

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.	Dangerosité 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

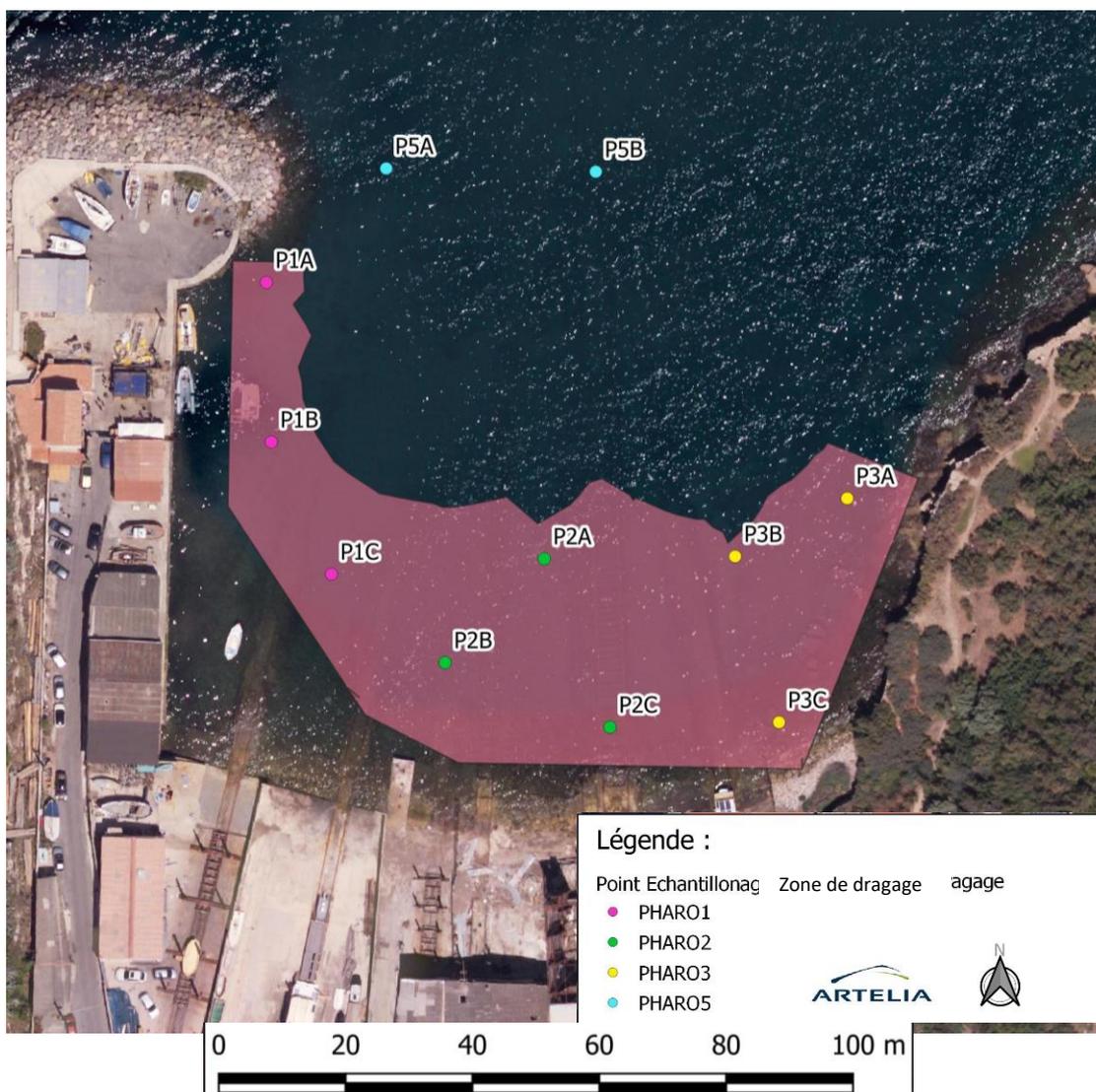


Figure 3- Plan d'échantillonnage des sédiments de l'anse du Pharo

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.

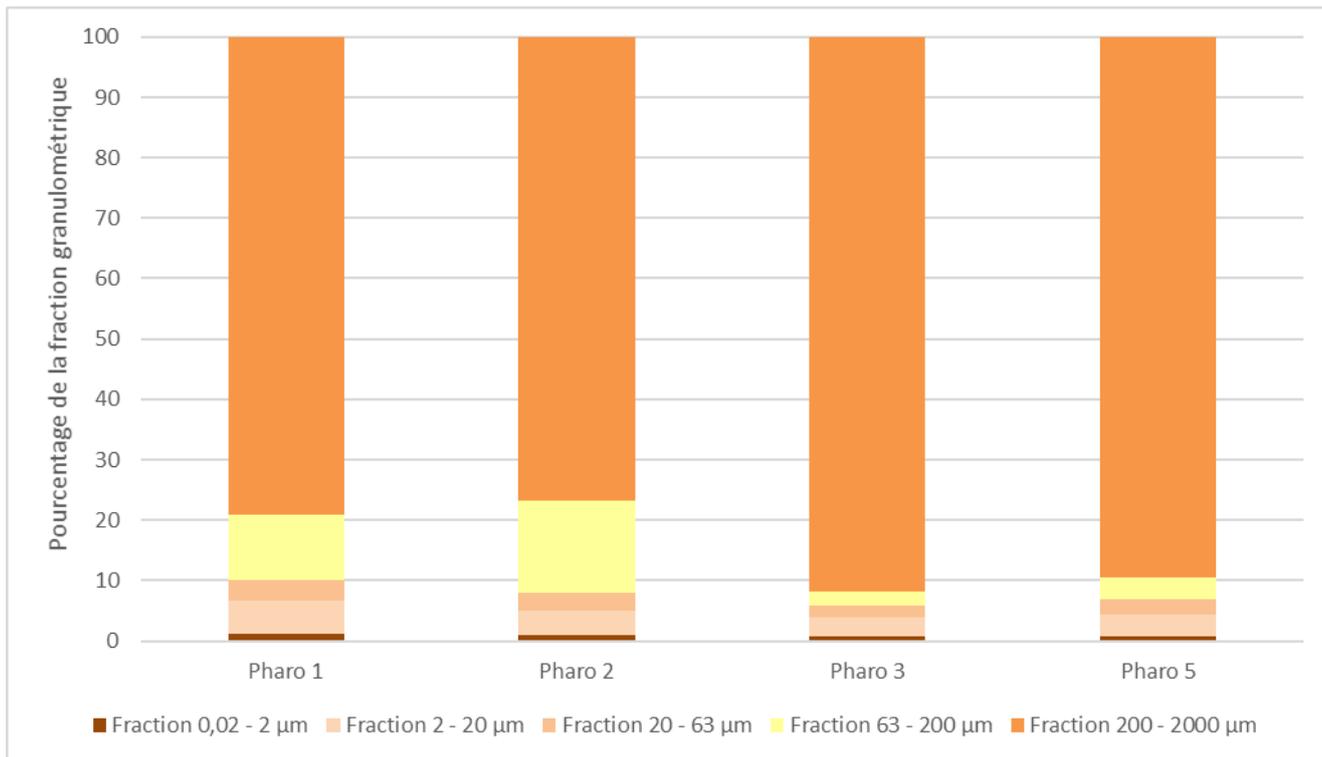


Figure 4- Résultats des analyses granulométriques des sédiments de l'anse du Pharo

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
Acénaphylène	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. Dangérosité du sédiment

3.4.1.1. Description

La gestion des boues de dragage passe par la caractérisation précise de la dangérosité 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 dangérosité 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 dangérosité 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'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (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.

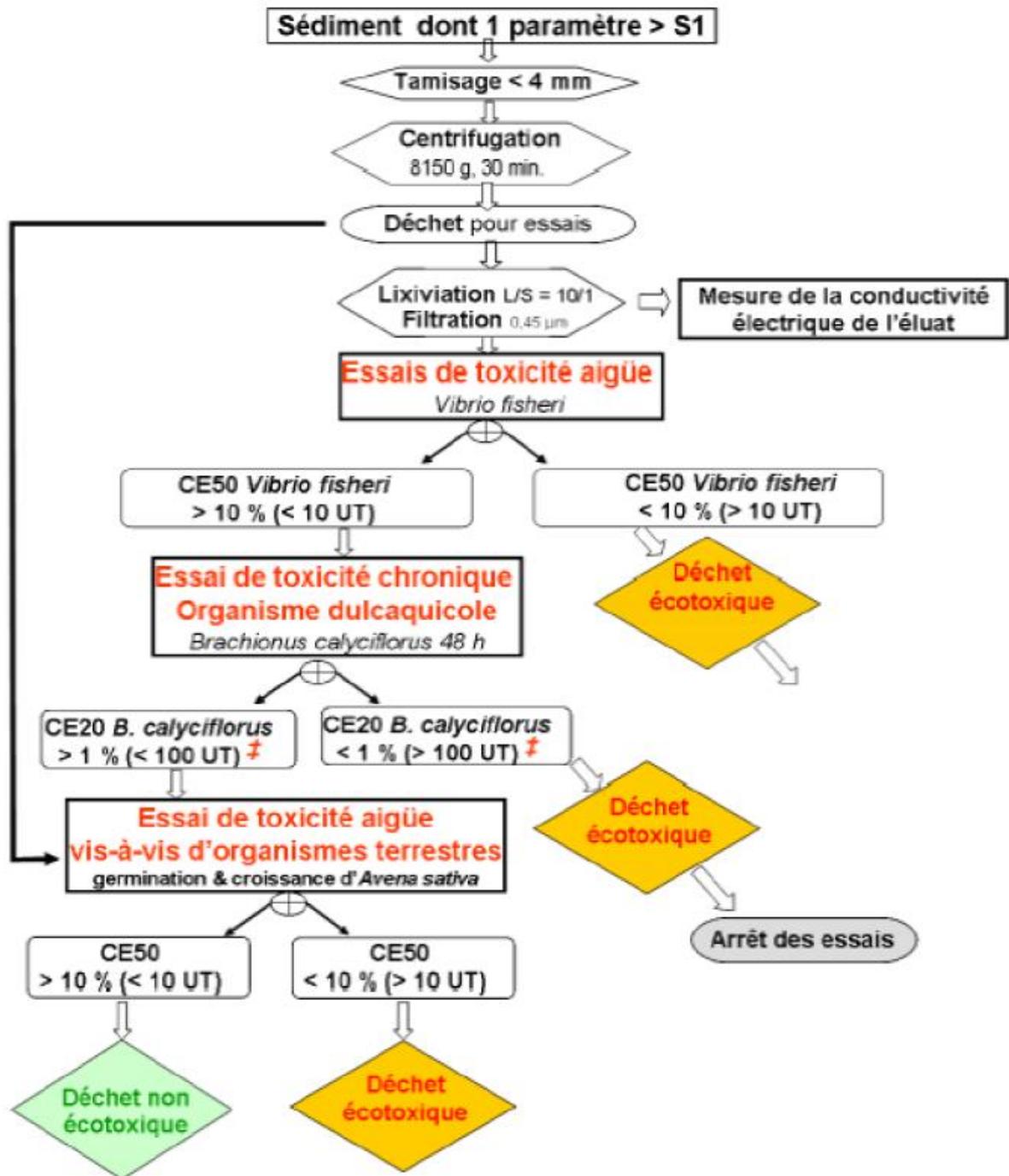


Figure 6- Protocole d'essai du test HP14 et logigramme à appliquer pour les sédiments

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)

	001	002	003	004	005
LSRHR : Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S. * 0.39	mg/kg M.S. * 0.32	mg/kg M.S. * 0.22		mg/kg M.S. * 0.046
LSRHH : Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S. * 2.0	mg/kg M.S. * 0.32	mg/kg M.S. * 0.48		mg/kg M.S. * 0.19
LSRHX : Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg M.S. * 1.4	mg/kg M.S. * 0.28	mg/kg M.S. * 0.23		mg/kg M.S. * 0.14
LSFF9 : Somme des HAP	mg/kg M.S. 14	mg/kg M.S. 2.9	mg/kg M.S. 5.9		mg/kg M.S. 1.4

Polychlorobiphényles (PCBs)

	001	002	003	004	005
LS3U7 : PCB 28	mg/kg M.S. * 0.0011	mg/kg M.S. * 0.0024	mg/kg M.S. * <0.001		mg/kg M.S. * <0.001
LS3UB : PCB 52	mg/kg M.S. * 0.015	mg/kg M.S. * 0.03	mg/kg M.S. * 0.0033		mg/kg M.S. * 0.0014
LS3U8 : PCB 101	mg/kg M.S. * 0.026	mg/kg M.S. * 0.052	mg/kg M.S. * 0.011		mg/kg M.S. * 0.0032
LS3U6 : PCB 118	mg/kg M.S. * 0.02	mg/kg M.S. * 0.052	mg/kg M.S. * 0.0021		mg/kg M.S. * 0.0041
LS3U9 : PCB 138	mg/kg M.S. * 0.036	mg/kg M.S. * 0.089	mg/kg M.S. * 0.0068		mg/kg M.S. * 0.0082
LS3UA : PCB 153	mg/kg M.S. * 0.038	mg/kg M.S. * 0.084	mg/kg M.S. * 0.0045		mg/kg M.S. * 0.0092
LS3UC : PCB 180	mg/kg M.S. * 0.018	mg/kg M.S. * 0.043	mg/kg M.S. * 0.0033		mg/kg M.S. * 0.0055
LSFEH : Somme PCB (7)	mg/kg M.S. 0.154	mg/kg M.S. 0.352	mg/kg M.S. 0.032		mg/kg M.S. 0.032

Composés Volatils

	001	002	003	004	005
LS0XU : Benzène	mg/kg M.S. <0.10	mg/kg M.S. <0.10	mg/kg M.S. <0.10		
LS0Y4 : Toluène	mg/kg M.S. <0.20	mg/kg M.S. <0.20	mg/kg M.S. <0.20		
LS0XW : Ethylbenzène	mg/kg M.S. <0.20	mg/kg M.S. <0.20	mg/kg M.S. <0.20		
LS0Y6 : o-Xylène	mg/kg M.S. <0.20	mg/kg M.S. <0.20	mg/kg M.S. <0.20		
LS0Y5 : m+p-Xylène	mg/kg M.S. <0.20	mg/kg M.S. <0.20	mg/kg M.S. <0.20		
LS0IK : Somme des BTEX	mg/kg M.S. 0.300	mg/kg M.S. 0.300	mg/kg M.S. 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 : Diocylétain 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 : Tamisage, centrifugation	g/kg			voir rapport joint
IY00H : Lixiviation				voir rapport joint
IY00Q : Test Microtox sur éluat				voir rapport joint
Inhibition Luminescence de V. fischeri (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 :



Aurélie 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.	Eurofins Analyses pour l'Environnement France	
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 [Dérivation, 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	Triphénylétain 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	Acénaphène	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	Tamissage [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

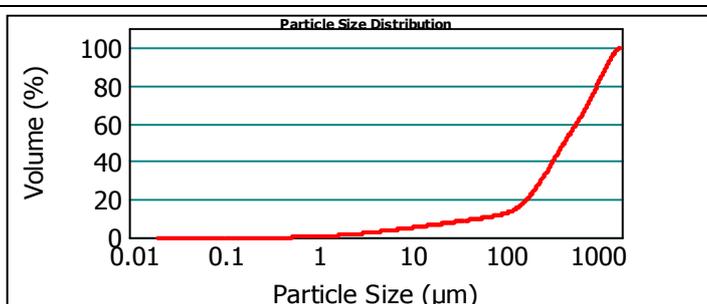
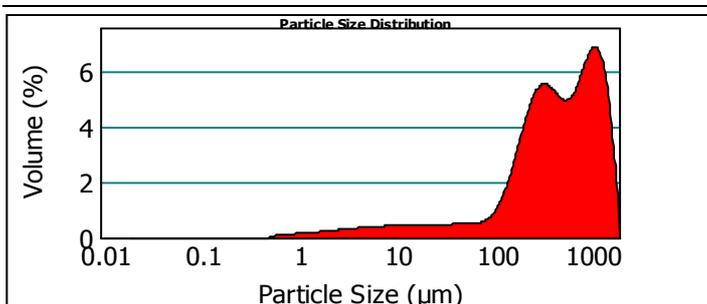
Surface spécifique : Moyenne : Médiane : Variance : Ecart type : Rapport moyenne/médiane : Mode :
 0.14 m²/g 627.383 μm 483.506 μm 243006.63 μm² 492.957 μm 1.297 μm 1136.100 μm

* 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 %										
0.020		8.000	0.61	30.000	0.88	150.000	5.38	500.000	5.89	1500.000	6.74
1.000	0.36	10.000	1.12	40.000	0.71	200.000	6.24	600.000	9.84	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 %										
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

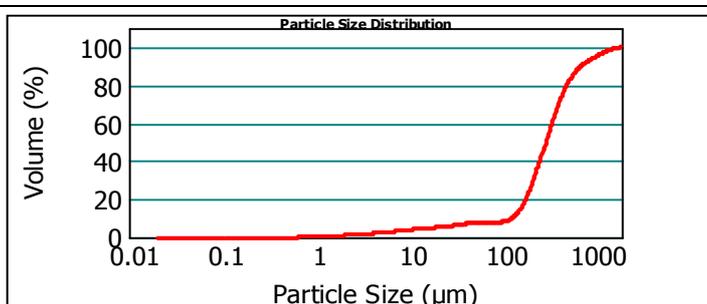
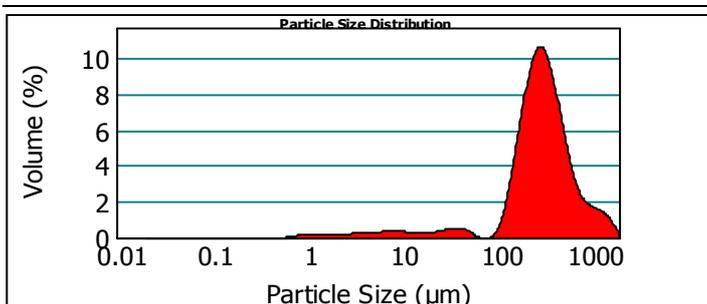
Surface spécifique : Moyenne : 0.117 m²/g Médiane : 383.828 µm Variance : 94486.76 µm² Ecart type : 307.386 µm Rapport moyenne/médiane : 1.256 µm Mode : 297.641 µm

* 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		8.000	0.49	30.000	0.92	150.000	10.74	500.000	6.43	1500.000	98.49
1.000	0.28	10.000	0.80	40.000	0.68	200.000	13.10	600.000	6.07	2000.000	100.00
2.000	0.26	15.000	0.11	50.000	0.37	250.000	12.46	800.000	1.63		
2.500	0.68	16.000	0.39	63.000	0.04	300.000	18.94	900.000	1.27		
4.000	1.37	20.000	0.91	100.000	4.45	400.000	11.34	1000.000	4.05		
8.000		30.000		150.000		500.000		1500.000			

Size (µm)	Vol Under %										
0.020	0.00	8.000	3.29	30.000	5.98	150.000	12.44	500.000	79.03	1500.000	98.49
1.000	0.28	10.000	3.78	40.000	6.90	200.000	23.18	600.000	85.47	2000.000	100.00
2.000	0.97	15.000	4.57	50.000	7.58	250.000	36.28	800.000	91.54		
2.500	1.24	16.000	4.69	63.000	7.95	300.000	48.75	900.000	93.18		
4.000	1.91	20.000	5.07	100.000	7.99	400.000	67.69	1000.000	94.44		

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 :** 14.52 %
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) :

21e030954-003 (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

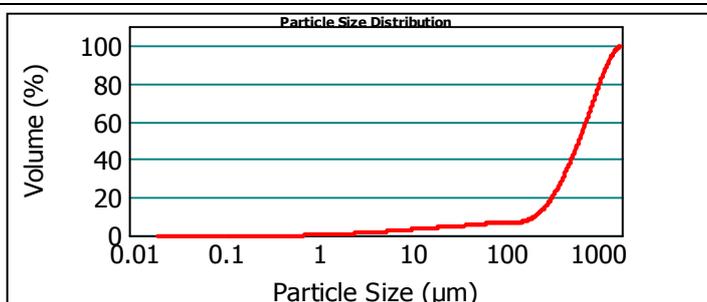
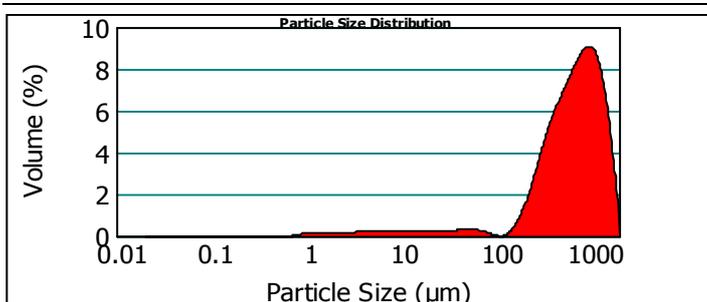
Surface spécifique : 0.0826 m ² /g	Moyenne : 760.513 μm	Médiane : 696.999 μm	Variance : 207930.061 μm ²	Ecart type : 455.993 μm	Rapport moyenne/médiane : 1.091 μm	Mode : 969.788 μm
---	--------------------------------	--------------------------------	---	-----------------------------------	--	-----------------------------

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

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.

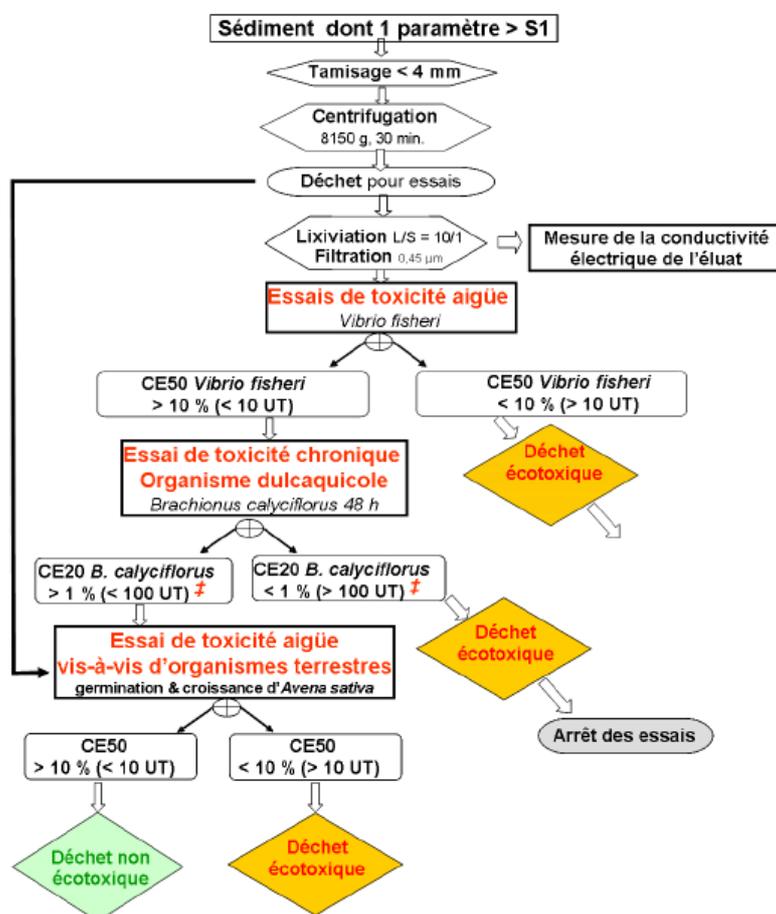
Référence Eurofins Ecotoxicologie France : 21G001250-001.

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.2.1.2 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 %.

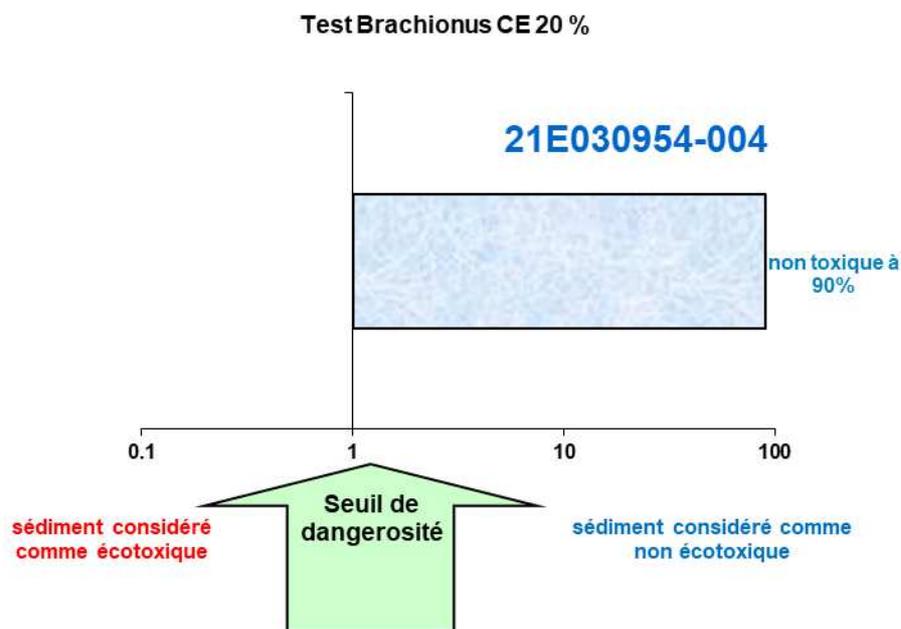


Figure 2. Toxicité chronique sur éluats

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 %.

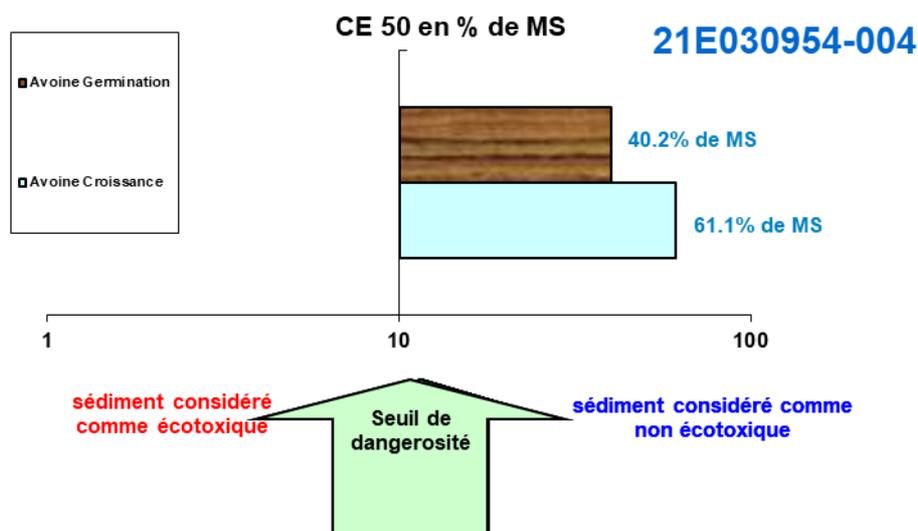


Figure 3 . Toxicité terrestre sur sédiment

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 :

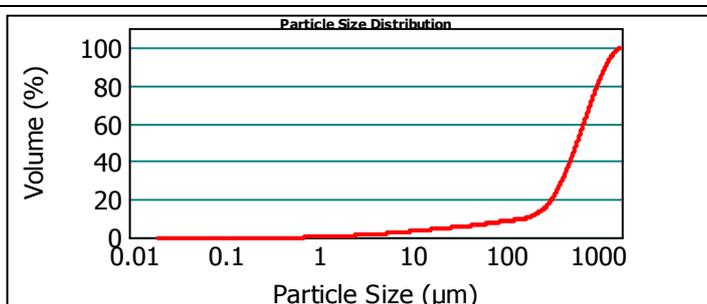
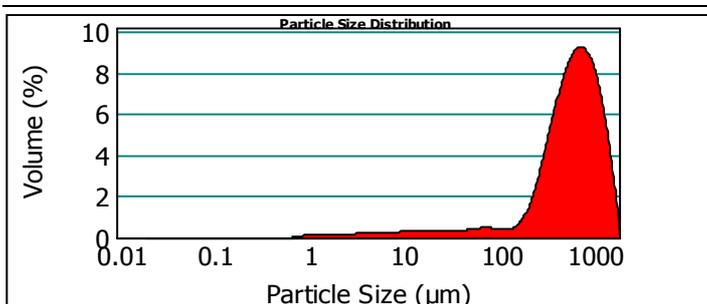
0.0848 m²/g 723.664 μm 663.099 μm 195228.479 μm² 441.846 μm 1.091 μm 789.900 μm

* 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		8.000	0.40	30.000	0.57	150.000	1.24	500.000	9.73	1500.000	6.12
1.000	0.14	10.000	0.40	40.000	0.50	200.000	2.21	600.000	17.11	2000.000	
2.000	0.21	15.000	0.13	50.000	0.62	250.000	3.26	800.000	7.12		
2.500	0.56	16.000	0.45	63.000	1.41	300.000	8.68	900.000	6.18		
4.000	1.08	20.000	0.80	100.000	1.06	400.000	9.84	1000.000	19.26		
8.000		30.000		150.000		500.000		1500.000			

Size (μm)	Vol Under %										
0.020	0.00	8.000	2.55	30.000	5.10	150.000	9.26	500.000	34.48	1500.000	93.88
1.000	0.14	10.000	2.95	40.000	5.67	200.000	10.50	600.000	44.21	2000.000	100.00
2.000	0.70	15.000	3.73	50.000	6.17	250.000	12.71	800.000	61.32		
2.500	0.92	16.000	3.86	63.000	6.79	300.000	15.96	900.000	68.44		
4.000	1.47	20.000	4.31	100.000	8.20	400.000	24.64	1000.000	74.62		

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	<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