 | 8.1 | 2 230 |

VI.2 Résultats des tests biologiques de toxicité

VI.2.1 - Résultats des essais d'écotoxicité sur éluats

| | Tests | Effet | Descripteur toxicologique | 21E030954-004 |
|-----------------------------|------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Tests de toxicité aiguë | Microtox® | Inhibition de la luminescence | CE 50-5 min | non toxique à 80 % |
| | | | CE 50-15 min | non toxique à 80 % |
| | | | CE 50-30 min | non toxique à 80 % |
| Tests de toxicité chronique | Brachionus | Croissance de la population | CE 20-48h | non toxique à 90% |

Tableau 1 . Tableau récapitulatif en % (Volume/Volume) des résultats des tests biologiques réalisés sur les éluats

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE50% et/ou CE20% (si calculable)

En gras : CE50% < 10 % et/ou CE20% < 1 %

VI.2.1.1 Résultats des essais de toxicité aiguë

Le tableau 2 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë réalisés sur les éluats, sur la base du seuil à 10 %.

| | Classement sur la base du test Microtox® | Classement sur la base des essais de toxicité aiguë* |
|---------------|--|--|
| 21E030954-004 | - | - |

+ « ombré » : classé comme dangereux pour l'environnement

- : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme écotoxique

Tableau 2. Classement du sédiment sur la base des tests biologiques de toxicité aiguë

La figure 1 présente la synthèse des résultats des tests de toxicité aiguë réalisés sur les éluats sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10 %.

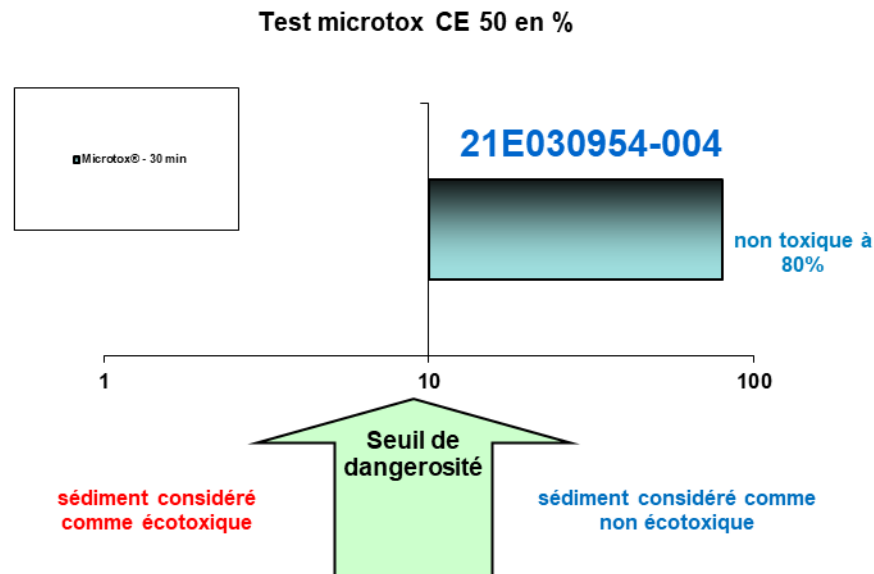


Figure 1. Toxicité aiguë sur éluats

VI.2.1.2 Résultats des essais de toxicité chronique

Le tableau 3 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité chronique sur la base du seuil à 1 %.

| Sédiments | Classement sur la base du test Brachionus | Classement sur la base des essais de toxicité chronique |
|---------------|---|---|
| 21E030954-004 | - | - |

+ « ombré » : classé comme dangereux pour l'environnement

- : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme écotoxique

Tableau 3 . Classement des sédiments sur la base des tests biologiques de toxicité chronique

La figure 2 présente sous forme d'histogramme la synthèse des résultats des tests de toxicité chronique sur la base du seuil à 1 %.

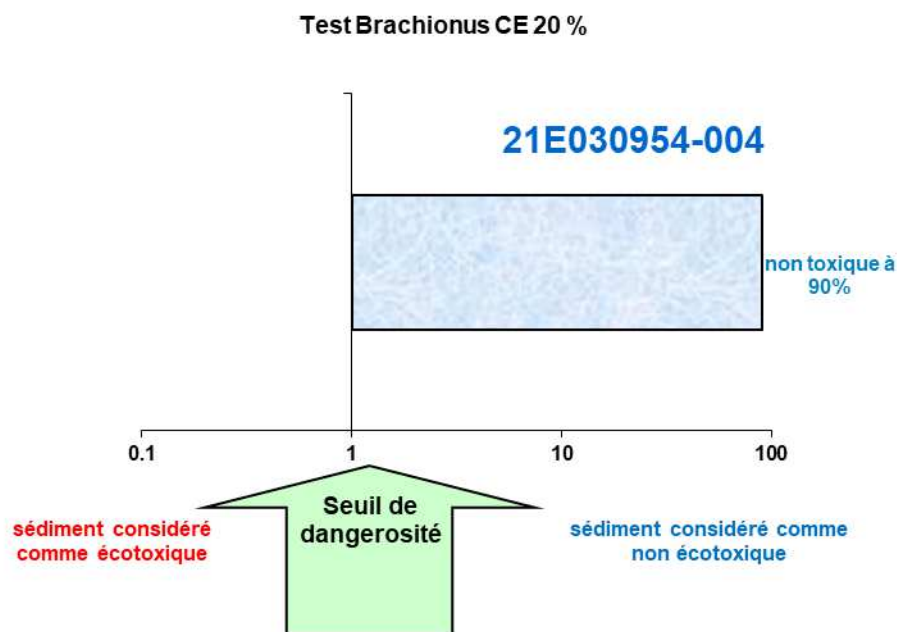


Figure 2. Toxicité chronique sur éluats

VI.2.2 - Ecotoxicité de la matrice solide

Remarque : 82 % d'échantillon en équivalent matière sèche correspond à 100 % d'échantillon brut pré-traité.

| Tests | Effet | Descripteur toxicologique | 21E030954-004 |
|--------|-------------|---------------------------|-----------------------------|
| Avoine | Germination | CE 50 | 40.2 % de MS (32.6-52.1) |
| Avoine | Croissance | CE 50-14 jours | 61.1 % de MS (55.8-61.7) |

Tableau 4. Tableau récapitulatif des résultats en % de matière sèche (Masse/Masse) des tests biologiques réalisés sur la matrice brute

Entre parenthèses : intervalle de confiance à 95% de la CE50% (si calculable)

En gras : CE50% < 10

Le tableau 5 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice brute, en considérant le seuil de 10%.

| Sédiment | Classement sur la base de l'émergence et de croissance de l'avoine (<i>Avena sativa</i>) | Classement sur la base des essais de toxicité terrestre* |
|---------------|--|--|
| 21E030954-004 | - | - |

+ « ombré » : classé comme dangereux pour l'environnement

- : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme écotoxique

Tableau 5. Classement du sédiment sur la base des tests biologiques sur matrice brute

La figure 3 présente une synthèse des résultats des tests de toxicité réalisés sur la matrice solide sous forme d'histogramme, en considérant le seuil de 10 %.

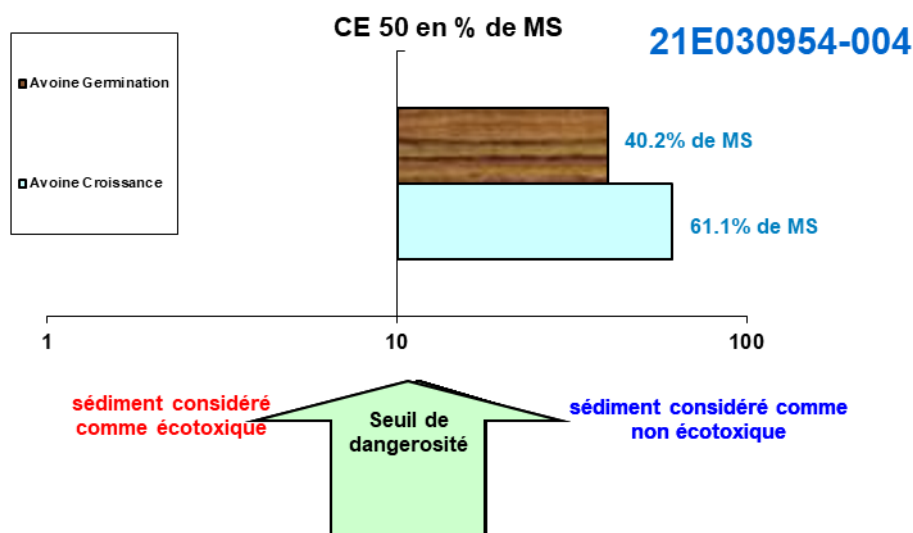


Figure 3 . Toxicité terrestre sur sédiment

VII. SYNTHÈSE DES RESULTATS

Le tableau 6 présente les résultats obtenus en termes de classement des sédiments, respectivement en fonction des seuils de dangerosité.

| Sédiment | Classement sur la base des essais de toxicité aiguë* | Classement sur la base des essais de toxicité chronique* | Classement sur la base des essais de toxicité terrestre* | Synthèse* |
|---------------|--|--|--|-----------|
| 21E030954-004 | - | - | - | - |

+ « ombré » : classé comme dangereux pour l'environnement

- : classé comme non dangereux pour l'environnement

* : en considérant que la réponse d'un seul test suffit à classer le sédiment comme écotoxique

Tableau 6. Classement du sédiment par rapport aux seuils retenus

- **Pour le test de toxicité aiguë**, réalisé sur éluat avec un seuil de CE 50 à 10 %,
 - ⇒ L'échantillon « 21E030954-004 » n'est pas considéré comme écotoxique par le test Microtox®,

- **Pour le test de toxicité chronique**, réalisés sur éluat avec un seuil de CE 20 à 1 %,
 - ⇒ L'échantillon « 21E030954-004 » n'est pas considéré comme écotoxique par les tests sur la croissance de la population des Brachionus,

- **Pour le test de toxicité terrestre**, avec un seuil de CE 50 à 10 %,
 - ⇒ L'échantillon « 21E030954-004 » n'est pas considéré comme écotoxique.

Dans le cadre du critère HP14 et en fonction des seuils retenus par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie en 2016, l'échantillon « 21E030954-004 » n'est pas considéré comme écotoxique.

VIII. CRITERES DE VALIDITE DES TESTS BIOLOGIQUES DE TOXICITE

VIII.1 Test *Vibrio fischeri* :

- Les rapports des blancs sont compris entre 0,6 et 1,8.
- L'écart par rapport à la moyenne des témoins est inférieur à ou égal 3 % (arrondi à un chiffre significatif).
- Pour les déterminations effectuées en double, les taux d'inhibition ne donnent pas d'écart strictement supérieur à 3 %.
- L'inhibition de la luminescence est comprise entre 20 % et 80 % au bout de 30 min +/- 20 secondes aux concentrations suivantes :
 - 18,7 mg/L de Cr6+ (sous forme de K₂Cr₂O₇) : 39 %.

VIII.2 Test *Brachionus* :

- Pourcentage de reproduction observé dans plus de 87,5 % des répliques du lot témoin (100 %).
- Nombre moyen de *Brachionus calyciflorus* femelles dénombrées par puits dans le lot témoin supérieur à 3 à la fin de l'essai : 4.0.
- Substance de référence réalisée le 31 mars 2021 : (CuSO₄, 5H₂O).CE 50-72h = 21.5 µg/L de Cu²⁺.

VIII.3 Test plantes :

- Nombre moyen de graines germées supérieur à 7 dans le lot témoin :
 - avoine (*Avena sativa*) : 8.3.

A Maxéville, le 21/04/2021,
Eloïse Renouf, Cheffe de Groupe Ecotoxicologie.



Annexe au rapport d'analyse

LS08F : Granulométrie laser a pas variable

prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488

Méthode interne T-PS-WO22915

Référence de l'échantillon (Matrice) :

21e030954-005 (SED) - Average

Opérateur :

FPEP

Date de l'analyse :

mercredi 3 mars 2021 14:54:55

Résultat de la source :

Moyenne de 2 mesures

Données statistique

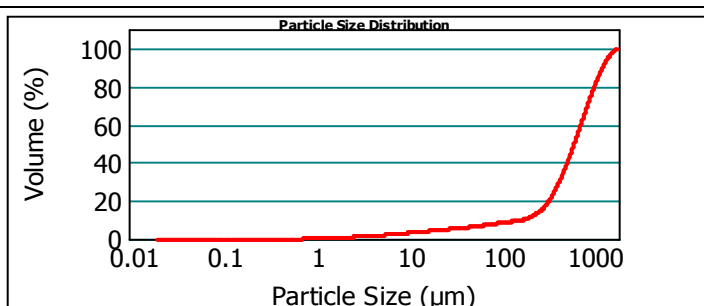
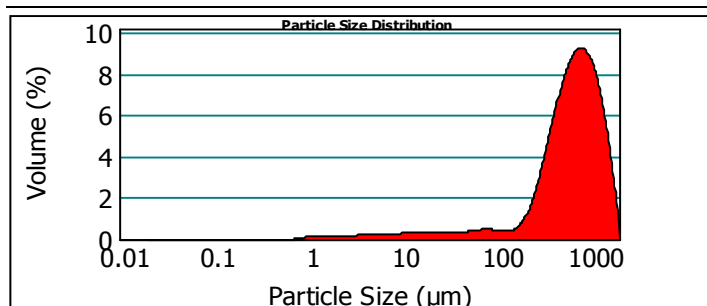
Surface spécifique : Moyenne : Médiane : Variance : Ecart type : Rapport moyenne/médiane : Mode :
 0.0848 m²/g 723.664 µm 663.099 µm 195228.479 µm² 441.846 µm 1.091 µm 789.900 µm

* Pourcentages cumulés :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 0.70%
 Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 4.31%
 Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 6.79%
 Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 10.50%
 Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 0.70%
 Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 3.61%
 Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 1.86%
 Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 4.32%
 Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 2.48%
 Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 3.71%
 Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 89.50%



21e030954-005 (SED) - Average

mercredi 3 mars 2021 14:54:55

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 0.020 | |
| 1.000 | 0.14 |
| 2.000 | 0.56 |
| 2.500 | 0.21 |
| 4.000 | 0.56 |
| 8.000 | 1.08 |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 8.000 | 0.40 |
| 10.000 | 0.78 |
| 15.000 | 0.13 |
| 16.000 | 0.45 |
| 20.000 | 0.80 |
| 30.000 | 0.80 |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 30.000 | 0.57 |
| 40.000 | 0.50 |
| 50.000 | 0.62 |
| 63.000 | 1.41 |
| 100.000 | 1.06 |
| 150.000 | 1.06 |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 150.000 | 1.24 |
| 200.000 | 2.21 |
| 250.000 | 3.26 |
| 300.000 | 8.68 |
| 400.000 | 9.84 |
| 500.000 | 9.84 |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 500.000 | 9.73 |
| 600.000 | 17.11 |
| 800.000 | 7.12 |
| 900.000 | 6.18 |
| 1000.000 | 19.26 |
| 1500.000 | 19.26 |

| Size (µm) | Volume In % |
|-----------|-------------|
| 1500.000 | 6.12 |
| 2000.000 | |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 0.020 | 0.00 |
| 1.000 | 0.14 |
| 2.000 | 0.70 |
| 2.500 | 0.92 |
| 4.000 | 1.47 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 8.000 | 2.55 |
| 10.000 | 2.95 |
| 15.000 | 3.73 |
| 16.000 | 3.86 |
| 20.000 | 4.31 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 30.000 | 5.10 |
| 40.000 | 5.67 |
| 50.000 | 6.17 |
| 63.000 | 6.79 |
| 100.000 | 8.20 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 150.000 | 9.26 |
| 200.000 | 10.50 |
| 250.000 | 12.71 |
| 300.000 | 15.96 |
| 400.000 | 24.64 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 500.000 | 34.48 |
| 600.000 | 44.21 |
| 800.000 | 61.32 |
| 900.000 | 68.44 |
| 1000.000 | 74.62 |

| Size (µm) | Vol Under % |
|-----------|-------------|
| 1500.000 | 93.88 |
| 2000.000 | 100.00 |

Paramètre d'analyse

Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000

Durée d'analyse : 2 X 30 secondes

Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU
0.020 µm à 2000 µm

Indice de réfraction : 1.33

Logiciel : Malvern Application 5.60

Liquide : Water 800 mL

Modèle optique : Fraunhofer

Obscurisation : 7.53 %

Vitesse de la pompe : 3000 rpm

- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure

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

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *

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