



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

*

Parc éolien au large de l'Atlantique Sud (AO7) – état actuel de l'environnement

Protocole relatif au compartiment
« Qualité des sédiments » -
partie parc



Aout 2023

REVISIONS

Version	Date	Description	Auteurs	Relecteur
1.0	17/05/2023	Version initiale	S. MARMIN Y. PATRY	P. BORNENS
2.0	13/06/2023	Prise en compte des remarques de la DGEC	S. MARMIN	P. BORNENS
3.0	04/08/2023	Prise en compte des remarques de l'Ifremer, des AMOs et du CS	L. BACOUILLARD	P. BORNENS

COORDONNEES

Siège social	Gestion de projet
setec énergie environnement	Stella MARMIN Responsable de projets
Immeuble Central Seine 42 - 52 quai de la Rapée - CS 71230 75583 PARIS CEDEX 12 FRANCE	ZA La Grande Halte 29940 LA FORET FOUESNANT FRANCE
Tél +33 1 82 51 55 55 Fax +33 1 82 51 55 56 environnement@setec.com www.setec.com	Tél +33 2 98 51 47 73 stella.marmin@setec.com

Sauf mention contraire, la source des figures/photos/tableaux du rapport est setec énergie environnement.

1. Objectif	5
2. Suivi du compartiment « Qualité des sédiments » - Zone du parc	6
2.1 Principe	6
2.2 Périodes et fréquences d'acquisition	6
2.3 Moyens nautiques	7
2.4 Plan d'échantillonnage	7
2.5 Moyens matériels	9
2.6 Prélèvements et conditionnement des échantillons	10
2.6.1 Prélèvements	10
2.6.2 Conditionnement	11
2.7 Conservation et transport des échantillons	11
2.8 Paramètres physico-chimiques analysés	11
3. Interprétation des données	14
3.1 Analyses granulométriques	14
3.2 Analyses chimiques	14
4. Références	18

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des stations de suivi de la qualité des sédiments sur la zone du parc (le fond de carte représente la nature des fonds, avec les données du SHOM 2016 et 2023).....	8
Figure 2 : Localisation des sous-échantillonnages dans la carotte pour les différents paramètres (source : Amouroux et al., 2023)	10

Liste des photos

Photo 1 : Le « Minibex » de la société SAAS (source : SAAS, 2022).....	7
Photo 2 : Carottier boîte (source : setec énergie environnement, 2023)	9
Photo 3 : Benne Day (source : setec énergie environnement, 2022)	9

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des paramètres analysés sur les échantillons de sédiments avec limites de quantification	12
Tableau 2 : Seuils de comparaison utilisés.....	15
Tableau 3 : Concentrations pivots pour les contaminants métalliques proposées par le LBCM de l'Ifremer.....	17

1. OBJECTIF

L'objectif de l'application de ce protocole est de déterminer l'état initial du compartiment « Qualité des sédiments » en caractérisant la qualité physico-chimique des sédiments et leur variabilité dans le temps. Les moyens et méthodes déployés devront parallèlement permettre 1/ au futur lauréat de la procédure de mise en concurrence d'évaluer l'impact du parc éolien sur ce compartiment et de disposer de données valorisables dans l'état de référence 2/ d'alimenter de données précises et récentes les documents qui permettront à RTE d'obtenir les autorisations administratives nécessaires à la mise en œuvre du raccordement.

2. SUIVI DU COMPARTIMENT « QUALITE DES SEDIMENTS » - ZONE DU PARC

2.1 PRINCIPE

Afin de permettre au futur lauréat de la procédure de mise en concurrence d'évaluer l'impact du parc éolien sur ce compartiment durant les phases de vie du projet, mais également de permettre à celui-ci d'utiliser l'état initial qui sera réalisé dans l'état de référence, ce protocole s'inscrit dans une analyse de type BACI (Before-After-Control-Impact), avec la définition de stations témoins.

En dehors du référentiel réglementaire (état de référence de l'environnement), la connaissance des caractéristiques géochimiques des sédiments dans le cadre de ce projet EMR est indispensable pour évaluer également :

- Les effets directs et indirects des phases travaux, d'exploitation et de démantèlement ;
- Les éventuels effets cumulatifs avec d'autres projets.

Les travaux susceptibles de générer ces nuisances sont principalement pour la partie parc, l'installation des câbles inter-éoliennes et la mise en place des éoliennes. Les effets de ces travaux sont la génération de panache turbide, le relargage et diffusion éventuelle de contaminants dans la colonne d'eau, la dégradation voire la perte d'habitats et les espèces associées ainsi que l'accumulation des contaminants dans la chaîne alimentaire.

A ce titre, le maillage et la fréquence des prélèvements doivent répondre au besoin d'acquisition de connaissances satisfaisantes. La distribution spatiale des stations de prélèvements devra alors refléter la diversité des faciès sédimentaires en présence avec un effort d'échantillonnage proportionnel à leurs surfaces. Ceci afin de restituer une information riche dressant la variabilité dans la distribution horizontale des paramètres physico-chimiques mesurés au sein de toute l'aire d'étude (rapprochée, éloignée et témoin). Cette conception permettra de décorrélérer plus facilement les effets du projet de la variabilité naturelle et autorisera à l'étape de l'état initial une quantification du « bruit de fond géochimique » plus précise.

Les stations de prélèvements sont réparties exclusivement dans les zones de substrats meubles, en dehors des zones de substrats durs (roches) pour une raison évidente de faisabilité de prélèvement. De plus, les contaminants potentiellement présents se fixant préférentiellement sur les sédiments fins et les analyses étant réalisées usuellement sur la fraction 0-2 mm, les substrats les plus grossiers (e.g. cailloutis) ont été exclus du plan d'échantillonnage.

Le principe appliqué suit les recommandations de l'Ifremer sur la caractérisation et le suivi des contaminants chimiques (Amouroux et al., 2023).

2.2 PERIODES ET FREQUENCES D'ACQUISITION

Ce protocole se réalisera sur une durée d'un an. Conformément à ce qui est appliqué comme effort d'échantillonnage dans les réseaux de surveillance en place (ROCCH SED), deux campagnes annuelles de prélèvements seront réalisées :

- La première campagne au sortir de la période hivernale, au tout début du printemps (mars/avril 2024) ;
- La seconde à l'automne (septembre-octobre 2024).

2.3 MOYENS NAUTIQUES

Le navire Minibex de la société SAAS (Ship As A Service) Offshore SAS sera utilisé. Ce navire hauturier armé en 1^{ère} catégorie présente l'équipement nécessaire en termes de navigation, de sécurité et d'équipements techniques pour la réalisation de la mission.



Photo 1 : Le « Minibex » de la société SAAS (source : SAAS, 2022)

2.4 PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

Les 20 stations de prélèvements seront réparties de la manière suivante :

- Dans la zone d'étude immédiate : 9 stations ;
- Dans la zone d'étude rapprochée : 11 stations.

A noter que ces 20 stations sont communes avec le plan d'échantillonnage de la faune benthique décrit dans le protocole « Habitats et peuplements benthiques subtidiaux ». Le plan d'échantillonnage est présenté sur la figure suivante.

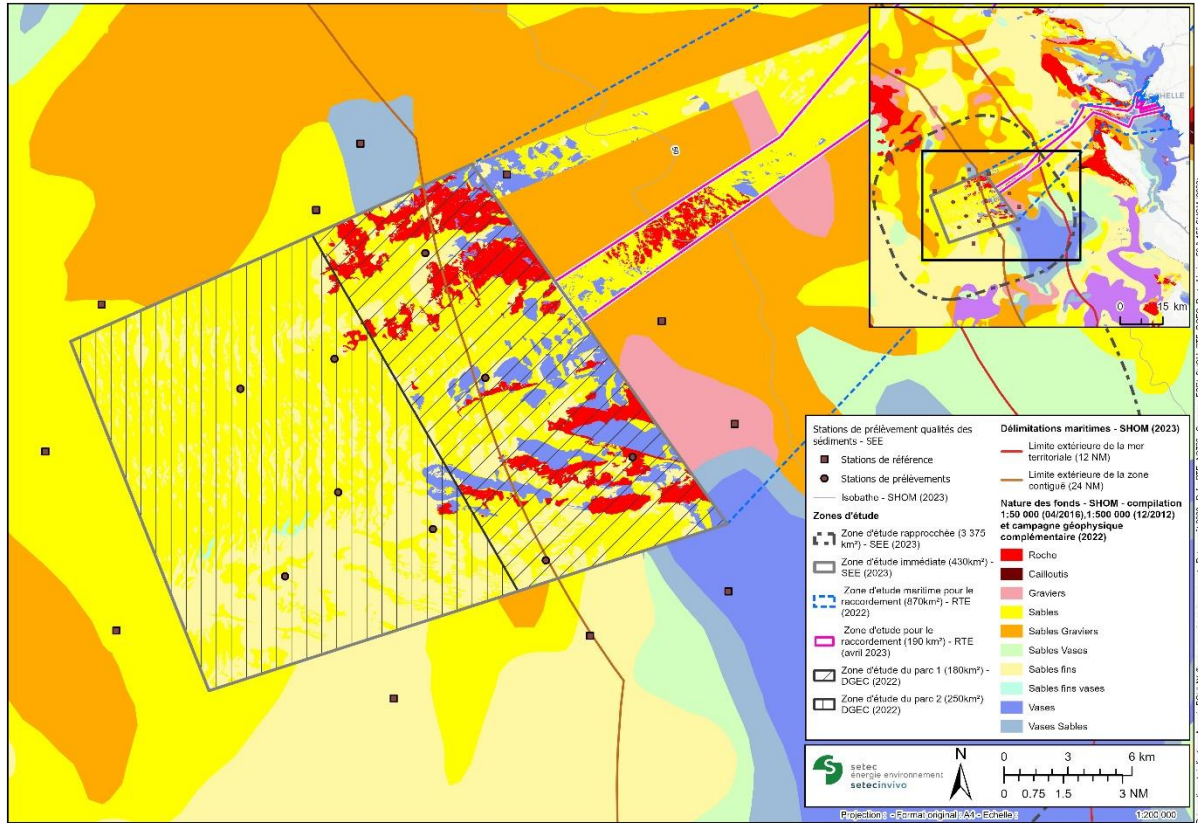


Figure 1 : Localisation des stations de suivi de la qualité des sédiments sur la zone du parc (le fond de carte représente la nature des fonds, avec les données du SHOM 2016 et 2023)

2.5 MOYENS MATERIELS

Pour ce volet en particulier, l'échantillonnage sera réalisé en priorité au moyen d'un carottier boîte (0,16m²). Cet engin permettra de recueillir une carotte de sédiment de 40 à 50 cm, sans perturber les couches sédimentaires.

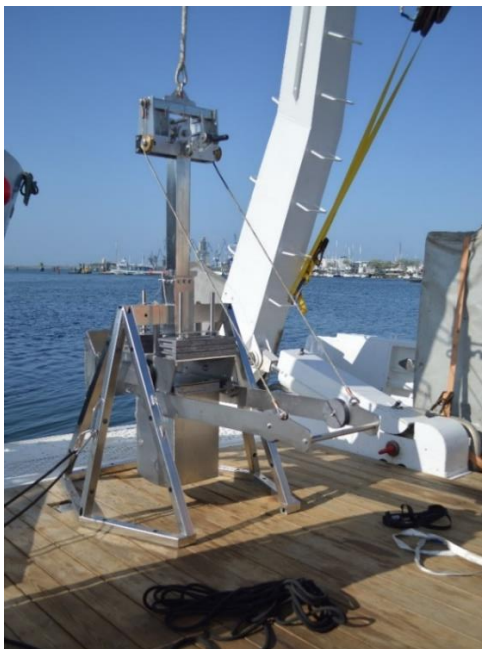


Photo 2 : Carottier boîte (source : setec énergie environnement, 2023)

Dans le cas de figure où la nature du faciès sédimentaire ne permet pas le déploiement du carottier ou en cas d'échecs, le prélèvement sera par défaut réalisé à l'aide d'une benne Day lestée (0,1 m²). Cet engin pénètre d'une trentaine de centimètres dans le sédiment.

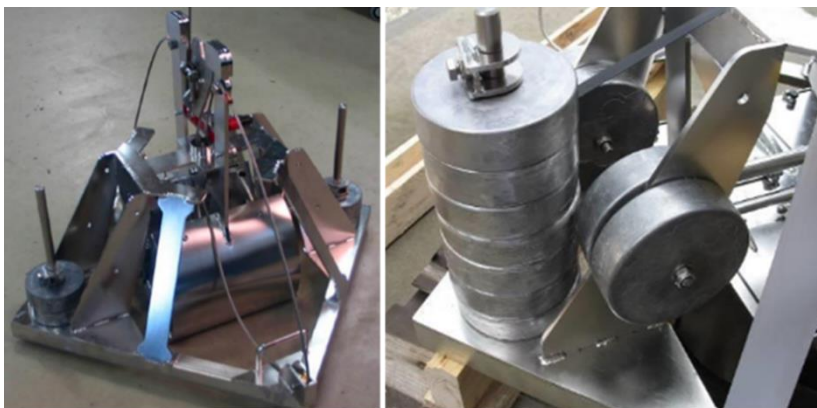


Photo 3 : Benne Day (source : setec énergie environnement, 2022)

2.6 PRELEVEMENTS ET CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS

2.6.1 Prélèvements

La caractérisation physico-chimique des sédiments sera réalisée sur deux couches distinctes :

- La couche superficielle (< 2 cm) pour caractériser une éventuelle contamination historique au point de prélèvement.
- La couche en profondeur sur une tranche représentative de l'épaisseur de prélèvement pour caractériser une éventuelle contamination en profondeur (milieu de la carotte prélevée), plus représentatif des travaux envisagés dans le cadre du raccordement (ensouillage des câbles sur plusieurs dizaines de cm voire m de profondeur¹).

Les méthodes de prélèvements sont en accord avec les recommandations GEODE (Egis eau, 2016), de l'Ifremer (Amouroux et al., 2023) et de Desombre et al. (2004).

Le sédiment destiné à la mesure de la granulométrie et de la teneur en eau doit être prélevé dans la partie la plus périphérique de la carotte, qui a été en contact avec les parois de la boîte. Le matériel destiné à l'analyse des métaux doit être prélevé dans la partie centrale. Enfin, la partie intermédiaire doit être prélevée pour l'analyse des contaminants organiques.

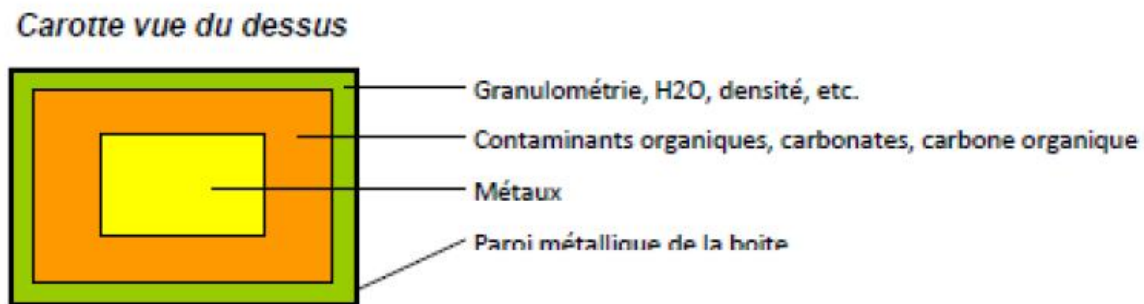


Figure 2 : Localisation des sous-échantillonnages dans la carotte pour les différents paramètres (source : Amouroux et al., 2023)

Pour les contaminants organiques, la couche superficielle est prélevée à l'aide d'une spatule en acier inoxydable calcinée. L'échantillon est conditionné en bocaux de verre calcinés. Après chaque prélèvement, la spatule est rincée avec du méthanol et enveloppée dans une feuille d'aluminium calcinée.

Pour les métaux, la couche superficielle est prélevée à l'aide d'une spatule en polyéthylène, polypropylène, et conditionnée dans un pilulier en polystyrène cristal traité. Le pilulier est emballé individuellement dans un sac polyéthylène fermé par un lien ou un nœud. Après chaque prélèvement, la spatule est rincée avec de l'eau milli-Q et rangée individuellement dans un sachet en polyéthylène neuf.

Dans le cas de figure où la benne devrait être déployée, les analyses physico-chimiques ne pourront pas être centrées sur une couche particulière de l'échantillon élémentaire. Les prélèvements s'effectueront malgré tout au centre du sédiment, en évitant les bords de la caisse en plastique contenant l'échantillon après ouverture de la benne.

Toutes les manipulations nécessaires seront réalisées en suivant les consignes données par le laboratoire et dans le respect des règles de bonnes pratiques d'échantillonnage et de conditionnement donné par

¹ A définir avec la campagne géotechnique prévue à l'été 2023

l'Ifremer (Amouroux et al., 2023) pour s'affranchir de toute contamination (i.e. port de gants, de masques, les couvercles seront individualisés et maintenus fermés jusqu'à utilisation, les flacons seront identifiés, etc.).

2.6.2 Conditionnement

Les flaconnages seront fournis par le laboratoire et seront adaptés aux paramètres à analyser. Il s'agit généralement de flacons en verre ambré d'un volume de 1 L. Pour l'ensemble des paramètres à analyser, 3 L de sédiment sont requis. La manipulation des échantillons et le remplissage des flacons se fera à bord du navire, par un personnel dédié, équipé de gants en nitrile (non poudrés) à usage unique.

Chaque échantillon constitué sera fermé hermétiquement, placé à l'abri de la lumière et au réfrigérateur disponible à bord du bateau ($T^{\circ}\text{C} < 4^{\circ}\text{C}$). Ils seront ensuite mis en glacières isothermes avec des pains de glace pour être ramenés à nos locaux de La Forêt Fouesnant (1h de trajet) où ils seront soigneusement étiquetés avec des étiquettes à codes-barres fournies par le laboratoire et enfin conditionnés pour l'envoi au laboratoire en charge des analyses.

2.7 CONSERVATION ET TRANSPORT DES ECHANTILLONS

Selon l'heure de retour à nos locaux de La Forêt Fouesnant, l'envoi au laboratoire se fait le jour même du retour à nos locaux, ou le lendemain (en fonction de l'horaire d'enlèvement des colis par le transporteur). Dans le cas où l'envoi des échantillons au laboratoire se ferait le lendemain du retour à nos locaux, ou le jour ouvré suivant, les pains de glace sont changés chaque jour, et juste avant la prise en charge des glacières par le transporteur de manière à respecter la chaîne du froid.

Une attention particulière porte sur le délai s'écoulant entre le moment du prélèvement et la réception des échantillons par le laboratoire, de manière à minimiser ce délai. Pour cette raison, sous réserve que les conditions météo le permettent, les prélèvements seront réalisés plutôt en début de semaine, pour pouvoir être envoyés au laboratoire dès le retour au bureau.

Les analyses physico-chimiques seront confiées au Laboratoire Eurofins qui dispose de l'ensemble des agréments du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable et accréditations COFRAC pour réaliser les analyses souhaitées sur les sédiments, lixiviat et eau interstitielle.

2.8 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES ANALYSES

Excepté pour la granulométrie au tamis qui est réalisée sur toute la fraction granulométrique (prévu sur la couche carottée en profondeur), les paramètres sont analysés sur la fraction 0-2 mm. Une granulométrie laser est également prévue sur la couche carottée superficielle.

Tableau 1 : Liste des paramètres analysés sur les échantillons de sédiments avec limites de quantification

	Paramètre	Limites de quantification laboratoire	Méthode d'analyse
Propriétés physiques	Densité		
	Granulométrie laser (fraction 0-2 mm)		Laser
	Granulométrie au tamis (toute la fraction)		Tamis (méthode interne)
	Taux de matières sèches	0,1 %	NF EN 12880 NF EN 15936 - Méthode B
	Teneur en carbone organique total (COT)	1000 mg/kg MS	NF EN 15936 - Méthode B
Nutriments	Azote Kjeldahl	0,5 g/kg MS	Volumétrie [Minéralisation]
	Phosphore Total		Calcul
Autres paramètres	Bromoforme	0,6 mg/kg MS	Méthode interne
	AOX	10 mg/kg MS	DIN 38414-18
Métaux	Arsenic (As)	0,1 mg/kg MS	NF EN ISO 11885
	Aluminium (Al)	5 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Cadmium (Cd)	0,1 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Chrome (Cr)	0,1 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Cuivre (Cu)	0,2 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Fer (Fe)	5 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Manganèse (Mn)	0,5 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Mercuré (Hg)	0,01 mg/kg MS	Méthode interne
	Nickel (Ni)	0,2 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Plomb (Pb)	0,1 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Zinc (Zn)	0,5 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
	Indium (In)	10 mg/kg MS	EN 13656
	Silicium (Si)	10 mg/kg MS	NF EN ISO 54321
Organochlorés (7)	PCB 28	0,1 µg/kg MS	NF EN 17322
	PCB 52	0,1 µg/kg MS	NF EN 17322
	PCB 101	0,1 µg/kg MS	NF EN 17322
	PCB 105	1 µg/kg MS	NF EN 17322
	PCB 118	0,1 µg/kg MS	NF EN 17322
	PCB 138	0,1 µg/kg MS	NF EN 17322
	PCB 153	0,1 µg/kg MS	NF EN 17322
	PCB 156	1 µg/kg MS	NF EN 17322
	PCB 180	0,1 µg/kg MS	NF EN 17322

	Paramètre	Limites de quantification laboratoire	Méthode d'analyse
HAP	Acénaphène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Acénaphthylène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Anthracène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Benzo(a)anthracène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Benzo(a)pyrène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Benzo(b)fluoranthène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Benzo(ghi)Pérylène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Benzo(k)fluoranthène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Chrysène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Dibenzo(a,h)anthracène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Fluoranthène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Fluorène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Indeno (1,2,3,c,d) pyrene	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Naphtalène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
	Phénanthrène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287
Pyrène	2 µg/kg MS	NF EN 17503 - NF ISO 18287	
	Hydrocarbures totaux	15 mg/kg MS	NF EN 14039
Organostaniques	TBT	2 µg Sn/kg MS	XP T 90-250
	MBT	2 µg Sn/kg MS	XP T 90-250
	DBT	2 µg Sn/kg MS	XP T 90-250

3. INTERPRÉTATION DES DONNÉES

3.1 ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES

Les résultats des analyses granulométriques feront l'objet d'une présentation graphique et statistique, et seront comparés aux cartes bibliographiques du SHOM 2016 et SHOM 2023.

Les classes de tamis utilisées sont : 63 µm, 125 µm, 250 µm, 315 µm, 500 µm, 1 mm, 1.25 mm, 2 mm, 4 mm, 5 mm, 6.3 mm, et 10 mm. La classification granulométrique que nous avons utilisée est modifiée d'après Wentworth (1922) et présentée dans le tableau suivant.

Couleur	Classe	Diamètre des grains (µm)
	Limon / Argiles	(< 63 µm)
	Sable très fin	(63 - 125 µm)
	Sable fin	(125 - 250 µm)
	Sable moyen	(250 - 500 µm)
	Sable grossier	(500 µm - 1 mm)
	Sable très grossier	(1 - 2 mm)
	Gravillon / granules	(2 - 4 mm)
	Cailloux / graviers	(> 4 mm)

Les principaux paramètres étudiés sont les suivants : le mode, la médiane et le Sorting index ou écart-type "Graphic Standard Deviation" correspondant à l'indice de classement de l'échantillon.

Ces résultats seront également exploités pour compléter les résultats des analyses de prélèvements benthiques du protocole « Habitats et peuplements benthiques ».

3.2 ANALYSES CHIMIQUES

Les résultats des analyses chimiques seront comparés aux seuils de qualité environnementaux définis pour le Descripteur 8 de la DCSSM (Mauffret et al., 2018).

- L'Environmental Assessment Criteria (EAC) représente la concentration en contaminant dans le sédiment et le biote en dessous de laquelle un effet chronique n'est pas attendu pour les espèces marines, notamment les plus sensibles (OSPAR, 2009). On considère que des concentrations en contaminants inférieures aux seuils EAC représentent un risque acceptable pour l'environnement.
- L'Effects Range Low (ERL), développé par l'US EPA (United States Environmental Protection Agency), renseigne sur la qualité des sédiments et est utilisé pour protéger les organismes de potentiels effets délétères des contaminants (EPA, 2002). Les effets pour les organismes sont rarement préjudiciables lorsque les teneurs en contaminants sont inférieures à la valeur de l'ERL. Ce seuil représente une solution alternative lorsque les seuils EAC recommandés ne sont pas disponibles (OSPAR, 2009). Les seuils N1, définis par l'arrêté du 9 août 2006 complété par les arrêtés du 23 décembre 2009 et du 8 février 2013, constituent des points de repère permettant à la fois de statuer sur le régime administratif d'une opération de dragage ou de clapage (déclaration ou autorisation) et d'apprécier l'incidence que peut avoir l'opération projetée. 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. Ces seuils sont utilisés en l'absence d'un EAC ou d'un ERL pour quelques paramètres.

Tableau 2 : Seuils de comparaison utilisés

	Paramètre	Type de seuil	Valeur de seuil
Propriétés physiques	Densité	Sans objet	Sans objet
	Granulométrie (laser)	Sans objet	Sans objet
	Matières sèches	Sans objet	Sans objet
	Teneur en carbone organique total (COT)	Pas de seuil	
	Azote Kjeldahl	Pas de seuil	
	Phosphore Total	Pas de seuil	
	Bromoforme	Pas de seuil	
	AOX	Pas de seuil	
Métaux	Aluminium	Pas de seuil	
	Arsenic	Pas de seuil	
	Cadmium (Cd)	ERL	1,200 mg/kg MS
	Chrome (Cr)	ERL	81 mg/kg MS
	Cuivre (Cu)	ERL	34 mg/kg MS
	Fer (Fe)	Pas de seuil	
	Manganèse (Mn)	Pas de seuil	
	Mercure (Hg)	ERL	0,15 mg/kg MS
	Nickel (Ni)	ERL	21 mg/kg MS
	Plomb (Pb)	ERL	47 mg/kg MS
	Zinc (Zn)	ERL	150 mg/kg MS
	Indium (In)	Pas de seuil	
	Silicium (Si)	Pas de seuil	
Organochlorés	PCB 28	EAC	1,7 µg/kg MS
	PCB 52	EAC	2,7 µg/kg MS
	PCB 101	EAC	3 µg/kg MS
	PCB 105	Pas de seuil	
	PCB 118	EAC	0,6 µg/kg MS
	PCB 138	EAC	7,9 µg/kg MS
	PCB 153	EAC	40 µg/kg MS
	PCB 156	Pas de seuil	
	PCB 180	EAC	12 µg/kg MS
HAP	Acénaphène	N1	0,015 mg/kg MS
	Acénaphthylène	N1	0,04 mg/kg MS
	Anthracène	ERL	0,085 mg/kg MS
	Benzo(a)anthracène	ERL	0,261 mg/kg MS
	Benzo(a)pyrène	ERL	0,430 mg/kg MS
	Benzo(b)fluoranthène	N1	0,4 mg/kg MS

	Paramètre	Type de seuil	Valeur de seuil
	Benzo(ghi)pérylène	ERL	0,085 mg/kg MS
	Benzo(k)fluoranthène	N1	0,2 mg/kg MS
	Chrysène	ERL	0,384 mg/kg MS
	Dibenzo(a,h)anthracène	N1	0,06 mg/kg MS
	Fluoranthène	ERL	0,6 mg/kg MS
	Fluorène	N1	0,02 mg/kg MS
	Indéno (1,2,3,c,d) pyrène	ERL	0,240 mg/kg MS
	Naphtalène	ERL	0,160 mg/kg MS
	Phénanthrène	ERL	0,240 mg/kg MS
	Pyrène	ERL	0,665 mg/kg MS
	Hydrocarbures totaux	Pas de seuil	
Organostanniques	TBT	N1	100 µg/kg MS
	MBT	Pas de seuil	
	DBT	Pas de seuil	

Avant comparaison avec les seuils environnementaux, les concentrations en contaminants seront normalisées conformément à la méthode proposée dans l'évaluation du Descripteur 8 de la DCSSM (Mauffret et al., 2018). La normalisation consiste à transformer la concentration de chaque échantillon en ce qu'elle serait si le paramètre normalisateur avait une valeur particulière :

- pour les contaminants métalliques : le paramètre normalisateur est l'aluminium, avec une concentration de 5% (50 000 mg/kg) ;
- pour les contaminants organiques : le paramètre normalisateur est le carbone organique, avec une concentration de 2,5% (25 000 mg/kg).

La normalisation est effectuée avec la formule de calcul suivante :

$$c_{ss} = c_x + \frac{(c_m - c_x)(n_{ss} - n_x)}{n_m - n_x}$$

avec :

- c_{ss} : concentration normalisée du contaminant (mg/kg p.s.)
- c_m : concentration mesurée du contaminant (mg/kg p.s.)
- c_x : concentration pivot du contaminant (mg/kg p.s.)
- n_{ss} : concentration de référence du normalisateur (mg/kg p.s.)
- n_m : concentration mesurée du normalisateur (mg/kg p.s.)
- n_x : concentration pivot du normalisateur (mg/kg p.s.)

Le calcul de la concentration normalisée nécessite la concentration pivot du normalisateur et celle du contaminant. Ainsi pour les contaminants métalliques, des concentrations pivots sont proposées par le Laboratoire de Biogéochimie des Contaminants Métalliques de l'Ifremer (LBCM), elles sont rappelées dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Concentrations pivots pour les contaminants métalliques proposées par le LBCM de l'Ifremer

Paramètre	Unité	Concentration pivot
Al (normalisateur)	%	1,02
Cadmium	mg/kg	0,05
Mercure	mg/kg	0,002
Plomb	mg/kg	8,5
Chrome	mg/kg	6,6
Cuivre	mg/kg	0,29
Nickel	mg/kg	1,8
Zinc	mg/kg	10

4. REFERENCES

- Amouroux, I., Gonzalez, J.-L., Grouhel, A., Bizzozero, L., Allenou, J.-P., Briant, N., Bruneau, A., Cuif, M., Deborde, J., Menet, F., Munaron, D., 2023. Implantation de parcs éoliens off-shore : Caractérisation et suivi des contaminants chimiques - Recommandations Ifremer. Ifremer.
- Desombre, J., Lefebvre, A., Bucas, K., 2004. Campagne RNOSED 1998 - Analyse de la contamination des sédiments du littoral Nord/Pas-de-Calais/Picardie. Ifremer DEL/BL/RST.
- Egis eau, 2016. Bonnes pratiques pour la caractérisation des matériaux en vue d'une opération de dragage et d'immersion en milieu marin et estuarien. GEODE.
- Mauffret, A., Chiffolleau, J.-F., Burgeot, T., Wessel, N., Brun, M., 2018. Evaluation du descripteur 8 « Contaminants dans le milieu » en France Métropolitaine. Ifremer.