



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Parc éolien au large de la Bretagne Sud (AO5) – état actuel de l’environnement

Protocole relatif au compartiment
« Qualité de l’eau »



Février 2023

REVISIONS

Version	Date	Description	Auteurs	Relecteur
1.0	15/02/2022	Première édition	F. LEVEQUE	P. BORNENS
2.0	25/02/2022	Prise en compte des remarques de la DGEC	F. LEVEQUE	P. BORNENS
3.0	22/07/2022	Prise en compte des remarques des AMO	F. LEVEQUE	P. BORNENS
4.0	23/08/2022	Prise en compte des remarques de CREOCEAN	F. LEVEQUE	P. BORNENS
5.0	09/12/2022	Mise à jour du protocole caging de moules	F. LEVEQUE	P. BORNENS
6.0	03/02/2023	Mise à jour du protocole capteurs DGT	F. LEVEQUE	P. BORNENS
6.1	13/02/2023	Proposition de plan d'échantillonnage pour le caging de moules et les capteurs DGT	F. LEVEQUE	P. BORNENS

COORDONNEES

Siège social	Directrice de projet
<p>setec énergie environnement</p> <p>Immeuble Central Seine 42 - 52 quai de la Rapée - CS 71230 75583 PARIS CEDEX 12 FRANCE</p> <p>Tél +33 1 82 51 55 55 Fax +33 1 82 51 55 56 environnement@setec.com www.setec.com</p>	<p>Françoise LEVEQUE Directrice de projet</p> <p>ZA La Grande Halte 29940 LA FORET FOUESNANT FRANCE</p> <p>Tél +33 2 98 51 41 75 Fax +33 2 98 51 41 55 francoise.leveque@setec.com</p>

1. Objectif	5
1.1 Principe	5
1.2 Demande d'autorisation / concertation	5
1.3 Périodes et fréquences d'acquisition	5
1.4 Echantillonnage	6
1.4.1 Suivi d'un réseau de stations	6
1.4.2 Suivi par caging de moules	9
1.4.3 Suivi par capteurs DGT	10
1.4.4 Synthèse des suivis prévus pour le compartiment « Qualité de l'eau »	10
2. Moyens nautiques	11
3. Moyens matériels	12
3.1 Sonde multiparamètre	12
3.2 Bouteille Niskin	13
3.3 Caging de moules	13
3.4 Capteurs DGT	14
4. Moyens humains.....	16
5. Paramètres analysés/mesurés	17
5.1 Mesures et analyses réalisées sur les échantillons d'eau	17
5.1.1 Laboratoire d'analyses	17
5.1.2 Flaconnages	17
5.1.3 Transport et conservation des échantillons d'eau jusqu'au laboratoire	17
5.1.4 Paramètres analysés	17
5.2 Mesures à la sonde multiparamètres pour le suivi du réseau de stations	20
5.3 Mesures et analyses réalisées sur les moules	21
5.3.1 Laboratoire d'analyses	21
5.3.2 Flaconnages	21
5.3.3 Préparation des échantillons	21
5.3.4 Transport et conservation des échantillons de moules jusqu'au laboratoire	21
5.3.5 Paramètres analysés	21
5.4 Mesures et analyses réalisées sur les capteurs DGT	23
5.4.1 Laboratoire d'analyses	23
5.4.2 Préparation des capteurs DGT avant leur pose sur la ligne de mouillage et après leur retrait	24
6. Interprétation des données.....	25
6.1 Données de qualité de l'eau mesurées à la sonde multiparamètres sur le réseau de stations	25
6.2 Analyses d'eau réalisées sur les prélèvements d'eau réalisés à la bouteille Niskin	25
6.3 Analyses réalisées sur les moules	27
6.4 Analyses réalisées sur les capteurs DGT	29

Liste des figures

Figure 1 : Localisation initiale des 10 stations de suivi de la qualité de l'eau	6
Figure 2 : Localisation des 11 stations de suivi pour la première campagne de suivi stationnel de la qualité de l'eau (stations entourées en rouge = stations finalement supprimées à partir de la 2 ^e campagne).....	7
Figure 3 : Localisation des 9 stations de suivi à partir de la deuxième campagne de suivi stationnel de la qualité de l'eau	8
Figure 4 : Proposition de plan d'échantillonnage pour le caging de moules et les capteurs DGT (stations PTM01 et PTM02)	9
Figure 5 : Composition d'un DGT pour les composants métalliques (source : Projet MONITOOL)	15

Liste des tableaux

Tableau 1 : Récapitulatif des suivis prévus pour le compartiment « Qualité de l'eau ».....	10
Tableau 2 : Liste des paramètres analysés pour le suivi d'un réseau de stations	17
Tableau 3 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur l'eau	19
Tableau 4 : Récapitulatif des analyses réalisées sur les poches de moules en fonction du temps.....	22
Tableau 5 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur chair de moule	22
Tableau 6 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur capteurs DGT	23
Tableau 7 : Seuils de comparaison utilisés pour les résultats sur eau.....	25
Tableau 8 : Seuils de comparaison utilisés pour les résultats sur chair de moule	28

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 de la procédure de mise en concurrence d'évaluer l'impact du parc éolien sur ce compartiment durant les phases de vie du projet.

De plus, l'objectif est également 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.

L'objectif des acquisitions de données liées au compartiment « qualité de l'eau » est de caractériser la qualité physico-chimique des masses d'eau et leur variabilité dans le temps.

1.1 PRINCIPE

L'acquisition de données se fera sur une durée d'une année, via le suivi d'un réseau de stations, au moyen de prélèvements d'eau complétés ensuite par des stations semi-permanentes que sont le caging de moules et les DGT.

Le caging de moules, en référence au suivi réalisé dans le cadre du programme RINBIO de l'IFREMER¹ a été retenu afin de réaliser un suivi intégré de la qualité de l'eau au travers du suivi de la bioaccumulation de contaminants sur des organismes de référence. Ainsi des poches de moules seront immergées pendant une durée de 6 mois sur une ligne de mouillage et des analyses sur chair de moules seront réalisées pendant (pour produire le t0) et à l'issue de ces 6 mois.

Le suivi intégré de la qualité de l'eau sera complété par la mise en place d'échantillonneurs passifs à Gradient de Diffusion en couche mince, dits capteurs DGT², 4 fois pendant une durée d'une année (1 fois par saison).

1.2 DEMANDE D'AUTORISATION / CONCERTATION

La mise en place d'une ligne de mouillage pour le caging de moules 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.

1.3 PERIODES ET FREQUENCES D'ACQUISITION

Le suivi ponctuel d'un réseau de stations sera opéré pendant une durée d'une année. Des mesures complémentaires pourront être poursuivies en deuxième année si les résultats nécessitent des investigations complémentaires. L'échantillonnage sera réalisé en suivant une fréquence d'acquisition mensuelle couvrant un cycle annuel complet de 12 mois.

¹ Le protocole de caging de moules utilisé dans le cadre du réseau RINBIO est décrit par Andral, B., Stanisiere, J. Y., Sauzade, D., Damier, E., Thebault, H., Galgani, F., & Boissery, P. (2004). Monitoring chemical contamination levels in the Mediterranean based on the use of mussel caging. *Marine Pollution Bulletin*, 49(9-10), 704-712.

² L'acronyme DGT signifie « Diffusive Gradient in Thin films », soit en français Gradient de Diffusion en couche mince.

Le caging de moules sera mis en œuvre sur 6 mois, avec une pose en août 2023 et une relève finale en février 2024.

Des capteurs DGT seront mis en place 4 fois pendant une durée d'une année, entre août 2023 et juillet 2024.

1.4 ECHANTILLONNAGE

1.4.1 Suivi d'un réseau de stations

Pour le suivi du réseau de stations, la première version du protocole proposait un plan d'échantillonnage comportant 10 stations (cf. figure suivante) réparties de la manière suivante :

- Dans la zone d'étude immédiate (233 km²) : 5 stations ;
- Dans la zone d'étude rapprochée (2661 km² - buffer de 20 km autour de la zone d'étude d'immédiate) : 5 stations.

Dans la zone d'étude, les courants sont globalement orientés Ouest/Nord-Ouest. Ainsi plusieurs points ont été positionnés selon l'axe des courants dominants sur le site, en traversant la zone d'étude immédiate de manière à couvrir la zone d'influence du projet de parc. Des points ont également été positionnés perpendiculairement à l'axe dominant des courants de manière à se situer hors zone d'influence.

Les stations sont préférentiellement positionnées au Sud, à l'Est et à l'Ouest de la zone de l'AO5 afin d'éviter le recouvrement avec les campagnes d'investigations menées par RTE pour le projet de raccordement. Une harmonisation devait être faite dès obtention des plans d'échantillonnages de RTE pour bien couvrir toute la zone.

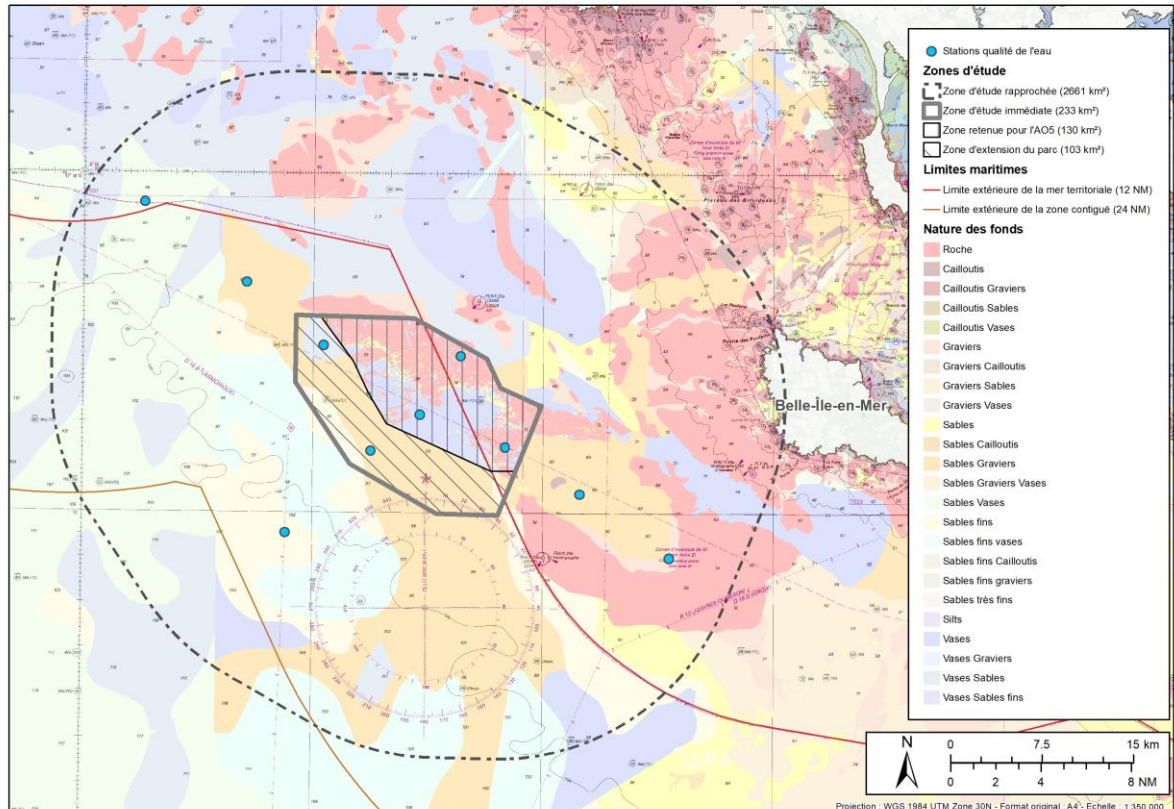


Figure 1 : Localisation initiale des 10 stations de suivi de la qualité de l'eau

Suite aux échanges avec l'Ifremer et avec RTE/TBM, il a été ajouté 1 station dans la zone du raccordement (soit un total de 11 stations) (cf. station entourée en bleu sur la figure suivante).

Par ailleurs, après plusieurs discussions, l'Ifremer a suggéré la suppression des 2 stations les plus éloignées (entourées en rouge sur la figure suivante). La validation de cette suppression n'ayant pas été validée à temps pour la réalisation de la première campagne de suivi de la qualité de l'eau, c'est sur la base du plan d'échantillonnage comportant 11 stations que la première campagne de suivi de la qualité de l'eau a été réalisée en avril 2022. Pour mémoire, ce plan d'échantillonnage est le même que celui suivi pour la première campagne de suivi du plancton (phytoplancton, zooplancton et ichtyoplancton).

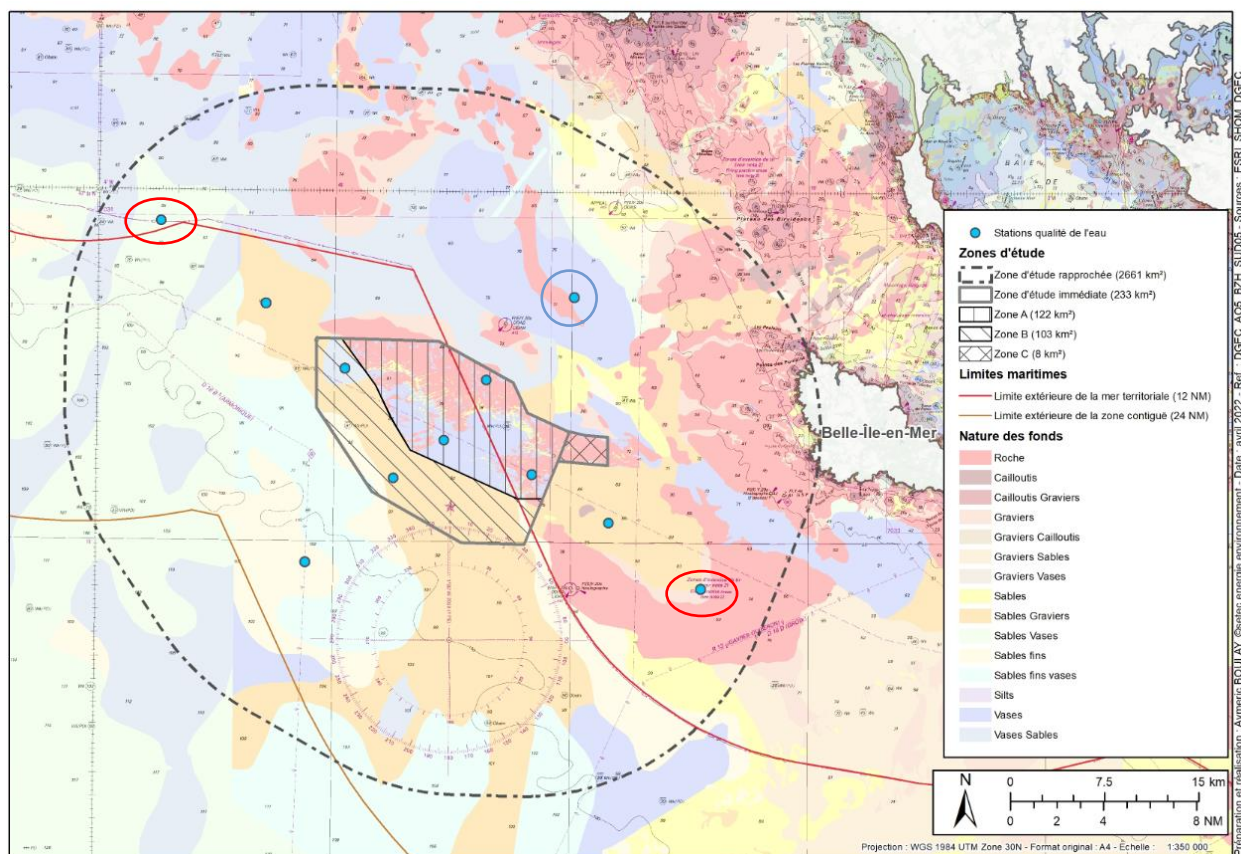


Figure 2 : Localisation des 11 stations de suivi pour la première campagne de suivi stationnel de la qualité de l'eau (stations entourées en rouge = stations finalement supprimées à partir de la 2^e campagne)

Au final, depuis la deuxième campagne de suivi réalisée en mai 2022, c'est le plan d'échantillonnage présenté sur la page suivante (comportant 9 stations) qui est suivi. C'est également ce même plan d'échantillonnage qui est suivi pour le plancton (phytoplancton, zooplancton et ichtyoplancton) depuis la deuxième campagne de suivi.

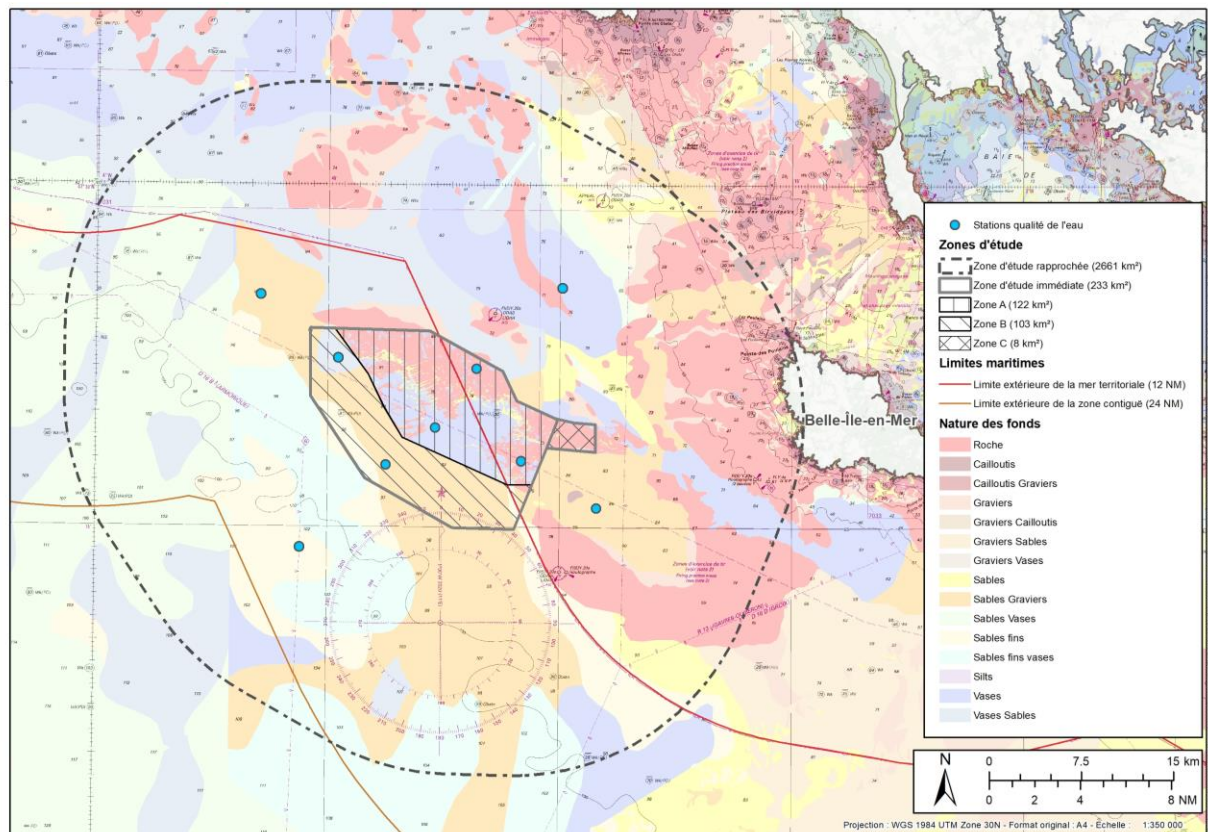


Figure 3 : Localisation des 9 stations de suivi à partir de la deuxième campagne de suivi stationnel de la qualité de l'eau

Dans la première version du protocole, le nombre de prélèvement d'eau par station était de 3, correspondant à 3 profondeurs différentes : subsurface, mi-profondeur et 1 m au-dessus du fond.

Suite aux remarques de l'Ifremer, le nombre de prélèvements par station a été conditionné à l'homogénéité de la colonne d'eau :

- 1 prélèvement en sub-surface (entre 1 en 5 m sous la surface) dans le cas où la colonne d'eau apparaît homogène d'un point des caractéristiques hydrologiques
- 3 prélèvements en subsurface, à mi-profondeur et 1m au-dessus du fond si une stratification de la colonne d'eau est mise en évidence par le suivi à la sonde multiparamètres sur les paramètres de température et salinité.

1.4.2 Suivi par caging de moules

Le suivi par caging de moules sera réalisé sur deux stations : une station positionnée dans la nouvelle zone de l'AO5 et une station de référence située en dehors de la zone de l'AO5, comme proposé sur la figure suivante (emplacements en cours de validation) :

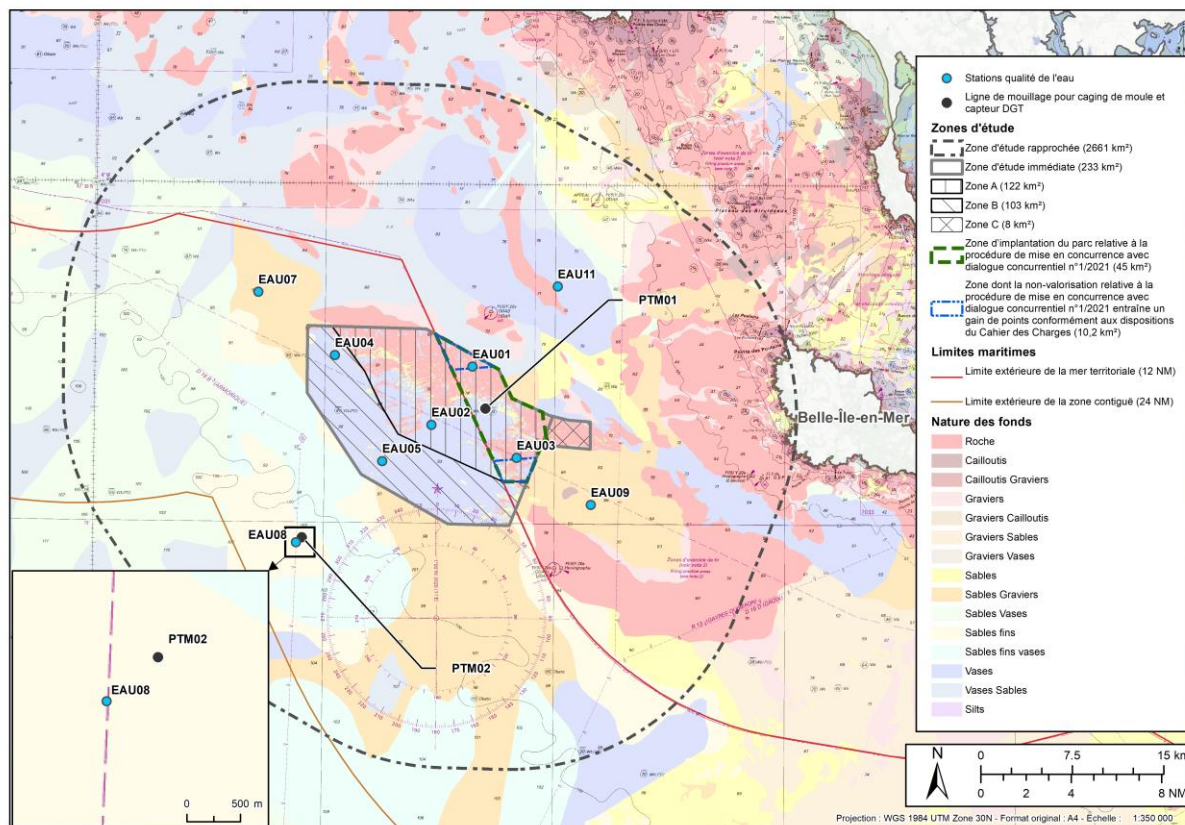


Figure 4 : Proposition de plan d'échantillonnage pour le caging de moules et les capteurs DGT (stations PTM01 et PTM02)

La station PTM02 a été positionnée à proximité de la station EAU08, en dehors de la zone d'influence potentielle du projet. Elle a été décalée de quelques centaines de mètres de la station EAU08, car la station EAU08 se situe au même endroit que la station PLA08 sur laquelle les prélèvements de plancton vont se poursuivre jusqu'en 2024. Il n'était pas possible de positionner la ligne de mouillage PTM02 exactement sur cette station car cela aurait rendu difficile la réalisation des prélèvements de plancton au niveau de la station PLA08.

Afin de sécuriser le suivi par caging de moules et par les capteurs DGT, il a été étudié la possibilité de doubler les lignes de mouillage pour limiter le risque de perte de lignes de mouillage du fait des conditions hydrodynamiques ou des usagers de la mer. Cependant, cela générerait une emprise spatiale importante qui entraînerait des restrictions d'usage sur le plan d'eau qui paraissent incompatibles avec les usages actuels.

Des analyses seront réalisées à 3 moments :

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

1.4.3 Suivi par capteurs DGT

Le suivi par capteurs DGT sera réalisé sur les mêmes stations que les stations utilisées pour le caging de moules (cf. Figure 4 - emplacements en cours de validation).

Des analyses seront réalisées 4 fois sur une durée d'une année :

- à T0 ;
- à T0+3 mois ;
- à T0+6 mois ;
- à T0+9 mois.

A chaque campagne, de nouveaux capteurs DGT seront immergés et retirés au bout de 5 jours d'immersion (5 X 24 heures), pour être ensuite envoyés en analyses.

La planification de chaque campagne tiendra compte des prévisions météorologiques pour avoir une météo favorable permettant de retirer les capteurs DGT au bout des 5 jours d'immersion prévus.

1.4.4 Synthèse des suivis prévus pour le compartiment « Qualité de l'eau »

Tableau 1 : Récapitulatif des suivis prévus pour le compartiment « Qualité de l'eau »

Compartiment	Matériel	Nombre de stations	Profondeur	Fréquence
Qualité de l'eau	Prélèvements d'eau	9	1 à 3 profondeurs selon l'homogénéité de la colonne d'eau : subsurface systématiquement + si colonne d'eau stratifiée : mi-profondeur et 1 m au-dessus du fond.	1 fois/mois pendant 1 an, de avril 2022 à mars 2023
	Mesures à la sonde multiparamètres	9	profil vertical depuis la surface jusqu'au fond	1 fois/mois pendant 1 an, de avril 2022 à mars 2023
	Caging de moules	2	entre 9-10 m et entre 12-15 m	3 fois (T0, T0+3 mois, T0+6 mois)
	Capteur DGT	2	Entre 3-4 m	4 fois (T0, T0+3 mois, T0+6 mois et T0+9 mois)

2. 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 :

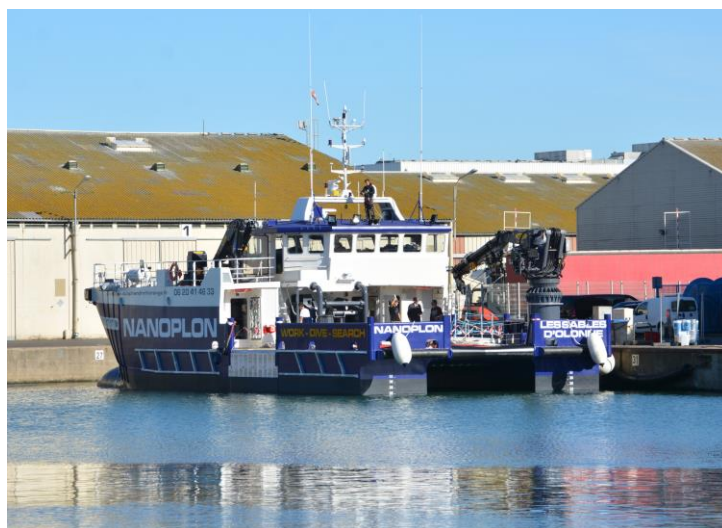


Photo 2 : Le « Nanoplou » de la société Atlantique Scaphandre

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.

3. MOYENS MATERIELS

3.1 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 --> 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 de plus réalisés tous les 2 mois (avec une solution étalon pour le pH et la turbidité et par intercomparaison avec d'autres sondes pour le paramètre température).

3.2 BOUTEILLE NISKIN

Au niveau de chaque station de suivi, des prélèvements d'eau seront réalisés à la bouteille Niskin revêtue Téflon.

Les prélèvements seront réalisés systématiquement en subsurface. Des prélèvements complémentaires seront effectués à mi-profondeur et à 1 m au dessus-du fond dans le cas où le profil à la sonde montrerait une stratification.



Photo 4 : Bouteille Niskin armée et prête à l'emploi (source : setec énergie environnement)

3.3 CAGING DE MOULES

Le caging de moules 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 de 15 m de longueur environ 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.

Remarque : Cette même ligne de mouillage servira également de support pour les capteurs DGT : ces derniers seront fixés sur le bout lesté supportant les poches de moules, à une profondeur d'environ 3-4 m (les capteurs DGT seront ainsi fixés au-dessus par rapport aux poches de moules pour les rendre plus accessibles et faciliter leur pose et leur relève qui se font à une fréquence plus importante que la pose et la relève des poches de moules).

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 Groix.

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 ;
- 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. Cette ligne de mouillage supportera également les capteurs DGT à une profondeur d'environ 3-4 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.

3.4 CAPTEURS DGT

Les capteurs DGT seront fixés sur la même ligne de mouillage que les poches de moules, à une profondeur d'environ 3-4 m.

Un DGT est un dispositif en plastique qui accumule les substances dissoutes, fournissant la concentration *in situ* intégrée pendant la durée du déploiement. 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).

Trois capteurs DGT seront positionnés à chaque campagne de mesures, conformément aux recommandations de V. Millan et al⁴ (2022).

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.

⁴ Vanessa Millán, Marta Rodrigo, Isabelle Amouroux, María Jesús Belzunce, Philippe Bersuder, Thi Bolam, Miguel Caetano, Margarida M. Correia dos Santos, Gary R. Fones, Jean-Louis Gonzalez, Stephane Guesdon, Joana Larreta, Barbara Marras, Brendan McHugh, Iratxe Menchaca, Florence Menet-Nédélec, Natalia Montero, Fiona Regan, Craig D. Robinson, Germán Rodríguez, Marco Schintu, Blánaid White and Hao Zhang. Guide des bonnes pratiques pour l'utilisation des DGTs. Échantillonnage des métaux dans les eaux de transition et côtières par la technique du Gradient de Diffusion en couche mince (DGT). 2022. Editeur : Instituto Tecnológico de Canarias. ISBN : 978-84-09-40980-8



Figure 5 : Composition d'un DGT pour les composants métalliques (source : Projet MONITOOL)

Afin d'éviter les biais, le nombre de capteurs DGT sera *a minima* de 3 sur la ligne de mouillage, de 3 au laboratoire et de 3 sur le terrain, soit un total de 9 capteurs par station.

4. 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, des capteurs DGT et des 8 poches de caging de moules nécessitera 2 personnes, en plus de l'équipage du navire d'Atlantique Scaphandre.

Les relèves des capteurs DGT et des poches de caging de moules 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.

5. PARAMETRES ANALYSES/MESURES

5.1 MESURES ET ANALYSES REALISEES SUR LES ECHANTILLONS D'EAU

5.1.1 Laboratoire d'analyses

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

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

5.1.2 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.

5.1.3 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.

5.1.4 Paramètres analysés

Les paramètres analysés ont fait l'objet d'une modification entre la 2^e campagne de mai 2022 et la 3^e campagne de juin 2022 car la liste définitive des paramètres à analyser n'avait pas pu être validée à temps avec l'Ifremer pour les campagnes d'avril et mai 2022.

La liste des paramètres analysés pour la 1^{ère} et 2^e campagne, et celle pour les campagnes ultérieures sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Liste des paramètres analysés pour le suivi d'un réseau de stations

Paramètre	Liste du CCTP	Liste retenue pour la 1 ^{ère} et 2 ^{ème} campagne	Liste retenue à partir de la 3 ^e campagne
	salinité	x	x
	conductivité de la	x	x

	colonne d'eau		
	Matières en suspension (MES)	x	x
	Fluorescence		Fait à la sonde
Biologie	Concentration chlorophylle a	x	x
	phéopigment	x	x
Chimie	Aluminium	x	x
	Cadmium		x
	Calcium	x	x
	Chlore	x	x
	Chrome	x	x
	Cuivre	x	x
	Fer		x
	Manganèse	x	x
	Sodium	x	x
	Nickel	x	x
	Plomb	x	x
	Zinc	x	x
	matières inhibitrices	x	x
	composés organohalogénés adsorbables sur charbon actif (AOX)	x	x
	Micropolluants organiques	HAP	
HCT C10-C40		x	x
Bactériologie	Escherichia coli	x	x
	entérocoques intestinaux	x	x
Nutriments	COT	x	x
	Azote Total	x	x
	Nitrites	x	x
	Nitrates	x	x
	Phosphates	x	x
	Orthophosphates (PO4)	x	x
	Fluorures	x	x

	Sulfates	x	x
	Ammonium	x	x
	Silicium		x
	Indium		x
	AOX		x
	Bromoforme		x

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

Tableau 3 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur l'eau

Paramètre	Liste du CCTP	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 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 organiques	HAP	0,005 µg/l	Méthode interne
	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

5.2 MESURES A LA SONDE MULTIPARAMETRES POUR LE SUIVI DU RESEAU DE STATIONS

Pour le suivi stationnel, les paramètres mesurés le long des profils descendants puis ascendants seront les suivants :

- Pression (profondeur)
- Température (°C)
- Conductivité (µS/cm) / Salinité (‰)
- Concentration en oxygène dissous (mg/L)
- Turbidité (NTU)
- pH.

Ces paramètres sont mesurés tous les mois depuis la 1^{ère} campagne.

5.3 MESURES ET ANALYSES RÉALISÉES SUR LES MOULES

5.3.1 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

5.3.2 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.

5.3.3 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.

5.3.4 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.

5.3.5 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) : acénaphthène, acénaphthylène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b,j)fluoranthène, benzo(ghi)peryène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenz(a)anthracène, fluoranthène, fluorène, indéno-pyrène, naphthalène, phénanthrène, pyrène.

Tableau 4 : 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 présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Limites de quantification et méthodes d'analyse pour les paramètres analysés sur chair de moule

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
	Mercuré	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)	Acénaphtène	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
	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	

5.4 MESURES ET ANALYSES REALISEES SUR LES CAPTEURS DGT

5.4.1 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	<i>à compléter</i>	Méthode interne
	Mercure	<i>à compléter</i>	Méthode interne
	Nickel	<i>à compléter</i>	Méthode interne
	Plomb	<i>à compléter</i>	Méthode interne
	Zinc	<i>à compléter</i>	Méthode interne

Des mesures à la sonde multiparamètres seront également effectuées sur la station 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.

5.4.2 Préparation des capteurs DGT avant leur pose sur la ligne de mouillage et après leur retrait

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)

6. INTERPRÉTATION DES DONNÉES

6.1 DONNÉES DE QUALITÉ DE L'EAU MESURÉES À LA SONDE MULTIPARAMÈTRES SUR LE RÉSEAU DE STATIONS

Sur le réseau de stations, les données mesurées à la sonde multiparamètres feront l'objet d'une analyse comparée entre stations (analyse spatiale), sur la colonne d'eau.

Une analyse comparée dans le temps sera également effectuée au niveau de chaque station pour analyser la variabilité saisonnière.

6.2 ANALYSES D'EAU RÉALISÉES SUR LES PRÉLEVEMENTS D'EAU RÉALISÉS À LA BOUTEILLE NISKIN

Les résultats des analyses d'eau réalisées sur les prélèvements d'eau seront comparés aux seuils de qualité environnementale (NQE) lorsqu'ils sont disponibles :

- Les seuils NQE-MA : Pour les substances "prioritaires" et "prioritaires dangereuses" de la DCE, Norme de Qualité Environnementale en Moyenne Annuelle, applicable dans les eaux de surfaces côtières et de transition visant la protection de l'environnement et de la santé humaine.
- Les seuils CMA-MA : Pour les substances "prioritaires" et "prioritaires dangereuses" de la DCE : Concentration Maximale Admissible réglementaire, applicable dans les eaux de surface côtières et de transition visant la protection de l'environnement et de la santé humaine.

Tableau 7 : Seuils de comparaison utilisés pour les résultats sur eau⁵

	Paramètre	Type de seuil	Valeur de seuil (en µg/L)
Métaux	Aluminium (Al)		
	Cadmium (Cd)	NQE-MA	0,2 µg/L
	Chrome (Cr)		
	Cuivre (Cu)		
	Fer (Fe)		
	Indium (In)		
	Manganèse (Mn)		
	Mercure (Hg)	NQE-CMA	0,07 µg/L
	Nickel (Ni)	NQE-MA	8,6 µg/L
	Plomb (Pb)	NQE-MA	1,3 µg/L
	Silicium (Si)		
	Zinc (Zn)		
Sels	Calcium (Ca)		
	Chlore (Cl)		
	Sodium (Na)		

⁵ Annexe 8 de l'arrêté du 25/01/10 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement, modifié par arrêté du 27 juillet 2018.

	Paramètre	Type de seuil	Valeur de seuil (en µg/L)
	Fluorures		
	Sulfates		
Nutriments	Azote Total		
	Nitrites		
	Nitrates		
	Phosphates		
	Orthophosphates (PO4)		
	Amonium		
COT			
Hydrocarbures totaux	HCT C10-C40		
AOX	AOX (composés organohalogénés adsorbables sur charbon actif)		
Matières inhibitrices	Matières inhibitrices		
HAP (16)	Acénaphène		
	Acénaphthylène		
	Anthracène	NQE-MA	0,1 µg/L
	Benzo(a)anthracène		
	Benzo(a)pyrène	NQE-MA	0,00017 µg/L
	Benzo(k)fluoranthène	NQE-CMA	0,017 µg/L
	Benzo(ghi)pérylène	NQE-CMA	0,00082 µg/L
	Chrysène		
	Dibenzo(a,h)anthracène		
	Fluoranthène	NQE-MA	0,0063 µg/L
	Fluorène		
	Indeno (1,2,3,c,d) pyrène		
	Naphtalène	NQE-MA	2 µg/L
	Phénanthrène		
Pyrène			
Bactériologie	Escherichia coli		
	entérocoques intestinaux		
Bromoforme			

6.3 ANALYSES RÉALISÉES SUR LES MOULES

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 comparées avec les résultats des analyses initiales (T0) et avec les analyses intermédiaires (T0+3 mois).

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'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).
- 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*⁶);
- %_{ML} le pourcentage de matière lipidique dans la chair molle (= 1,3 pour *Mytilus edulis*³).

Tableau 8 : Seuils de comparaison utilisés pour les résultats sur chair de moule⁷

	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		
	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

⁶ Source : http://dome.ices.dk/osparmime/help_basis_conversion.html

⁷ 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
	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

6.4 ANALYSES REALISEES SUR LES CAPTEURS DGT

En cours de rédaction.