



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 de l'eau » - partie parc



Février 2024

REVISIONS

Version	Date	Description	Auteurs	Relecteur
1.0	05/06/2023	Première édition	S. MARMIN Y. PATRY	P. BORNENS
2.0	12/06/2023	Prise en compte des remarques de la DGEC	S. MARMIN Y. PATRY	P. BORNENS
3.0	07/08/2023	Prise en compte des remarques des AMOs, du CS et de l'Ifremer	S. MARMIN	P. BORNENS
4.0	07/02/2024	Corrections mineures	S. MARMIN	P. BORNENS

COORDONNEES

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

1. Objectif	5
2. Demande d'autorisation / concertation	6
3. Moyens nautiques	7
4. Zone du parc	8
4.1 Principe	8
4.2 Prélèvements d'eau	8
4.2.1 Echantillonnage	8
4.2.2 Moyens matériels	8
4.2.2.1 Sonde multiparamètre	8
4.2.2.1 Bouteille Niskin	9
4.2.3 Périodes et fréquences d'acquisition	10
4.2.4 Paramètres analysés/mesurés	10
4.2.4.1 Mesures et analyses réalisées sur les échantillons d'eau	10
4.2.4.1.1 Laboratoire d'analyses	10
4.2.4.1.2 Flaconnages	10
4.2.4.1.3 Transport et conservation des échantillons d'eau jusqu'au laboratoire	10
4.2.4.1.4 Paramètres analysés	11
4.2.4.2 Profils verticaux à la sonde multiparamètres	14
4.2.5 Interprétation des données	15
4.3 Caging de moules	16
4.3.1 Echantillonnage	16
4.3.2 Moyens matériels	16
4.3.3 Périodes et fréquences d'acquisition	17
4.3.4 Paramètres analysés/mesurés	17
4.3.4.1 Laboratoire d'analyses	17
4.3.4.2 Flaconnages	18
4.3.4.3 Préparation des échantillons	18
4.3.4.4 Transport et conservation des échantillons de moules jusqu'au laboratoire	18
4.3.4.5 Paramètres analysés	18
4.3.5 Interprétation des données	20
4.4 DGT	23
4.4.1 Echantillonnage	23
4.4.2 Moyens matériels	23
4.4.3 Périodes et fréquences d'acquisition	23
4.4.4 Paramètres analysés/mesurés	24
4.4.4.1 Laboratoire d'analyses	24
4.4.4.2 Préparation des capteurs	24
4.4.4.3 Paramètres analysés	25

5. Moyens humains.....26

Liste des figures

Figure 1 : Plan d'échantillonnage prévu pour suivre la qualité de l'eau	8
Figure 2 : Schéma du montage de la ligne de mouillage pour le caging de moules et DGT (donné à titre indicatif à ce stade, se base sur la ligne définie pour l'AO5).....	17
Figure 3 : Composition d'un DGT pour les composants métalliques (source : Projet MONITOOL)	23

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des paramètres analysés pour le suivi d'un réseau de stations	12
Tableau 2 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur l'eau	13
Tableau 3 : Récapitulatif des analyses réalisées sur les poches de moules en fonction du temps.....	18
Tableau 4 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur chair de moule par EUROFINs ..	18
Tableau 5 : Seuils de comparaison utilisés pour les résultats sur chair de moule	21
Tableau 6 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur capteurs DGT	24

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

1. OBJECTIF

L'objectif est de déterminer l'état initial du compartiment « Qualité de l'eau » afin de permettre au futur lauréat du parc éolien d'évaluer l'impact du projet sur ce compartiment durant les phases de vie du projet.

L'acquisition de données liées au compartiment « qualité de l'eau » permettra d'établir un état initial caractérisant la qualité physico-chimique des masses d'eau et leur variabilité dans le temps.

L'objectif est de valoriser l'état initial dans l'état de référence ; ainsi l'état initial comporte des stations de référence (stations témoins) qui sont positionnées, dans les plans d'échantillonnage proposés ci-après, à l'extérieur de la zone d'étude immédiate, en dehors de la zone d'influence présumée du projet. Le protocole s'inscrit dans une analyse de type BACI (Before-After-Control-Impact), avec la définition de stations témoins.

Le présent protocole suit les recommandations de l'IFREMER sur la caractérisation et le suivi des contaminants chimiques (Amouroux et al., 2023)¹.

A préciser également, qu'en mai 2023, le personnel SETEC a suivi une formation avec l'IFREMER pour l'utilisation et la mise à l'eau de DGT concernant l'analyse des métaux traces.

¹ Amouroux Isabelle, Grouhel Anne, Briant Nicolas, Gonzalez Jean-Louis, Bizzozero Lucie, Allenou Jean-Pierre, Bruneau Audrey, Deborde Jonathan, Menet Florence, Munaron Dominique, Cuif Marion (2023). Implantation de parc éoliens off-shore : caractérisation et suivi des contaminants chimiques. Recommandations Ifremer. RBE-CCEM-ARC-2023.05.<https://archimer.ifremer.fr/doc/00840/95231/>

2. DEMANDE D'AUTORISATION / CONCERTATION

La mise en place d'une ligne de mouillage pour le caging de moules et/ou des capteurs DGT, nécessite l'obtention d'une Autorisation D'occupation Temporaire (AOT) du domaine public maritime. Le délai d'obtention d'une AOT est estimé à 2 mois minimum.

La mise en place d'une station semi-permanente de mesures ou d'une ligne de mouillage pour le caging de moules ou des capteurs DGT, nécessitera également la concertation avec la profession de la pêche pour éviter les conflits d'usage.

3. MOYENS NAUTIQUES

Le navire Minibex de la société SAAS (Ship As A Service) Offshore SAS sera utilisé pour les relevés à la sonde multiparamètres et les prélèvements d'eau à la bouteille Niskin. Ce navire hauturier armé en 1^{ère} catégorie présente l'équipement nécessaire en terme de navigation, de sécurité et d'équipements techniques pour la réalisation de la mission.



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

Par ailleurs, pour la mise en place et la relève de la ligne de mouillage du caging de moules, c'est le navire Nanoplou de la société Atlantique Scaphandre qui sera utilisé (photo suivante).

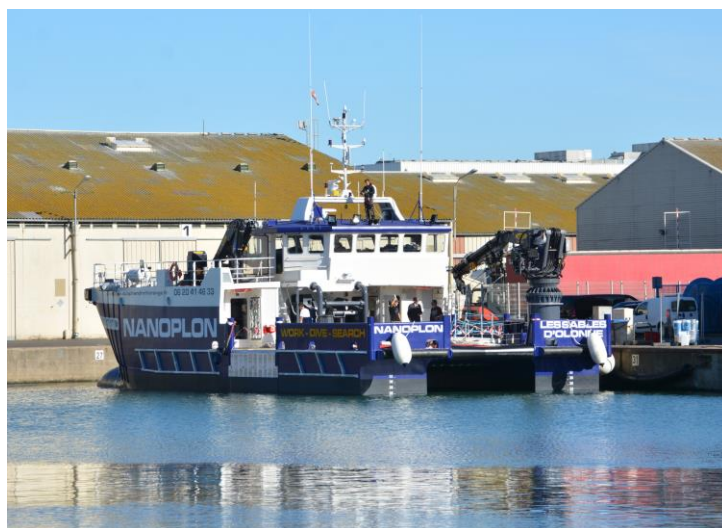


Photo 2 : Le « Nanoplou » de la société Atlantique Scaphandre

La relève à T0+3 mois des poches de moules et la mise en place et la relève des capteurs DGT seront opérées également avec le Nanoplou.

4. ZONE DU PARC

4.1 PRINCIPE

L'objectif est de réaliser des acquisitions de données liées au compartiment « qualité de l'eau » afin d'établir un état initial caractérisant la qualité physico-chimique des masses d'eau et leur variabilité dans le temps.

L'acquisition des données se fera via le suivi d'un réseau de stations, au moyen de prélèvements d'eau à la bouteille Niskin et de mesures à la sonde multiparamètres.

En complément, il est prévu de compléter le suivi de trois stations semi-permanentes par un caging de moules et de DGT (Diffuse Gradient Thin films).

4.2 PRELEVEMENTS D'EAU

4.2.1 Echantillonnage

Les prélèvements d'eau à la bouteille Niskin seront réalisés au sein de trois stations sur la zone du parc (carré bleu et rond bleu foncé, Figure 1) de façon synchrone à la mise en place ou retrait des DGT et à trois profondeurs avec tous paramètres lors des 4 campagnes (cf. § 4.4).

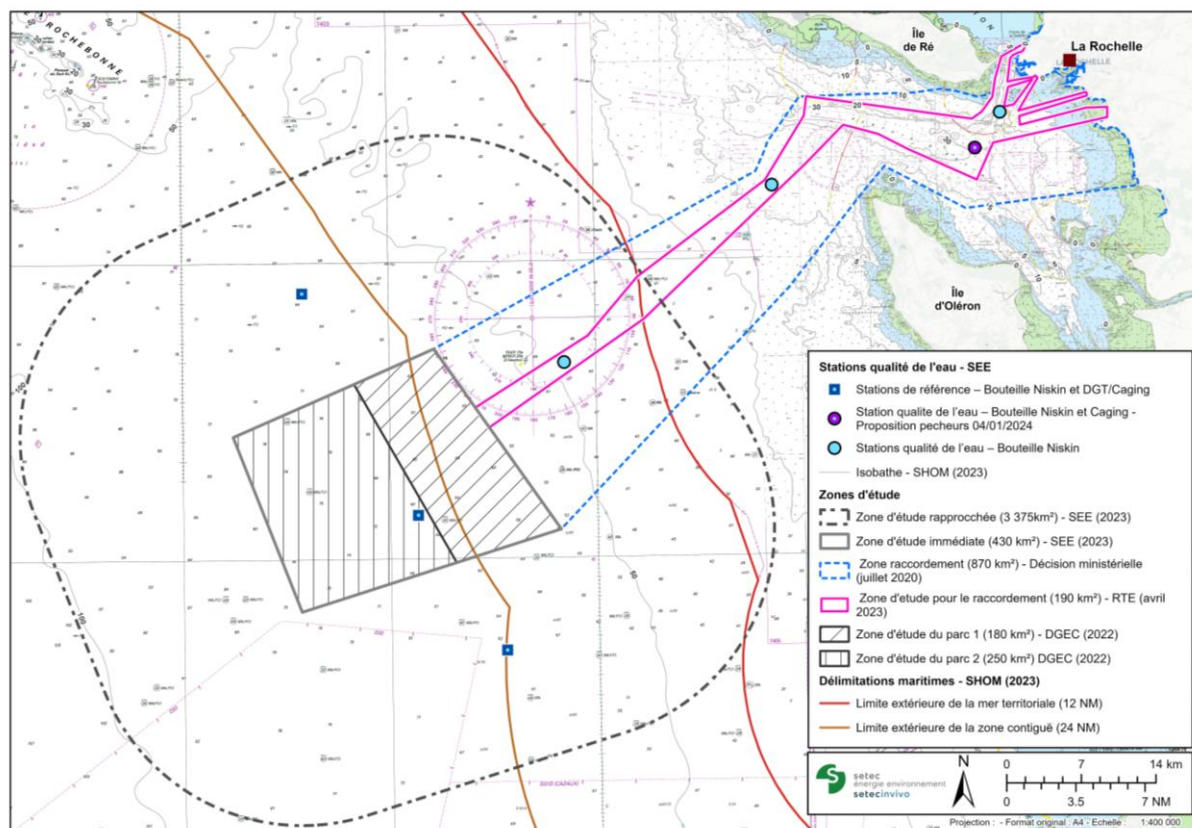


Figure 1 : Plan d'échantillonnage prévu pour suivre la qualité de l'eau

4.2.2 Moyens matériels

4.2.2.1 Sonde multiparamètre

Au niveau de chaque station de suivi, des profils verticaux de mesures seront également réalisés à la sonde multiparamètres. La sonde sera lestée afin d'assurer la plus grande verticalité des mesures puis descendue jusqu'à la proximité du fond avant d'être remontée en surface. Le paramétrage de la sonde permettra

l'enregistrement de ces paramètres à une fréquence de quelques secondes pendant son déploiement. Ainsi, pour chaque station de prélèvement, la mesure sera effectuée sur un profil descendant et un profil ascendant parcourant l'ensemble de la colonne d'eau (surface --> fond -1 m --> surface).

Les sondes seront de type WIMO/SAMBAT (constructeur NKE) ou EXO (constructeur YSI).



Photo 3 : Sonde wimo plus, EXO (sur la page précédente) et SAMBAT (ci-dessus) (source : NKE/EXO)

Calibration des sondes : les sondes seront vérifiées et calibrées annuellement par le constructeur. Pour les paramètres de pH, de température et de turbidité, des contrôles internes seront réalisés avant chaque campagne d'échantillonnage (avec une solution étalon pour le pH et la turbidité et par intercomparaison avec d'autres sondes pour le paramètre température).

4.2.2.1 Bouteille Niskin

Au niveau de chaque station de suivi, des prélèvements d'eau sont réalisés à la bouteille Niskin de 5 litres téflonnée. Les prélèvements sont réalisés en subsurface (entre -2 et -5m). La manipulation de la Niskin est réalisée avec des gants pour éviter toute contamination des échantillons.

Les échantillons d'eau prélevés à la bouteille Niskin sont recueillis dans des flacons adaptés et fournis par le laboratoire d'analyses Eurofins (Eurofins Analyses pour l'Environnement 5 rue d'Otterswiller – 67700 Saverne). Après prélèvement, les échantillons sont conservés dans une armoire frigorifique à bord du bateau jusqu'au retour au port. La mission achevée, les échantillons sont placés dans des glacières isothermes auxquelles sont ajoutés des pains de glace, puis expédiés sans délais au laboratoire en charge des analyses.



Photo 4 : Poste de travail pour la qualité de l'eau lors de la campagne de mars 2023 : poulie de mise à l'eau, bouteille Niskin sur son support et flaconnages Eurofins (source : setec énergie environnement, 2023)

4.2.3 Périodes et fréquences d'acquisition

Le suivi ponctuel du réseau de stations sera opéré pendant une année en suivant une fréquence d'acquisition mensuelle couvrant un cycle annuel complet de 12 mois (d'octobre 2023 à septembre 2024).

4.2.4 Paramètres analysés/mesurés

4.2.4.1 Mesures et analyses réalisées sur les échantillons d'eau

4.2.4.1.1 Laboratoire d'analyses

Les analyses d'eau seront réalisées par le laboratoire EUROFINS :

Eurofins Analyses pour l'Environnement
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - Fax 03 88 916 531

4.2.4.1.2 Flaconnages

Les flaconnages seront fournis par le laboratoire et sont adaptés aux paramètres à analyser. Selon les analyses à réaliser, certains flacons contiennent des réactifs permettant de stabiliser l'échantillon. La manipulation des échantillons et le remplissage des flacons se feront par du personnel équipé de gants en nitrile. Les gants seront changés sur chaque station.

4.2.4.1.3 Transport et conservation des échantillons d'eau jusqu'au laboratoire

Les échantillons seront conservés au frigo à bord du bateau. 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 conditionnés pour l'envoi au laboratoire.

Selon l'heure de retour à nos locaux de La Forêt Fouesnant, l'envoi au laboratoire se fera le jour même du retour à nos locaux, ou le lendemain ou le prochain jour ouvré (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 prochain jour ouvré, les flacons seront stockés au réfrigérateur jusqu'au jour de prise en charge des glacières par le transporteur de manière à respecter la chaîne du froid. Le délai entre le jour du prélèvement et le jour d'envoi des échantillons au laboratoire sera minimisé.

4.2.4.1.4 Paramètres analysés

La liste des paramètres analysés est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Liste des paramètres analysés pour le suivi d'un réseau de stations

Paramètre	
Hydrologie	Salinité
	Conductivité de la colonne d'eau
	Matières en suspension (MES)
	Fluorescence
Biologie	Concentration en chlorophylle <i>a</i>
	Phéopigment
Chimie	Aluminium
	Cadmium
	Calcium
	Chlore
	Chrome
	Cuivre
	Fer
	Manganèse
	Sodium
	Nickel
	Plomb
	Zinc
	Matières inhibitrices
	Composés organohalogénés adsorbables sur charbon actif (AOX)
Micropolluants organiques	HAP
	HCT C10-C40
Bactériologie	<i>Escherichia coli</i>
	Entérocoques intestinaux
	COT
	Fluorures
	Sulfates
	Indium
	AOX
	Bromoforme
Nutriments	Phosphates
	Orthophosphates (PO ₄)
	Azote Total

Paramètre	
	Ammonium
	Nitrites
	Nitrates
	Silicium

Les limites de quantification et les méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur l'eau sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur l'eau

Paramètre		Limite de quantification	Méthode d'analyse
	salinité	1 ‰	Méthode interne
	conductivité de la colonne d'eau	2 µS/cm	NF EN 27888
	Matières en suspension (MES)	2 mg/L	NF EN 872
Biologie	Concentration en chlorophylle a	0,1 µg/l	
	phéopigment	0,1 µg/l	
Chimie	Aluminium	10 µg/l	NF EN ISO 17294-2
	Cadmium	0,2 µg/l	NF EN ISO 17294-2
	Calcium	10	NF EN ISO 11885
	Chlore	0,03 mg/L	NF EN ISO 7393-2
	Chrome	1 µg/l	NF EN ISO 17294-2
	Cuivre	1 µg/l	NF EN ISO 17294-2
	Fer	0,1 mg/L	NF EN ISO 11885
	Manganèse	1 µg/l	NF EN ISO 17294-2
	Sodium	1 mg/L	NF EN ISO 11885
	Nickel	1 µg/l	NF EN ISO 17294-2
	Plomb	1 µg/l	NF EN ISO 17294-2
	Zinc	10 µg/l	NF EN ISO 17294-2
	matières inhibitrices	Pas de valeur	NF EN ISO 6341
	composés organohalogénés adsorbables sur charbon actif (AOX)	10 µg/l	NF EN ISO 9562 (H 14): 2005-02
Micropolluants	HAP	0,005 µg/l	Méthode interne

Paramètre		Limite de quantification	Méthode d'analyse
organiques	HCT C10-C40	0,1 mg/L	NF EN ISO 9377-2
Bactériologie	Escherichia coli	15 NPP/100 ml	NF EN ISO 9308-3
	entérocoques intestinaux	15 NPP/100 ml	NF EN ISO 7899-1
Nutriments	COT	0,5 mg/L	NF EN 1484
	Azote Total	0,0014 mg/L	Méthode interne
	Nitrites	0,0023 mg/L	Méthode interne
	Nitrates	0,0062 mg/L	Méthode interne
	Phosphates		Méthode interne
	Orthophosphates (PO ₄)	0,0095 mg/L	Méthode interne
	Fluorures		NF T 90-004
	Sulfates	1 mg/L	NF ISO 15923-1
	Ammonium	0,0018 mg/L	Méthode interne
	Silicium	0,2 mg/L	NF EN ISO 11885
	Indium	3 µg/l	DS/EN ISO 17294m:2016
	Bromoforme	0,5 µg/l	Méthode interne

4.2.4.2 Profils verticaux à la sonde multiparamètres

Les paramètres suivants sont mesurés avec la sonde multiparamètres :

- Pression (dbar) ;
- Conductivité (mS/cm) ;
- Température (°C) ;
- Concentration (mg/L) et saturation (%) en oxygène ;
- Turbidité (NTU) ;
- Chlorophylle a (ppb) ;
- Salinité (PSU) ;
- Profondeur (m).

4.2.5 Interprétation des données

Les résultats communiqués par Eurofins sont comparés aux valeurs de seuil de qualité environnementale NQE quand ils existent.

Pour les paramètres réalisés à la sonde multiparamètres, les mesures font l'objet d'une analyse comparée entre stations (analyse spatiale), sur la colonne d'eau. Une analyse comparée dans le temps est également effectuée au niveau de chaque station pour analyser la variabilité saisonnière. La représentation de données choisie pour les paramètres mesurés à la sonde est sous la forme de graphiques par paramètres.

4.3 CAGING DE MOULES

4.3.1 Echantillonnage

Le suivi par caging de moules sera réalisé sur trois stations dans la zone du parc : deux stations en périphérie et une dans le parc (Figure 1).

4.3.2 Moyens matériels

Le caging de moules² sera opéré à l'aide de poches de moules fixées sur une ligne de mouillage dédiée constituée de la manière suivante, de la surface jusqu'au fond :

- Une bouée de surface ;
- Un bout lesté sur lequel seront positionnées 8 poches de moules sur 2 niveaux (un 1^{er} niveau vers 9-10 m de profondeur, et un 2^e niveau vers 12-15 m de profondeur) ; les poches de moules regroupées par 4 seront positionnées de part et d'autre du bout ;
- De la chaîne si nécessaire pour lester le bout supérieur ;
- Du bout ;
- De la chaîne mère avec un corps-mort sur le fond.

La moule commune *Mytilus edulis* sera le modèle biologique utilisé, en raison des facilités d'approvisionnement, de sa robustesse et de la bonne connaissance de cette espèce.

Les moules seront originaires des filières en mer de la région (en cours de définition avec le CRC 17).

Pour garantir l'homogénéité des lots, une taille de 50 mm, correspondant à des jeunes adultes d'environ 18 mois, sera respectée à plus ou moins 5 millimètres. Les moules seront conditionnées dans des poches ostréicoles de 2,5 kg environ.

Le nombre de poches de moules sera de 9 :

- 1 poche de 2,5 kg qui ne sera pas immergée et qui sera envoyée en analyses pour établir un état zéro de la contamination (blancs) ;
- 2x4 poches de 2,5 kg chacune qui seront positionnées sur la ligne de mouillage³ : 4 des 8 poches seront analysées après 3 mois de pose, et les 4 autres poches seront analysées après 6 mois de pose, ceci afin d'évaluer l'éventuelle décontamination naturelle des poches. A chaque campagne d'analyses, un mélange sera effectué entre les 2 poches de la profondeur 9-10 m et les 2 poches de la profondeur 12-15 m.










Une ligne de mouillage avec un ancrage adapté aux conditions hydrodynamiques de la zone permettra de maintenir les 4 poches de moules en pleine eau à une profondeur d'environ 9-10 m et les 4 autres poches à une profondeur d'environ 12-15 m.

Une bouée de surface identifiée avec un code sera positionnée pour signaler la présence de la ligne de mouillage et l'identifier. La bouée pourra être équipée d'un réflecteur radar ou d'une balise GPS permettant d'éviter toute collision avec un navire.

² A ce stade, la proposition de mouillage pour l'AO7 se base sur celle de l'AO5. Elle pourra être adaptée à la marge en fonction de l'avancement de la préparation de la campagne et des échanges avec les parties prenantes concernées.

³ Les poches seront quadruplées et réparties entre 2 profondeurs (vers 3-4 m et vers 8-10 m) par précaution, afin d'augmenter les chances d'avoir suffisamment de moules à l'issue des 3 et 6 mois en tenant compte de la prédation et de la mortalité naturelle.

Caging de moules et DGT

	Bouée submersible DB2500 Poids 1T200
	Manille 17 tonnes
	Manille 25 tonnes
	Emerillon DN40
	Aussière EUROFLEX® φ40mm
	Chaine diamètre 26mm, pas 4D
	Chaine diamètre 32mm, pas 4D
	Poids de chaine d'environ 300kg
	Corps mort 3 tonnes

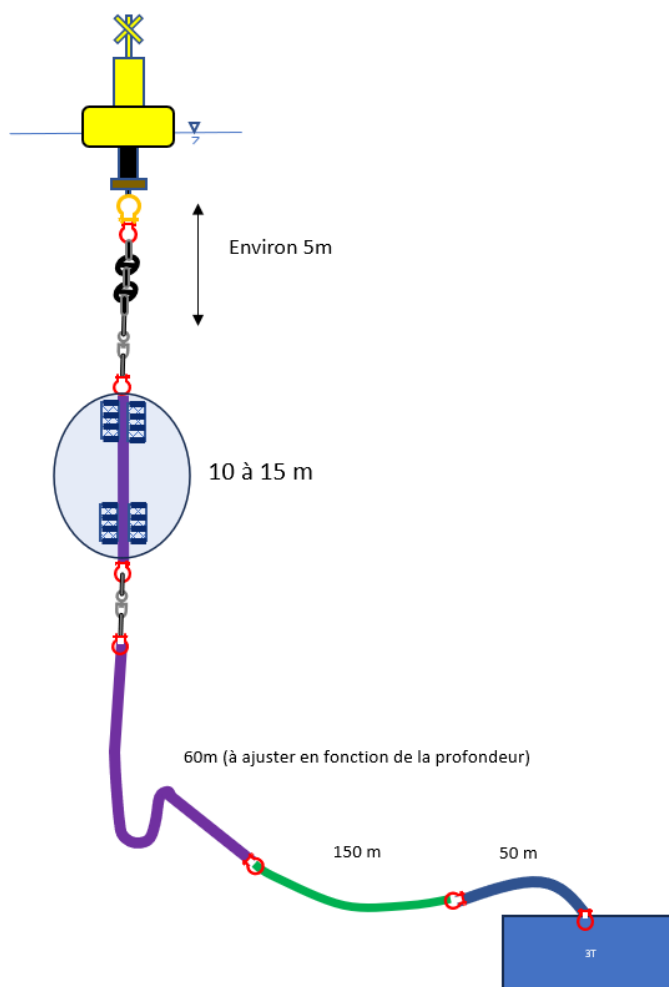


Figure 2 : Schéma du montage de la ligne de mouillage pour le caging de moules et DGT (donné à titre indicatif à ce stade, se base sur la ligne définie pour l'AO5)

4.3.3 Périodes et fréquences d'acquisition

Des analyses seront réalisées à 3 moments :

- à T0 (état zéro de la contamination au début) ;
- à T0+3 mois (à 3 mois après le début du caging) (« phase de décontamination des moules ») ;
- à T0+6 mois (à la fin des 6 mois de caging).

4.3.4 Paramètres analysés/mesurés

4.3.4.1 Laboratoire d'analyses

Les analyses sur chair de moule seront réalisées par le laboratoire EUROFINS :

Eurofins Analyses pour l'Environnement
 5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
 Tél 03 88 911 911 - Fax 03 88 916 531

4.3.4.2 Flaconnages

Les flaconnages seront fournis par le laboratoire et sont adaptés aux paramètres à analyser. La manipulation des échantillons et le remplissage des flacons se feront par du personnel équipé de gants en nitrile. Les gants seront changés sur chaque station.

4.3.4.3 Préparation des échantillons

Sur site, les moules seront lavées à l'eau de mer, dégrappées, triées en séparant les individus morts des individus vivants. La mortalité de chaque poche sera déterminée.

Les moules seront ramenées en glacière jusqu'aux locaux de setec énergie environnement à La Forêt Fouesnant (29) pour préparer les échantillons et l'envoi au laboratoire. Le nombre de moules à envoyer au laboratoire sera validé préalablement avec le laboratoire en fonction des analyses à réaliser.

4.3.4.4 Transport et conservation des échantillons de moules jusqu'au laboratoire

Les échantillons seront conservés au frigo à bord du bateau. Ils seront ensuite mis en glacière isotherme pour le transport jusqu'au laboratoire.

4.3.4.5 Paramètres analysés

Pour chaque poche de moules, sera mesurée la mortalité de la poche (faite après constitution de la poche pour celle analysée à T0, ou sur site à bord du bateau, à la sortie de l'eau des poches pour les poches analysées à T0+3 mois et à T0+6 mois).

Seront ensuite constitués les échantillons pour envoi au laboratoire et analyses. Le nombre de moules à envoyer au laboratoire sera validé préalablement avec le laboratoire en fonction des analyses à réaliser. Pour les analyses menées à T0+3 mois et à T0+6 mois, un échantillon moyen sera constitué à partir des 4 poches de moules relevées, avec une répartition aliquote entre les poches situées à 3-4 m de profondeur et les poches situées à 8-10 m de profondeur. Les analyses réalisées seront les suivantes :

- analyses biométriques (faites en laboratoire) : taille de la coquille, poids humide de chair, poids sec de chair, poids sec de coquille, indice de condition ;
- analyses chimiques (faites en laboratoire) :
 - Al, Mn, Fe, Hg, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Pb, Cr, As ;
 - PCB 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180 (9 congénères) ;
 - HAP (16) : acénaphène, acénaphylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b,j)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenz(a)anthracène, fluoranthène, fluorène, indéno-pyrène, naphthalène, phénanthrène, pyrène.

Tableau 3 : Récapitulatif des analyses réalisées sur les poches de moules en fonction du temps

Moment	Mortalité	Analyses biométriques	Analyses chimiques
T0	X	X	X
T0 + 3 mois	X	X	X
T0 + 6 mois	X	X	X

Les limites de quantification et les méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur chair de moule sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur chair de moule par EUROFINs

Paramètre	Paramètre	Limite de quantification	Méthode d'analyse
Analyses biométriques	Taille de la coquille	Sans objet	Méthode interne
	Poids humide de chair	Sans objet	Méthode interne
	Poids sec de chair	1%	NF ISO 11465
	Poids sec de coquille	Sans objet	Méthode interne
	Indice de condition	Sans objet	Méthode interne
Métaux	Aluminium	2 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Argent	0.02 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Arsenic	0.05 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Cadmium	0.02 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Chrome	0.1 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Cuivre	0.1 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Fer	1 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Manganèse	0.2 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Mercure	0.05 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Nickel	0.1 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Plomb	0.05 mg/kg M.S.	Méthode interne
	Zinc	1 mg/kg M.S.	Méthode interne
PCB (9)	PCB 28	1 µg/kg M.S.	Méthode interne
	PCB 52	1 µg/kg M.S.	Méthode interne
	PCB 101	1 µg/kg M.S.	Méthode interne
	PCB 105	Non renseigné	Méthode interne
	PCB 118	1 µg/kg M.S.	Méthode interne
	PCB 138	1 µg/kg M.S.	Méthode interne
	PCB 153	1 µg/kg M.S.	Méthode interne
	PCB 156	Non renseigné	Méthode interne
	PCB 180	1 µg/kg M.S.	Méthode interne
HAP (16)	Acénaphène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Acénaphthylène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Anthracène	1 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Benzo(a)anthracène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Benzo(a)pyrène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Benzo(b,j)fluoranthène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Benzo(k)fluoranthène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Benzo(ghi)pérylène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Chrysène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Dibenzo(a,h)anthracène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Fluoranthène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne

Paramètre	Paramètre	Limite de quantification	Méthode d'analyse
	Fluorène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Indéno (1,2,3,c,d) pyrène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Naphtalène	20 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Phénanthrène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne
	Pyrène	2.5 µg/kg M.S.	Méthode interne

4.3.5 Interprétation des données

La mortalité mesurée sur la poche de moules sera comparée avec la mortalité mesurée sur la poche initiale après conditionnement.

Les analyses chimiques obtenues à T0+6 mois seront comparés avec les résultats des analyses initiales (T0) et avec les analyses intermédiaires (T0+3 mois). Une comparaison sera aussi faite entre la station dans le parc et celles en dehors (témoin).

Les résultats des analyses chimiques sur chair de moules seront également comparés aux seuils de qualité environnementaux définis pour le Descripteur 8 de la DCSSM :

- L'Environnemental 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).
- Le seuil sanitaire (EC) est la teneur maximale admise dans les denrées alimentaires par la réglementation de la Communauté Européenne afin de protéger la santé publique (Commission Regulation no 1881/2006). Les seuils EC sont recommandés par OSPAR pour les métaux dans le biote en l'absence de seuils environnementaux (OSPAR, 2009).
- Pour certaines substances ou certains effets, un Background Assessment Concentration (BAC) est aussi disponible. Le BAC correspond à la concentration d'un contaminant proche ou égale au bruit de fond (substances naturelles) ou de zéro (substances artificielles) (OSPAR, 2009).

Tous les seuils ont été convertis en µg/kg p.s (poids sec) selon les formules ci-dessous :

- Pour les seuils exprimés en poids humide (C_{ph}):

$$C_{ps} = C_{ph} \times \frac{100}{\%_{MS}}, \text{ avec :}$$

- C_{ps} la concentration exprimée en poids sec (mg/kg p.s.) ;
- C_{ph} la concentration exprimée en poids frais (mg/kg p.f.) ;

- %_{MS} le pourcentage de matière sèche dans la chair molle
- Pour les seuils exprimés en poids lipidique (C_{pl}) :

$$C_{ps} = C_{pl} \times \frac{\%_{ML}}{\%_{MS}}, \text{ avec :}$$

- C_{ps} la concentration exprimée en poids sec (mg/kg p.s.) ;
- C_{pl} la concentration exprimée en poids lipidique (mg/kg p.l.) ;
- %_{MS} le pourcentage de matière sèche dans la chair molle (= 17 pour *Mytilus edulis*⁴) ;
- %_{ML} le pourcentage de matière lipidique dans la chair molle (= 1,3 pour *Mytilus edulis*³).

Tableau 5 : Seuils de comparaison utilisés pour les résultats sur chair de moule⁵

	Paramètre	Type de seuil	Valeur de seuil
Métaux	Argent (Ag)		
	Arsenic (As)		
	Cadmium (Cd)	EC	5 263 µg/kg p.s
	Chrome (Cr)		
	Cuivre (Cu)	BAC	6 000 µg/kg p.s
	Fer (Fe)		
	Manganèse (Mn)		
	Mercure (Hg)	EC	2 632 µg/kg p.s
	Nickel (Ni)		
	Plomb (Pb)	EC	7 895 µg/kg p.s
	Zinc (Zn)	BAC	63 000 µg/kg p.s
Organochlorés (9)	PCB 28	EAC	7,05 µg/kg p.s
	PCB 52	EAC	11,37 µg/kg p.s
	PCB 101	EAC	12,74 µg/kg p.s
	PCB 105	BAC	0,75 µg/kg p.s
	PCB 118	EAC	2,63 µg/kg p.s
	PCB 138	EAC	24,24 µg/kg p.s
	PCB 153	EAC	166,84 µg/kg p.s
	PCB 156		
	PCB 180	EAC	35,86 µg/kg p.s
HAP (16)	Acénaphène		
	Acénaphthylène		

⁴ Source : http://dome.ices.dk/osparmime/help_basis_conversion.html

⁵ Annexe 3 de Mauffret A. et al, 2018. Evaluation du descripteur 8 « Contaminants dans le milieu » en France Métropolitaine. Rapport scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM.

	Paramètre	Type de seuil	Valeur de seuil
	Anthracène	EAC	290 µg/kg p.s
	Benzo(a)anthracène	EAC	80 µg/kg p.s
	Benzo(a)pyrène	NQE	~25 µg/kg p.s
	Benzo(b,j)anthracène		
	Benzo(k)fluoranthène	EAC	260 µg/kg p.s
	Benzo(ghi)pérylène	EAC	110 µg/kg p.s
	Chrysène		
	Dibenzo(a,h)anthracène		
	Fluoranthène	EAC	~11 µg/kg p.s
	Fluorène		
	Indeno (1,2,3,c,d) pyrène	BAC	2,4 et 2,9 µg/kg
	Naphtalène	EAC	340 µg/kg p.s
	Phénanthrène	EAC	1 700 µg/kg p.s
	Pyrène	EAC	100 µg/kg p.s

4.4 DGT

4.4.1 Echantillonnage

Le suivi par DGT sur les mêmes stations que pour le caging de moules, soit sur trois stations dans la zone du parc : deux stations en périphérie et une dans le parc (Figure 1).

4.4.2 Moyens matériels

Un DGT est un dispositif en plastique qui accumule les substances dissoutes, fournissant la concentration in situ intégrée pendant la durée du déploiement (figure suivante). Ils se composent d'une base plastique et d'un bouchon circulaire avec une ouverture (fenêtre DGT). Comme le montre la figure suivante, une couche de résine, de gel diffusif et de membrane filtrante sont empilés sur la base, et le bouchon est placé sur l'ensemble. Les éléments échantillonnés passent par le filtre à membrane et le gel diffusif et sont accumulés dans la résine de manière contrôlée (par le flux diffusif).



Figure 3 : Composition d'un DGT pour les composants métalliques (source : Projet MONITOOL)

Deux types de DGT seront utilisés pour mesurer les concentrations d'une large gamme de métaux, conformément aux recommandations de l'IFREMER (Amouroux et al., 2023) :

- DGT avec résine Chelex-100 (LSNM-NP) ;
- DGT avec résine mixte Chelex-100 & oxyde de titane (LSNX-NP).

Les DGT sont déployés sur des lignes de mouillage en triplicat (3 DGT de chaque type) sur chaque station pour une durée d'exposition de 15 jours maximum, auxquels il faut rajouter 3 blancs par site qui seront exposés à l'air sur le terrain, dit « blancs terrains », et 3 DGT blanc par « campagne » qui ne seront pas exposés mais seront uniquement conservés au laboratoire (tels que reçus), dit « blancs laboratoires ».

La planification de chaque campagne tiendra compte des prévisions météorologiques pour avoir une météo favorable permettant de retirer les capteurs DGT au bout des 15 jours d'immersion prévus.

Les DGT seront installés sur la ligne de mouillage prévue pour le caging de moules autour de 10 m de profondeur (Figure 2).

4.4.3 Périodes et fréquences d'acquisition

Des analyses seront réalisées 4 fois sur une durée d'une année, soit une fois par saison après une immersion de 15 jours.

4.4.4 Paramètres analysés/mesurés

4.4.4.1 Laboratoire d'analyses

En l'absence actuelle d'une offre fiable de la part des laboratoires d'analyses commerciaux, les analyses réalisées sur les capteurs DGT seront réalisées en interne par l'Ifremer.

Les limites de quantification et les méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur capteurs DGT sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur capteurs DGT

Paramètre	Paramètre	Limite de quantification	Méthode d'analyse
Métaux	Aluminium	à compléter	Méthode interne
	Argent	à compléter	Méthode interne
	Arsenic	à compléter	Méthode interne
	Cadmium	à compléter	Méthode interne
	Chrome	à compléter	Méthode interne
	Cuivre	à compléter	Méthode interne
	Fer	à compléter	Méthode interne
	Manganèse	à compléter	Méthode interne
	Mercure	à compléter	Méthode interne
	Nickel	à compléter	Méthode interne
	Plomb	à compléter	Méthode interne
	Indium	à compléter	Méthode interne
	Zinc	à compléter	Méthode interne

Des mesures à la sonde multiparamètres seront également effectuées sur la station (à la même profondeur que les DGT) au moment de la pose des capteurs DGT et au moment de leur retrait. Les mesures porteront sur les paramètres suivants : profondeur, température, O2 dissous, salinité, conductivité.

4.4.4.2 Préparation des capteurs

Afin de prévenir la contamination des DGT, le contact direct avec ceux-ci doit être minimisé :

- Toujours porter des gants non poudrés, de préférence non colorés, lors de la manipulation des DGT afin d'éviter toute contamination.
- Conserver les DGT dans des conditions réfrigérées (4 °C), en évitant la congélation, car le rendement peut être affecté.

Nous nous référons aux précautions d'utilisation de l'Ifremer pour assurer des résultats les plus fiables possible :

- Guide d'utilisation des techniques d'échantillonnage passif (DGT, POCIS et SBSE): mise en place, récupération et conditionnement (Gonzalez J-L., 2020) ;
- Guide des bonnes pratiques pour l'utilisation des DGTs (Millan V. et al, 2022) ;
- Tutoriels pour la mise en œuvre opérationnelle des échantillonneurs passifs pour la mesure des contaminants métalliques et organiques en milieu marin (Gonzalez J-L., Amouroux I., Lesbats S., 2020)

La date et l'heure précise (HH :MM) seront notifiées lors de leur déploiement et récupération pour le calcul des concentrations et leur interprétation.

4.4.4.3 Paramètres analysés

Les analyses seront réalisées par l'Ifremer qui développe actuellement ce travail sur l'AO4 et 5. Le détail sera précisé ultérieurement car il reste en cours de développement par l'IFREMER.

5. MOYENS HUMAINS

Les prélèvements d'eau et les profils de turbidité nécessiteront 1 personne, en plus de l'équipage du navire Minibex.

La mise en place de la ligne de mouillage et des poches de caging de moules/DGT nécessitera 2 personnes, en plus de l'équipage du navire d'Atlantique Scaphandre.

Les relèves des poches de caging de moules/DGT se feront soit par plongeurs professionnels, soit par relevage de la ligne de mouillage à l'aide d'une grue et d'un treuil hydraulique.