

**SINAY**

## AO4 : Parc Éolien en Mer au large de la Normandie

Qualité de l'eau et du sédiment, bruit ambiant aérien, habitats benthiques, poissons, mollusques et crustacés, paysage et patrimoine.

Sinay, Issue date: 2022.09.15

Rapport d'étude -A10400316		
Version finale	15 octobre 2022	
<b>Confidentiel Industrie</b> Copyright Sinay® 2021		
<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
Chargé de mission	Head of Project Management	Directeur des Opérations
Pascal HACQUEBART	Mathieu JACOB	Guillaume BLONDEAU



SINAY est certifié ISO 9001, ISO 14001 et ISO 45001 par Lloyd's Register Quality Assurance pour sa plateforme d'intelligence artificielle afin d'accélérer la création d'applications digitales maritimes ainsi que les supports associés pour la collecte de données en mer, l'analyse et le reporting notamment dans les domaines :

- Offshore et câbles,
- Ports et travaux maritimes,
- Pêche et halieutique,
- Energies marines renouvelables,
- Oil & Gas et shipping

## Résumé non technique

Le présent rapport présente le plan d'échantillonnage et le calendrier général prévisionnels de l'étude. Ces deux éléments sont définis par le cahier des charges imposé par le Ministère de la Transition Énergétique. Nous présentons également l'analyse bibliographique qui a permis de les définir en fonction des informations disponibles. Ce plan d'échantillonnage a été soumis à l'avis du Conseil Maritime de la Façade Manche Est – Mer du Nord (CMF MEMNor). En annexe sont également présentées des études comparables en cours de réalisation à l'échelle de la même zone d'étude ou à proximité.

Au cours des campagnes présentées dans ce document, des profils verticaux sont enregistrés au moyen d'une sonde lors des prélèvements d'eau (au moyen d'une bouteille à 3 profondeurs à chaque fois, surface, mi-profondeur et au fond) dédiés à la définition de la **qualité physico-chimique de l'eau**. De plus, des suivis hydrologiques spécifiques sont prévus avec **8 stations** qui complètent les données des profils verticaux. La fréquence des mesures proposées est **mensuelle pendant une année**. En fonction des résultats acquis la première année, des **stations de mesure permanentes** pourraient être déployées pendant la seconde année de l'étude. Une campagne unique de recherche des **kystes phytoplanctoniques** dans le sédiment est également prévue à l'échelle de ces mêmes stations.

Des prélèvements spécifiques au suivi de la **qualité physico-chimique du sédiment** sont effectués à l'échelle des **8 stations** dédiées au suivi de la qualité physico-chimique de l'eau. De plus, nous proposons de suivre **4 stations** supplémentaires, à proximité de la zone d'extraction de granulats afin de compléter la connaissance du secteur.

Trois points de suivi du **bruit ambiant aérien** sont proposés pendant **6 mois**.

Afin d'identifier les **habitats benthiques de substrat meuble** et de définir leur état initial, le suivi de **35 stations** d'échantillonnage est prévu **deux fois par an pendant deux années consécutives**. La drague Rallier du Baty sera utilisée. L'utilisation d'un engin unique garantit la qualité des résultats à l'échelle de la zone d'étude.

Il est prévu de caractériser les **habitats benthiques de substrat rocheux** nouvellement cartographiées par le SHOM<sup>1</sup> au moyen de l'utilisation d'un R.O.V.<sup>2</sup> équipé d'une caméra dès le début de l'étude au cours d'une **campagne unique** prenant en considération **5 stations** d'échantillonnage.

Dans le cadre du suivi des **peuplements de Poissons, Mollusques et Crustacés** l'utilisation du chalut canadien de 26 m de corde de dos est proposée, équipé d'une chaussette terminale de 10 mm de maille (20 mm étirée). Il est prévu de suivre **20 stations** avec une fréquence saisonnière (**4 fois par an**) **pendant 2 ans**. En plus de cette méthode le suivi **mensuel** de l'**ichtyoplancton** (œufs et larves de poissons) à l'échelle de **8 stations** (les mêmes que celles qui sont dédiées au suivi de la qualité physico-chimique de l'eau) permettra de mieux caractériser les peuplements et leur dynamique à l'échelle de la zone étudiée, en relation avec les autres compartiments étudiés.

Enfin, l'étude du **paysage et du patrimoine**, pour intégrer les bons enjeux, prendra en considération une distance de 50 km autour de la zone d'étude.

<sup>1</sup> Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. <https://www.shom.fr/>

<sup>2</sup> Remotely Operated Vehicle (véhicule sous-marin téléguidé).

## Table des matières

Table des matières .....	4
Table des tableaux.....	7
Table des figures.....	8
1. INTRODUCTION .....	12
1.1 Note à l'attention des lecteurs.....	12
1.2 Définitions .....	12
1.3 Contexte et Objectifs.....	14
1.3.1. Rappel de la procédure d'autorisation pour la construction d'un parc éolien en mer.	14
1.3.2. Description du site d'étude .....	21
1.3.3. Méthodologie .....	31
1.3.4. Mutualisation des moyens .....	32
2. Synthèse bibliographique.....	34
2.1. Introduction.....	34
2.2. Qualité de l'eau et des sédiments.....	34
2.2.1. Qualité de l'eau .....	34
2.2.2. État des connaissances relative à la qualité de l'eau .....	46
2.2.3. Qualité des sédiments.....	47
2.2.4. État des connaissances relatives à la qualité des sédiments .....	49
2.3. Bruit ambiant aérien .....	50
2.4. Habitats benthiques .....	50
2.4.1. Enjeux .....	50
2.4.2. État des connaissances du Laboratoire M2C (Caen) en Manche Est .....	53
2.4.3. Benthoclim .....	54
2.4.4. Suivi bio-sédimentaire benthique du parc éolien en mer de Fécamp .....	55
2.4.5. Thèse d'Aurélié Foveau (2009).....	55
2.4.6. Conclusion .....	56
2.5. Poissons, Mollusques et Crustacés.....	57
2.5.1. Enjeux .....	57
2.5.2. État des connaissances.....	60
2.5.3. Suivis de l'Ifremer.....	64
2.5.4. Suivi halieutique des Granulats de la Manche Orientale (2020).....	67
2.5.5. Conclusion .....	76
2.6. Paysage et patrimoine culturel .....	76
2.6.1. Périmètre de l'aire d'étude paysagère.....	76
2.6.2. Paysage.....	82



2.6.3.	Patrimoine culturel.....	94
2.6.4.	Synthèse des enjeux relatifs au paysage et patrimoine.....	103
2.7.	Synthèse des enjeux par compartiment .....	104
2.7.1.	Qualité de l’eau et des sédiments.....	104
2.7.2.	Bruit ambiant aérien .....	104
2.7.3.	Habitats benthiques .....	104
2.7.4.	Poissons, Mollusques et Crustacés.....	104
2.7.5.	Paysage et patrimoine.....	105
3.	Stratégie d’échantillonnage .....	108
3.1.	Qualité de l’eau et des sédiments.....	111
3.1.1.	Qualité de l’eau .....	111
3.1.2.	Résumé pour la qualité physico-chimique de l’eau .....	123
3.1.3.	Qualité des sédiments.....	124
3.1.4.	Résumé pour la qualité physico-chimique des sédiments .....	137
3.2.	Bruit ambiant aérien .....	138
3.2.1.	Travail Préparatoire.....	138
3.2.2.	Reconnaissance de terrain .....	139
3.2.3.	Acquisition des données acoustiques <i>in situ</i> .....	139
3.2.4.	Analyse des données acoustiques.....	142
3.2.5.	Livrables.....	142
3.2.6.	Réunions.....	143
3.2.7.	Exemple de fiche de mesure .....	143
3.2.8.	Résumé pour l’acoustique aérienne.....	145
3.3.	Habitats benthiques .....	146
3.3.1.	Présentation des enjeux et justification de la méthode la plus adaptée.....	146
3.3.2.	Résumé pour les habitats benthiques des substrats grossiers .....	159
3.3.3.	Résumé pour les habitats benthiques des substrats rocheux.....	160
3.4.	Poissons, mollusques et crustacés .....	160
3.4.1.	Présentation des enjeux et justification de la méthode la plus adaptée.....	163
3.4.2.	Description détaillée des méthodes et matériel de collecte de données.....	164
3.4.3.	Mutualisation des moyens (en cours).....	170
3.4.4.	Description des méthodes de pré-traitement, d’analyse et d’exploitation cartographique des données.....	170
3.5.	Paysage et patrimoine.....	171
3.5.1.	Méthodologie de l’étude paysagère .....	171
3.5.2.	Définition de l’aire d’étude éloignée.....	171
3.5.3.	Analyse bibliographique .....	172

3.5.4.	Analyses de terrain .....	172
3.5.5.	Analyses de perception .....	172
3.5.6.	Traitement des données et analyses.....	172
3.5.7.	Matériel utilisé .....	173
3.6.	Synthèse .....	174
3.7.	Conclusion .....	177
4.	Bibliographie.....	178
4.1.	Qualité de l’eau : .....	178
4.2.	Qualité des sédiments :.....	180
4.3.	Habitats benthiques : .....	180
4.4.	Poissons, Mollusques et Crustacés.....	181
4.5.	Bibliographie générale .....	181
4.6.	Sources de données de référence.....	182
1.	Habitats benthiques .....	182
2.	Poissons, Mollusques et Crustacés.....	182
3.	Qualité de l’Eau .....	183
4.	Qualité du Sédiment.....	183
5.	Phytoplancton .....	183
5.	Annexes .....	184
5.1.	Annexe 1 : Synthèse des connaissances du Laboratoire M2C (Caen) en Manche Est .....	184
5.1.1.	GIE-“Granulats de la Manche Orientale” : Compartiment benthique suivi par JP PEZY en 2018 et 2023.....	184
5.2.	Annexe 2 : qualité de l’eau.....	198

## Table des tableaux

Tableau 1 : mutualisation des efforts d'échantillonnage en fonction des compartiments étudiés. Le tableau sera à améliorer et préciser avec la connaissance des autres stratégies d'échantillonnage des projets en cours (AO4-RTE et A05).....	32
Tableau 2 : lieux de surveillance associés à la macrozone en mer (Source : Débat public éolien en mer 2019).....	39
Tableau 3 : classement des zones conchylicoles à l'échelle de la macrozone en mer (arrêté du 10 juillet 2018 en Seine Maritime). ....	39
Tableau 4 : classement de la qualité des eaux de baignade de Seine-Maritime 2016-2017 selon la Directive Européenne 2006/7/CE (Source ARS / Débat public éolien en mer, 2019). ....	42
Tableau 5 : bilan des Zones Fonctionnelles Halieutiques d'Intérêt connues par espèce en Manche (Regimbart et al., 2018). ....	63
Tableau 6 : description des campagnes scientifiques de l'Ifremer dans Delpech et al. (2006). ....	64
Tableau 7 : espèces dont l'occurrence moyenne est égale ou supérieure à 10 % (occurrence issue de l'étude sur l'état des communautés exploitées au large des côtes de France ; Bertrand, 2004). ....	66
Tableau 8 : caractérisation de l'estuaire et de ses abords pour l'espèce considérée (* : espèce analysée lors de la campagne scientifique). ....	67
Tableau 9 : regroupement des espèces benthodémersales communes sur la zone en fonction de leur sensibilité à l'activité du site (dragage), source : CSLN. ....	75
Tableau 10 : points de vue remarquables ou monumentaux associés aux tours-observatoires.....	98
Tableau 11 : synthèse des enjeux relatifs aux paysage et patrimoine.....	103
Tableau 12 : synthèse des enjeux par thématique (Source : Débat Public Éolien, 2019). ....	106
Tableau 13 : exemples de valeurs seuils issues du Guide relatif règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (MET & MEC) dans le cadre de la DCE (Février 2018). ....	118
Tableau 14 : liste des paramètres suivis dans les matrices « eau » et « biote ». ....	120
Tableau 15 : synthèse des LQ eaux marines. ....	121
Tableau 16 : synthèse des LQ dans le biote définis dans le cadre de la DCE. ....	122
Tableau 17 : extrait du guide d'étude d'impact éolien en mer p122 (protocole pour le suivi des sédiments). ....	124
Tableau 18 : limites de quantification des analyses du sédiment en fonction des paramètres suivis. ....	129
Tableau 19 : classification granulométrique d'après Larsonneur en pourcentage de masse de fraction fines < 63 µm. (GEODE, 2016). ....	131
Tableau 20 : définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003). ....	132
Tableau 21 : qualité indicative des sédiments en fonction de leur charge d'Escherichia coli (GEODE, 2016). ....	132
Tableau 22 : liste des paramètres suivis dans la matrice « sédiment ». ....	135
Tableau 23 : synthèse des LQ dans le sédiment définis dans le cadre de la DCE. ....	136
Tableau 24 : liste du matériel mobilisé au cours des campagnes d'échantillonnage des peuplements halieutiques. ....	168
Tableau 25 : Description des missions en mer réalisées sur le site du PER GMO entre 2007 et 2010. BH signifie Benne Hamon ....	185
Tableau 26 : Coordonnées des stations d'échantillonnage de la campagne bio sédimentaire.....	195

## Table des figures

Figure 1 : zone d'étude en mer – AO4 (1GW), la zone retenue pour l'installation du premier parc. Source : MTE.....	15
Figure 2 : zone d'étude en mer – AO8 (1,5 GW), zone proposée à la concertation du second parc tant que l'appel d'offres n'est pas paru. Source : MTE.....	15
Figure 3 : zone d'étude en mer, vue générale du projet. Source : MTE. ....	16
Figure 4 : calendrier des études environnementales vis-à-vis de la procédure de mise en concurrence pour l'AO4. ....	17
Figure 5 : calendrier des opérations par compartiment (synthèse bibliographique, qualité des sédiments, paysage, bruit aérien, qualité de l'eau, zooplancton, phytoplancton et kystes phytoplanctoniques) présenté après révision pour tenir compte des délais d'obtention des autorisations et de livraison du matériel. ....	19
Figure 6 : calendrier des opérations par compartiment (Habitats benthiques et poissons, mollusques et crustacés) présenté après révision pour tenir compte des délais d'obtention des autorisations et de livraison du matériel.....	20
Figure 7 : trafic maritime de la zone de projet de parcs (données AIS de 2019, source : Sinay).....	21
Figure 8 : bathymétrie de la zone de projet de parcs (entre -53,1 m et - 33,8 m).....	22
Figure 9 : nature des fonds marins (SHOM, 2019) à l'échelle de la zone de projet de parc.....	23
Figure 10 : dernière cartographie de la nature des fonds du SHOM (2022).....	24
Figure 11 : représentation de la zone d'étude EMR (noir hachuré) et des points de mesure de courant in situ à l'échelle de l'emprise de la carte marine 6857 (Du Cap de la Hague à Fécamp). Profileur ADCP F1251 (triangle rouge), mesure ponctuelle F1009 (triangle bleu) – Source SHOM, 2022. ....	25
Figure 12 : vitesse maximale de courant de marée en VE (95). Source : SHOM (2022). ....	27
Figure 13 : cartes des courants de marée en baie de Seine de Cherbourg à Fécamp. Source : SHOM (1996). ....	29
Figure 14 : zones Natura 2000 (Zones de Protection Spéciale, Zones Spéciales de Conservation, Sites d'Intérêt Communautaire et Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux, en lien avec les deux Directives « Oiseaux » et « Habitats, Faune, Flore »), ZNIEFF continentales et marines et autres réglementations présentes en Manche-Mer du Nord. ....	30
Figure 15 : synthèse des enjeux relatifs aux ZNIEFF marines de types 1 et 2 et aux zones Natura 2000 en Manche (Source : Débat Public Éolien, 2019). ....	31
Figure 16 : carte du bassin Seine-Normandie avec ses masses d'eau côtières et de transition. Source : <a href="https://envlit.ifremer.fr/DCE/La-DCE-par-bassin/Bassin-Seine-Normandie">https://envlit.ifremer.fr/DCE/La-DCE-par-bassin/Bassin-Seine-Normandie</a> . ....	35
Figure 17 : synthèse des enjeux relatifs à la qualité des eaux (Source : Débat public éolien en mer, 2019).....	36
Figure 18 : distribution spatio-temporelle de l'abondance des groupes phytoplanctoniques composant les 6 communautés identifiées. Source : Louchart et al., 2020. ....	37
Figure 19 : moyenne entre 1998 et 2007 de la concentration en chlorophylle a mesurée à la surface de la Manche des mois de (A) décembre et (B) mai, estimée à partir des images satellite. Images fournies par F. Gohin (Ifremer).....	38
Figure 20 : zones conchylicoles à l'échelle de la macrozone. Source : Débat public éolien en mer 2019. ....	40
Figure 21 : localisation des points de surveillance de l'Ifremer dédiés à la qualité des eaux conchylicoles en baie de Seine. ....	41
Figure 22 : synthèse des enjeux relatifs à la qualité des sédiments (Source : Débat Public Éolien, 2019). ....	47
Figure 23 : localisation des stations ROCCHSED 2013 de l'Est Cotentin (à gauche) et du Pays de Caux (à droite). Source : Ifremer / Débat Public éolien, en mer, 2019.....	49

Figure 24 : synthèse des enjeux relatifs à la qualité des sédiments (Source : Débat Public Éolien, 2019).	50
Figure 25 : carte des peuplements macrobenthiques en Manche orientale (Source : REBENT, Cabioch L., Gentil F., Glaçon R. et Retière C., 1978) Échelle 1 / 100 000 à 1 / 200 000.	51
Figure 26 : extrait de la carte des peuplements macrobenthiques en Manche orientale (Source : Cabioch et al., 1978 in SHOM, 2021).	52
Figure 27 : plan d'échantillonnage du programme Benthoclim.	54
Figure 28 : localisation des stations échantillonnées en Manche au cours des missions en mer (croix : stations de la grille régulière ; zones grisées : zones sur lesquelles la prospection a été plus intense) ; coordonnées en degrés décimaux. Source : Foveau, 2010.	55
Figure 29 : synthèse des périodes de présence des espèces piscicoles en Manche et Mer du Nord pendant leurs premiers stades de vie (œufs et larves). Source : Débat Public Éolien, 2019.	57
Figure 30 : synthèse des enjeux relatifs aux ressources halieutiques. Source : Débat Public Éolien, 2019.	58
Figure 31 : synthèse des enjeux relatifs aux ressources halieutiques. Source : Débat public Éolien, 2019.	58
Figure 33 : carte de sensibilité des ressources halieutiques en Manche. Source : données SACROIS, SIH, Ifremer 2017 dans Débat Public Éolien, 2019.	59
Figure 34 : synthèse des enjeux relatifs aux ressources halieutiques. Source : Débat Public Éolien, 2019.	60
Figure 35 : classification des peuplements halieutiques (Carpentier et al., 2009). Source CSLN.	61
Figure 36 : principales espèces de poissons et céphalopodes capturés sur la zone d'étude au chalut de fond (photos Ifremer).	62
Figure 37 : abondance d'œufs de Solea (période considérée 1991, Rochette et al., 2012 dans Regimbart et al., 2018).	64
Figure 38 : représentation du chalut GOV des campagnes CGFS.	68
Figure 39 : total des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) pondérales des espèces (kg/km <sup>2</sup> ) formant les guildes benthodémersale et pélagique lors des campagnes CGFS.	69
Figure 40 : distribution spatiale des assemblages piscicole en Manche orientale de 1988 à 2004 (Vaz et al., 2007).	70
Figure 41 : abondance pluriannuelle des campagnes CGFS et/ou IBTS des espèces structurantes de la zone d'étude (source : CHARM/sextant).	73
Figure 42 : caractérisation des espèces constantes, communes, occasionnelles et rares lors des campagnes halieutiques du PER Manche orientale.	74
Figure 43 : caractérisation des espèces constantes, communes, occasionnelles et rares pour la période 2013-2020 (campagnes CGFS).	74
Figure 44 : évolution de la richesse spécifique par année pour l'ichtyofaune et les céphalopodes (données CGFS).	75
Figure 45 : représentation du périmètre de 40 km autour de la zone de l'appel d'offres, dédié à l'étude paysagère dans sa version initiale.	78
Figure 46 : représentation du périmètre de 50 km autour de la zone de l'appel d'offres, dédié à l'étude paysagère dans sa version finale.	78
Figure 47 : carte de l'aire d'étude éloignée hors prise en compte des sites du Havre et Étretat.	80
Figure 48 : carte de l'aire d'étude éloignée, partie terrestre.	81
Figure 49 : carte des unités de paysage.	83
Figure 50 : bloc-diagramme des paysages de la côte basse, rocheuse et maraîchère du Val de Saire	84
Figure 51 : bloc-diagramme des paysages de la Baie des Veys.	85
Figure 52 : bloc-diagramme des paysages du Val de Saire intérieur et boisé.	86
Figure 53 : bloc-diagramme des paysages du bas plateau calcaire du Plain et du bocage Valognais.	87
Figure 54 : en arrière du littoral à hautes falaises verticales, le grand bocage du Bessin.	88

Figure 55 : le bocage typique du Bessin à Rubercy .....	88
Figure 56 : sites et itinéraires reconnus et fréquentés - secteur nord.....	92
Figure 57 : sites et itinéraires reconnus et fréquentés - secteur sud.....	93
Figure 58 : patrimoine culturel terrestre, protégé ou labellisé - secteur Nord. ....	95
Figure 59 : patrimoine culturel terrestre, protégé ou labellisé - secteur Sud.....	96
Figure 60 : les tours-observatoires vues depuis la Redoute de Morsalines.....	97
Figure 61 : point de vue B - depuis la Hougue (Saint-Vaast-la-Hougue) .....	98
Figure 62 : point de vue 6 - depuis la chapelle des Marins (Saint-Vaast-la-Hougue).....	98
Figure 63 : point de vue 1 - depuis la batterie de la Pernelle. ....	99
Figure 64 : niveaux de sensibilité des secteurs maritimes associés aux tours-observatoires. ....	100
Figure 65 : périmètre du Bien proposé .....	101
Figure : proposition de plan d'échantillonnage général prévisionnel relatif au suivi de la qualité de l'eau, du sédiment, des habitats benthiques, des poissons, mollusques et crustacés (chalut canadien et filet bongo) en lien avec la bathymétrie. Les stations dédiées au suivi de la qualité de l'eau au moyen de pochons de moules et de DGT sont également représentées. ....	109
Figure 67 : proposition de plan d'échantillonnage général prévisionnel relatif au suivi de la qualité de l'eau, du sédiment, des habitats benthiques, des poissons, mollusques et crustacés (chalut canadien et filet bongo) en lien avec la bathymétrie. Cette représentation intègre la proposition de suivre le substrat rocheux avec une technique d'imagerie sous-marine. Les stations dédiées au suivi de la qualité de l'eau au moyen de pochons de moules et de DGT sont également représentées. ....	110
Figure 68 : extrait du guide de l'étude d'impact des parcs éoliens en mer (2017) p. 122 (protocole pour le suivi de la qualité des eaux).....	111
Figure 69 : exemple d'analyse granulométrique réalisée par Sinay pour les ports de Normandie (Source Sinay). ....	131
Figure 70 : exemple de suivi bactériologique au port de Granville (Source Sinay, 2019).....	132
Figure 71 : exemple d'analyse des paramètres chimiques sous forme de tableau avec les seuils N1/N2 (Source CSLN, Port de Normandie). ....	133
Figure 72 : exemple de graphe permettant la comparaison des stations « sédiment » pour le Cadmium avec la médiane des stations de mesure du réseau DCE ROCCHSED. ....	134
Figure 73 : exemple pour le Zinc (Source ROCCHSED, Banque Quadrige <sup>2</sup> , bassin Seine Normandie).135	135
Figure 74 : carte de répartition des points de mesure acoustiques aériennes.....	139
Figure 75 : exemple de nuages de points dans le cadre de la définition d'un état sonore initial.....	142
Figure 76 : exemple de fiche de mesure produite par ORFEA Normandie .....	144
Figure 77 : les étapes d'une étude des habitats benthiques. ....	146
Figure 78 : exemple de fiche de résultats sédimentaires.....	155
Figure 79 : exemples d'analyses classiques menées dans le cadre d'une étude environnementale. 156	156
Figure 80 : Présentation des résultats des analyses des peuplements observés.....	156
Figure 81 : présentation des analyses multivariées pour analyser la qualité des habitats.....	158
Figure 82 : illustration des étapes successives de traitement des captures à bord pendant une campagne d'échantillonnage des peuplements halieutiques par la CSLN. ....	165
Figure 83 : illustration de la collecte du zooplancton au moyen d'un filet bongo par Sinay (Source : EDF) .....	166
Figure 84 : nouveau périmètre de l'étude Paysage et Patrimoine. (Surface terrestre de l'aire d'étude éloignée : 617 km <sup>2</sup> , linéaire côtier : 168 km de Bretteville (50) à Yport (76))......	171
Figure 85 : Localisation des zones et sous-zones du PER Manche Orientale dans le bassin oriental de la Manche.....	185
Figure 86 : Localisation des stations du suivi bio-sédimentaire et granulométrique du PER Manche orientale. ....	186

Figure 87 : Plan d'échantillonnage prévisionnel des ZNIEFF mer de type I consacrées aux habitats à O. fragilis. Nouvelle campagne en février/mars 2023, responsable scientifique : JP Pezy, chargé de recherche CNRS. ....	188
Figure 88 : Plan d'échantillonnage du programme BenthOBS. Approche écosystémique : campagne annuelle en février/mars depuis 2020, responsable scientifique : JP Pezy, chargé de recherche CNRS. ....	191
Figure 89 : Plan de positionnement des stations de prélèvement à la mini benne Hamon par M2C en 2013. ....	192
Figure 90 : Localisation des stations du suivi bio-sédimentaire du site GMH en 2021).N.B. : Le nom des stations est précédé du terme GMH pour mieux les identifier lors de lecture de cartes plus grandes, intégratrices d'autres projets, cependant, dans le cadre du rapport, les stations sont nommées sans le préfixe GMH, comme suit : Rx pour référence, lx pour intermédiaire ; A1, A2 pour la bande A ; B1, B2, pour la bande B ; C1, C2, pour la bande C ; D1, D2, pour la bande D ; E1, E2, pour la bande E ; F1, F2, pour la bande F ; G1, G2, pour la bande G. ....	193
Figure 91 : Plan de positionnement des stations de prélèvement à la benne par In Vivo en 2009. ..	194
Figure 92 : Localisation des stations du suivi bio-sédimentaire parc éolien de Courseulles sur mer en 2020. ....	195
Figure 93 : Benne Van Veen en cours d'utilisation sur le Celtic Warrior. ....	196
Figure 94 : variables enregistrées en continu : A/Salinité, B/ Température (°C), C/ Turbidité (NTU), D/ Fluorescence chlorophyllienne ou fluorimétrie in situ ( $\mu\text{g chl Eq L}^{-1}$ ). ....	198
Figure 95 : distribution spatio-temporelle de l'abondance des 8 groupes phytoplanctoniques. ....	199
Figure 96 : distribution spatio-temporelle des facteurs environnementaux (Physiques a : température de l'eau en °C ; b : salinité ; c : matières en suspension / Chimiques d : azote inorganique dissous ; e : phosphate inorganique dissous ; f : silicates dissous). ....	200
Figure 97 : diagramme chronologique de A) rayonnement solaire ; B) température de l'eau ; C) salinité ; D) débit des fleuves Seine et Orne ; E) concentration de nutriments ; F) concentration en Chlorophylle a. Les zones grises indiquent les périodes d'efflorescence de Pseudo-nitzschia spp. ....	202
Figure 98 : moyenne entre 1998 et 2007 de la concentration en chlorophylle a mesurée à la surface de la Manche des mois de (A) décembre et (B) mai, estimée à partir des images satellite. Images fournies par F. Gohin (Ifremer). ....	203



# 1. INTRODUCTION

## 1.1 Note à l'attention des lecteurs

Le présent document constitue le livrable finalisé de l'étude préliminaire. Les premières versions ont été modifiées en fonction des relectures de la DGEC et du CMF. Les préconisations de l'Ifremer ont particulièrement été prises en considération. Le document a également évolué en fonction de l'évolution des solutions techniques développées sous forme d'ateliers avec les différents participants au projet.

## 1.2 Définitions

- A.D.C.P. : courantomètre à effet doppler. Cet appareil de mesure permet la caractérisation *in-situ* des processus hydrodynamiques. <https://www.flotteoceanographique.fr/Nos-moyens/Outils-des-navires/Equipements-des-navires/Equipements-acoustiques/Courantomeres-Doppler>
- A.E.S.N. : Agence de l'Eau Seine-Normandie.
- C.G.F.S. : Channel Ground Fish Survey. <https://wwz.ifremer.fr/manchemerdunord/Unite-Halieuitique/Campagnes-a-la-mer/Campagnes-ecosystemiques/CGFS>
- COMOR : Coquilles Manche Orientale.  
<https://sih.ifremer.fr/Ecosystemes/Principales-campagnes>
- CMF MEMNor : Conseil Maritime de la Façade Manche Est – Mer du Nord.
- C.P.U.E. : Quantité capturée des espèces divisée par le temps passé à capturer.
- D.C.E. : Directive Cadre sur l'Eau.
- D.C.S.M.M. : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin.
- D.G.T. : Diffusive Gradient in Thin film (DGT) : <https://www.aquaref.fr/evaluation-contamination-eaux-comparaison-mesures-echantillonnage-passif-dgt-pocis-sbse-mesures-bi-0>.
- État initial : description de l'environnement pour réaliser une étude d'impact conformément à l'article R. 122-5 du Code de l'Environnement.
- État de référence : état avant travaux qui constitue le t0 pour les suivis lors de la construction et de l'exploitation.
- EUNIS : La typologie EUNIS (European Nature Information System) est une classification des habitats naturels, semi-naturels et anthropiques des secteurs terrestres et marins d'Europe qui a été élaborée à partir de classifications préexistantes.  
[https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd\\_typo/7](https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/7)
- G.O.V. : Grande Ouverture Verticale (chalut).
- I.B.T.S. : International bottom trawl survey  
<https://sih.ifremer.fr/Ecosystemes/Principales-campagnes>



- M.E.S. : Matières En Suspension.
- *Ophiotrix fragilis* : Ophiure à piquants. [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/28426](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/28426)
- Ophiures : Classe d'échinodermes marins voisins des étoiles de mer, mais qui s'en distinguent par 5 très longs bras souples, indépendants du disque central.
- OSPAR : La Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est, dite Convention OSPAR, a été ouverte à la signature à la réunion ministérielle des anciennes Commissions d'Oslo et de Paris, à Paris le 22 septembre 1992. La Convention est entrée en vigueur le 25 mars 1998. Les Parties contractantes sont l'Allemagne, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, la Finlande, la France, l'Irlande, l'Islande, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni de Grande Bretagne et d'Irlande du Nord, la Suède, la Suisse et l'Union européenne. <https://www.ospar.org/documents?v=46271>
- P.O.C.I.S. : Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCIS) : <https://www.aquaref.fr/evaluation-contamination-eaux-comparaison-mesures-echantillonnage-passif-dgt-pocis-sbse-mesures-bi-0>.
- P.P.E. : La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie, adoptée par décret n°2020-456 du 21 avril 2020.
- ROCCHSED : Réseau d'observation des contaminants chimiques de l'Ifremer. Anciennement R.N.O.SED. <https://campagnes.flotteoceanographique.fr/series/163/fr/>
- R.O.V. : Remotely Operated Vehicle (véhicule sous-marin téléguidé).
- S.B.S.E. : Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE).  
[https://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref\\_2013\\_D1c\\_BRGM\\_RAPPORT\\_SBSE\\_VF.pdf](https://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref_2013_D1c_BRGM_RAPPORT_SBSE_VF.pdf)
- SHOM : Service Hydrographique et Océanographique de la Marine. <https://www.shom.fr/>
- S.N.B.C. : La Stratégie Nationale Bas Carbone, adoptée par le décret n°2020-457 du 21 avril 2020.
- V.G.E. : étude Valeurs Guides Environnementales.
- Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE):  
[https://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref\\_2013\\_D1c\\_BRGM\\_RAPPORT\\_SBSE\\_VF.pdf](https://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref_2013_D1c_BRGM_RAPPORT_SBSE_VF.pdf)
- ZNIEFF mer : L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique en mer recense, sur l'ensemble du domaine marin, les espaces hébergeant des éléments remarquables du patrimoine naturel. C'est un outil de connaissance et d'aide à la décision.
- ZFHi : Un espace est considéré comme une Zone Fonctionnelle Halieutique d'intérêt à partir du moment où il est le siège d'au moins une phase du cycle de vie d'une ressource halieutique.

## 1.3 Contexte et Objectifs

### 1.3.1. Rappel de la procédure d'autorisation pour la construction d'un parc éolien en mer

Le présent marché a pour objet de définir l'état initial de l'environnement, conformément à l'article R. 122-5 du Code de l'Environnement<sup>3</sup>, de zones maritimes au large de la Normandie (lot n°1) en vue de l'implantation de parcs éoliens. Les projets d'installation d'éoliennes en mer s'inscrivent dans le cadre de la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte (2015) et la loi énergie climat (2019). En cohérence avec les engagements du pacte vert européen, ces lois fixent des objectifs de réduction de gaz à effet de serre et de diversification des sources énergétiques qui concernent l'ensemble des énergies. Pour atteindre ces objectifs, deux feuilles de route sont définies par l'État :

- La Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC), adoptée par le décret n°2020-457 du 21 avril 2020 ;
- La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE), adoptée par décret n°2020-456 du 21 avril 2020.

Afin de favoriser le développement de l'éolien en mer et atteindre les objectifs fixés dans la PPE, l'État, par le Ministère de la Transition Énergétique (MTE) a la charge d'attribuer des projets. Le MTE, qui est le maître d'ouvrage, conduit la procédure de mise en concurrence (conformément à l'article L. 311-10 du code de l'énergie) permettant l'attribution des projets de l'appel d'offres n°4 (AO4) en Normandie.

La procédure d'autorisation pour la construction d'un projet de parc éolien en mer et de son raccordement est composée de plusieurs étapes, dont les premières étapes sont à la charge de l'État depuis la loi pour un État au service d'une société de confiance (ESSOC) du 10 août 2018 incluant la **réalisation de l'état initial de l'environnement de la zone sur laquelle portera la procédure de mise en concurrence. Il permet de décrire l'environnement avant la réalisation du projet conformément à l'article R. 122-5 du Code de l'Environnement.** Pour l'AO4 (lot 1) en Normandie, la zone objet du marché mesure environ 300 km<sup>2</sup> située dans la zone de 500 km<sup>2</sup> actée dans la décision de la Ministre du 04/12/20. Cette zone est située en ZEE à plus de 32 km des côtes. Dans le cadre de cette étude, nous prenons bien en considération la totalité de la zone, soit une surface de **500 km<sup>2</sup>**. Cependant l'objectif étant de valoriser l'état initial dans l'état de référence, des stations de référence sont positionnées à l'extérieur de cette zone.

La Figure 1, la Figure 2 et la Figure 3, présentent les secteurs consacrés à l'implantation des deux futurs parcs éoliens en mer. Deux secteurs seront consacrés à deux parcs au sein de la zone d'étude avec une surface totale de 290 km<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> Article R122-5 du Code de l'Environnement : (...) II. – En application du 2° du II de l'article L. 122-3, l'étude d'impact comporte les éléments suivants, en fonction des caractéristiques spécifiques du projet et du type d'incidences sur l'environnement qu'il est susceptible de produire : (...) 3° Une description des aspects pertinents de l'état initial de l'environnement, et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport à l'état initial de l'environnement peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ; (...)

Zone retenue pour l'installation du 1<sup>er</sup> parc

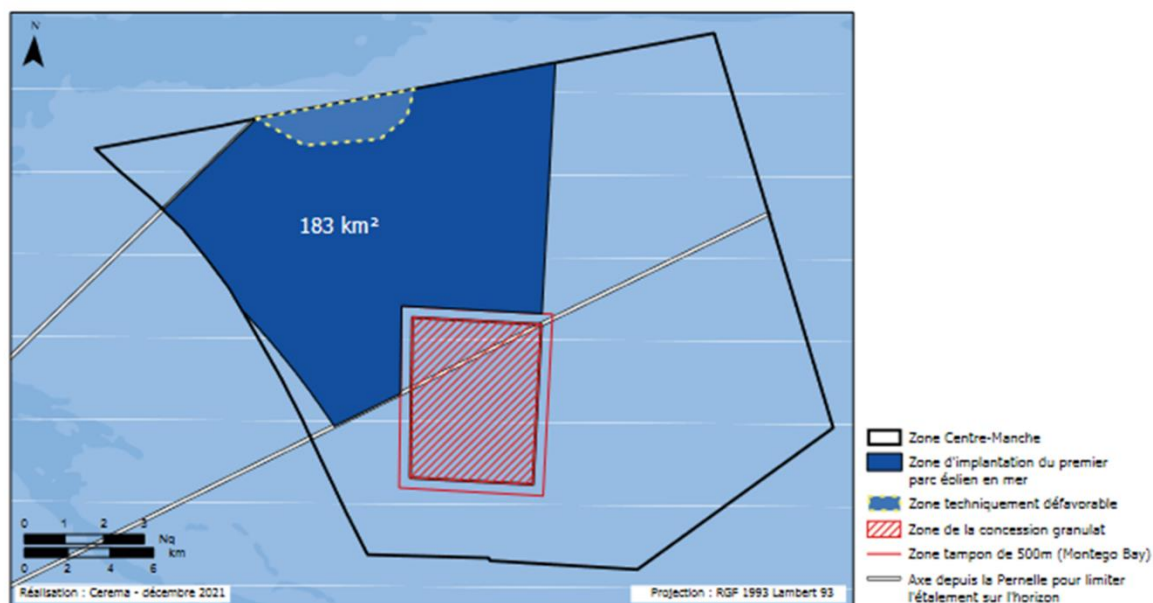


Figure 1 : zone d'étude en mer – AO4 (1GW), la zone retenue pour l'installation du premier parc. Source : MTE.

Zone proposée pour l'installation du second parc

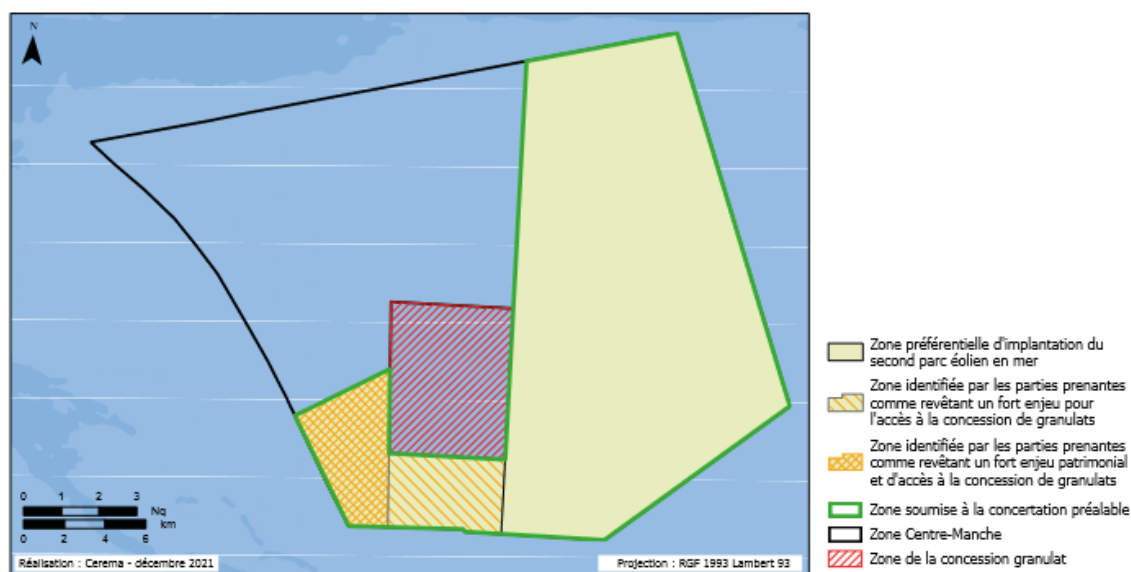


Figure 2 : zone d'étude en mer – AO8 (1,5 GW), zone proposée à la concertation du second parc tant que l'appel d'offres n'est pas paru. Source : MTE.

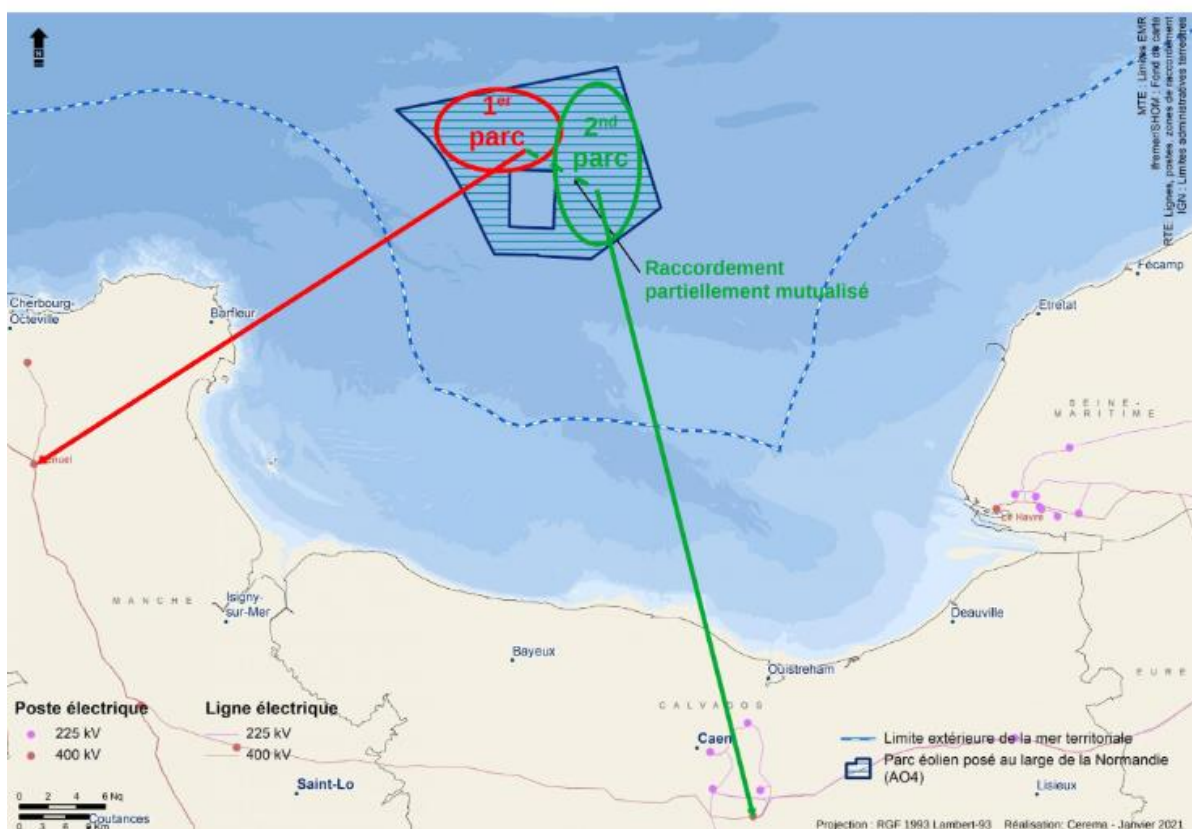


Figure 3 : zone d'étude en mer, vue générale du projet. Source : MTE.

La définition de l'état initial de l'environnement pour une partie des compartiments du milieu physique et de l'écosystème (bruit sous-marin, avifaune, mammifères marins et chiroptères) fait déjà l'objet d'un marché par appel d'offres ouvert. Publié le 24 février 2021, ce marché anticipé permet de respecter les calendriers de la P.P.E.<sup>4</sup> en communiquant à temps au lauréat de la procédure de mise en concurrence les données nécessaires à la préparation de leurs offres pour le bruit aérien, la qualité de l'eau et des sédiments, les poissons et méga-invertébrés, les habitats benthiques, le paysage et le patrimoine. Les données récoltées à l'issue du présent marché relatives aux compartiments manquants seront transmises au lauréat et sont nécessaires pour le processus d'obtention des autorisations. Le calendrier général des actions est présenté en Figure 4

4 P.P.E. : La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie, adoptée par décret n°2020-456 du 21 avril 2020.

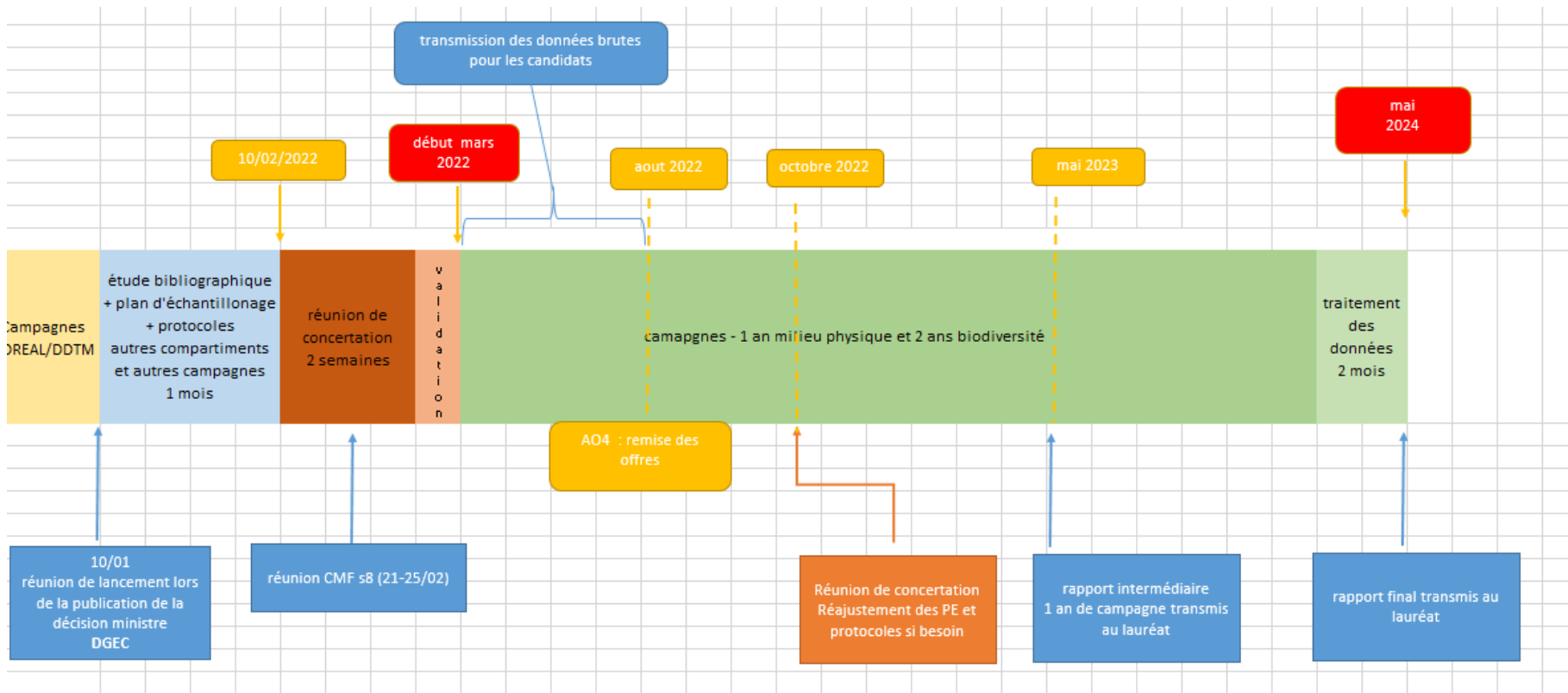


Figure 4 : calendrier des études environnementales vis-à-vis de la procédure de mise en concurrence pour l'AO4.

Les campagnes ont débuté en mai 2022. Elles dureront entre 1 et 2 ans. La Figure 5 et la Figure 6 synthétisent les informations du calendrier prévisionnel des opérations.







### Notes :

Dans le cadre de l'étude de l'acoustique aérienne, effectuer le suivi pendant deux périodes de trois mois intégrant l'été, l'automne et l'hiver permet de bénéficier de conditions variées associées notamment aux tempêtes hivernales et au tourisme estival.

L'échantillonnage des habitats benthiques a lieu deux fois par an, à la fin de l'hiver et en automne, pendant deux ans. Il est mutualisé avec celui des sédiments. Une campagne supplémentaire est menée pour intégrer les habitats associés au substrat rocheux. Les campagnes relatives au suivi des poissons, mollusques et crustacés ont lieu quatre fois par an pendant deux ans.

De façon générale, les variabilités saisonnière et interannuelles sont prises en considération à l'échelle de la zone d'étude en intégrant des témoins à l'extérieur.

Actuellement la procédure de mise en concurrence pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien en mer au large de la Normandie est en cours. Le lauréat n'est donc pas désigné. Les plans d'échantillonnage sont donc pensés sans connaître le schéma d'implantation du projet de parc. Aussi, une suppression ou le décalage d'une station des plans d'échantillonnage des campagnes *in situ* présentés ci-après est encore possible, il est nécessaire de l'anticiper afin de pouvoir bien valoriser ces campagnes dans le cadre de l'établissement de l'état initial.

### 1.3.2. Description du site d'étude

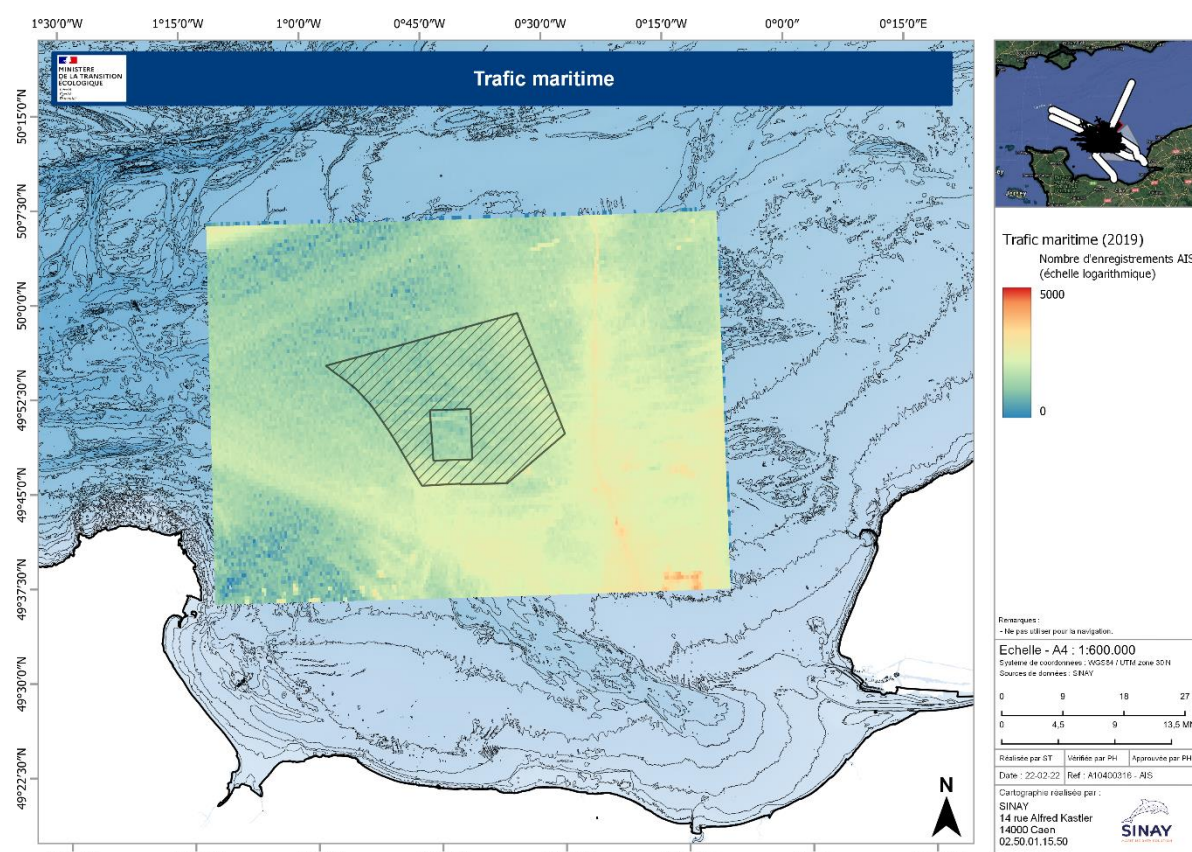


Figure 7 : trafic maritime de la zone de projet de parcs (données AIS de 2019, source : Sinay).

Le trafic maritime semble ne pas représenter un enjeu majeur à l'échelle de notre zone d'étude (Figure 7). Les navires passent majoritairement au Sud et à l'Est du secteur. Il est probable que le passage au Nord soit marqué mais nous n'avons pas pris en considération une zone de calcul assez vaste pour le mettre en évidence dans cette carte.

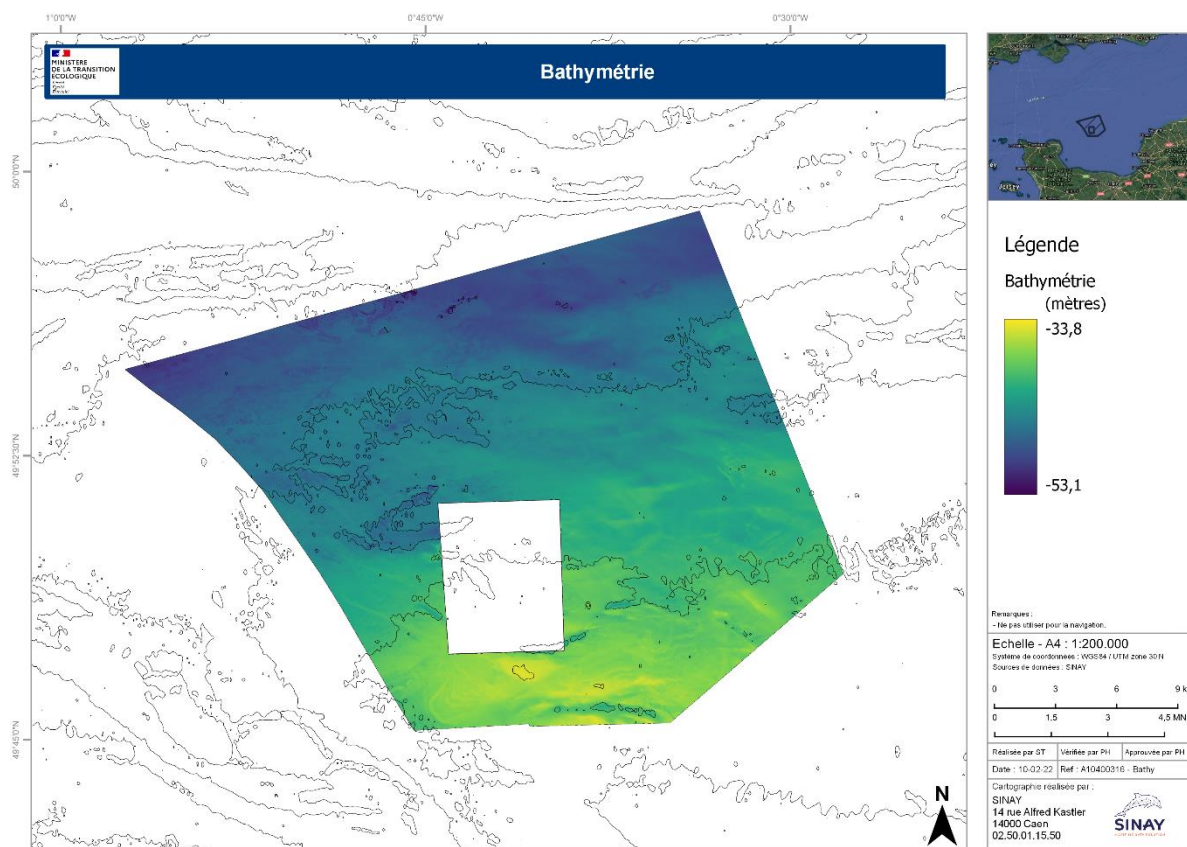


Figure 8 : bathymétrie de la zone de projet de parcs (entre -53,1 m et -33,8 m).

Nous observons un gradient de bathymétrie Nord-Sud, avec des profondeurs comprises respectivement entre -53,10 m et -33,8 m (Figure 8).

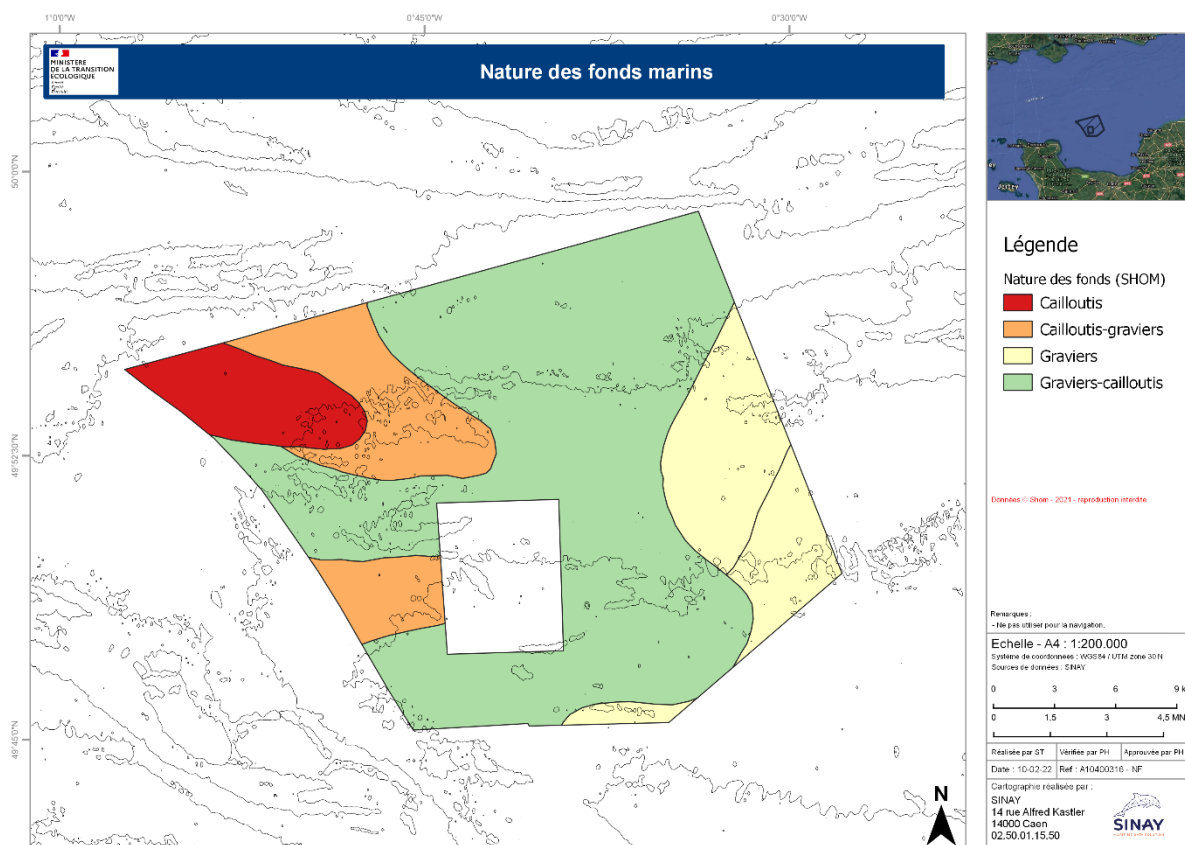


Figure 9 : nature des fonds marins (SHOM, 2019) à l'échelle de la zone de projet de parc.

Jusqu'à l'étude de 2021, quatre grands types de substrat étaient cartographiés par le SHOM (2021, Figure 9),

- les Cailloutis (sédiments contenant de 50 à 100% de particules détritiques ou biogènes supérieures à 20 mm),
- les Cailloutis-Graviers (sédiments contenant des cailloutis et de 15 à 50 % de graviers),
- les Graviers (sédiments contenant de 50 à 100% de particules comprises entre 2 et 20 mm),
- les Graviers-Cailloutis (sédiments contenant des graviers et de 15 à 50 % de cailloutis).

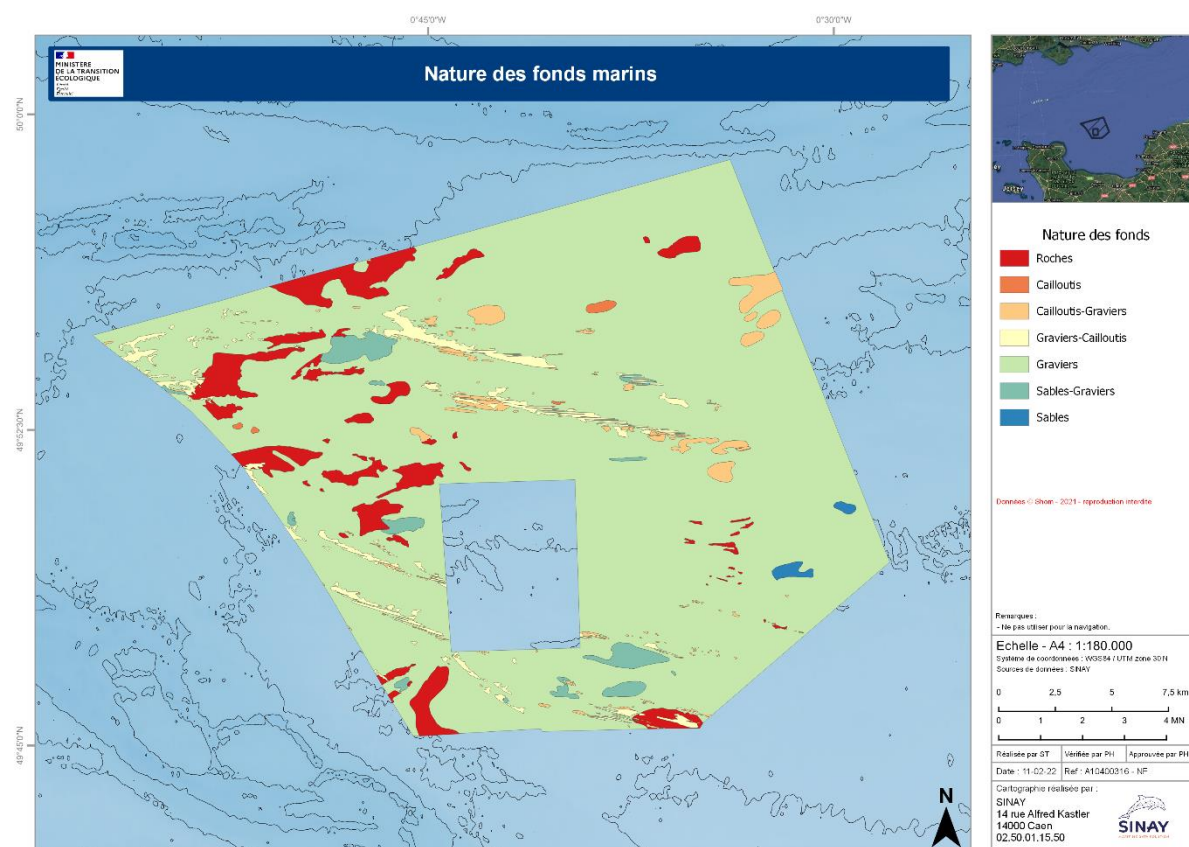


Figure 10 : dernière cartographie de la nature des fonds du SHOM (2022).

L'analyse des dernières mesures *in situ* du SHOM (Figure 10), dans la zone de la procédure de mise en concurrence pour la construction et l'exploitation d'un parc éolien en mer au large de la Normandie, met en évidence une gamme plus étendue de nature des fonds avec sept catégories :

- Roches,
- Cailloutis,
- Cailloutis-Graviers,
- Graviers-Cailloutis,
- Graviers,
- Sables grossiers,
- Sables.

L'hétérogénéité est fortement marquée avec la présence de nombreuses roches plus ou moins étendues et morcelées à l'Ouest et quelques tâches de sable à l'Ouest au sein d'une nappe de graviers dominante. La répartition de ces figures sédimentaires selon des lignes orientées Nord-Ouest / Sud-Est montre l'influence des courants dominants également.

**La proportion de substrat rocheux constitue la principale différence avec la Figure 9. Cette évolution est liée à la mise en place d'une campagne de mesures plus précises (nouvelles techniques) à une échelle adaptée.**

D'après Le Cour Grandmaison *et al.* (2022) la classification adoptée pour la carte de nature des fonds comprenait quatre types de fonds sédimentaires :

- Les cailloutis contenant plus de 50 % de particules de dimensions supérieures à 20 mm : C ;



- les graviers, contenant entre 50 et 100 % de particules dont le diamètre est compris entre 2 et 20 mm : G ;
- les sables et graviers, contenant des sables et sables fins (particules dont le diamètre mesure entre 125 et 250  $\mu\text{m}$ ) et plus de 20 % de particules dont le diamètre est compris entre 2 et 20 mm : SG ;
- les sables, contenant plus de 40 % de particules dont le diamètre est compris entre 0,5 et 2 mm;

L'analyse des surfaces couvertes par les différents faciès sédimentaires de la carte réalisée à partir des nouveaux levés donne l'ordre d'importance suivant : graviers 87 %, roches 6 %, cailloutis graviers 2 %, graviers cailloutis 2 % et sables graviers 2 %, sables.

On observe également :

- des structures sédimentaires allongées et orientées NO-SE, composées de cailloutis-graviers, qui sont des rubans sédimentaires sur lesquels se développent des mégarides ;
- des zones d'affleurements rocheux confirmées par les données sismiques ;
- la présence de dépressions circulaires n'excédant pas 30 m de diamètre et dont la profondeur est de l'ordre de 20 à 120 cm.

**Pour l'ensemble de la zone de parc, la roche affleurante couvre environ 6 % de la zone E.M.R.**

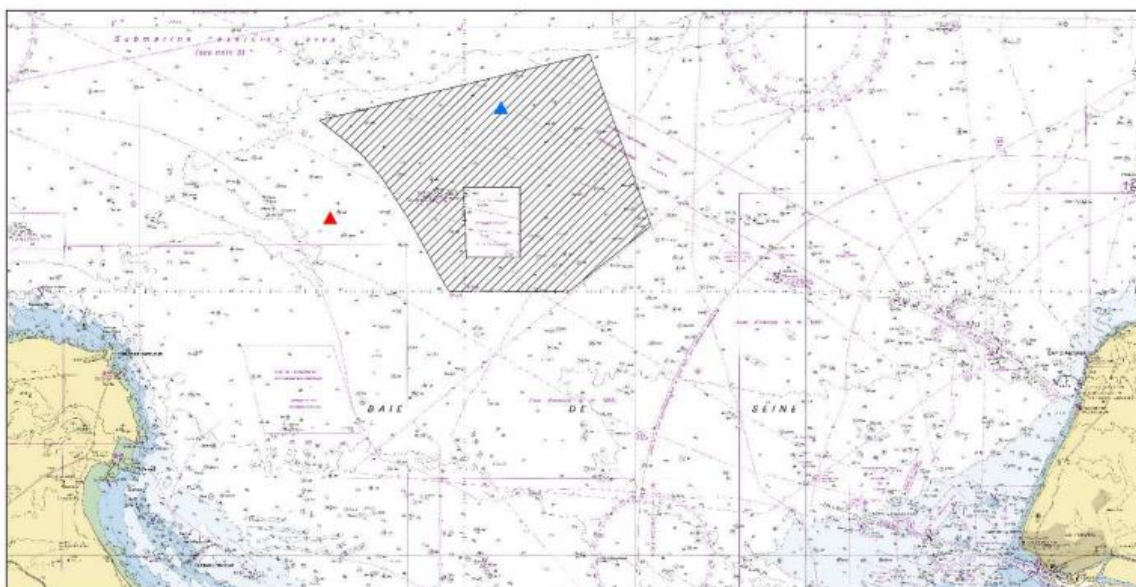


Figure 11 : représentation de la zone d'étude EMR (noir hachuré) et des points de mesure de courant *in situ* à l'échelle de l'emprise de la carte marine 6857 (Du Cap de la Hague à Fécamp). Profileur ADCP F1251 (triangle rouge), mesure ponctuelle F1009 (triangle bleu) – Source SHOM, 2022.

Le SHOM dispose d'un seul point de mesure *in situ* dans la zone d'étude (triangle bleu, polygone noir hachuré en Figure 11). De plus, un profileur ADCP<sup>5</sup> a été mouillé sur le fond à proximité de la zone d'intérêt en 2010 (triangle rouge, Figure 11). Le point de mesure situé dans la zone d'étude correspond à un mouillage ponctuel. L'instrument a été mouillé pendant 17 jours en 1977. Le SHOM ne dispose

<sup>5</sup> ADCP : courantomètre à effet doppler. Cet appareil de mesure permet la caractérisation *in-situ* des processus hydrodynamiques.

<https://wwz.ifremer.fr/lern/Nos-outils/Engins-de-prelevements-et-de-mesures/Courantometre>

pas de mesure plus récente dans la zone. Aucune mesure par profileur ADCP couvrant toute la colonne d'eau n'est par ailleurs disponible dans la zone d'étude. Le point de mesure par profileur ADCP le plus proche de la zone correspond au site F1251, situé 8 kilomètres à l'Ouest de celle-ci (triangle rouge en Figure 11). Ce profileur ADCP a été mouillé pendant une durée de 15 jours en 2010. Les mesures sont donc relativement récentes et permettent une description de la dynamique à l'échelle de toute la colonne d'eau située au-dessus de l'appareil.

#### Notes :

Les périodes effectives de mesures ne sont pas toutes les mêmes. En effet, ces données de courant sont effectuées si possible pendant des durées de 15 jours minimum (contrainte imposée pour exploiter les informations de marée nécessaires pour les ouvrages nautiques).

Les principaux résultats de cette étude sont présentés dans les paragraphes suivants :

L'analyse statistique des mesures enregistrées à l'échelle des deux sites rend compte de la variabilité des courants de marée au cours d'un cycle de marée pour les coefficients 45 et 95. À l'échelle du site F1251 le courant de marée est alternatif et présente une direction sensiblement opposée lors des courants de flot et de jusant. Le courant se propage comme une onde progressive, qui atteint son maximum au moment de la basse mer et s'achève au moment du mi-montant par l'étalement de jusant. On constate également que la vitesse maximale du jusant est légèrement inférieure à celle du flot.

À l'échelle du site F1009, le courant de flot porte vers l'Est-Sud-Est tandis que le courant de jusant porte vers le sud-ouest. Les mesures acquises sur ce point montrent une diminution des vitesses de courant par rapport au site de Barfleur (F1251), résultant du gradient décroissant Ouest-Est. La vitesse maximale du flot est aussi légèrement supérieure à celle du jusant. Même si le site F1251 se situe hors de la zone d'étude au sens strict, des prélèvements sont prévus dans ce secteur et zone témoin.

Ces analyses et statistiques demeurent toutefois insuffisantes pour caractériser le régime hydrodynamique existant dans la zone d'étude.

Les courants de marée sont maximaux aux environs du méridien de Cherbourg, accusant ensuite une décroissance très marquée vers l'Est. Leur vitesse passe en effet de plus de 4 nœuds au large de Cherbourg à moins de 1,5 nœud à la longitude de Dieppe tandis que l'amplitude de la marée augmente de 50 % entre ces deux lieux.

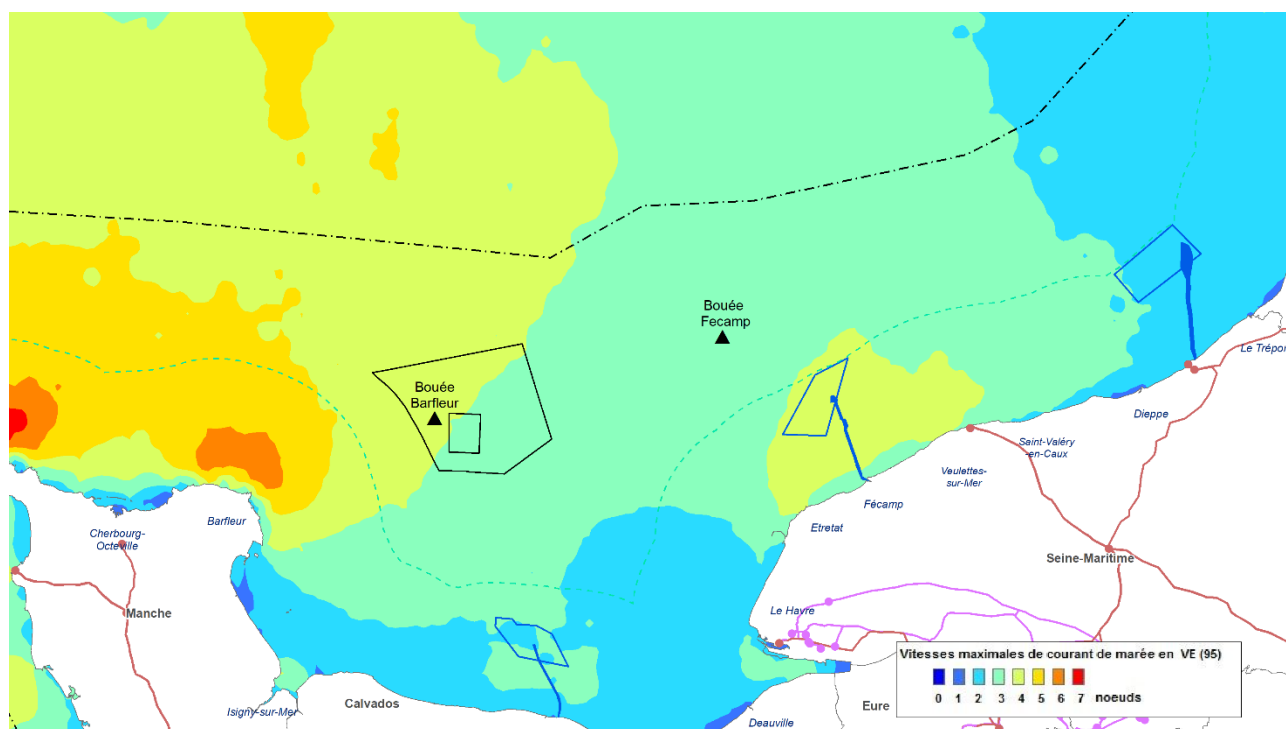


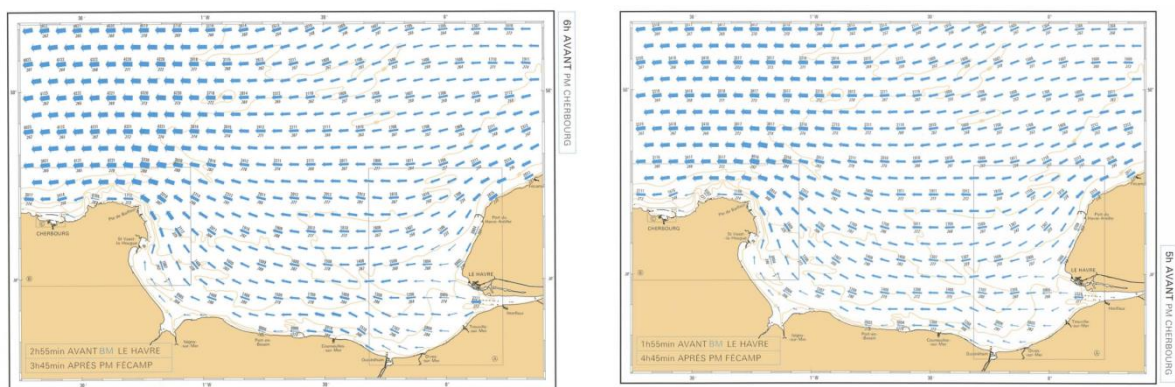
Figure 12 : vitesse maximale de courant de marée en VE (95). Source : SHOM (2022).

La Figure 12 montre que la zone d'étude est concernée par des courants dont la vitesse maximale est comprise entre 3 et 4 nœuds. Les zones autour du parc présentent les mêmes caractéristiques courantologiques.

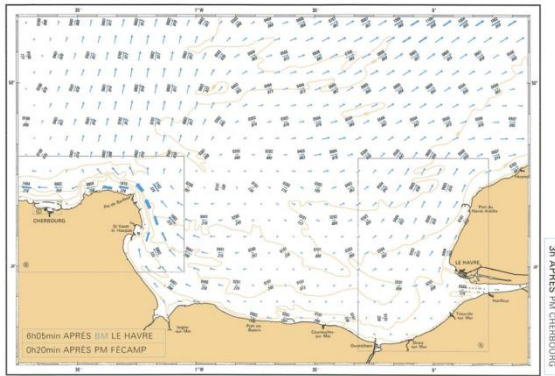
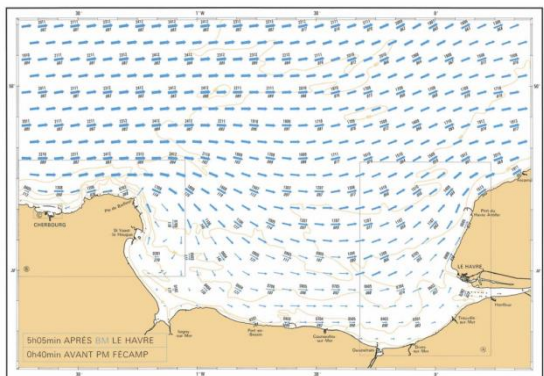
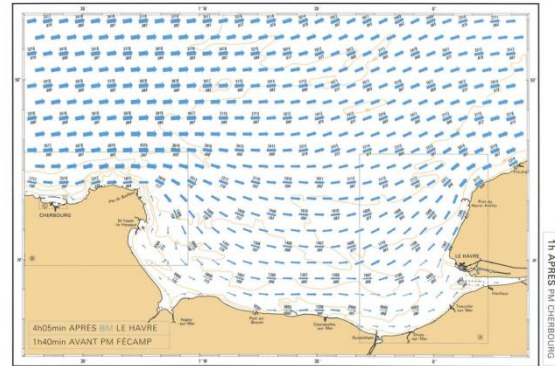
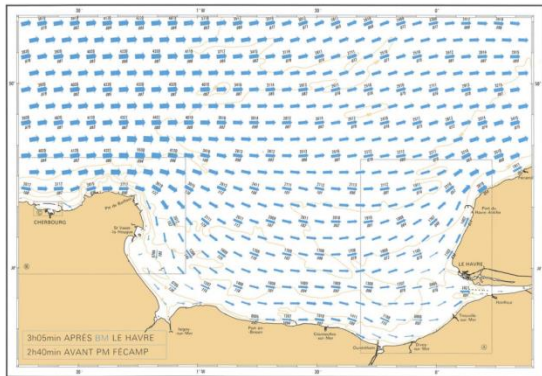
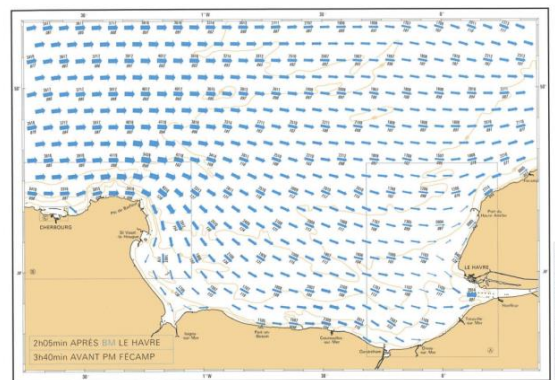
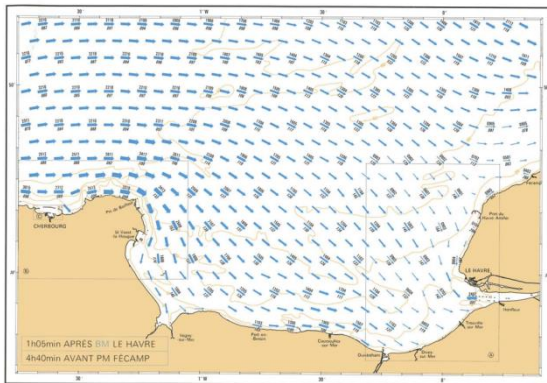
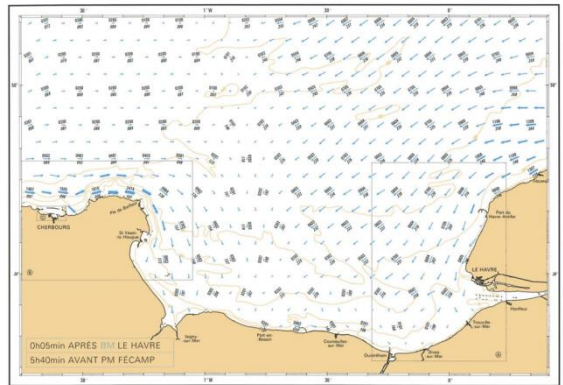
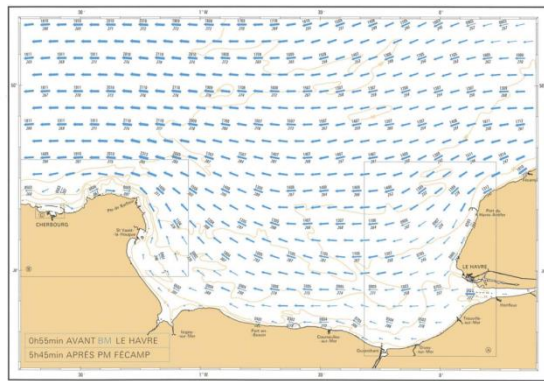
L'atlas du SHOM présente les courants de marée en Baie de Seine à l'aide de cartes à petite échelle pour la zone s'étendant de Cherbourg à Fécamp. Il ne tient compte :

- ni des courants dus aux vents,
- ni des effets très locaux au voisinage de la côte. Près des côtes, les variations du relief du fond ont une influence considérable sur la circulation des masses d'eau. Les courants rencontrés peuvent alors s'écarter sensiblement en vitesse, phase et direction de ceux présentés dans l'atlas.

La Figure 13 présente l'évolution des courants de marée (intensité et direction) en baie de Seine heure par heure avant et après la pleine-mer.









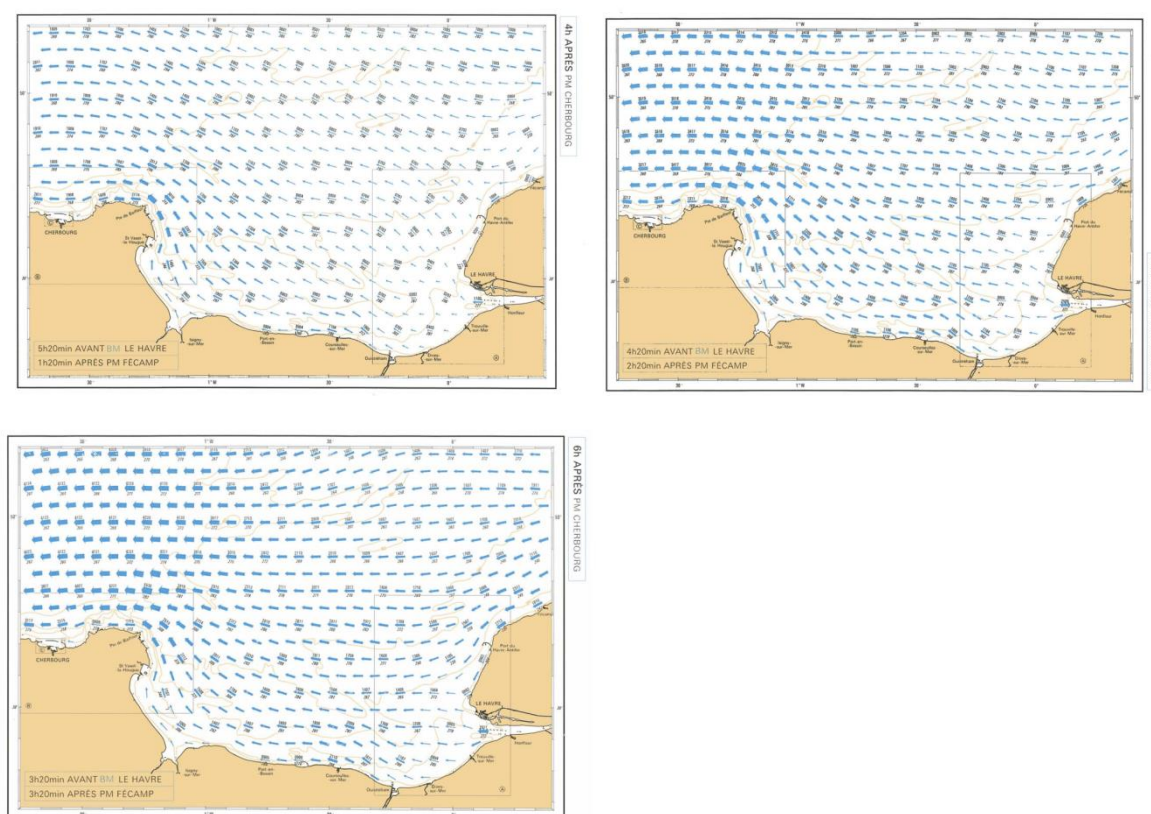


Figure 13 : cartes des courants de marée en baie de Seine de Cherbourg à Fécamp. Source : SHOM (1996).

Au Nord de la Baie de Seine, les courants de marée sont pratiquement alternatifs. La durée du flot, qui porte à l'Est, est légèrement plus courte que celle du jusant, qui porte à l'Ouest. À mi-distance des côtes anglaises, la vitesse du flot atteint 2,6 nœuds en vive-eau et diminue vers le Sud pour n'être plus que de 1,5 nœud à une dizaine de milles des côtes. La vitesse maximum du jusant est légèrement inférieure à la vitesse maximum du flot.

Plus près des côtes, flot et jusant sont voisins. Au Sud du parallèle de Barfleur, le flot pénètre en Baie de Seine à l'Ouest et en sort à l'Est, tandis que le jusant y pénètre à l'Est et en sort à l'Ouest. Les courants ont donc des composantes Nord-Sud plus importantes à l'Est et à l'Ouest de la baie.

Près de la côte, dans la partie Sud de la Baie de Seine, entre la Pointe d'Houlgate et les Roches de Grandcamp-Maisy, les courants, parallèles à la côte, sont à peu près alternatifs ; leurs deux phases présentent sensiblement la même vitesse maximum avec, par places, une légère prédominance du flot (Ouest-Sud-Ouest). En général, les vitesses ne dépassent pas 1,5 nœud entre la côte et 2 ou 3 milles au large. À 5 milles de la côte, notamment au large d'Arromanches, ils peuvent dépasser 2,0 nœuds. De Grandcamp-Maisy à la Pointe de Barfleur, les courants sont rapidement variables, surtout au Nord des Îles Saint-Marcouf. Le flot est de façon générale plus court que le jusant et un peu moins fort surtout entre Saint-Vaast et la Pointe de Barfleur, zone où les courants sont partout plus ou moins giratoires. À moins de 1 mille des Îles Saint-Marcouf, les courants sont irréguliers et peuvent localement atteindre 2,0 nœuds. À proximité de Saint-Vaast, les courants sont faibles (1,0 nœud), mais se renforcent rapidement vers le large.

Les zones de protection et d'intérêt écologique sont généralement situées plus près des côtes que notre secteur d'étude, néanmoins des ZNIEFF-mer<sup>6</sup> de type I dédiées à l'habitat associé à l'ophiure *Ophiotrix fragilis*<sup>7</sup> sont présentes à proximité du secteur concerné. Toutes ces zones feront l'objet d'investigations plus poussées en 2023 dans le cadre de la mise à jour de l'inventaire des ZNIEFF (Figure 14).

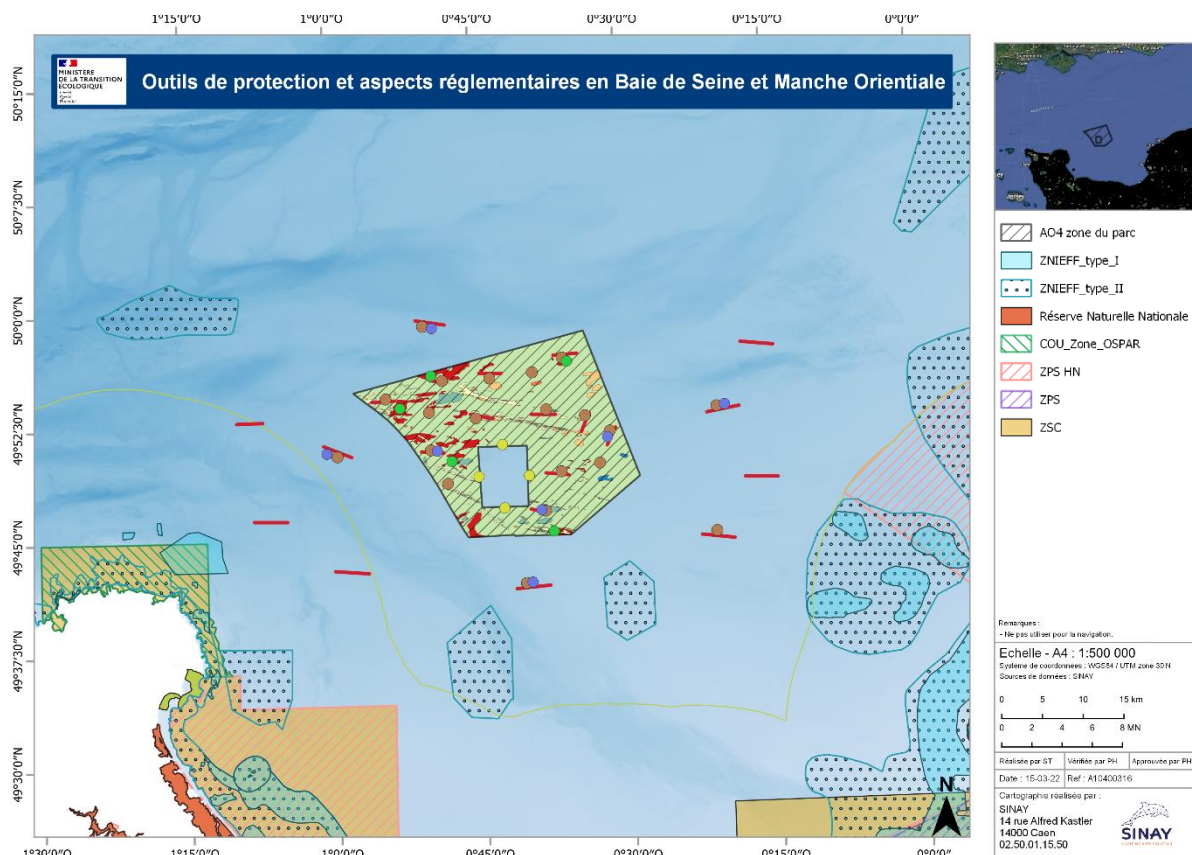


Figure 14 : zones Natura 2000<sup>8</sup> (Zones de Protection Spéciale, Zones Spéciales de Conservation, Sites d'Intérêt Communautaire et Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux, en lien avec les deux Directives « Oiseaux » et « Habitats, Faune, Flore »), ZNIEFF continentales et marines et autres réglementations présentes en Manche-Mer du Nord.

La zone d'étude, incluant les sites d'échantillonnage témoins autour, est majoritairement située au-delà de la limite des 12 milles nautiques dans laquelle sont situés tous les secteurs soumis à des protections réglementaires. Cependant, le secteur d'étude est encadré par plusieurs ZNIEFF-mer consacrées à l'habitat à *O. fragilis*<sup>9</sup>.

La Figure 15 synthétise les enjeux relatifs au patrimoine naturel identifiés à l'échelle du secteur dans le cadre du Débat Public Éolien de 2019.

<sup>6</sup><https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/znieff-mer-r444.html#:~:text=L'inventaire%20des%20ZNIEFF%20mer,d'aide%20%C3%A0%20la%20d%C3%A9cision.>

<sup>7</sup> [https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/28426](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/28426)

<sup>8</sup> <http://zones-humides.org/reglementation/espaces-naturels-proteges/natura-2000-zsc-zps-0>

<sup>9</sup> <https://inpn.mnhn.fr/zone/znieffMer/25M000007>

## Rappel des enjeux relatifs au patrimoine naturel

Le niveau d'enjeu pour les ZNIEFF de type 1 à proximité de la zone d'étude est **modéré** sans considération des enjeux associés aux espèces de chaque zone.

**SYNTHÈSE DES ENJEUX RELATIFS AUX ZONES D'INVENTAIRES**

**Synthèse** : Les ZNIEFF de type 1 constituent des secteurs restreints informant sur des enjeux fonctionnels spécifiques sans contrainte réglementaire.

**Niveau d'enjeu** : Le niveau d'enjeu est considéré comme modéré sans considération des enjeux espèces associés à chaque zonage.

**Sensibilité vis-à-vis du projet** : Les ZNIEFF de type 1 sont des zonages d'inventaires de superficie restreinte. Leur sensibilité varie en fonction de leurs composantes, elle est considérée comme faible.

*Légende :*

Enjeux/sensibilités négligeables à faibles	Enjeux/sensibilités modéré(e)s	Enjeux/sensibilités fort(e)s
--	--------------------------------	------------------------------

Le niveau d'enjeu pour les ZNIEFF de type 2 à proximité de la zone d'étude est **faible** sans considération des enjeux associés aux espèces de chaque zone.

**SYNTHÈSE DES ENJEUX RELATIFS AUX ZONES D'INVENTAIRES**

**Synthèse** : Les ZNIEFF de type 2 constituent des secteurs de surface importante informant sur des enjeux fonctionnels spécifiques sans contrainte réglementaire.

**Niveau d'enjeu** : Le niveau d'enjeu est considéré comme faible sans considération des enjeux espèces associés à chaque zonage.

**Sensibilité vis-à-vis du projet** : Les ZNIEFF de type 2 sont des zonages d'inventaires de grande superficie. Leur sensibilité varie en fonction de leurs composantes, elle est considérée comme faible.

*Légende :*

Enjeux/sensibilités négligeables à faibles	Enjeux/sensibilités modéré(e)s	Enjeux/sensibilités Fort(e)s
--	--------------------------------	------------------------------

Le niveau d'enjeu pour les zones NATURA 2000 à proximité de la zone d'étude est **moyenne** sans considération des enjeux associés aux espèces de chaque zone.

**SYNTHÈSE DES ENJEUX RELATIFS AUX SITES NATURA 2000**

**Synthèse** : Les sites Natura 2000 contribuent à la préservation de la biodiversité à l'échelle européenne. Ces sites mettent en avant la fonctionnalité de milieux pour divers groupes d'espèces variés depuis les mammifères marins, poissons jusqu'au amphibiens, insectes et chiroptères.

**Niveau d'enjeu** :

**Sensibilité vis-à-vis du projet** : Les sites Natura 2000 devront faire l'objet d'évaluation des incidences. Leur sensibilité varie en fonction de leurs composantes, elle est considérée comme moyenne.

*Légende :*

Enjeux/sensibilités négligeables à faibles	Enjeux/sensibilités modéré(e)s	Enjeux/sensibilités fort(e)s
--	--------------------------------	------------------------------

Figure 15 : synthèse des enjeux relatifs aux ZNIEFF marines de types 1 et 2 et aux zones Natura 2000 en Manche (Source : Débat Public Éolien, 2019).

### 1.3.3. Méthodologie

Le présent rapport présente dans une première partie le bilan des connaissances disponibles par compartiment étudié et une proposition de protocole d'échantillonnage pour les compléter dans une deuxième partie.

Nous avons compilé les données disponibles au moyen de nos bases de données et de notre Système d'Informations Géographiques (S.I.G.) au sein de la plateforme de Sinay. Nous avons également travaillé avec nos partenaires sous forme d'ateliers de co-construction afin d'optimiser le temps de travail de tous les participants.

Le temps de travail avec SETEC-In Vivo (AO5) et TBM (AO4 RTE) reste réduit malgré la bonne volonté de tous les participants. L'intérêt de ce travail est de permettre d'harmoniser les démarches d'études entreprises par les différents lauréats. En procédant de la sorte Sinay ambitionne d'une part de faciliter

l'interprétation des résultats de la présente étude et, d'autre part, de permettre aux gestionnaires et aux aménageurs de disposer d'une lecture des enjeux et impacts à une échelle multisite à long terme.

### 1.3.4. Mutualisation des moyens

Tableau 1 : mutualisation des efforts d'échantillonnage en fonction des compartiments étudiés. Le tableau sera à améliorer et préciser avec la connaissance des autres stratégies d'échantillonnage des projets en cours (AO4-RTE et A05).

COMPARTIMENTS	QUALITE DE L'EAU	QUALITE DU SEDIMENT	HABITATS BENTHIQUES	POISSONS, MOLLUSQUES ET CRUSTACES
QUALITE DE L'EAU		Mêmes stations	Mesures de qualité de l'eau pour toutes les stations "Habitats benthiques"	Mesures de qualité de l'eau pour toutes les stations "Poissons, Mollusques et Crustacés"
QUALITE DU SEDIMENT	Stations communes		Campagnes mutualisées	Stations communes
HABITATS BENTHIQUES	PARTIELLE	Mesures de qualité du sédiment pour toutes les stations "Habitats benthiques"		Stations communes
POISSONS, MOLLUSQUES ET CRUSTACES	Mesures de qualité de l'eau pour toutes les stations "Poissons, Mollusques et Crustacés"	Stations communes	Stations communes	



- Même si le nombre de stations d'échantillonnage varie en fonction des compartiments considérés, nous avons choisi de disposer de stations de référence avec tous les compartiments pris en considération dans la zone EMR et en dehors. Le plan d'échantillonnage présenté en début de la partie « stratégie d'échantillonnage de ce rapport » présente l'état actuel du choix de leur répartition.
- Il est également nécessaire que des stations de référence soient communes à l'étude de RTE pour gagner en efficacité. Ainsi celles que nous avons placées à l'Est et à l'Ouest pourraient être déplacées ailleurs pour gagner en efficacité si elles existent déjà pour l'autre étude en cours. Il est aussi possible de modifier la position des stations de l'autre étude et de conserver les nôtres. Aucune décision n'a encore été prise à ce sujet.
- Après un an de suivi mensuel des points répartis dans la zone d'étude, d'éventuelles stations permanentes de suivi de la qualité de l'eau pourraient être positionnées si d'importantes variations étaient constatées pour une même station au cours du temps. Ainsi, elles permettraient notamment de compléter les connaissances sur la qualité de l'eau en lien avec les courants de marées et les événements extrêmes.
- Nous avons tenu compte des stratégies d'échantillonnage appliquées à l'échelle des autres parcs éoliens en mer (ceux de Courseulles et Fécamp principalement) et des préconisations des comités associés pour choisir les méthodes et le positionnement. Il reste nécessaire de pouvoir encore harmoniser les protocoles techniques avec celles de l'AO5 et de l'étude de RTE (AO4). Ce travail d'harmonisation a été proposé en parallèle de la mise à disposition des documents auprès du groupe de travail spécifique à notre projet le 11 mars 2022. Actuellement, les démarches sont encore indépendantes.
- Notre objectif est également de fournir des résultats adaptés à une lecture transversale des études d'impacts des parcs éoliens en mer français et particulièrement à l'échelle de la Manche et de la Mer du Nord. Nous souhaitons donc préciser les connaissances de l'environnement marin à l'échelle de la zone de projet. Dans ce but, nous devons comparer nos résultats à ceux produits à l'échelle des autres parcs éoliens en mer, des zones d'extraction de granulats et des campagnes d'études scientifiques à l'échelle de la Manche. Une séance de travail commune avec les différentes parties prenantes (bureaux d'études, DREAL-Normandie, MTE, OFB, CEREMA, EDF, RTE, GIE GMO, Ifremer, CREOCEAN) utilisant un SIG commun sera particulièrement adapté à cet objectif.
- Nous avons cherché à proposer une approche consacrée au suivi des peuplements et habitats intégrant les relations entre compartiments plutôt que des approches spécifiques par compartiment indépendantes les unes des autres.

## 2. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### 2.1. Introduction

Cette démarche de synthèse des connaissances permet de mieux définir l'état des connaissances du site étudié afin de préciser les lacunes et les besoins d'acquisition de nouvelles informations. Elle permet donc de préciser le plan d'échantillonnage en tenant compte également des actions menées dans les études parallèles (AO4-RTE et AO5) lorsque l'information est disponible. Notre objectif final est de contribuer à l'étude d'impact du projet.

Nous nous intéressons d'une part aux connaissances historiques disponibles et d'autre part aux techniques déployées pour les acquérir afin de les reproduire dans la mesure du possible et permettre les comparaisons de nos résultats avec ceux des études antérieures.

### 2.2. Qualité de l'eau et des sédiments

#### 2.2.1. Qualité de l'eau

##### 2.2.1.1. Enjeux

Deux Directives Européennes, Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), encadrent et définissent les objectifs de bon état des milieux pour l'ensemble des états membres.

« La Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE), établit un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau et la gestion des écosystèmes. L'objectif de la DCE est d'atteindre un bon état écologique et chimique des eaux souterraines, des eaux douces de surface et des eaux côtières et de transition (estuariennes) en 2015 et 2021 » (Source CCTP).

Le littoral de chaque bassin hydrographique est découpé en masses d'eau côtières et de transition qui sont des unités géographiques et hydrologiques naturelles cohérentes définies sur la base de critères physiques exerçant une influence avérée sur la biologie (critères hydrodynamiques et critères sédimentologiques) Source AESN<sup>10</sup>.

**Le bassin Seine Normandie** s'étend de la baie du Mont Saint-Michel au Pays de Caux et comporte 19 masses d'eau côtières et 8 masses d'eau de transition, unités géographiques cohérentes, définies par référence à la typologie des masses d'eau (Figure 16). **Le littoral du secteur 5** correspond aux masses d'eau côtières suivante (cf. figure page suivante) :

- FRHC07 « Cap Levi Gatteville »,
- FRHC08 « Barfleur ».

<sup>10</sup> Agence de l'Eau Seine Normandie



Figure 16 : carte du bassin Seine-Normandie avec ses masses d'eau côtières et de transition. Source : <https://envlit.ifremer.fr/DCE/La-DCE-par-bassin/Bassin-Seine-Normandie>.

Les masses d'eau côtières suivantes, bien que non-situées dans le secteur 5, pourraient également être concernées par le projet en cas de raccordement terrestre au poste de Manuel :

- FRHC09 « Anse de St Vaast la Hougue »,
- FRHC10 « Baie de Veys ».

La bibliographie scientifique en vigueur et celle fournie par la DREAL (*Projets éoliens en mer au large la Normandie, 2017,9 Ministère de la transition écologique, RTE*) indiquent que la qualité des eaux marines représente un enjeu « modéré » avec un niveau de sensibilité « fort » vis-à-vis du projet en phase de chantier.

L'Ifremer, via ses réseaux d'observation de la contamination chimique (ROCCH et le RINBIO en Méditerranée), assure une surveillance permettant d'évaluer la qualité de l'eau dans un objectif sanitaire et/ou environnemental. Ce sont ces données qui sont utilisées dans le cadre de la DCE / DCSMM pour évaluer l'état des masses d'eau. Les points de prélèvement concernés sont localisés près de la côte, loin de notre zone d'étude. En particulier, les suivis réalisés dans le cadre du ROCCH MV (mollusques) permettent de fournir des données utilisées pour le suivi sanitaire des zones de production conchylicole et / ou environnemental (dans le cadre des évaluations état masses d'eau DCE, évaluation DCSMM).

## Rappel des enjeux relatifs à la qualité des eaux

### SYNTHÈSE DES ENJEUX RELATIFS A LA QUALITE DES EAUX

#### Synthèse Secteur 5

La qualité des masses d'eau côtières du secteur 5 possèdent un état global « bon » à « moyen » (état des lieux, 2013). Les eaux conchylicoles du Nord et de l'Ouest du Cotentin sont non classées pour gastéropodes, les échinodermes et les tuniciers et autorisées à la consommation humaine directe pour l'ensemble des bivalves. En 2017 les eaux de baignades présentent une qualité « bonne » ou « excellente ».

#### Niveau d'enjeu Sensibilité vis-à-vis du projet

Sensibilité du milieu au risque de pollution accidentelle forte en phase chantier

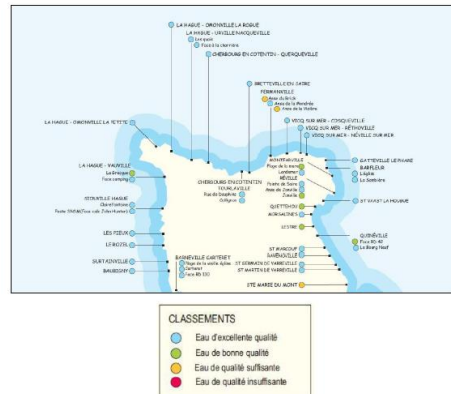


Figure 17 : synthèse des enjeux relatifs à la qualité des eaux (Source : Débat public éolien en mer, 2019).

En effet, en phase de chantier, la réalisation des forages pour fixer dans les fondations des éoliennes, est susceptible modifier la clarté de l'eau par augmentation des Matières En Suspension (MES) et de la turbidité associée. Les panaches turbides générés sont susceptibles de se disperser plus ou moins rapidement en fonction des courants (de marée et liés au vent) ou des tempêtes. Les habitats benthiques et les sites conchylicoles sont particulièrement sensibles à une modification de la teneur en matières en suspension du milieu.

La DCSMM « fixe les principes qui doivent être suivis par les États membres de l'Union Européenne afin d'atteindre un bon état écologique des eaux marines d'ici 2020 ». Une évaluation initiale des eaux marines a été réalisée sur la base d'un ensemble de paramètres (salinité, température, turbidité, chimie de l'eau, nitrate, chlorophylle...).

De plus, dans la zone d'étude se trouvent de nombreuses zones conchylicoles (Saint Vaast La Hougue par exemple) nécessitant une qualité d'eau dite « bonne ».

#### 2.2.1.2. Connaissances en Manche.

Nous présentons en annexe une synthèse des connaissances disponibles produite au moyen de nos ateliers de travail avec le CREC de l'Université de Caen à Luc-sur-mer.

D'après Louchart et al. (2020), l'étude de la distribution spatiale du phytoplancton en Manche occidentale et centrale a révélé **six communautés phytoplanctoniques**. Elles sont réparties selon un gradient longitudinal à l'échelle de la Manche, avec des valeurs maximales observées près d'Ouessant, mais aussi selon un gradient latitudinal en Manche centrale, sous l'influence de la Baie de Seine (Figure 18). Les paramètres environnementaux (température, salinité, turbidité) exercent une faible influence dans la formation de ces communautés. À l'inverse, les descripteurs spatiaux (processus physiques et biologiques, telles les structures hydrologiques : tourbillons, courants de marée) sont les facteurs principaux de la répartition spatiale du phytoplancton.



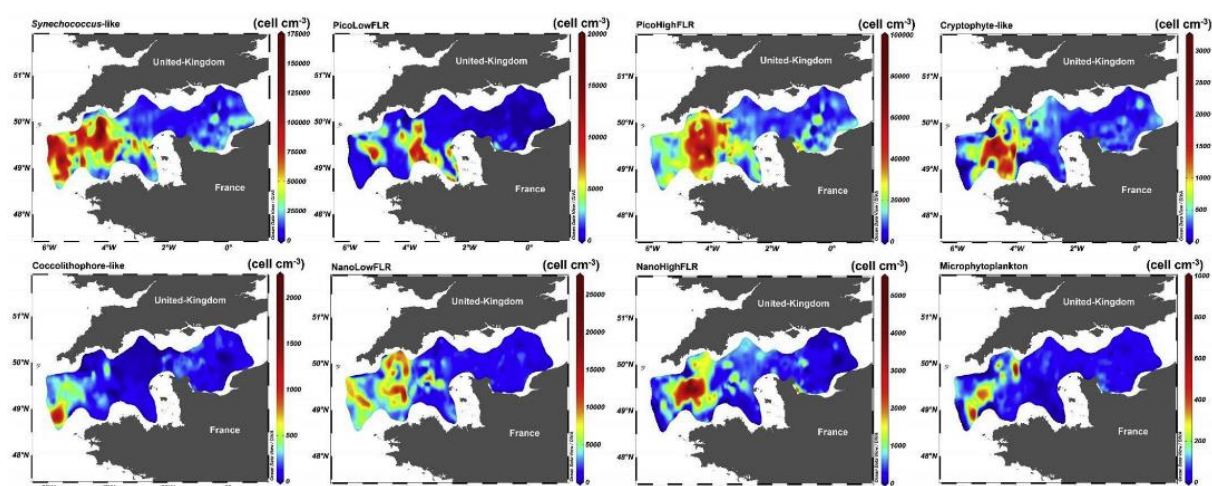


Figure 18 : distribution spatio-temporelle de l'abondance des groupes phytoplanctoniques composant les 6 communautés identifiées. Source : Louchart *et al.*, 2020.

De plus, Napoléon *et al.* (2012), ont mis en évidence à l'échelle de la partie centrale de la Manche (entre Courseulles et Portsmouth) le fonctionnement de **4 écosystèmes différents** :

- La zone côtière française (soumise à d'importants apports d'eau douce),
- Le nord de la Baie de Seine (influencé par les apports de nutriments de la Seine et du large),
- Le centre de la Manche (apport de nutriments du large)
- La zone côtière anglaise (qui présente de faibles concentrations en nutriments malgré la proximité de la côte).

La zone côtière française et le nord de la Baie de Seine présentent une **biomasse maximale de phytoplancton de mi-janvier à juin**. Cependant, à l'échelle de la côte anglaise, le pic de biomasse phytoplanctonique se produit de la mi-novembre à mars. Sur les côtes britanniques, le contrôle de la photosynthèse est effectué par les nutriments.

Napoléon *et al.* (2014) ont également montré, à la même échelle l'importance de prendre en compte le groupe fonctionnel dominant, plutôt que le degré de diversité, pour expliquer le niveau de productivité. Les efflorescences sont associées à l'activité d'un petit nombre d'espèces plutôt qu'à une communauté diversifiée.

De plus, Thorel *et al.* (2017) ont étudié la dynamique des populations de différentes espèces de *Pseudo-nitzschia* ainsi que les concentrations d'acide domoïque particulaire (pDA) en baie de Seine (Manche, Normandie) et mis en évidence le rôle clé de la diversité des *Pseudo-nitzschia* et la toxicité cellulaire dans le contrôle des variations d'acide domoïque particulaire et met en évidence le fait que **la diversité et la toxicité sont influencées par les nutriments, en particulier les ratios de nutriments**.

Napoléon & Claquin (2012) ont également montré l'importance de prendre en compte des paramètres physico-chimiques tels que la lumière incidente et les concentrations de nutriments pour appréhender correctement la production primaire à l'échelle du secteur concerné.

Serre-Fredj *et al.* (2021) ont étudié une efflorescence dominée par le dinoflagellé *Lepidodinium chlorophorum* pour mettre en évidence que **les apports de nutriments contrôlent la croissance du phytoplancton, la structure de la communauté, les régulations physiologiques, le devenir du bloom et ses conséquences**.

Napoléon (2012), a étudié la concentration en chlorophylle en Manche. La Figure 19 présente la moyenne entre 1998 et 2007 de la concentration en chlorophylle *a* estimée en Manche à partir des images satellite, pour les mois de décembre et mai.

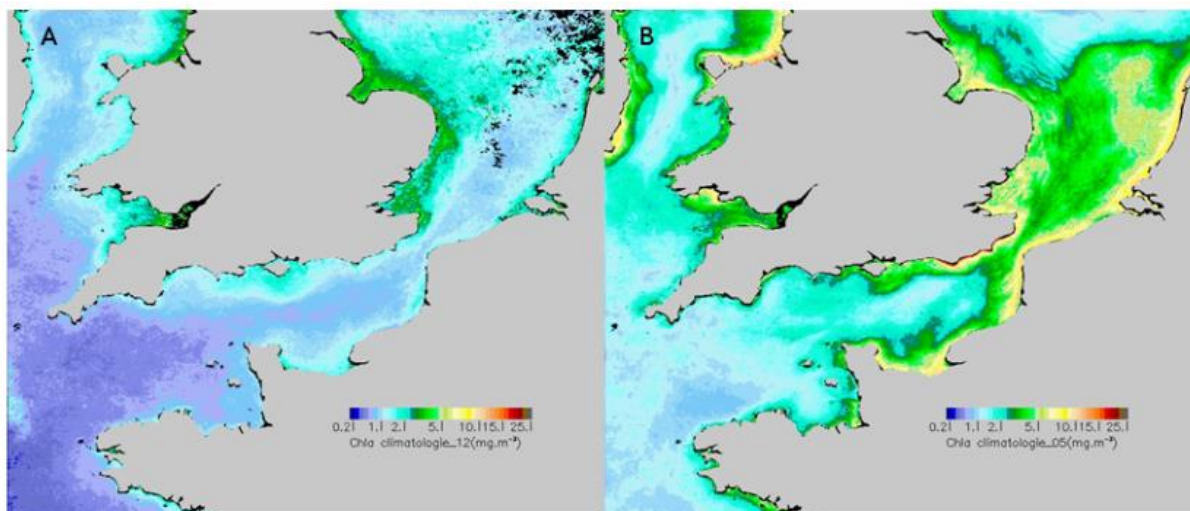


Figure 19 : moyenne entre 1998 et 2007 de la concentration en chlorophylle *a* mesurée à la surface de la Manche des mois de (A) décembre et (B) mai, estimée à partir des images satellite. Images fournies par F. Gohin (Ifremer).

**Les données de production primaire disponibles sont rares.** En Manche, elles concernent essentiellement des zones d'intérêt économique, comme les zones conchylicoles, et par conséquent des zones très côtières. Le manque de données s'explique également par des contraintes méthodologiques.

**La dynamique de la production primaire est largement contrôlée par la ressource.** Ce contrôle peut s'exercer de manière directe par la lumière ou la disponibilité en sels nutritifs ou de façon indirecte, à travers l'impact des communautés phytoplanctoniques ou de la turbulence sur les caractéristiques physico-chimiques du milieu.

En Manche, les **dinoflagellés** sont plus régulièrement observés en **zone centrale, pauvre en sels nutritifs**. La description de la communauté phytoplanctonique dans le centre de la Manche est cependant contrainte par le manque de données disponibles. Celles-ci concernent généralement des campagnes ponctuelles, ne permettant pas de décrire la dynamique saisonnière du phytoplancton, contrairement aux zones côtières où des réseaux de surveillance et d'observation sont mis en place.

**La dynamique des communautés phytoplanctoniques en Manche suit un cycle saisonnier typique des zones tempérées côtières.** Ce cycle se caractérise par un bloom de diatomées au printemps, période durant laquelle le milieu est riche en sels nutritifs et l'intensité lumineuse augmente. *Phaeocystis globosa* (haptophyte), espèce formant des colonies mucilagineuses, se développe généralement après le bloom de diatomées, notamment en Manche orientale. En été, lorsque les sels nutritifs sont limitants et que la couche d'eau est stratifiée, les diatomées diminuent au profit des dinoflagellés. Enfin, un second bloom de diatomées a lieu à l'automne, celles-ci profitant des apports de sels nutritifs engendrés par les pluies automnales.

#### 2.2.1.3. Qualité des eaux conchylicoles

Pour gérer les données de la surveillance de l'environnement marin et du littoral, l'Ifremer a développé plusieurs réseaux de surveillance de la qualité des eaux, notamment :

- Le réseau de contrôle microbiologique (REMI) : dénombrement de bactéries *Escherichia coli* à l'intérieur des mollusques bivalves filtreurs non fousseurs,

- Le réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY) : recherches de toxines issues du phytoplancton,
- Le Réseau d’Observation de la Contamination Chimique (ROCCH) : contaminants en métaux lourds.

La macro-zone en mer est concernée par les points de surveillance suivants (Tableau 2) :

Tableau 2 : lieux de surveillance associés à la macrozone en mer (Source : Débat public éolien en mer 2019).

Code Station	Nom	REMI	REPHY	ROCCH
<b>Secteur 5</b>				
<b>003 Zone de dragage autorisée pour les coquilles St Jacques</b>				
003-P-031	Dieppe Large		x	x
003-P-016	Intersect Ouistreham - Antifer		x	
<b>015 Ravenoville St Vaast Barfleur</b>				
015-P-024	Barfleur gisement	x	x	
<b>Secteur 3</b>				
<b>010 Baie de Seine et Orne</b>				
010-P-014	Antifer digue			x
010-P-002	Antifer ponton pêche		x	
010-P-001	Antifer ponton pétrolier		x	
010-P-041	Chenal Antifer			x
010-P-042	Intersect Cabourg Antifer			x
<b>009 Pays de Caux Sud</b>				
009-P-002	Veules les roses	x	x	x
009-P012	Fécamp		x	
009-P-016	Saint Valéry en Caux		x	
009-P-056	Veulettes - Les Petites Dalles			x
009-P-082	Nord Saint Aubin-sur-Mer			x
009-P081	Ouest Saint Valéry en Caux			x
009-P-080	Nord-Est Fécamp			x
<b>008 Pays de Caux Nord</b>				
008-P-041	Penly-Biville		x	
008-P-012	Dieppe 1 mille		x	
008-P-013	Varengeville			x

Les zones conchylicoles présentes au niveau de la zone d’étude sont recensées dans le Tableau 3:

Tableau 3 : classement des zones conchylicoles à l’échelle de la macrozone en mer (arrêté du 10 juillet 2018 en Seine Maritime).

Nom	Classement			
	Code	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
<b>Secteur 3</b>				
Antifer	N°76.M2	NC	NC	NC
Étretat - Le Tréport	N°76.M1	NC	NC	A Provisoire
Le Tréport	N°76.M3	NC	A Provisoire	NC
Veules les Roses	N°76.T2	NC	NC	B
<b>Secteur 5 :</b>				
Ouest et Nord Cotentin	N°50.21	NC	A	A

Les eaux conchylicoles sont majoritairement non classées quel que soit le groupe de coquillages concerné, à quelques exceptions près :

- Au sein des zones « Le Tréport » et « Étretat- Le Tréport », les groupes 2 et 3 sont respectivement autorisés à la consommation humaine directe.
- Au sein de la zone Veules-Les-Roses le groupe 3 est autorisé à la consommation après traitement ou reparcage. Sur le littoral du secteur 5, les eaux conchylicoles sont non classées pour le groupe de coquillages 1 et autorisées à la consommation humaine directe pour les groupes 2 et 3.

- Les eaux de l’Ouest et du Nord Cotentin sont de classe A pour les groupes 2 et 3.

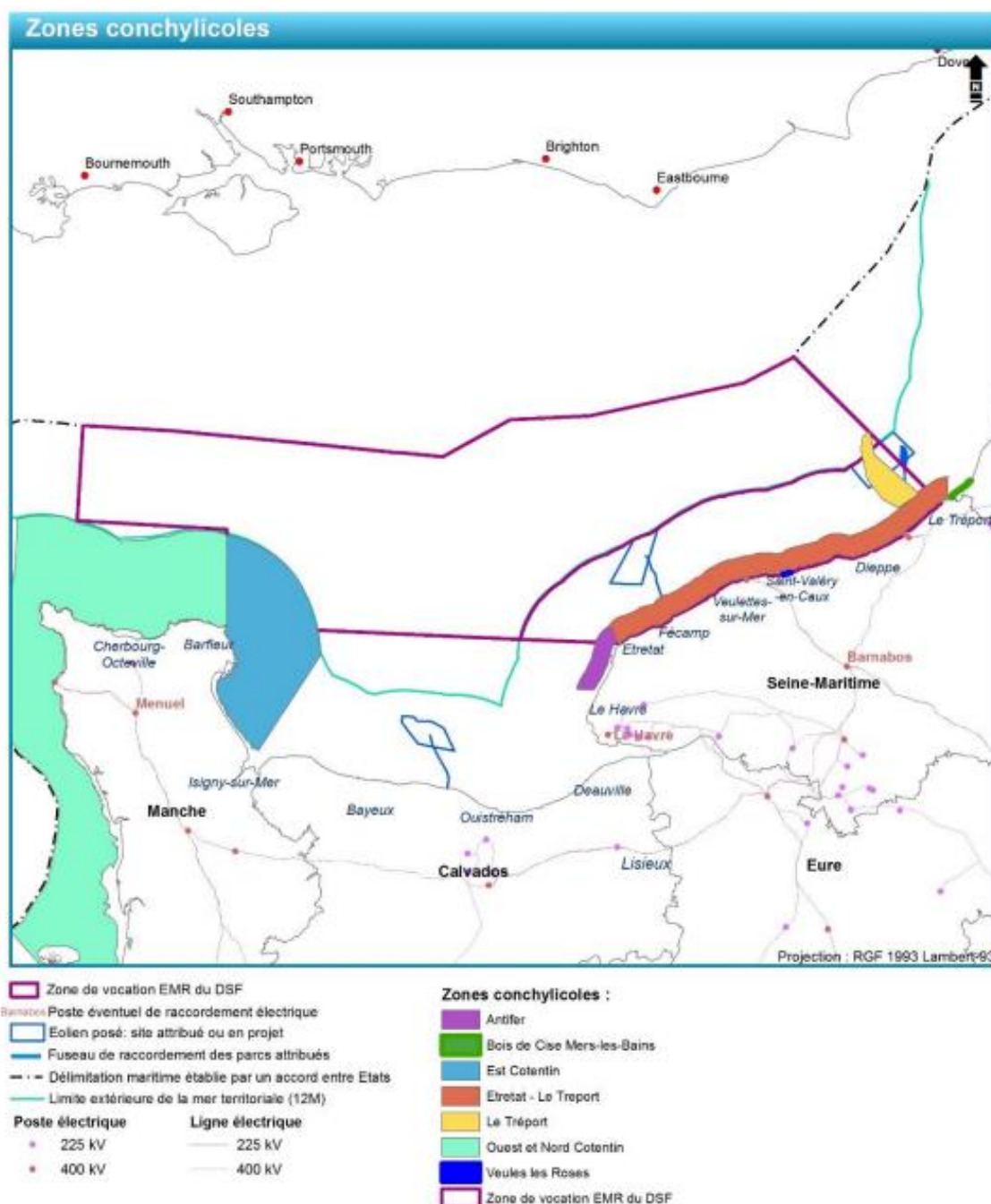


Figure 20 : zones conchylicoles à l'échelle de la macrozone. Source : Débat public éolien en mer 2019.

La Figure 21 présente la position des points de suivi des différents réseaux présentés dans cette partie. Ils sont tous compris dans la limite des 12 MN et ne peuvent être mutualisés avec le suivi en cours. Les informations sont néanmoins importantes pour surveiller l'évolution des paramètres suivis à l'échelle du littoral et peuvent permettre de mettre au point une stratégie de surveillance pertinente en lien avec les premiers résultats obtenus.



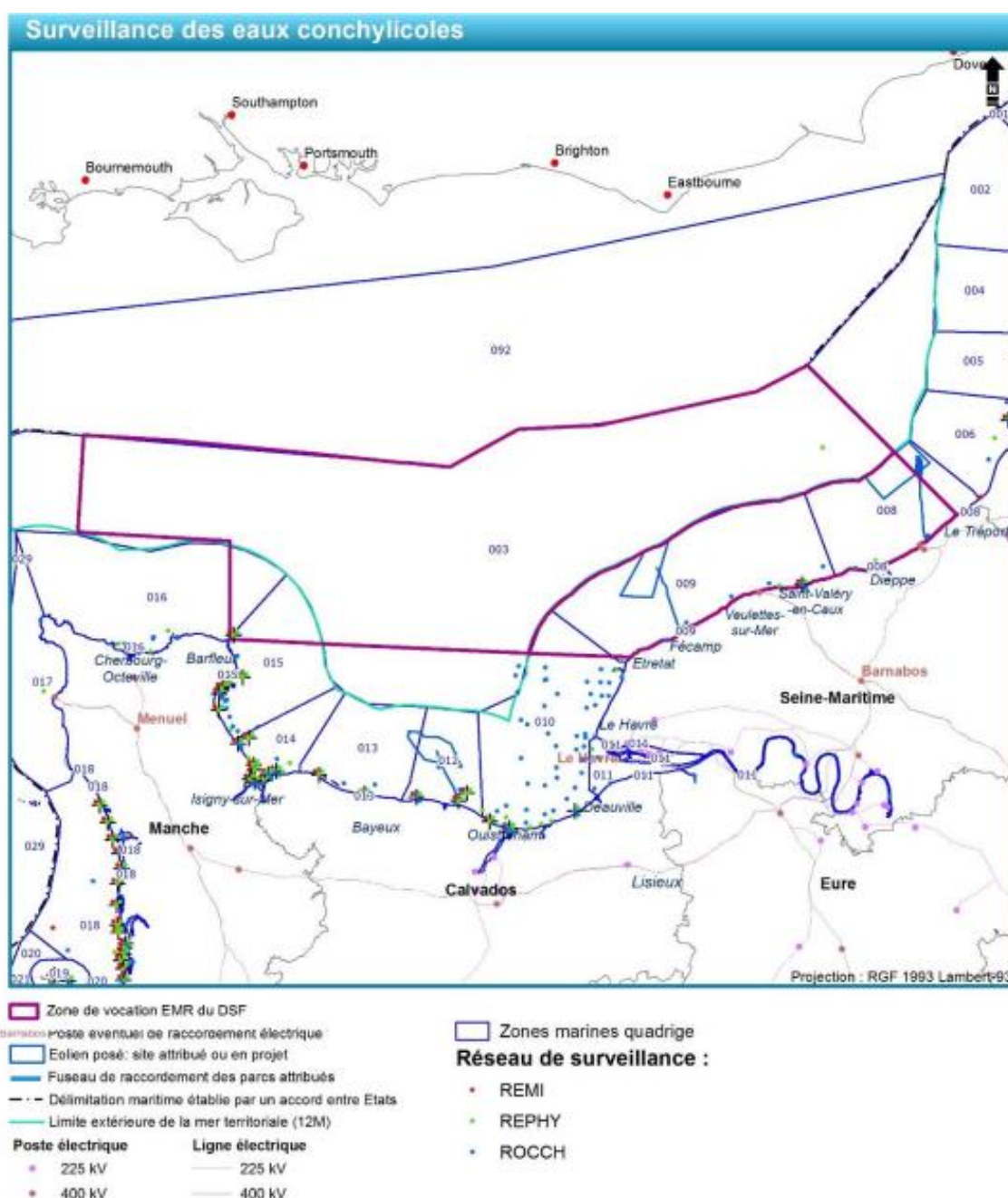


Figure 21 : localisation des points de surveillance de l'Ifremer dédiés à la qualité des eaux conchylicoles en baie de Seine.

Le bulletin de surveillance de la qualité du milieu marin 2018 de l'Ifremer indique qu'il n'est pas ou peu remarqué d'évolution de la contamination chimique des coquillages à l'échelle de l'ensemble des points du littoral normand depuis de nombreuses années.

Seuls les points situés dans l'estuaire de Seine ou sous son influence, présentent des contaminations élevées pour les trois métaux (Pb, Cd, Hg). Cependant celles-ci restent en dessous des normes européennes mais au-dessus du seuil OSPAR 3 pour les contaminants organiques (CB153 et fluoranthène).

#### 2.2.1.4. Qualité des eaux de baignades<sup>11</sup> (Source : Site internet de l'ARS Normandie / Débat public éolien en mer, 2019).

La qualité des eaux de baignade est contrôlée par l'Agence Régionale de Santé (ARS) pendant la saison balnéaire et dans les sites fréquentés régulièrement. Deux catégories d'indicateurs sont utilisées pour mesurer la qualité des eaux de baignade : des paramètres microbiologiques (principaux critères) et des paramètres physico-chimiques. Une classification a été établie en référence aux normes de contamination en vigueur. Le classement est établi suivant les classes de qualité excellente, bonne, suffisante et insuffisante. De nombreux points de surveillance de la qualité des eaux de baignade sont présents le long du littoral d'étude. Le classement des eaux de baignades 2016/2017 réalisé par l'ARS en Seine-Maritime est présenté dans le Tableau 4. L'ensemble des eaux de baignade de la macro-zone est conforme à la directive européenne 2006/7/CE applicable à ce jour. Toutefois une pollution microbiologique ponctuelle ou récurrente d'origine continentale peut être observée au niveau des points de contrôle côtiers. À l'échelle du secteur 3, les qualités des eaux sur les plages du littoral d'étude entre Le Havre et le Tréport sont globalement bonnes et excellentes sauf pour les plages de Saint-Aubin et Quiberville.

Tableau 4 : classement de la qualité des eaux de baignade de Seine-Maritime 2016-2017 selon la Directive Européenne 2006/7/CE (Source ARS / Débat public éolien en mer, 2019).

	2016	2017
BASE DE LOISIRS MESNIL SS JUMIEGES	EXCELLENT	EXCELLENT
BASE DE LOISIRS TOURVILLE LA RIVIERE BEDANNE	EXCELLENT	EXCELLENT
BASE DE LOISIRS VITTEFLEUR LAC DE CANIEL	EXCELLENT	EXCELLENT
CRIEL-PLAGE	BON	BON
DIEPPE-PLAGE	EXCELLENT	BON
ETRETAT-PLAGE	EXCELLENT	BON
FECAMP-PLAGE	EXCELLENT	EXCELLENT
LE HAVRE-PLAGE	EXCELLENT	EXCELLENT
LES GRANDES-DALLES	EXCELLENT	EXCELLENT
LES PETITES-DALLES	EXCELLENT	EXCELLENT
LE TILLEUL/LA POTERIE-CAP D'ANTIFER	EXCELLENT	EXCELLENT
LE TREPORT-PLAGE	BON	EXCELLENT
MESNIL-VAL	SUFFISANT	BON
POURVILLE	BON	BON
PUYS	EXCELLENT	EXCELLENT
QUIBERVILLE-PLAGE	SUFFISANT	SUFFISANT
ST-AUBIN-PLAGE	SUFFISANT	SUFFISANT
STE-ADRESSE-PLAGE	EXCELLENT	EXCELLENT
STE-MARGUERITE-PLAGE	SUFFISANT	BON
ST-JOUIN-PLAGE	EXCELLENT	EXCELLENT
ST-MARTIN-PLAGE	BON	BON
ST-PIERRE-EN-PORT	EXCELLENT	EXCELLENT
ST-VALERY-PLAGE	EXCELLENT	EXCELLENT
VEULES-PLAGE	SUFFISANT	BON
VEULETTES-PLAGE	BON	EXCELLENT
YPORT-PLAGE	BON	BON

#### 2.2.1.5. Étude d'outils d'évaluation de la contamination chimique dans les eaux de la Manche (Menet-Nedelec et al., 2018)<sup>12</sup>.

L'encagement repose dans la capacité de l'organisme à concentrer dans ses tissus les contaminants chimiques dans un facteur proportionnel à leur biodisponibilité. La stratégie peut soit utiliser des populations indigènes sauvages ou cultivées (stratégie passive comme dans le ROCCH), soit avoir recours aux transplants d'individus provenant d'un site de référence (stratégie active). La quantité de

<sup>11</sup><https://www.normandie.ars.sante.fr/qualite-des-eaux-de-baignade-en-normandie-94-des-sites-de-baignades-sont-de-bonne-ou-dexcellente#:~:text=qualit%C3%A9%20en%202020,.Qualit%C3%A9%20des%20eaux%20de%20baignade%20en%20Normandie%20%3A%2094%25%20des%20sites,d'excellente%20qualit%C3%A9%20en%202021&text=Chaque%20ann%C3%A9e%2C%20l'ARS%20Normandie,rises%20pour%20la%20sant%C3%A9%20humaine.>

<sup>12</sup> <https://archimer.ifremer.fr/doc/00434/54582/>

contaminants bioaccumulée est alors étroitement dépendante du cycle biologique de l'espèce, en particulier l'âge et le stade de maturation sexuelle.

L'une des principales limites au suivi en routine et à fréquence élevée de la contamination chimique dans l'eau de mer est liée au fait que la plupart des composés à analyser sont présents à des concentrations extrêmement faibles dans cette matrice complexe. L'utilisation d'échantillonneurs passifs permet, pour certaines molécules, de les concentrer *in situ*, réduisant ainsi une partie des difficultés et du coût liés à l'analyse des contaminants à l'état de traces (échantillonnage, traitement de l'échantillon avant analyse, contaminations possibles).

L'échantillonneur passif DGT<sup>13</sup> peut être utilisé pour extraire et concentrer des contaminants métalliques : aluminium, argent, cadmium, cobalt, chrome, cuivre, fer, manganèse, nickel, plomb, sélénium, et zinc. Les DGT sont théoriquement des dispositifs très simples à mettre en œuvre et qui permettent, après un temps d'immersion relativement court (1 à 19 jours, optimum de 4-5 jours), une évaluation des espèces métalliques dissoutes les plus « biodisponibles ». Au cours de leur immersion, les DGT accumulent sur une résine les cations métalliques dissous les plus « labiles » (ions hydratés, complexes minéraux, « petits » complexes organiques), en fonction de leur concentration dans le milieu et du temps d'immersion de l'échantillonneur (Gonzalez *et al.*, 2013). Les tests réalisés *in situ* par Sinay après prise en compte des recommandations de l'Ifremer, montrent que l'application du protocole de référence peut mener à la perte du matériel sans production de données.

Étant donné les contraintes de mer, il a été décidé d'utiliser les bouées de balisage des Phares et Balises après autorisation, en tant que mouillage. En effet, celles-ci permettent de bénéficier de structures pérennes constamment immergées, résistantes aux conditions de mer, évitées par les pêcheurs, et ubiquistes pour fixer les outils. Leurs principaux inconvénients résident dans l'éventuel risque de contamination chimique par la chaîne des bouées, et l'éventuel risque de maintenance imprévue. Aussi, afin de pouvoir observer une éventuelle pollution induite par les chaînes, un mouillage « standard », du type RINBIO, doit être positionné à proximité d'une bouée de balisage avec une stratégie de pose, immersion, traitement et analyses identique.

Afin de pouvoir fixer les outils de façon sécurisée sur les chaînes des bouées, il était nécessaire de concevoir un système adapté pour supporter une cage de moules et les échantillonneurs passifs (DGT et POCIS)<sup>14</sup>. Pour cela, le Laboratoire Environnement Ressources de Normandie (Ifremer)<sup>15</sup> a fait appel aux compétences des Laboratoire Détection, Capteurs et Mesures (Ifremer/REM/RDT/LDCM) via Michel Répécaud et Laboratoire Comportement des Structures en Mer (Ifremer/REM/RDT/LCSM) via Jean-Valéry Facq. Cette phase s'est déroulée en août-septembre 2014, avec comme première étape la conception du prototype.

Un mouillage dit « standard » a été conçu à partir d'un bout de cordage, auquel sont attachés : une cage en matière plastique pour les moules, la cage inox POCIS, une plaque de support en LDPE et des colliers de serrage en nylon nettoyés à l'acide chlorhydrique 10 % puis à l'eau Milli-Q pour les DGT, et un flotteur nokalon.

Le bilan opérationnel du déploiement des différents outils testés dans la zone côtière de la Manche est mitigé. Le projet a permis le développement d'un support pour le mouillage des échantillonneurs

<sup>13</sup>Diffusive Gradient in Thin film (DGT) : <https://www.aquaref.fr/evaluation-contamination-eaux-comparaison-mesures-echantillonnage-passif-dgt-pocis-sbse-mesures-bi-0>

<sup>14</sup>Polar Organic Chemical Integrative Sampler (POCIS) : <https://www.aquaref.fr/evaluation-contamination-eaux-comparaison-mesures-echantillonnage-passif-dgt-pocis-sbse-mesures-bi-0>

<sup>15</sup> <https://littoral.ifremer.fr/Laboratoires-Environnement-Ressources>

passifs et des moules encagées fixé à la chaîne de bouées de balisage ; une solution qui s'est avérée relativement fiable pour des immersions de durée limitée (i.e. 1 mois). En effet, plus l'immersion est longue, plus le risque d'une intervention des Phares et Balises sur les bouées est grand, et ce mode de déploiement requiert de recourir à des plongeurs, ce qui ajoute des contraintes de planification et augmente le coût des opérations en mer.

Le prélèvement ponctuel d'eau de mer pour une analyse par SBSE<sup>16</sup> s'est avéré ici peu concluant pour une comparaison des résultats avec ceux obtenus dans les moules immergés, car son utilisation est plus adaptée à des questions de dynamique des concentrations des contaminants hydrophobes dans l'eau. En outre, il aurait été intéressant de déployer d'autres DGT et POCIS à la suite de façon à disposer de données pendant toute la durée de l'immersion. Enfin, le mercure n'a pas pu être quantifié dans l'eau de mer car il aurait fallu déployer un type de DGT spécifique qui est toujours en cours de développement, et les performances analytiques pour analyser un certain nombre de substances chimiques dans les moules restent une problématique récurrente pour l'évaluation des niveaux de contaminations.

À ce jour, beaucoup de travaux sont en cours afin de permettre l'application de ces outils de façon routinière dans le cadre de la surveillance chimique du milieu marin :

- La question des performances analytiques des laboratoires pour la recherche des contaminants dans le biote est en cours de traitement dans le cadre de la mise en œuvre du ROCCH par l'Ifremer ;
- À ce jour, plus de 300 personnes ont déjà été formées à l'utilisation des échantillonneurs passifs dans divers environnements, dont une bonne partie du personnel des Laboratoires Environnement Ressources de l'Ifremer. Le déploiement de ces outils se poursuit par la mise en œuvre d'un plan de formation des acteurs potentiels de la surveillance piloté par AQUAREF, à la fois pour la question du déploiement de ces outils que pour leur analyse ;
- Des développements sont en cours pour permettre à l'analyse par SBSE d'être un outil intégratif selon le principe des autres échantillonneurs passifs testés ici, pour disposer d'un type de DGT spécifique au mercure, et pour répondre à la question du taux d'échantillonnage des POCIS.
- Enfin, des travaux sont mis en œuvre pour disposer de seuils adaptés aux outils utilisés : Normes de Qualité Environnementale (NQE) adaptées aux DGT (projet Interreg MONITOOL), et Valeurs Guides Environnementales pour le biote pour les molécules réglementées (étude Valeurs Guides Environnementales<sup>17</sup> (VGE) Mollusques financée par l'ex-ONEMA).
- Enfin, des travaux devraient aussi être menés sur la méthode de mouillage des outils et un système support moins contraignant que l'appel à des plongeurs et plus rentable, et sur la résistance des POCIS en mer (tests hydrodynamiques pour déterminer leur limite d'utilisation et tester de nouvelles conceptions de cages).

<sup>16</sup> Stir Bar Sorptive Extraction (SBSE):

[https://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref\\_2013\\_D1c\\_BRGM\\_RAPPORT\\_SBSE\\_VF.pdf](https://www.aquaref.fr/system/files/Aquaref_2013_D1c_BRGM_RAPPORT_SBSE_VF.pdf)

<sup>17</sup> <https://archimer.ifremer.fr/doc/00405/51655/80267.pdf>



Le projet ECUME a permis d'expérimenter le déploiement d'un certain nombre d'outils dans les eaux côtières de la Manche, à distance (environ 1 mille) de la côte du fait du marnage, car ces outils doivent rester immergés en permanence.

- Le premier aspect à considérer par rapport au déploiement de ces outils en mer est le mode de mouillage. Le fait d'immerger les outils en utilisant comme mouillage les bouées de balisage contraignait le laboratoire à s'assurer qu'aucune opération de maintenance sur les bouées n'était prévue pendant la durée d'immersion des outils. En outre, le succès de cette phase d'immersion était tributaire de tout incident ou dysfonctionnement des bouées de balisage, qui aurait nécessité une intervention des Phares et Balises pour leur réparation. Plus l'immersion est longue, plus le risque d'une intervention sur les bouées est grand.
- Deuxièmement, l'Unité Recherches et Développement Technologiques de l'Ifremer a développé un support pour déployer ces outils sur les bouées de balisage. Ces supports se sont avérés résistants et faciles d'emploi par les plongeurs. La perte d'un de ces supports reste cependant inexplicée, l'hypothèse la plus probable étant un décrochage du support du fait de courants plus importants que sur les autres sites. Le mouillage « standard » en baie des Veys a tenu le temps de l'immersion des échantillonneurs passifs, mais n'a pas été retrouvé 3,5 mois après la mise à l'eau pour la récupération des moules encagées. Deux hypothèses sont envisagées : 1) le mouillage a été perdu après un événement météorologique ; 2) le mouillage a été emporté lors d'une opération de pêche. Les supports ont bien résisté sur les sites de Chausey et de l'Estuaire de Seine jusqu'à la récupération des moules encagées. Ce mode de déploiement est donc relativement fiable pour des immersions de durée limitée (i.e. 1 mois). En outre, un des principaux inconvénients de ce type de déploiement est le besoin de recourir à des plongeurs professionnels, ce qui augmente les contraintes au niveau de la planification (disponibilité et conditions de mer favorables), et le coût des opérations en mer.
- Le troisième aspect à considérer par rapport au déploiement de ces outils en mer est leur résistance à leur condition d'immersion. En effet, les DGT ont presque tous été exploitables (10 exploitables / 12 immergés), deux d'entre eux ayant perdu leur résine sur le site de Chausey. Ceux-ci s'avèrent donc globalement adaptés pour un déploiement dans les eaux de la Manche. Cependant seulement 1 des 4 POCIS déployé a pu être analysé. Dans la majorité des déploiements de POCIS effectués depuis 2008, les taux de récupération varient de 80 à 100 % (95 à 100 % pour les DGT) (Gonzalez et al., 2013). Une explication possible est que le système de mouillage sur bouée de balisage serait celui offrant le plus de résistance au courant. En effet, la cage ne pouvant pas tourner librement et s'orienter en fonction du courant, les membranes POCIS sont directement face aux courants plus fréquemment (ce qui n'est pas le cas des DGT vu leur orientation sur le support), que dans le cas du mouillage type « standard ». Aussi, pour cette problématique de la résistance des POCIS, le mode d'immersion devra être repensé pour de futurs déploiements. Aussi, un déploiement de ces outils dans le cadre un réseau de surveillance ou d'observation nécessiterait la recherche d'un autre système support et de mouillage moins contraignant, voire de pouvoir éventuellement déployer plusieurs mouillages dans les zones les plus exposées à d'autres activités en mer. De plus, il serait intéressant d'effectuer des tests hydrodynamiques sur les POCIS afin de déterminer la meilleure géométrie de cage, et le meilleur support pour leur immersion dans ces conditions d'utilisation permettant à la cage de tourner librement (exposition de type « drapeau »).

#### 2.2.1.6. *Autres sources de données recommandées par l'Ifremer*

Dans le cadre de la production du rapport final, nous pourrions évaluer l'état du système étudié et sa variabilité en fonction des paramètres considérés à partir des données accessibles à cette adresse : <https://data.corioliscotier.org/>

### 2.2.2. État des connaissances relative à la qualité de l'eau

À l'échelle de la Manche, les peuplements phytoplanctoniques sont caractérisés et les espèces présentes sont connues. Leur répartition et structuration spatiale sont connues. La dynamique temporelle des blooms est bien étudiée. Il est établi que les paramètres environnementaux (température, salinité, turbidité) exercent une faible influence dans la formation des communautés phytoplanctoniques et que les processus physiques et biologiques tels que les structures hydrologiques (tourbillons, courants de marée) sont les facteurs principaux de la répartition spatiale du phytoplancton.

Il reste à préciser ces informations à l'échelle de notre zone d'étude afin de pouvoir distinguer les effets liés au projet de parc de ceux de la dynamique locale.

En particulier une fois que les espèces et les communautés présentes pendant un cycle annuel seront identifiées, la connaissance de l'influence des événements extrêmes et des courants liés à la marée restera à préciser.

Le mode d'acquisition de données relatives à la qualité de l'eau à l'échelle souhaitée au moyen du déploiement de stations de suivi permanentes apparaît incompatible avec différents paramètres à prendre en compte. Notamment sont considérés ici les données météocéanographiques, les conditions de fréquentation de la zone et les activités humaines.

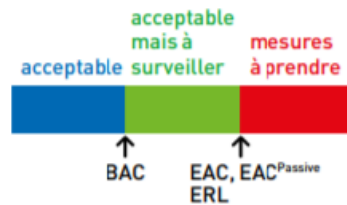
Des ateliers complémentaires ont eu lieu avec l'Ifremer et les capteurs de type DGT et le déploiement de pochons de moules vont être déployés à l'échelle de la zone d'étude. Les données acquises au moyen de sondes multi-paramètres au cours des premières campagnes « halieutique » et « habitats benthiques » seront riches d'informations utiles.

Nous recherchons en particulier l'existence éventuelle de gradient spatiaux et de structuration de la colonne d'eau dans diverses conditions (marée, saison, météorologie...) qui pourraient également nous aider à envisager la composition des peuplements observés.

## 2.2.3. Qualité des sédiments

### 2.2.3.1. Enjeux.

La principale source bibliographique permettant de caractériser la qualité des sédiments est fournie par le réseau de surveillance des contaminants chimiques dans la couche superficielle de sédiments de l'Ifremer (**ROCCHSED**<sup>18</sup>). La fréquence d'échantillonnage est de 4 à 6 ans. Les résultats d'analyse sont comparés aux seuils fournis par la **convention OSPAR (BAC, ERL, EAC)**<sup>19</sup>. Les secteurs étudiés sont majoritairement côtiers et donc éloignés de la zone E.M.R.



### Rappel des enjeux relatifs à la qualité des sédiments

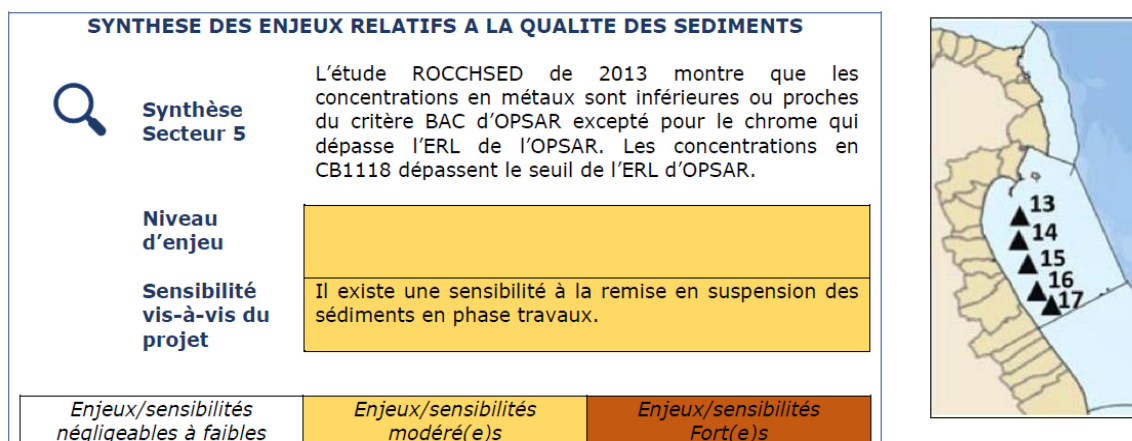


Figure 22 : synthèse des enjeux relatifs à la qualité des sédiments (Source : Débat Public Éolien, 2019).

Le risque lié à la remise en suspension des sédiments en phase de travaux, de la couche superficielle (en particulier le premier centimètre) dans la masse d'eau est susceptible de transporter sur de longues distances les sédiments les plus fins ainsi que les polluants qui y sont associés, en fonction de l'hydrodynamisme sédimentaire principalement liée aux courants de marée mais également aux tempêtes assez fréquentes pendant les périodes automnale et hivernale. Sur la côte Est du Cotentin, en particulier mais également en baie des Veys et sur le littoral Nord du Calvados, de nombreux élevages conchylicoles existent et sont sensibles à la qualité des eaux et à la présence de métaux lourds. « Une diminution significative en cadmium a été observée uniquement à Ravenoville, et une augmentation en cuivre (Ravenoville et St Marcouf) et en zinc (Quinéville) ». Une attention particulière pourra être également portée à la concentration en métaux servant aux anodes sacrificielles des éoliennes (dont Aluminium, Indium et Zinc), pouvant se retrouver dans le milieu (eau & sédiments) pendant la phase d'exploitation du futur parc. Cette liste peut encore évoluer en fonction des techniques et matériaux employés.

<sup>18</sup> <https://campagnes.flotteoceanographique.fr/series/163/fr/>

<sup>19</sup> <https://www.ospar.org/documents?v=46271>

### 2.2.3.2. État des connaissances relatives à la nature des fonds.

Les références bibliographiques à l'échelle de la zone d'étude sont peu nombreuses et rassemblées dans l'étude du SHOM de 2019 « Description de l'état de la connaissance et des caractéristiques physiques de la macrozone éolien en mer de Normandie » et l'étude SHOM de 2022 « Dossier de l'état de connaissance initiale des zones d'implantation du parc et de raccordement de la zone éolien en mer de Normandie Manche Est Volet\_ Sédimentologie marine\_ v2.0 ».

La carte sédimentaire de la région est établie essentiellement à partir de prélèvements anciens et très anciens, réalisés entre 1820 et les années 1980. Quelques données plus récentes ont cependant permis d'actualiser la carte originale de Vaslet, Larsonneur et Auffret (1978) mais ces données restent rares à une distance supérieure à 10 milles nautiques de la côte. Seuls les futurs parcs éoliens en mer de Fécamp et du Tréport disposent de données récentes (SHOM, 2011 et 2012). Il est à noter que ces levés récents ont permis d'affiner la cartographie sans réellement remettre en cause les grandes tendances qui avaient été reportées sur la carte de 1981.

Aux abords du Cotentin, les sédiments sont grossiers, avec d'une part une **prédominance des cailloutis et des mélanges de cailloutis et graviers** et d'autre part, à la limite Sud, des sédiments plus fins en relation avec l'atténuation des courants de marée sur le fond se traduisant par quelques rares secteurs de graviers et de sables graveleux. La partie centrale présente une plus grande importance des graviers aux dépens des cailloutis, et montre également ce gradient méridien d'affinement vers le Sud. A l'Est de Fécamp les sédiments s'affinent, avec une frange littorale de 20 km de large où s'observent des sables et sables fins. Le domaine du large est plus grossier avec une part importante de graviers mélangés ou non avec des sables.

Dans la zone d'étude, la répartition des sédiments est essentiellement contrôlée par les **courants forts générés par les marées et la houle**. La dynamique associée ne permet pas aux sédiments fins de se déposer de façon pérenne dans ce secteur. **Les sédiments rencontrés sont ainsi exclusivement grossiers à très grossiers avec des graviers (de 2 cm à 2 mm) plus ou moins ensablés et des cailloutis (> 2 cm) plus ou moins graveleux**. Les sédiments fins peuvent localement être piégés dans les interstices des sédiments grossiers. Cailloutis et graviers sont essentiellement constitués de matériaux siliceux (quartz, grès et fragments de roches). Les débris calcaires bioclastiques sont composés de coquilles et de débris d'organismes calcaires. Une particularité de la Manche consiste dans la présence exceptionnelle à cette latitude de sédiments biogènes. De tels sédiments, qui contiennent plus de 50 % de coquilles, correspondent en effet généralement à des sédiments tropicaux (Larsonneur, 1971).

Les résultats des analyses granulométriques menées sur les échantillons issus des prélèvements réalisés sur les 60 points (**maillage bien réparti sur toute la zone d'étude**) de l'étude du SHOM (2021) révèle une absence de fraction fine (silts et agriles). L'étude du SHOM a donc permis de dresser une carte de la nature des fonds (Figure 9).

### 2.2.3.3. Surveillance in situ des contaminants chimiques dans la couche superficielle de sédiments (ROCCHSED).

Le littoral français est périodiquement échantillonné (tous les 4 à 6 ans), pour évaluer le niveau de contamination des sédiments dans le cadre de la campagne ROCCHSED (Réseau d'Observation de la Contamination CHimique dans le SEDiment) réalisé par l'Ifremer. L'étude ROCCHSED concerne le premier centimètre des sédiments superficiels, couche extrêmement remobilisable par le mouvement des masses d'eau. Les données présentées ci-dessous sont issues du rapport de synthèse de la campagne d'évaluation de la qualité chimique des sédiments 2013 du littoral du bassin Seine-Normandie, réalisée par l'Ifremer.

Les conclusions des secteurs les plus proches de la zone d'étude sont reprises ci-dessous. Les résultats d'analyses sont comparés aux seuils OSPAR. Ces critères d'évaluation ont été mis au point par la

convention OSPAR pour les substances dangereuses analysées dans les sédiments et le milieu vivant marin. Ces critères n'ont pas de caractère réglementaire.

- Secteur 5 Est Cotentin. Les stations de l'Est Cotentin présentent des concentrations en métaux relativement homogènes et inférieures ou proches du critère BAC d'OSPAR lors de la campagne 2013, excepté pour le chrome où un léger dépassement de l'ERL d'OSPAR a été observé sur deux stations. En outre, les principaux contaminants (16 HAP, 8/9 PCB, DEHP, 4-tert-octylphénol) y ont été quantifiés avec un léger dépassement de l'EAC pour le congénère CB118. D'autres substances y ont été mesurées de façon plus localisée : dichlorométhane, hexachlorobenzène, hexachlorobutadiène et pentachlorophénol. Une diminution significative en cadmium a été observée uniquement à Ravenoville, et une augmentation en cuivre (Ravenoville et St-Marcouf) et en zinc (Quinéville).
- Secteur 3 : Pays de Caux. Dans le secteur du Pays de Caux, le nombre de contaminants retrouvés a significativement diminué. Cependant, des particularités ont été observées, avec, notamment, des concentrations exceptionnellement fortes en chrome, cobalt, lithium, manganèse, nickel et vanadium présentant des maxima régionaux. Ainsi, des dépassements de l'ERL ou EAC d'OSPAR ont été enregistrés en chrome, mercure, plomb, zinc et CB118. D'autres polluants organiques ont aussi été localement mesurés : un métabolite du DDT et le dichlorométhane, en sus du DEHP et 4-tert-octylphénol. Aucune évolution n'est analysable sur ce secteur qui n'a pas été assez fréquemment échantillonné.



Figure 23 : localisation des stations ROCCHSED 2013 de l'Est Cotentin (à gauche) et du Pays de Caux (à droite). Source : Ifremer / Débat Public éolien, en mer, 2019.

#### 2.2.3.1. Autres sources de données recommandées par l'Ifremer

Dans le cadre de la production du rapport final, nous pourrions évaluer l'état du système étudié et sa variabilité en fonction des paramètres considérés à partir des données accessibles à cette adresse : <https://data.corioliscotier.org/>

#### 2.2.4. État des connaissances relatives à la qualité des sédiments

Le risqué associé au transport de sédiments fins contaminés est limité en raison de leur absence mise en évidence et illustrée par la nouvelle carte du SHOM (2021). Néanmoins, la présence d'encroûtement de particules fines autour de particules grossières et sur le substrat rocheux n'est pas exclue. Il faut donc vérifier cette absence en particules fines ou les localiser. Cette démarche est classiquement mutualisée avec le suivi des habitats benthiques.

La mise en œuvre de nouvelles campagnes de prélèvement dédiées à l'étude de la granulométrie (*en plus des campagnes benthos*), dans l'optique de combler des lacunes, ne présente pas d'intérêt particulier vis-à-vis de la forte densité de points de prélèvement suivis par le SHOM en 2021. Ce même suivi a également mis en évidence la présence de zones rocheuses qu'il est nécessaire d'explorer pour préciser la nature de leur surface en termes d'envasement/encroûtement et d'habitat. Cette phase d'exploration est commune à l'étude des habitats benthiques et permettra de mettre en place un suivi adapté la seconde année de cette étude si le besoin est avéré.

La taille et la localisation de la zone d'étude, en raison notamment de son éloignement des côtes, la rendent mal connue car peu étudiée. Malgré des études régulières, la dernière cartographie du SHOM a montré qu'en augmentant l'effort d'échantillonnage, il était possible de mettre en évidence des substrats encore non cartographiés laissant supposer la présence d'habitats associés encore inconnus.

## 2.3. Bruit ambiant aérien

Notre partenaire ORFEA<sup>20</sup> nous a confirmé que l'étude bibliographique était inadaptée à notre démarche en raison de l'absence de données pertinentes à cette échelle.

## 2.4. Habitats benthiques

### 2.4.1. Enjeux

Les fonds à graviers et cailloutis sont largement répartis à l'échelle de la Manche, dominés par les habitats 15.14 « **Sédiment grossier du circalittoral côtier** » et 15.15 « **Sédiment grossier du circalittoral profond** ».

### Rappel des enjeux relatifs aux habitats benthiques

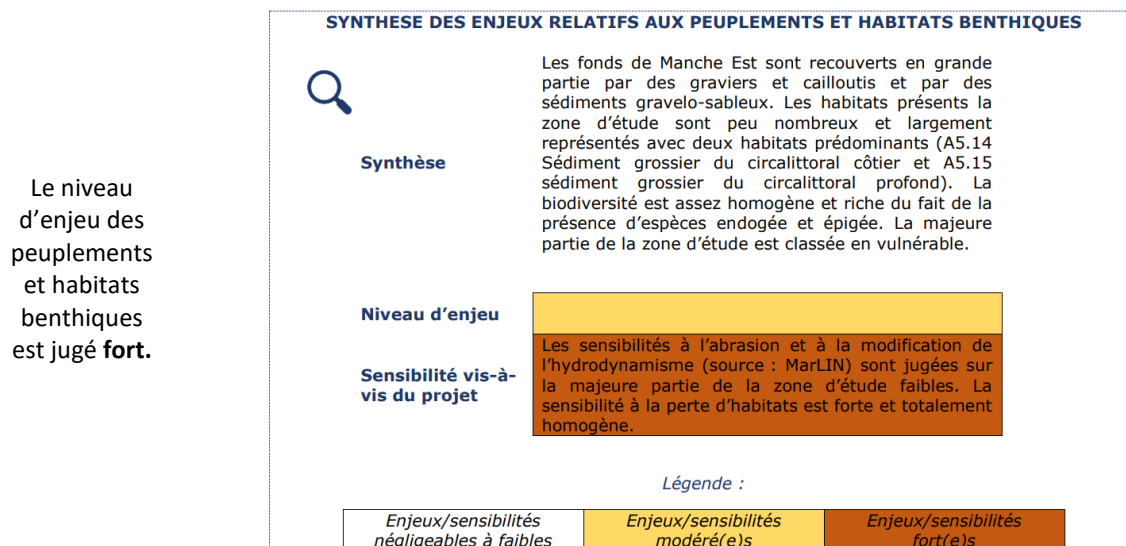


Figure 24 : synthèse des enjeux relatifs à la qualité des sédiments (Source : Débat Public Éolien, 2019).

Les cartes de référence actuelles des peuplements macrobenthiques en Manche orientale (Figure 25) ont été établies par Cabioch *et al.* (1978).

<sup>20</sup> <https://www.orfea-acoustique.com/>



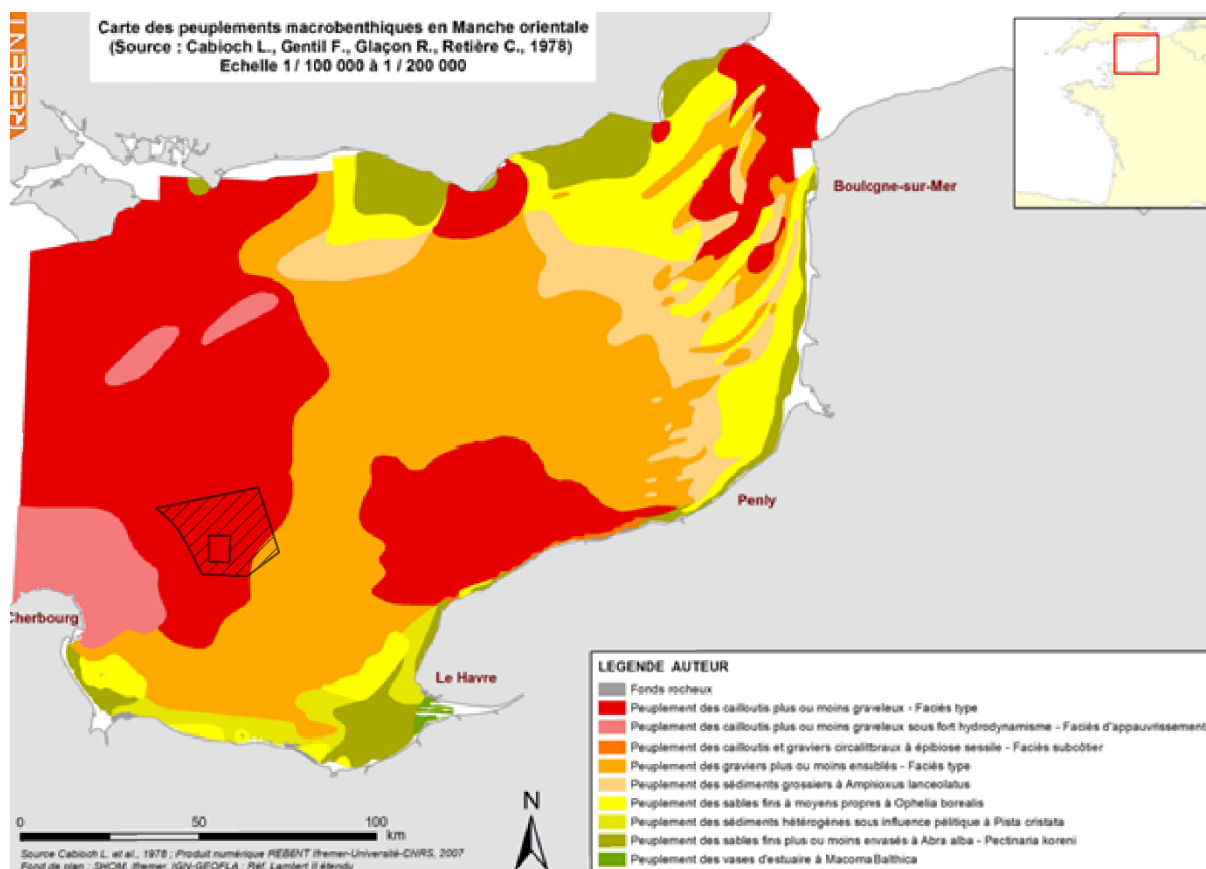


Figure 25 : carte des peuplements macrobenthiques en Manche orientale (Source : REBENT, Cabioch L., Gentil F., Glaçon R. et Retière C., 1978) Échelle 1 / 100 000 à 1 / 200 000.

Les peuplements nous concernant (d'après la typologie des auteurs) sont alors :

- Le peuplement des cailloutis plus ou moins graveleux (faciès type) ;
- Le peuplement des cailloutis et graviers circalittoraux à épibiose sessile (faciès subcôtier).

Les habitats correspondant (selon la typologie EUNIS<sup>21</sup>) sont donc :

- Cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile (A4 13\_FRO1) ;
- Peuplement des cailloutis et graviers circalittoraux à épibiose sessile (faciès subcôtier, 14 13\_FR04).

Ces informations sont ainsi cartographiées à l'échelle du parc dans le "dossier de l'état de connaissance initiale des zones d'implantation du parc et de raccordement de la zone éolien en mer de Normandie Manche Est Volet Sédimentologie marine v2.0 Lot 2 – références T2.S1, T2.S2, T2.S3" (Figure 26).

<sup>21</sup> [https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd\\_typo/7](https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/7)

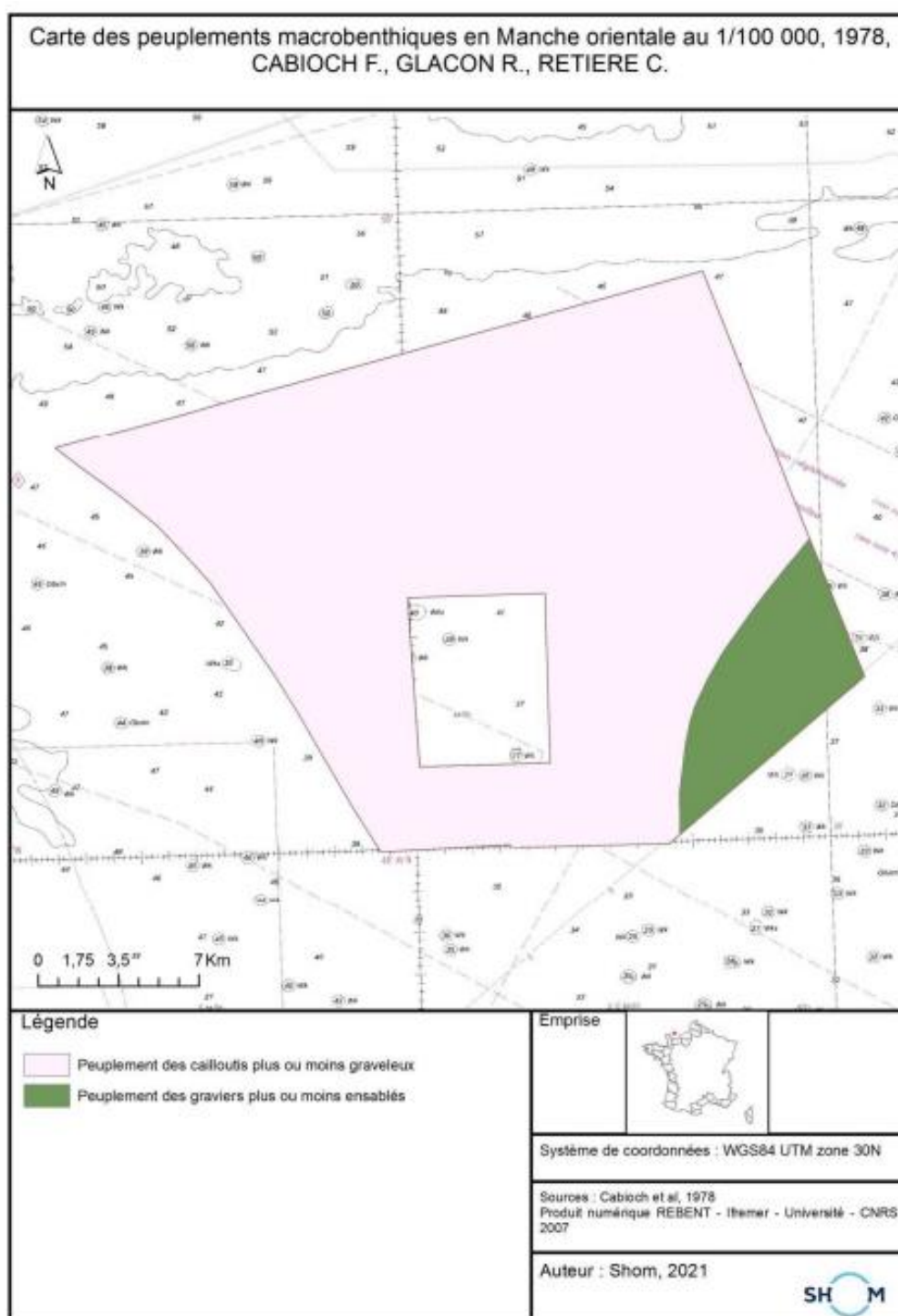


Figure 26 : extrait de la carte des peuplements macrobenthiques en Manche orientale (Source : Cabioch et al., 1978 in SHOM, 2021).

## 2.4.2. État des connaissances du Laboratoire M2C (Caen) en Manche Est

Cette partie, rédigée par Jean-Philippe Pezy<sup>22</sup> (Chargé de Recherche du CNRS, laboratoire M2C, site de Caen) dans le cadre de nos ateliers de travail, présente un bilan des campagnes d'échantillonnage préexistantes dans l'espace qui nous intéresse. Elle apporte des détails techniques sur des méthodes et des stratégies d'échantillonnage, plutôt que des connaissances. Ces informations nous sont utiles pour définir la stratégie d'échantillonnage permettant d'harmoniser nos deux études efficacement. Ces jeux de données devront être exploités pour les besoins de l'étude qui nous concerne.

### 2.4.2.1. GIE-“Granulats de la Manche Orientale” : Compartiment benthique suivi par J.-P. PEZY en 2018 et 2023

Les stratégies d'échantillonnages et en particulier le nombre de campagnes par an, le type d'engin de prélèvement (bennes et dragues) et le nombre d'échantillons sont très variables au cours du temps même si des études récentes à l'échelle de ce secteur inclus notre zone d'étude sont disponibles.

### 2.4.2.2. Actualisation des ZNIEFF à *Ophiothrix fragilis*

L'actualisation de la liste des espèces déterminantes de la faune benthique sera réalisée à partir des données terrain afin d'obtenir des observations les plus récentes possibles. L'inventaire sera réalisé durant une seule saison, en hiver, préférentiellement en février/mars 2023, période correspondant à la présence d'individus adultes caractéristiques des habitats benthiques des fonds grossiers en Manche. La présence d'*Ophiothrix fragilis* ainsi que la faune associée sera réalisée dans les quatre taches de cet habitat réparties du cap de Barfleur au cap d'Antifer sur une distance d'environ 75 milles marins.

Dans ce projet également, les stratégies d'échantillonnages et en particulier le nombre de campagnes par an, le type d'engin de prélèvement (bennes et dragues) et le nombre d'échantillons sont très variables au cours du temps.

### 2.4.2.3. SNO benth'OBS : mise en place d'une approche écosystémique

La mise en place du SNO BenthOBS permettra d'obtenir une vision globale à l'échelle nationale de la variabilité à moyen (sub-annuelle) et long terme (supra-annuelle) des communautés macrozoobenthiques, étape déterminante pour permettre la prédiction du devenir à long terme de ces écosystèmes faisant face aux changements globaux. Les données d'observation multi décennale offrent la perspective exceptionnelle de mener une analyse intégrée des variations spatio-temporelles d'un ensemble de communautés de macrofaune benthique sur le long terme.

L'étude des communautés benthiques et suprabenthiques, maillons intermédiaires, permet d'étudier les proies potentielles pour les poissons démersaux. **En raison de leur forte affinité à l'habitat elles constituent des indicateurs précoces des modifications de l'environnement ce qui en fait un compartiment biologique particulièrement intéressant pour suivre les effets des activités humaines. C'est aussi là que se trouve la justification d'étudier ce compartiment.**

Dans ce programme national, la stratégie d'échantillonnage est établie et un seul engin de prélèvement est utilisé (benne Van Veen). Cet engin léger et dédié au substrat meuble semble inadapté à l'échelle de notre zone d'étude.

<sup>22</sup> <http://icore.unicaen.fr/m2c/spip.php?article528>

#### 2.4.2.4. GMH (Granulat Marin Havrais)

Dans le cadre de cette étude des habitats benthiques en Manche, deux benne différentes sont utilisées (Mini benne Hamon et Van Veen) en fonction de la nature du sédiment. Elles sont différentes de celles présentées dans les autres parties de chapitre.

#### 2.4.2.5. Parc éolien de Courseulles sur mer (EOC)

Un petit nombre de stations et d'échantillons a été pris en considérations, échantillonnées au moyen d'une benne Van Veen.

#### 2.4.2.6. Parc éolien de Dieppe-Le Tréport

Lors de la thèse de Pezy (2017), trois habitats sédimentaires principaux ont été identifiés : les graviers ensablés, les sables graveleux et les sables moyens. L'étude de la structure et du fonctionnement de ces trois écosystèmes a mis en évidence que les graviers ensablés et les sables graveleux avaient une structuration et un fonctionnement similaire avec des espèces similaires. Aussi, il a été décidé d'étudier les différents compartiments de l'écosystème, uniquement sur deux habitats : les sédiments grossiers (graviers ensablés et sables graveleux) et les sables moyens.

### 2.4.3. Benthoclim

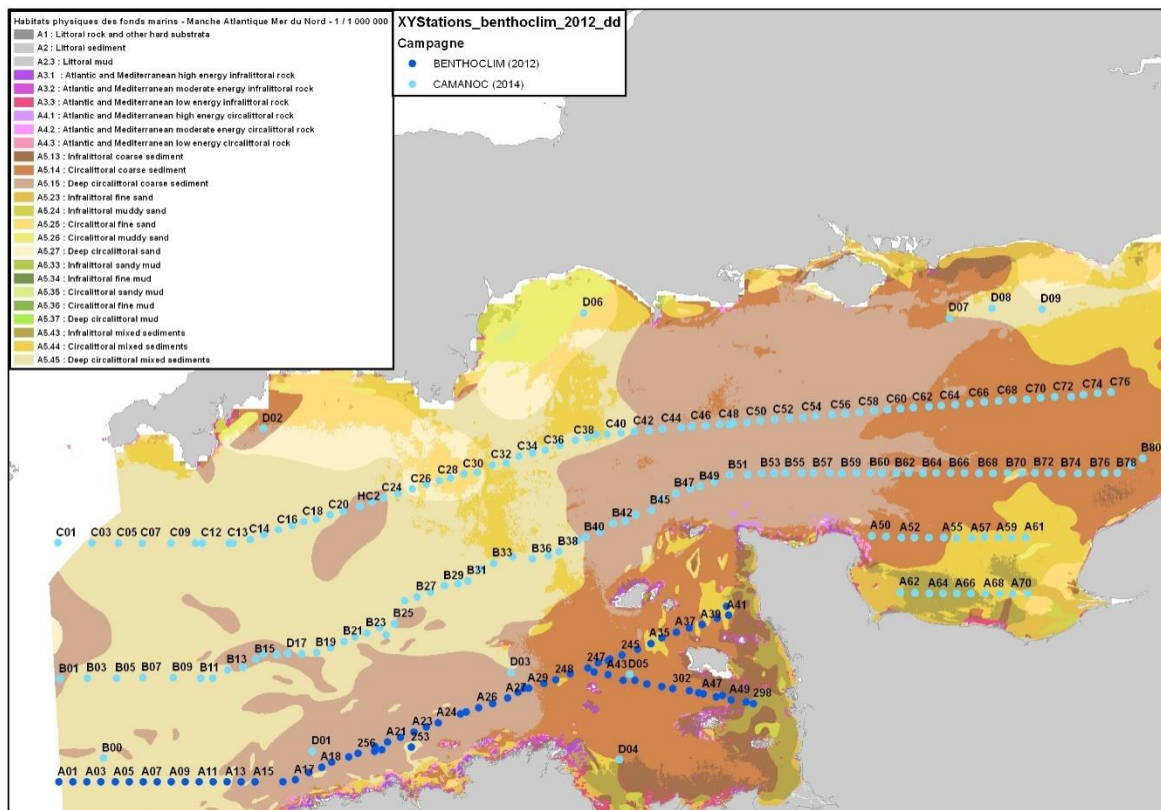


Figure 27 : plan d'échantillonnage du programme Benthoclim.

L'échantillonnage a été effectué au moyen de la drague Rallier du Baty et 15 espèces clés prédéfinies ont été ciblées. Dans le secteur qui nous concerne, aucun gradient particulier n'a été détecté dans la répartition des espèces suivies.

Finalement, cette synthèse met en évidence la forte diversité des techniques d'échantillonnage des habitats benthiques déployées à l'échelle du secteur qui nous intéresse et de la Manche en général en tenant compte des autres suivis à proximité.

#### 2.4.4. Suivi bio-sédimentaire benthique du parc éolien en mer de Fécamp

Dans le cadre de l'établissement de l'état de référence, TBM a utilisé une drague rallier du Baty pour suivre 18 stations dont 8 en zone témoin. La superficie de la zone d'étude est de 65 km<sup>2</sup>.

Cet engin trainant est considéré comme efficace pour une large variété de substrats. Il a été utilisé comme engin de prélèvements par, Glémarec (1969), Gentil (1976), Cabioch (1978) et Retière (1979) pour la cartographie et l'étude des peuplements en MancheAtlantique. Il est parfaitement adapté aux substrats constitués d'une fraction importante de galets (Ruellet et Talleux, 2011 ; Foveau et Ruellet, 2013). La drague Rallier du Baty est dans ce cas considérées comme le seul engin de prélèvement à pouvoir être employé en routine sur un nombre important de stations.

#### 2.4.5. Thèse d'Aurélié Foveau (2009)

La Manche orientale a été majoritairement suivie et à proximité de la zone qui nous concerne un échantillonnage spécifique a été appliqué (Figure 28).

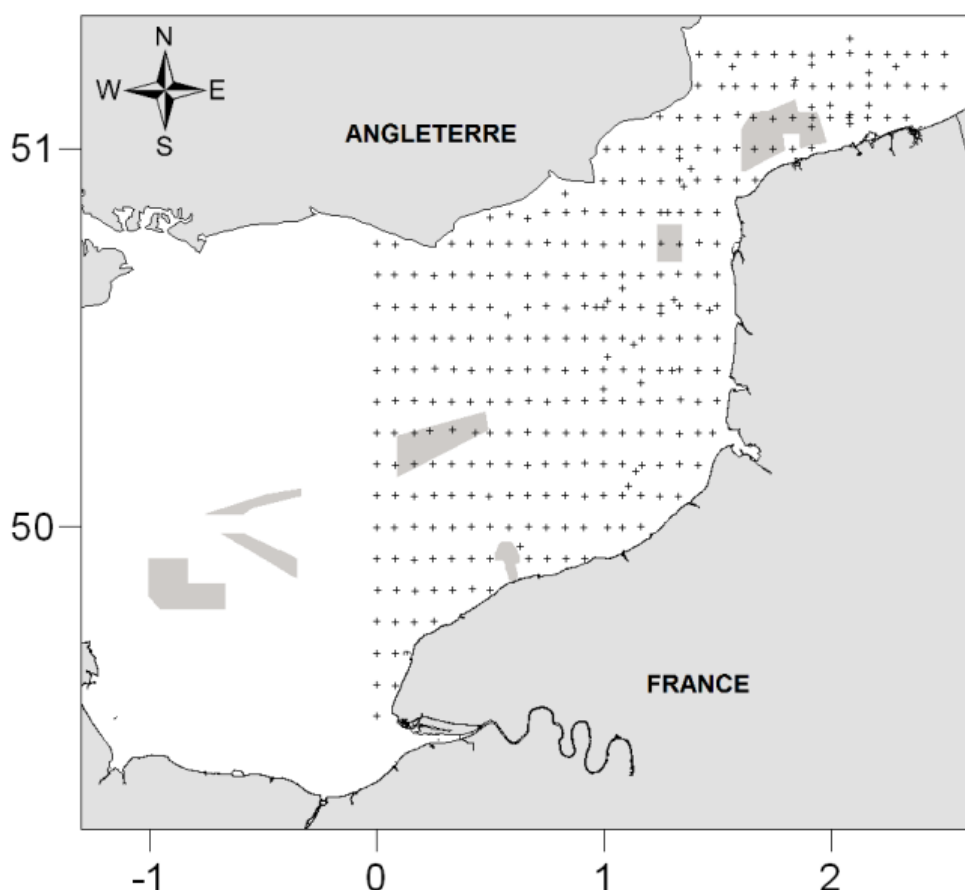


Figure 28 : localisation des stations échantillonnées en Manche au cours des missions en mer (croix : stations de la grille régulière ; zones grisées : zones sur lesquelles la prospection a été plus intense) ; coordonnées en degrés décimaux. Source : Foveau, 2010.

Les habitats et communautés benthiques du bassin oriental de la Manche ont été étudiés par Aurélie Foveau en 2009 dans le cadre de son Doctorat. Elle montre que les habitats du secteur qui nous intéresse sont proches de ceux observés en Manche Est sur graviers et cailloutis et déjà décrits par la littérature. Ils sont échantillonnés préférentiellement à la drague Rallier du Baty et présentent une diversité de l'ordre de 150 taxons pour une abondance de 5 000 individus par prélèvement (soit 30 L de sédiment).

Il s'agit de l'habitat le plus chronophage à étudier au laboratoire en raison du tri de l'épifaune au sein des particules les plus grossières.

Il serait intéressant de disposer de ces données sous format SIG pour pouvoir les comparer avec les limites du secteur qui nous concerne.

Si les informations quant à la l'aire minimale d'échantillonnage à l'échelle de notre secteur ne sont pas fournies, nous pouvons aujourd'hui préciser les engins d'échantillonnage utilisés. Parmi les 315 stations échantillonnées, 239 ont fait l'objet de l'utilisation d'une Benne Hamon (3 réplicats dont un pour la granulométrie du sédiment) avec un volume moyen de 28,7 L (de 1 à 70 L) et 76 stations ont fait l'objet de l'utilisation d'une drague Rallier du Baty avec un volume de 30 L atteint en un à deux traits de 5 à 10 minutes.

Quant à lui, Jean-Philippe Pezy a utilisé la benne Van Veen (5 réplicats pour la faune) pour étudier les habitats benthiques du parc de Dieppe-Le Tréport dans le cadre de sa thèse. Les habitats du parc de Courseulles ont été suivis de la même façon et celui de Fécamp est étudié au moyen de la drague Rallier du Baty.

#### 2.4.6. Conclusion

Deux types de substrat sont à considérer pour étudier les habitats benthiques, **rocheux et meuble**. Le substrat rocheux a été très récemment mis en évidence par les derniers travaux du SHOM à l'échelle de notre secteur d'étude et sera exploré pour la première fois dans le cadre des campagnes de l'état initial.

Quant au substrat meuble, il semble *a priori* accueillir des habitats de graviers et cailloutis très répandus à l'échelle de la Manche et de la Mer du Nord. Ils sont très riches en espèces abondantes ; le temps de traitement des échantillons au laboratoire est plus long que celui des autres. Même s'ils sont étudiés et connus, ils peuvent présenter des variations à l'échelle qui nous intéresse et le plan d'échantillonnage proposé tient compte des éventuels gradients physiques locaux. L'expérience considérable et unique d'Aurélie Foveau dans ce domaine rend son expertise et ses données indispensables à la bonne réussite de ce projet. En effet tous les prélèvements effectués à l'échelle de notre secteur d'étude dans le cadre de ses travaux n'ont pu être exploités pour des raisons techniques. Afin de préciser l'état initial des habitats et de définir une méthode réaliste pour les étudier il est nécessaire de bénéficier de ses conseils.

La présence marquée d'*Ophiotrix fragilis* est prise en considération également, en particulier pour compléter la démarche de définition des ZNIEFF mer à proximité et l'influence des extractions de granulats marins en 2023.

La définition des stations de référence permet de comparer les habitats observés avec l'environnement local dont les peuplements de poissons, mollusques et crustacés.



## 2.5. Poissons, Mollusques et Crustacés

### 2.5.1. Enjeux

D'après le débat public éolien (2019), la zone élargie accueille les œufs et/ou les larves de treize espèces (Figure 29) :

- Chinchard d'Europe ;
- Dorade grise ;
- Grondin rouge ;
- Hareng ;
- Limande ;
- Merlan ;
- Morue ;
- Plie ;
- Rouget barbet de roche ;
- Sardine ;
- Sole ;
- Sprat ;
- Tacaud commun.

Les travaux de Di Pane *et al.* (2020) pourront être exploités pour présenter plus en détail l'ensemble des espèces recensées à cette échelle.

Les périodes de présence couvrent toute l'année avec des enjeux plus forts pour le chinchard d'Europe, le grondin rouge, la morue, la plie, la sardine et la sole (pics plus courts et intenses).

### Période de présence des espèces en Manche et Mer du Nord pendant leurs premiers stades de vie

Tableau 7 : Périodes à laquelle les espèces sont présentes dans les secteurs 3 (Côte d'Albâtre) et 5 (Large Baie de Seine) pendant leurs premiers stades de vie. Les références mentionnées ont été identifiées grâce aux synthèses de Mayé *et al.* 2006 et Régimpart *et al.* 2018. Les périodes en bleu foncé représentent les pics de reproduction (quand ils sont précisés dans la littérature)

Treize  
espèces  
sont  
référéncées

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Références
Chinchard d'Europe ( <i>Trachurus trachurus</i> )													Eaton 1983 et 1989; Iversen <i>et al.</i> 1989, Anonyme 1990, 1991
œufs													Clark 1920; Russell 1930, 1935
larves													Clark 1920; Russell 1930, 1935
Dorade grise ( <i>Spondylosoma cantharus</i> )													Soletchnik 1981, 1982
Grondin rouge ( <i>Aspitrigla cuculus</i> )													Bennet <i>et al.</i> , 1993; Delpech <i>et al.</i> 2007
Hareng ( <i>Clupea harengus</i> )													Burd, 1985; Abbès, 1991; Bennet <i>et al.</i> , 1993
Limande ( <i>Limanda limanda</i> )													Fiche Limande, Portail CHARM III - Interreg IV. 2012
Merlan ( <i>Merlangius merlangus</i> )													Katerinas, 1986; Riley <i>et al.</i> , 1986
Morue ( <i>Gadus morhua</i> )													Van der Land <i>et al.</i> , 1990; Brander 1993
Plie ( <i>Pleuronectes platessa</i> )													Simpson, 1959; Houghton, 1976; Houghton & Harding, 1976; Harding <i>et al.</i> , 1978; Van der Land <i>et al.</i> , 1990
Rouget barbet de roche ( <i>Mullus surmuletus</i> )													Dunn, 1999; Mahé <i>et al.</i> , 2005
Sardine ( <i>Sardina pilchardus</i> )													Chicharo <i>et al.</i> 2003; Coombs <i>et al.</i> 2005
Sole ( <i>Solea solea</i> )													Riley, 1974; Anonyme, 1986; Borremans, 1987; Van Beek, 1988; Van der Land, 1991
Sprat ( <i>Sprattus sprattus</i> )													Fiche Sprat, Portail CHARM III - Interreg IV. 2012
Tacaud commun ( <i>Trisopterus luscus</i> )													Desmarchellier 1986

Figure 29 : synthèse des périodes de présence des espèces piscicoles en Manche et Mer du Nord pendant leurs premiers stades de vie (œufs et larves). Source : Débat Public Éolien, 2019.

Ces informations nous indiquent quelles sont les espèces pour lesquelles le secteur héberge la fonctionnalité écologique « reproduction ». Ces espèces ne sont pas obligatoirement les mêmes que celles dont les adultes sont pêchés à la même échelle. Les ressources halieutiques principales, identifiées dans le cadre du débat public de 2019 sont listées dans la **Erreur ! Source du renvoi**

**introuvable..** Leur intérêt est associé à la fois à leur abondance (individus adultes de taille suffisante pour être capturés) et à leur valeur économique.

Or ces données datent de 2017. Elles seront mises à jour pour effectuer des comparaisons pertinentes dans le cadre de la production du rapport final. En particulier le cas de la Coquille Saint-Jacques et celui du Bulot, dont les quantités pêchées augmentent significativement.

### Production des 10 espèces principales en Manche en tonnage et en valeur

Tableau 8 : Production des 10 espèces principales en tonnages et en valeurs obtenue à partir des données de pêches des cinq quartiers maritimes de la région Normandie (Source : Sacrois, SIH, IFREMER 2017)

Les espèces présentant un enjeu économique en fonction de leur valeur économique et de leur volume capturé

Espèces	Tonnage (T)	Espèces	Valeur (k€)
Hareng de l'Atlantique	26348	Coquille Saint Jacques	60670
Coquille Saint Jacques	17721	Buccin	24648
Maquereau commun	17402	Maquereau commun	14459
Buccin	10186	Hareng de l'Atlantique	9821
Vanneau	5013	Sole commune	9117
Merlan bleu	3905	Seiche commune	8968
Amande commune	2635	Calmars côtiers	8782
Chinchard d'Europe	2527	Vanneau	4589
Merlan	2327	Homard Européen	4423
Seiche commune	2032	Dorade grise	3541

Figure 30 : synthèse des enjeux relatifs aux ressources halieutiques. Source : Débat Public Éolien, 2019.

La Figure 32 cartographie la sensibilité de ces ressources classées selon quatre classes dans le cadre du Débat public éolien de 2019. Les connaissances actuelles indiquent que le secteur qui nous intéresse est associé à des sensibilités moyenne et maximale. Le bilan est résumé dans la Figure 33.

### Synthèse des enjeux relatifs aux Poissons, Crustacés et Mollusques

Les ressources halieutiques présentent un enjeu **faible à modéré** à l'échelle de la macrozone

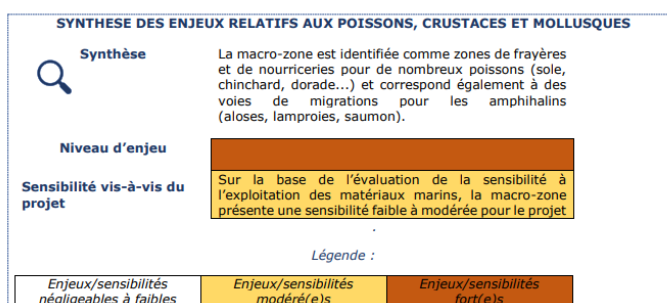


Figure 31 : synthèse des enjeux relatifs aux ressources halieutiques. Source : Débat public Éolien, 2019.

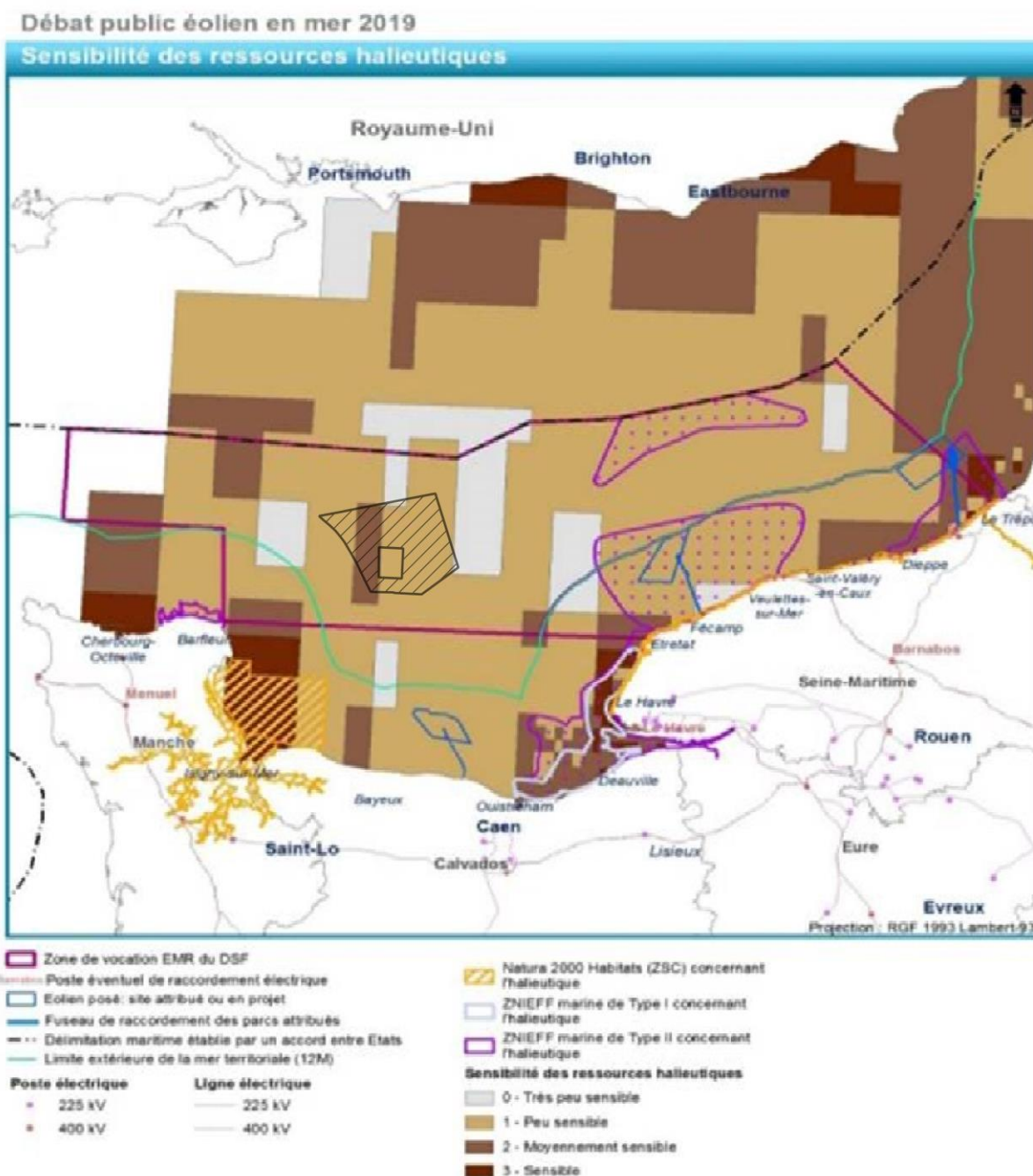


Figure 32 : carte de sensibilité des ressources halieutiques en Manche. Source : données SACROIS, SIH, Ifremer 2017 dans Débat Public Éolien, 2019.

## Synthèse des enjeux relatifs aux Poissons, Crustacés et Mollusques

Les ressources halieutiques présentent un enjeu **faible à modéré** à l'échelle de la macrozone

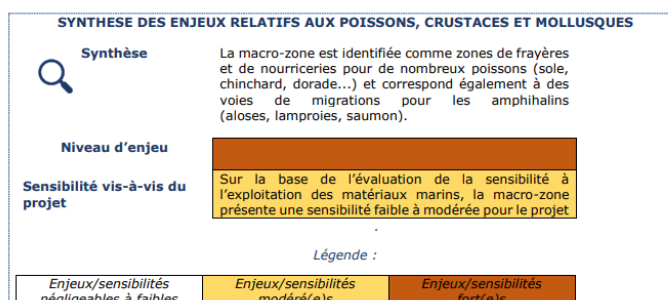


Figure 33 : synthèse des enjeux relatifs aux ressources halieutiques. Source : Débat Public Éolien, 2019.

### 2.5.2. État des connaissances

Plus précisément, la cartographie ci-après permet de situer la zone d'étude dans la classification des peuplements halieutiques réalisée par l'Ifremer à l'échelle de la Manche (Carpentier *et al.*, 2009). La zone d'étude est située à cheval sur deux communautés (Figure 34) :

- La communauté du large est représentée principalement par des séliaciens (roussette, raie et émissole) et des tacauds, et présente une diversité plus faible qu'en zone côtière. Cette classe est caractérisée par des fonds durs, des conditions hydrologiques océaniques (température et salinité fortes en octobre), de forts courants de marées et des profondeurs importantes pour la zone.
- La communauté intermédiaire entre la côte et le large est représentée par des espèces de poissons pélagiques (Sardine, Maquereau) et démersaux (Callionymes, Grondins, Rouget barbet). De diversité comparable à la communauté plus au large, cette classe est néanmoins caractérisée par des fonds de sables grossiers et de conditions hydrologiques et bathymétriques intermédiaires entre le large et la côte.

La méthode d'acquisition des connaissances disponible n'est pas adaptée à notre échelle en termes de précision. Elle doit être adaptée pour répondre aux questions posées à notre échelle.

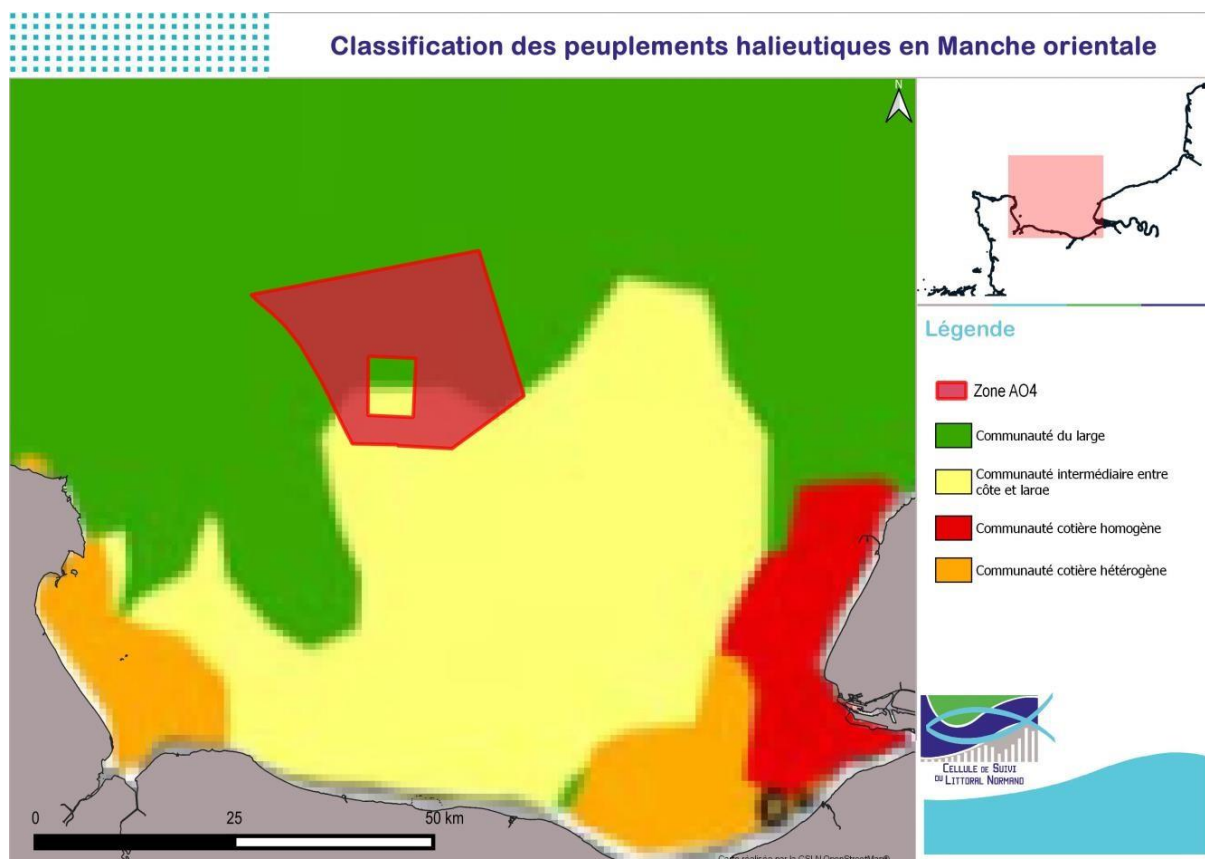


Figure 34 : classification des peuplements halieutiques (Carpentier et al., 2009). Source CSLN.

Le suivi halieutique réalisé pour la concession de granulats marins GMO (Granulats de la Manche Orientale<sup>23</sup>) permet de compléter ces informations et dresser le cortège des principales espèces qui fréquentent la zone d'étude AO4 (G-tec, 2020). Cette concession est située dans la zone d'étude AO4. Ce suivi se base sur les données des traits de chalut réalisés par l'Ifremer (campagnes CGFS<sup>24</sup> au chalut de fond à Grande Ouverture Verticale – GOV) dans le secteur de la zone d'étude et les déclarations de pêche d'un professionnel fréquentant le secteur toute l'année.

Le rapport de Carpentier *et al.* (2009)<sup>25</sup> présente les résultats pour le suivi des espèces et habitats benthiques et halieutiques consultés pour la présente étude. Le projet CHARM a permis de modéliser des cartes d'habitat préférentiel par espèce et par stade de vie. Ces cartes intègrent des données de pêche déclaratives. Elles sont présentées dans la suite du présent document (Figure 40).

Les captures des traits des campagnes CGFS en (octobre, période 2013-19) et les déclarations du professionnel (toute l'année, 2020) mettent en évidence 19 espèces principales fréquentant la zone d'étude (espèces dont la fréquence de capture > 25 % à l'échelle de la période considérée).

Il faut également préciser que les données GFS ont été collectées par le N/O Gwen Drez en octobre (fin de l'été) et au chalut GOV qui n'est pas le plus adapté pour certaines espèces prises en considération.

<sup>23</sup> <http://sablessetgraviersenmer.fr/cartographie/index/start.html>

<sup>24</sup> <https://wwwz.ifremer.fr/manchemerdunord/Unite-Halieutique/Campagnes-a-la-mer/Campagnes-ecosystemiques/CGFS>

<sup>25</sup> Atlas des habitats des ressources marines de la Manche Orientale CHARM II (2009).



## Principales espèces

### Espèces pélagiques

#### Les perciformes



Chinchard *T. trachurus*

#### Les clupéidés



Sardine *S. pilchardus*

### Espèces benthodémersales

#### Les grondins



Grondin rouge *C. cuculus*

#### Les élasmobranches



Petite *S. canicula* et grande roussette *S. stellaris*



Raie bouclée *R. clavata*

#### Les gadidés



Merlan *M. merlangius*

#### Les céphalopodes



Seiche *S. officinalis*



Encornets *L. vulgaris*  
et *L. forbesii*

#### Autres



Saint-Pierre *Z. faber*

#### Les perciformes



Bar *D. labrax*



Dorade grise *S. cantharus*



Rouget-barbet *M. surmulletus*



Tacaud *T. luscus*

Petit tacaud *T. minutus*

#### Les pleuronectiformes



Plie *P. platessa*

Figure 35 : principales espèces de poissons et céphalopodes capturés sur la zone d'étude au chalut de fond (photos Ifremer).

Le Tableau 5 résume les zones fonctionnelles halieutiques d'importance (ZFH<sup>26</sup>) connues en Manche (Regimbart *et al.*, 2018).

Les données à l'échelle de la Manche Est occidentalesont disponibles uniquement pour la Sole. Les plus fortes concentrations d'œufs de cette espèce sont situées en Manche Est orientale (Figure 36). Ces zones sont éloignées de notre zone d'étude. Néanmoins, La présence probable de zones fonctionnelles de la Sole à proximité de la zone de projet est bien prise en compte dans notre stratégie d'échantillonnage, comme celle d'autres espèces.

<sup>26</sup> Un espace est considéré comme une zone fonctionnelle halieutique à partir du moment où il est le siège d'au moins une phase du cycle de vie d'une ressource halieutique.



Tableau 5 : bilan des Zones Fonctionnelles Halieutiques d'Intérêt connues par espèce en Manche (Regimbart et al., 2018).

Manche					
Espèce		Frayères		Nourriceries	
		Connues	Zone d'étude	Connues	Zone d'étude
Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Non		Oui	Manche Est
Hareng	<i>Clupea harengus</i>	Non		Oui	Estuaire de Seine
Limande commune	<i>Limanda limanda</i>	Oui	Nord-Est de la Manche Est	Oui	Manche Est
Limande sole commune	<i>Microstomus kitt</i>	Non		Oui	Manche Est
Merlan	<i>Merlangius merlangus</i>	Oui	Nord-Est de la Manche Est	Oui	Manche Est
Morue commune	<i>Gadus morhua</i>	Oui	Nord-Est de la Manche Est	Non	
Plie commune	<i>Pleuronectes platessa</i>	Oui	Nord-Est de la Manche Est	Oui	Manche Est
Sole commune	<i>Solea solea</i>	Oui	Manche Est	Oui	Manche Est
Sprat	<i>Sprattus sprattus</i>	Non		Oui	Manche Est
Tacaud commun	<i>Trisopterus luscus</i>	Non		Oui	Manche Est

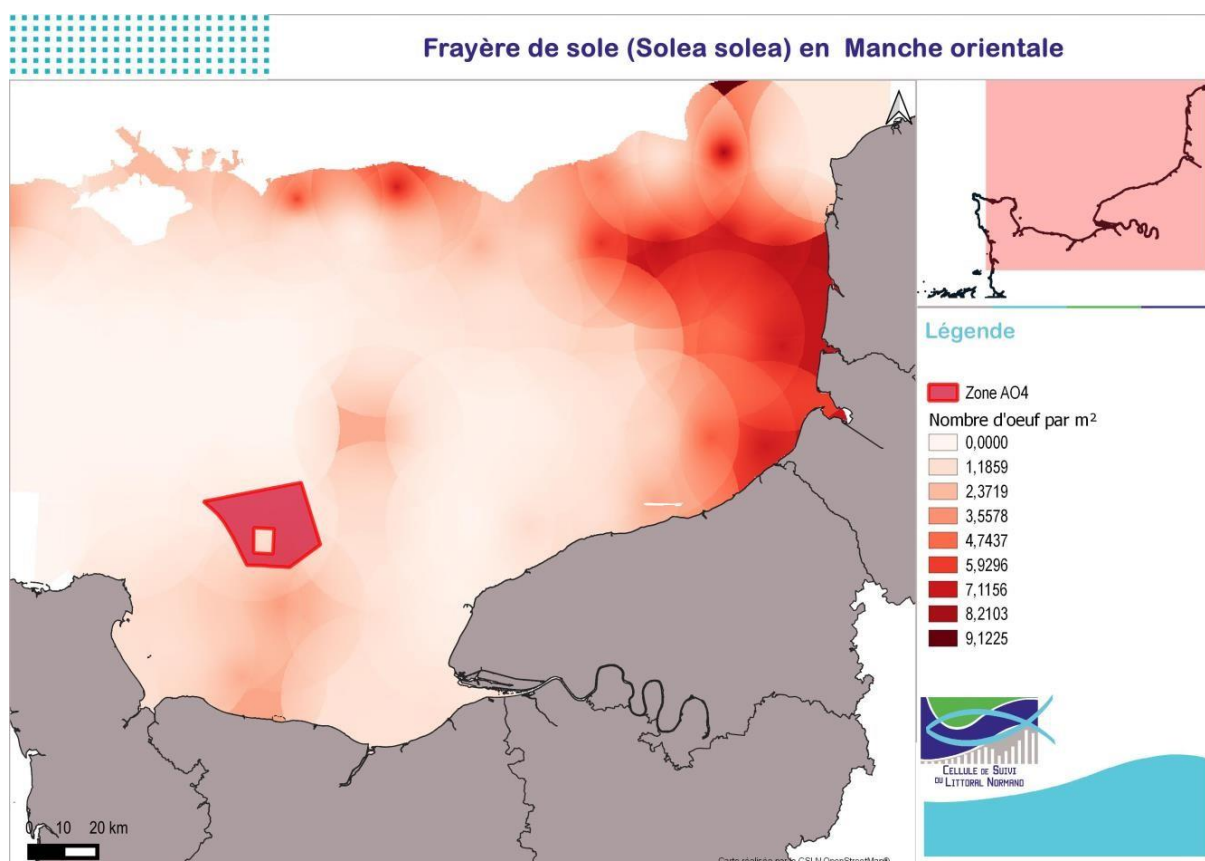


Figure 36 : abondance d'œufs de *Solea* (période considérée 1991, Rochette et al., 2012 dans Regimbart et al., 2018).

### 2.5.3. Suivis de l'Ifremer

Dans le rapport de Delpech *et al.* (2006)<sup>27</sup>, l'Ifremer présente les trois grands suivis dédiés aux ressources halieutiques de la Manche et de la Mer du Nord.

L'importance de la variabilité inter-annuelle dans la répartition et l'abondance des espèces est alors rappelée. Le Tableau 6 décrit bien les campagnes Channel Ground Fish Survey, Coquille Manche Orientale et Baie de Seine (qui concernent notamment notre zone d'étude) et l'effort associé jusqu'en 2005. Les campagnes comprenaient entre 225 et 1 962 traits pour des surfaces de 550 à 70 748 km<sup>2</sup>.

Tableau 6 : description des campagnes scientifiques de l'Ifremer dans Delpech *et al.* (2006).

Campagnes scientifiques	Localisation	Période analysée	Nombre total de traits
CGFS	Manche Orientale (70 748 km <sup>2</sup> )	2000-2005	611
COMOR	Baie de Seine (2 503 km <sup>2</sup> )	2000-2005	1962
Baie de Seine	Baie de Seine (550 km <sup>2</sup> )	1998-2002	225
Baie de Somme	Baie de Somme (314 km <sup>2</sup> )	2000-2005	297
COPER	Pertuis Charentais	2003-2005	465
EVHOE	Golfe de Gascogne + Mer Celtique	2001-2005	37
PECOS	Zone côtière du Golfe de Gascogne, pertuis charentais, estuaire de la Loire	2004-2006	81

<sup>27</sup> Évaluation des ressources halieutiques par les campagnes scientifiques françaises Façades « Manche-Est » et « Loire-Gironde »

La CGFS (Channel Ground Fish Survey) échantillonne toute la Manche orientale de Cherbourg à la frontière belge au mois d'octobre. Elle produit les données de base pour une estimation de l'état des ressources par une évaluation directe de l'abondance des stocks et de leur distribution, associée à l'échantillonnage biologique des captures commerciales. Chaque année, le protocole standard prévoit 82 stations de chalutages. La zone d'étude est divisée en 71 unités d'échantillonnage (rectangles de 15 minutes de latitude par 15 minutes de longitude) à l'intérieur desquelles 1 à 2 traits de 30 minutes doivent être réalisés.

La COMOR (COquille Manche ORientale) échantillonne la baie de Seine (limite administrative) et sa partie directement adjacente, chaque année de fin juin à début juillet. Elle permet l'évaluation du stock de coquilles Saint-Jacques dans les secteurs les plus exploités de la Manche orientale. Chaque année, le protocole standard prévoit 160 traits de dragues répartis dans les 81 unités d'échantillonnage (carré de 3 milles de côté) de la zone étudiée.

La campagne « nourricerie baie de Seine » s'est déroulée essentiellement à l'automne, de 1995 à 2002, dans l'estuaire de Seine *sensu stricto* et en baie de Seine orientale. L'objectif était d'identifier les nourriceries côtières de ce site et d'en évaluer la richesse halieutique et macro-épibenthique. Elle a été réalisée dans le cadre de plusieurs programmes : projet "Port 2000" (agrandissement du port du Havre), contrat européen et les programmes LITEAU et Seine Aval II. Chaque année, le protocole standard prévoyait 45 traits de chaluts répartis dans les 12 unités d'échantillonnage définies selon la bathymétrie.

Lors de chaque campagne, tous les individus capturés sont identifiés, comptés et pesés. Dans le tableau suivant sont présentées les espèces dont la fréquence d'occurrence moyenne est égale ou supérieure à 10 % (occurrence issue de l'étude sur l'état des communautés exploitées au large des côtes de France ; Bertrand, 2004).

Afin de pouvoir comparer nos résultats avec ceux de ces campagnes de références, nous devons tenir compte de toutes ces stratégies particulières.

Tableau 7 : espèces dont l'occurrence moyenne est égale ou supérieure à 10 % (occurrence issue de l'étude sur l'état des communautés exploitées au large des côtes de France ; Bertrand, 2004).

Nom Vernaculaire	Taxon	Campagnes scientifiques			
		CGFS	COMOR	Baie de Seine	Baie de Somme
anguille	<i>Anguilla anguilla</i>			+	
araignée de mer	<i>Maja brachydactyla</i>	+			
arnoglosse	<i>Arnoglossus</i>				+
bar	<i>Dicentrarchus labrax</i>	+		+	+
barbue	<i>Scophthalmus rhombus</i>				+
dragonnet lyre	<i>Callionymus lyra</i>			+	+
chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	+		+	
coquille Saint Jacques	<i>Pecten maximus</i>		+		
crevette grise	<i>Crangon crangon</i>			+	+
encornet commun	<i>Loligo vulgaris</i>	+			
encornet veiné	<i>Loligo forbesi</i>	+			
flet	<i>Platichthys flesus</i>	+		+	+
gobie	<i>Gobiidae</i>			+	+
griset	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	+			
grondin perlon	<i>Chelidonichthys lucernus</i>			+	+
grondin rouge	<i>Aspitrigla cuculus</i>	+			
hareng	<i>Clupea harengus harengus</i>	+		+	+
lançon	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>				+
limande	<i>Limanda limanda</i>	+		+	+
limande sole	<i>Microstomus kitt</i>	+			
maquereau	<i>Scomber scombrus</i>	+			
merlan	<i>Merlangius merlangus</i>	+		+	+
morue	<i>Gadus morhua</i>	+			
motelle à 5 barbillons	<i>Ciliata mustela</i>			+	
petit tacaud	<i>Trisopterus minutus</i>	+		+	+
petite roussette	<i>Scyliorhinus canicula</i>	+			
petite sole jaune	<i>Buglossidium luteum</i>			+	+
petite vive	<i>Echiichthys vipera</i>			+	+
plie	<i>Pleuronectes platessa</i>	+		+	+
raie bouclée	<i>Raja clavata</i>	+		+	+
rouget barbet de roche	<i>Mullus surmuletus</i>	+			
seiche	<i>Sepia officinalis</i>	+		+	+
sole commune	<i>Solea solea</i>	+		+	+
souris de mer	<i>Agonus cataphractus</i>			+	+
sprat	<i>Sprattus sprattus sprattus</i>			+	+
Tacaud commun	<i>Trisopterus luscus</i>	+		+	+
tourteau	<i>Cancer pagurus</i>	+			

Pour la campagne CGFS qui échantillonne la totalité de la Manche orientale, une représentation cartographique est réalisée pour les 23 espèces majeures (18 poissons, 3 céphalopodes, 2 crustacés). La campagne COMOR permet quant à elle d'étudier la Coquille Saint Jacques. Enfin, les 2 dernières campagnes, nourriceries des baies de Seine et de Somme, sont côtières et centrées sur les 2 plus grands estuaires français de la Manche orientale.

Ainsi, les espèces présentes sont de 2 types :

1) l'estuaire et ses abords forment un habitat pour l'espèce et donc lors des campagnes, on trouve à la fois des juvéniles mais aussi des adultes (exemples : crevette grise et petite sole jaune) ;

2) l'estuaire et ses abords constituent une nurserie pour l'espèce et ainsi dans ces zones d'étude, seuls les individus au stade juvénile sont présents (exemples : sole et plie).

Tableau 8 : caractérisation de l'estuaire et de ses abords pour l'espèce considérée (\* : espèce analysée lors de la campagne scientifique).

Espèces	Estuaire		Campagnes scientifiques	
	Habitat	Nourricerie	Baie de Seine	Baie de Somme
anguille	+		*	
bar		+	*	*
dragonnet lyre	+		*	*
chinchard		+	*	*
crevette grise	+		*	*
flet	+		*	*
gobies	+		*	*
grondin perlon		+	*	*
hareng		+	*	*
limande		+	*	*
merlan		+	*	*
motelle à 5 barbillons	+		*	*
petit tacaud	+		*	*
petite sole jaune	+		*	*
petite vive	+		*	*
plie		+	*	*
raie bouclée		+	*	*
seiche		+		*
sole		+	*	*
souris de mer	+		*	*
sprat		+	*	*
Tacaud commun		+	*	*

Toutes les campagnes, exceptée la COMOR ont fait l'objet d'une analyse des peuplements qu'elles présentent (Bertrand, 2004). L'étude a porté sur la série chronologique de 1997 à 2002 pour la CGFS et de 1995 à 2002 pour les campagnes des baies de Seine et de Somme. Les indices d'abondance ont permis de montrer que **les abondances de certaines espèces évoluaient dans le temps de façon significative** (CGFS : diminution pour le griset ; Nourricerie baie de Seine : augmentation des crevettes grises ; Nourricerie baie de Somme : diminution des juvéniles de harengs et de limandes ainsi que des souris de mer).

Les nombreuses études scientifiques des communautés qui ont été réalisées depuis 2004 à partir des données produites par CGFS et COMOR seront exploitées dans le cadre de la production du rapport final afin de permettre les comparaisons de données les plus pertinentes possibles.

#### 2.5.4. Suivi halieutique des Granulats de la Manche Orientale (2020)

Les données halieutiques présentées sont issues du programme CHARM (campagne CGFS réalisée en octobre par l'Ifremer sur la période 1988-2009, et campagne IBTS réalisée en juillet pendant la période 1989-2006). De ces résultats, seules les espèces identifiées comme structurantes du peuplement présent à l'échelle de la zone d'étude GMO sont présentées. Cependant, ces résultats halieutiques concernent une plus large échelle d'analyse que le projet d'extraction lui-même et se présentent à l'échelle de la Manche orientale. Les cartes ci-dessous montrent les abondances moyennes ou les probabilités de présence (en octobre ou juillet selon la campagne considérée).

#### 2.5.4.1. Les méthodes d'échantillonnage utilisées dans la zone d'étude

Entre les campagnes IBTS et CGFS, il existe des différences de résultats (aire de répartition d'une espèce ou aire de nourricerie selon le stade de maturité ou le sexe) notamment dues à la période différente d'échantillonnage de ces campagnes, mais aussi en raison de la méthode d'échantillonnage utilisée. Cependant, les campagnes CGFS et IBTS, réalisées une fois par an respectivement aux mois d'octobre et juin, ne permettent pas d'apprécier la variabilité saisonnière des espèces.

La campagne CGFS, ainsi que les 8 campagnes d'étude de l'ichtyofaune réalisées dans le cadre du PER Manche orientale en 2007 et 2008, utilisent une méthode d'échantillonnage standardisée au chalut de fond à grande ouverture verticale (GOV) avec des traits d'une durée de 30 minutes. Cette méthode permet un échantillonnage satisfaisant des espèces benthodémersales mais moins efficace pour les espèces pélagiques (en raison d'une plus faible capturabilité).

**L'engin de pêche utilisé lors des campagnes CGFS est un chalut de fond à Grande Ouverture Verticale (GOV) de 3 m en ouverture verticale et 10 m en ouverture horizontale. Ses dimensions sont de 19,70 m (bourrelet) sur 25,90 m (corde de dos). Il a été choisi en priorité pour la capture des espèces démersales, avec un maillage de 10 mm de côté pour la capture des jeunes individus (juvéniles). La durée de chaque chalutage est de 30 minutes.**

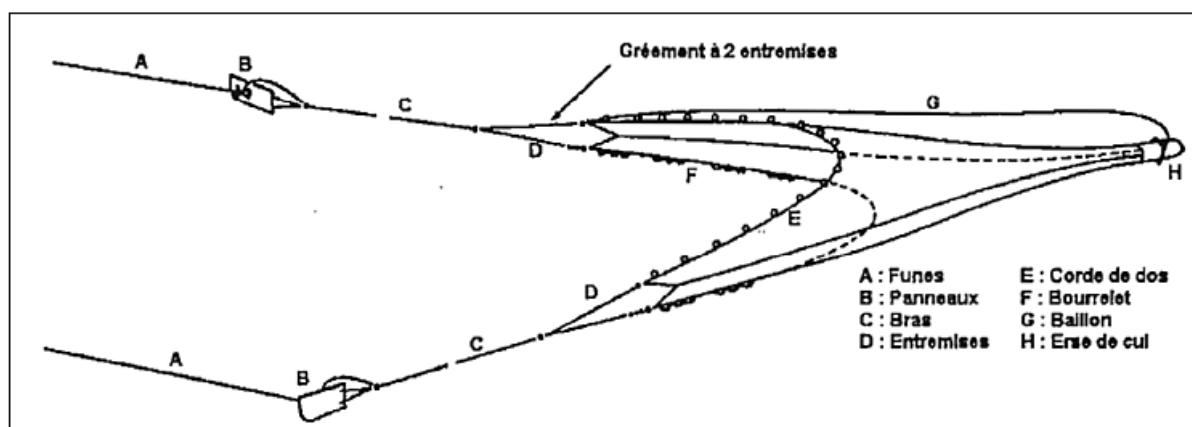


Figure 37 : représentation du chalut GOV des campagnes CGFS.

Dans les données CGFS, les crustacés et les mollusques du mégabenthos (coquilles Saint Jacques comprises) ne représentent qu'un faible pourcentage des abondances et biomasses, du fait de leur faible capturabilité par l'engin utilisé. Ainsi, ils ne sont pas pris en compte dans l'étude GMO. Les espèces de poissons inféodées aux fonds et sans intérêt économique ne sont pas reprises dans les analyses (exemple les lançons, les gobies, les blennies, le lepadogaster...). Les organismes comme les méduses ont également été retirés des analyses.

Dans le cadre du PER, c'est le chalutier « Patron Jean Tabourel » qui collabore en tant que bateau référent. Toujours dans le cadre du PER, les campagnes diurnes et nocturnes semblent assez similaires en termes de richesse spécifique.

Les espèces sont regroupées en guildes en fonction de leur appartenance à un même groupe fonctionnel pour faciliter les analyses :

- les espèces benthodémersales (bar, callionyme lyre, congre, cténolabre rupestre, églefin, émissole lisse, émissole tachetée, grande roussette, griset, grondin perlon, grondin rouge, grondin strié, labre mêlé, lieu jaune, merlan, merlan bleu, morue, pastenague commune,



petit tacaud, petite roussette, raie bouclée, raie brunette, raie lisse, requin hâ, rouget barbet, saint pierre, seiche commune, sépiole, sole commune, tacaud commun, targeur) ;

- les espèces pélagiques (anchois, chinchard commun, encornet blanc, encornet veiné, encornets, maquereau commun, mullet doré, sardine commune).

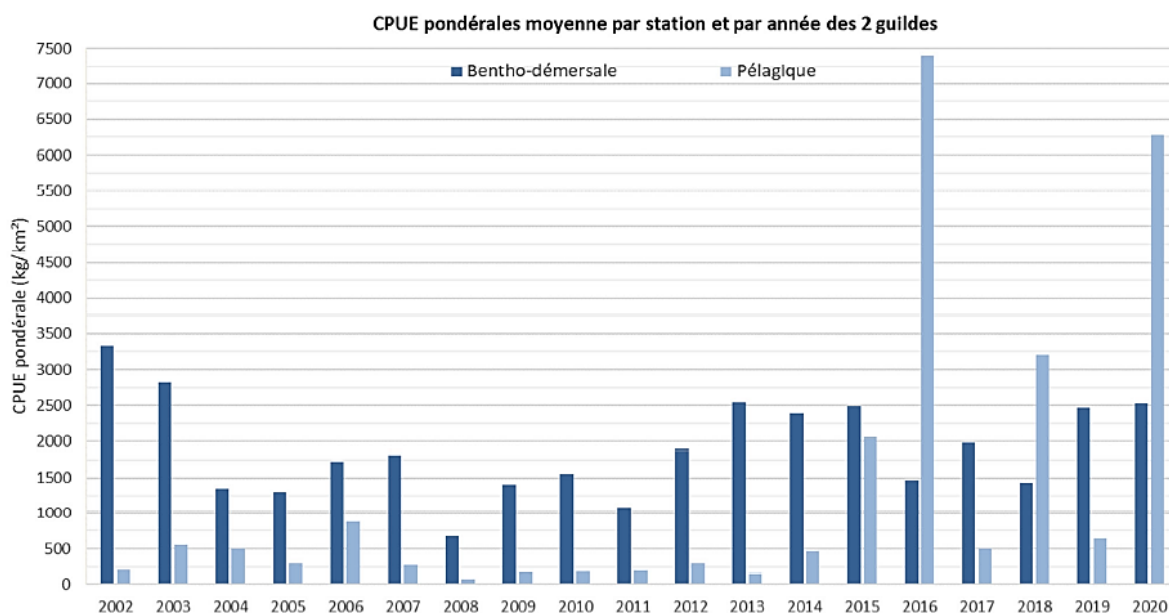


Figure 38 : total des Captures Par Unité d'Effort (CPUE<sup>28</sup>) pondérales des espèces (kg/km<sup>2</sup>) formant les guildes bentho-démersale et pélagique lors des campagnes CGFS.

L'augmentation forte des CPUE des pélagiques est visible en 2015, 2016 et 2018 est principalement due aux effectifs importants de chinchard commun et de sardine commune (2015). Comme expliqué en introduction le type d'engin utilisé lors du prélèvement explique la faible capturabilité de la guildes pélagique par rapport à celle bentho-démersale pour laquelle est conçu l'engin. Toutefois, les espèces pélagiques grégaires (comme c'est le cas par exemple pour le chinchard commun) peuvent se voir mieux représentées sporadiquement.

Bien que les tendances évoluent au cours du temps, il ressort toutefois une tendance dans la distribution spatiale des espèces sur la totalité de la série historique CGFS de 1988 à 2020. Les pélagiques sont plus présents à l'est du secteur et les sélaciens sont fort présents dans l'ensemble de la zone.

#### 2.5.4.2. Les espèces structurantes du peuplement de la zone d'étude

De manière générale, la petite roussette, le chinchard adulte, l'encornet veiné, l'encornet blanc, le requin hâ, le griset adulte, la grande roussette, le petit tacaud, le grondin rouge et la raie bouclée adulte présente de larges aires de répartition en Manche orientale. Ces espèces sont communes en Manche orientale, et donc sur le secteur de la concession GMO.

Les données issues des campagnes BTS et CGFS ont permis d'établir la classification de l'ichtyofaune de la Manche orientale. Selon Vaz *et al.*, 2007, la zone couvre 2 des 4 assemblages principaux :

- L'assemblage de typologie 1 situé au centre de la Manche orientale et caractérisé par des sédiments durs et une température et salinité élevée. Cet assemblage est dominé par les

<sup>28</sup> Quantité capturée des espèces divisée par le temps passé à capturer.

séliciens tels que les roussettes, la raie bouclée, le petit tcaud, le grondin rouge et le grisset;

- L'assemblage de typologie 2 situé au sud de la zone d'étude et caractérisé par des fonds de sables grossiers et des conditions hydrologiques intermédiaires entre côte et large. Cet assemblage se compose de poissons benthodémersaux tels que le callionyme lyre, le rouget-barbet de roche et les grondins, et de poissons pélagiques comme le maquereau et la sardine.
- La Figure 39 montre une limite spatiale de répartition des deux peuplements observés (Type 1 et Type 2) entre les parties Nord et Sud au milieu de la zone d'extraction de granulats marins.

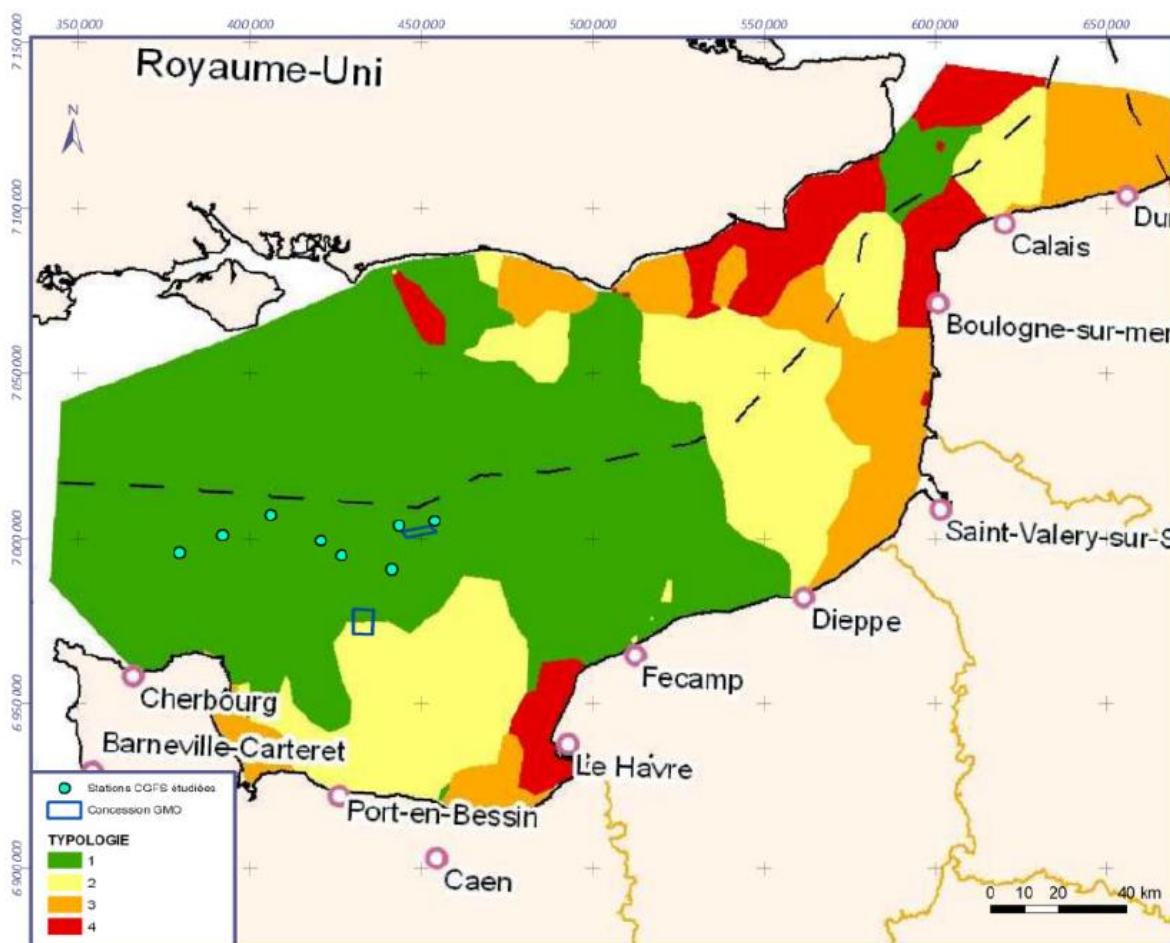
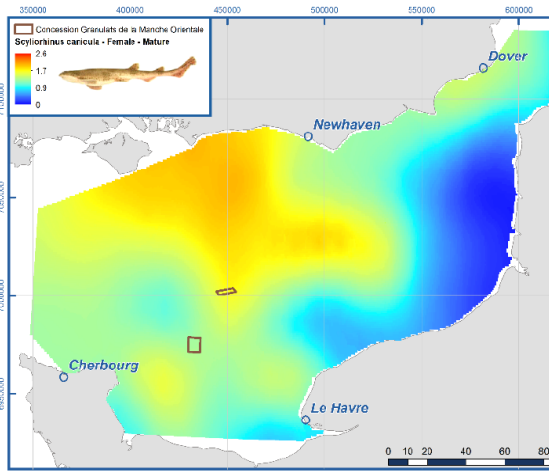


Figure 39 : distribution spatiale des assemblages piscicole en Manche orientale de 1988 à 2004 (Vaz et al., 2007).

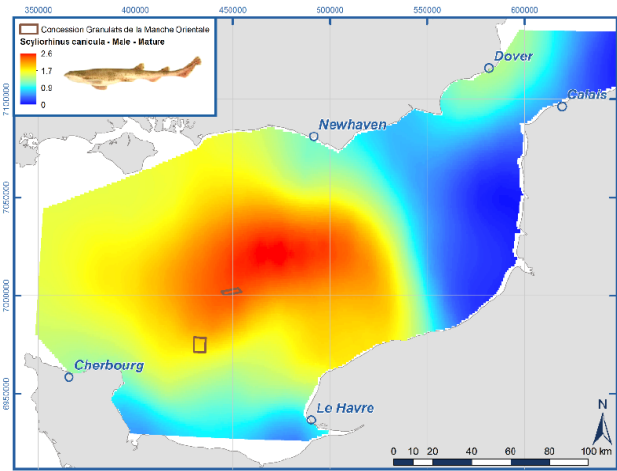
La Figure 40 présente la distribution des espèces issue du programme CHARM et disponible au moyen du portail Sextant de l'Ifremer. La position de la zone d'extraction est proposée également à titre d'information. La répartition des espèces à l'échelle de la Manche et de la Mer du Nord est donc relativement bien renseignée actuellement.

Les informations à l'échelle de notre zone d'étude font cependant défaut.

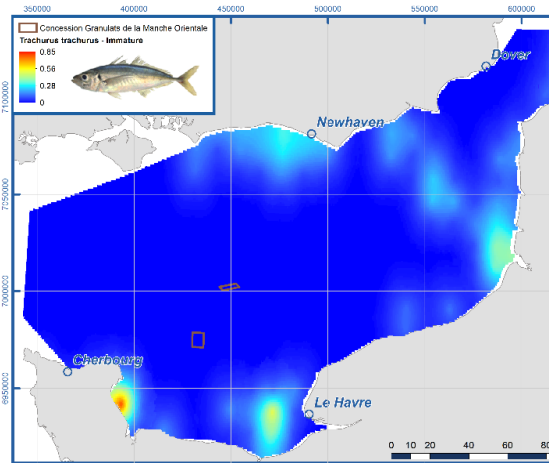
**Petite Roussette (*Scyliorhinus canicula*) Femelle >1an CGFS (1988-2006)**



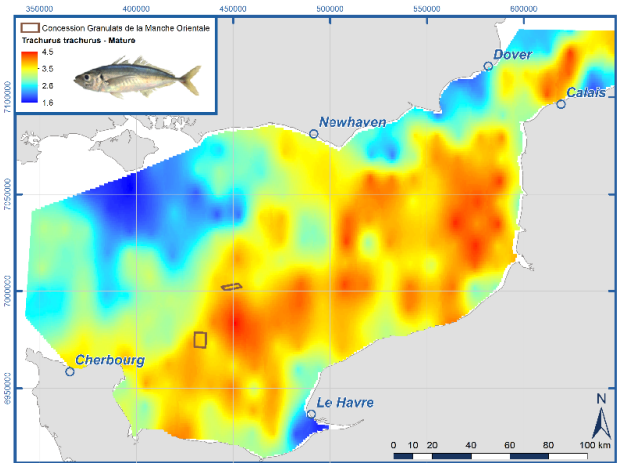
**Petite Roussette (*Scyliorhinus canicula*) Mâle >1an CGFS (1988-2006)**



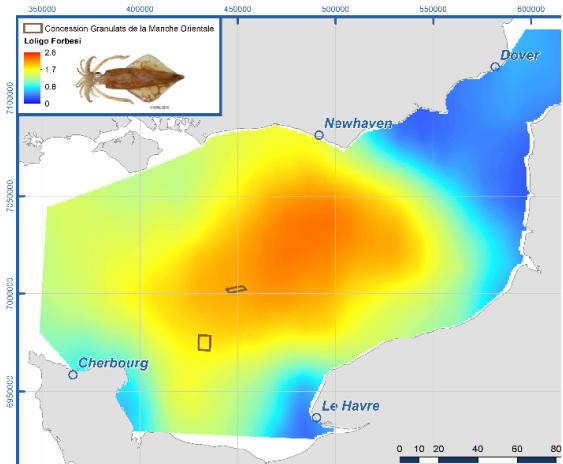
**Chinchard commun (*Trachurus trachurus*) <1an CGFS (1988-2006)**



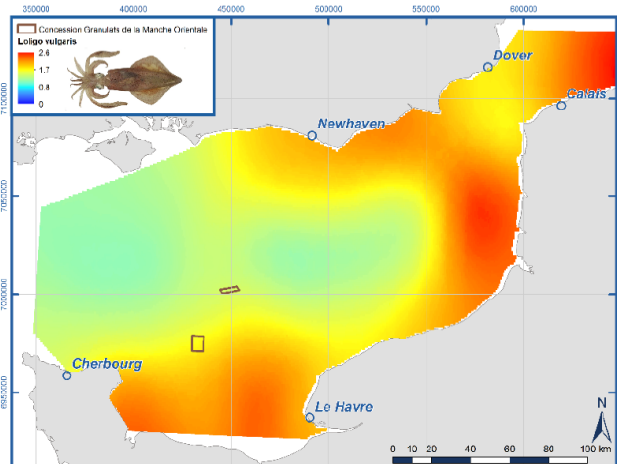
**Chinchard commun (*Trachurus trachurus*) >1an CGFS (1988-2006)**



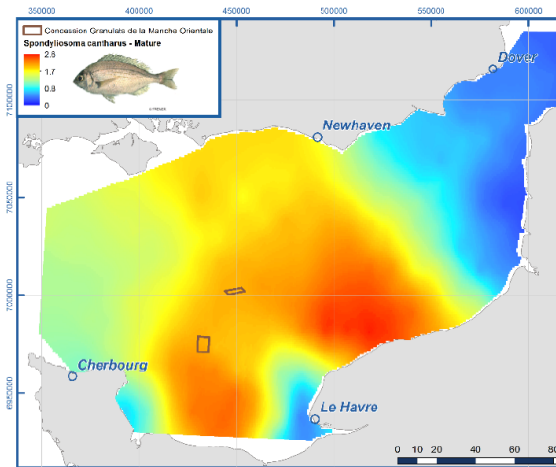
**Encornet veiné (*Loligo forbesi*) CGFS (1993-2006)**



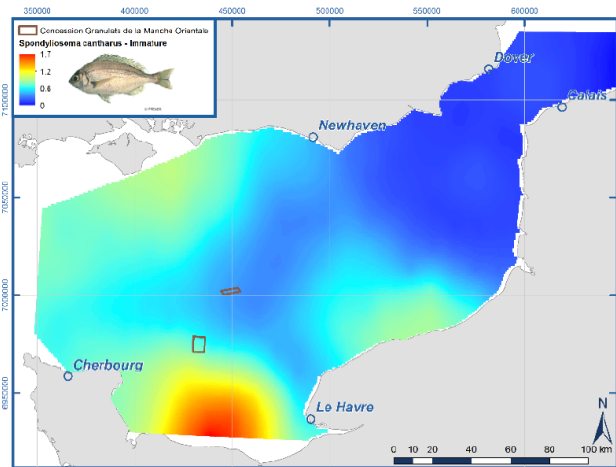
**Encornet blanc (*Loligo vulgaris*) CGFS (1993-2006)**



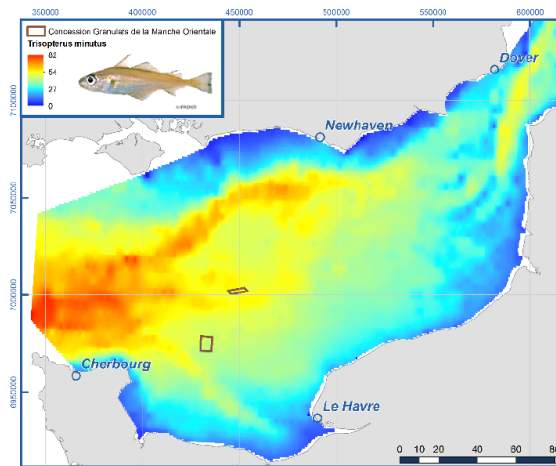
Griset (*Spondyliosoma cantharus*) > 1 ans CGFS (1988-2009)



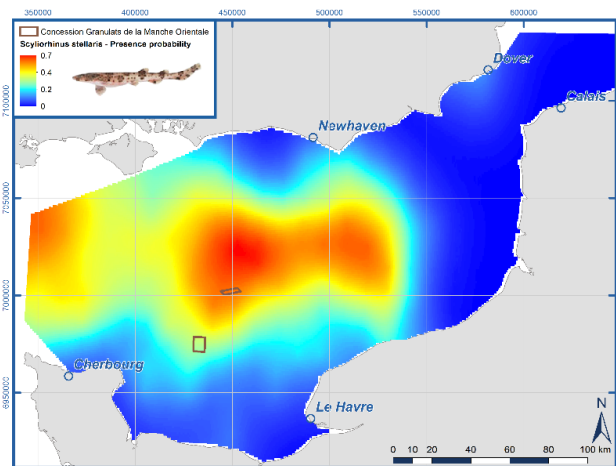
Griset (*Spondyliosoma cantharus*) < 1 ans CGFS (1988-2009)



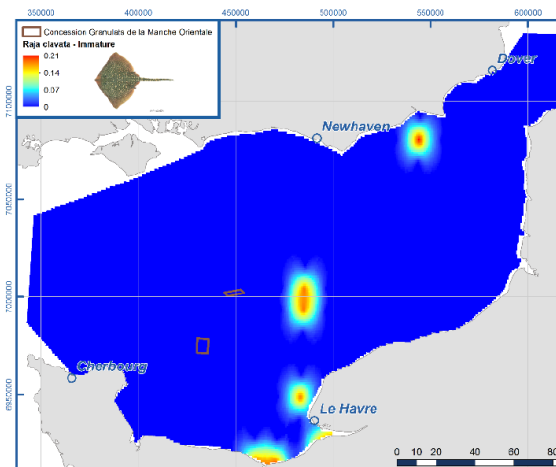
Petit tacaud (*Trisopterus minutus*) CGFS (tous âges) (1988-2006)



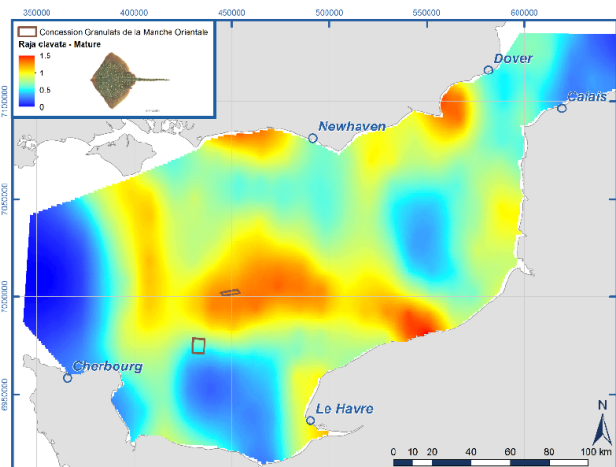
Grande Roussette (*Scylliorhinus stellaris*) CGFS (tous âges) (1988-2006)



Raie bouclée (*Raja clavata*) < 1an CGFS (1988-2009)



Raie bouclée (*Raja clavata*) >1an CGFS (1988-2009)



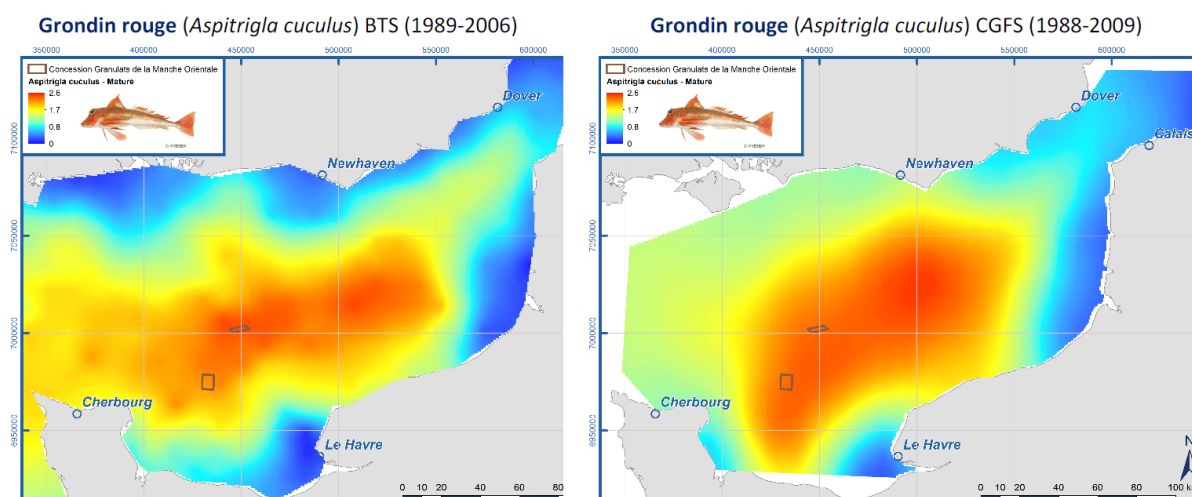


Figure 40 : abondance pluriannuelle des campagnes CGFS et/ou IBTS des espèces structurantes de la zone d'étude (source : CHARM/sextant).

Quatre groupes d'espèces sont ainsi distingués selon leur fréquence d'occurrence (Figure 41 et Figure 42) :

- Les espèces constantes (moyenne supérieure à 75 %) : Grondin rouge, Griset, Chinchard commun et Grondin strié ;
- Les espèces communes (moyenne comprise entre 50 et 75 %) : Rouget barbet, Petite roussette, Seiche, Petit tacaud, Encornet, Grondin perlon et Merlan ;
- Les espèces occasionnelles (moyenne comprise entre 25 et 50 %) : Bar commun, Raie bouclée, Morue, Tacaud commun, Émissole tachetée, Plie commune, Limande commune, Saint-pierre, Grande roussette et Callionyme ;
- Les espèces rares (moyenne comprise entre 10 et 25 %) : Émissole lisse, Hareng, Lieu jaune, Maquereau commun, Raie brunette et Sole.



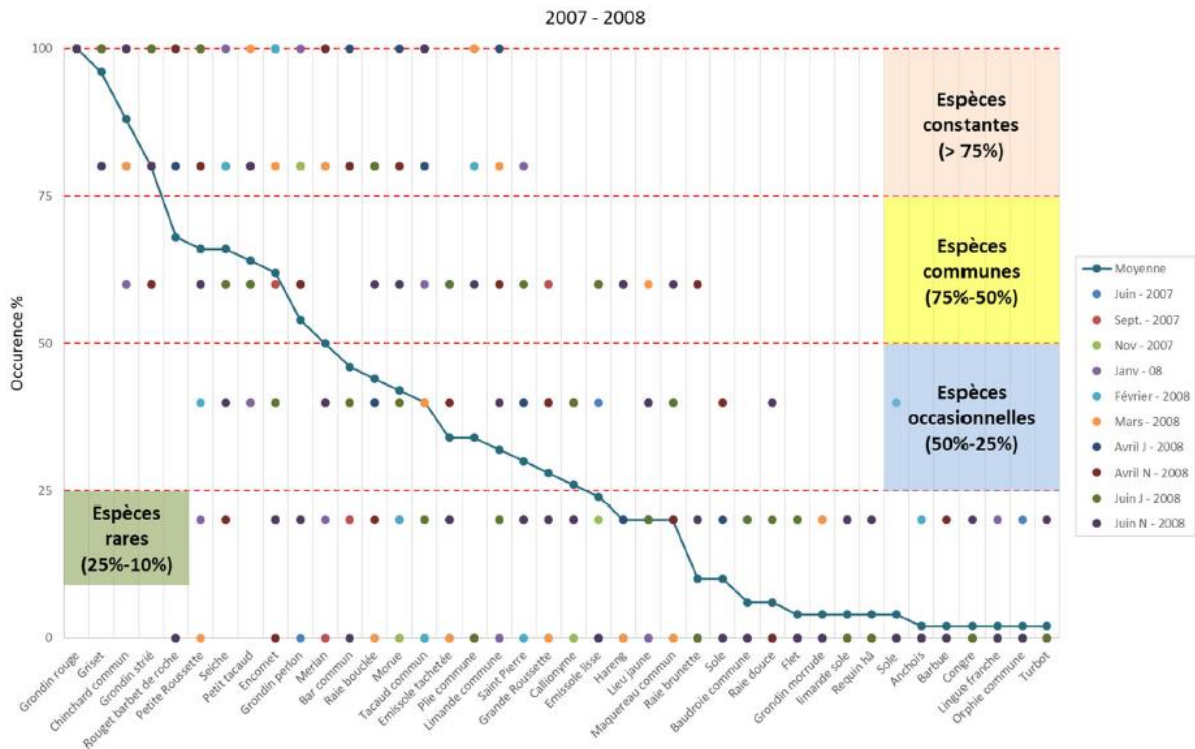


Figure 41 : caractérisation des espèces constantes, communes, occasionnelles et rares lors des campagnes halieutiques du PER Manche orientale.

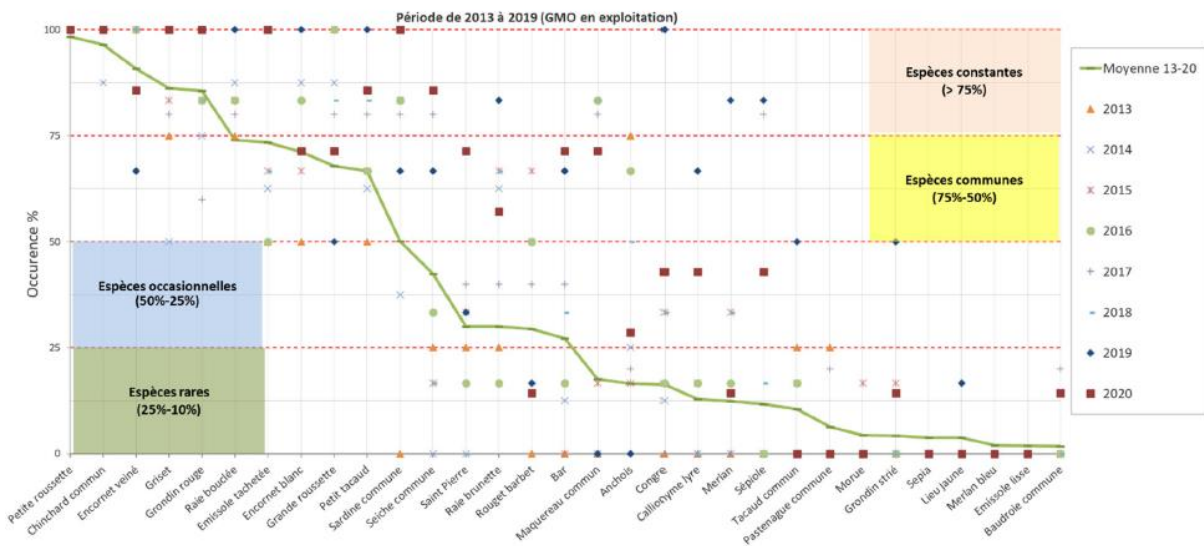


Figure 42 : caractérisation des espèces constantes, communes, occasionnelles et rares pour la période 2013-2020 (campagnes CGFS).

Ces résultats concordent de manière générale avec les résultats des séries historiques CGFS et IBTS.

Les différentes campagnes réalisées lors du PER GMO ont permis d’observer les fluctuations saisonnières de la composition halieutique de la zone. Le peuplement reste toutefois dominé par 3 espèces (grondin rouge, griset et petite roussette) qui représentent plus de 50 % de la CPUE. Le peuplement étudié est typique de la partie centrale de la Manche. L’ensemble des résultats montre qu’il n’y a pas de différence de peuplement entre les stations, seuls les rangs des espèces permutent selon le flux saisonnier des populations.

Pour les campagnes CGFS, la richesse spécifique totale de l'ichtyofaune fluctue entre 14 et 24 espèces (Figure 43) selon les années, ainsi qu'entre 2 et 4 espèces pour les céphalopodes. La richesse spécifique totale est caractérisée par des fluctuations interannuelles importantes, plus particulièrement pour l'ichtyofaune où des écarts conséquents peuvent être observés entre 2 années consécutives. L'évolution de la richesse spécifique par année et par station permet de visualiser les fluctuations temporelles et spatiales du peuplement. Les mêmes stations, aux conditions environnementales relativement stables au cours des années, peuvent présenter de fortes variations de la richesse spécifique d'une année à l'autre.

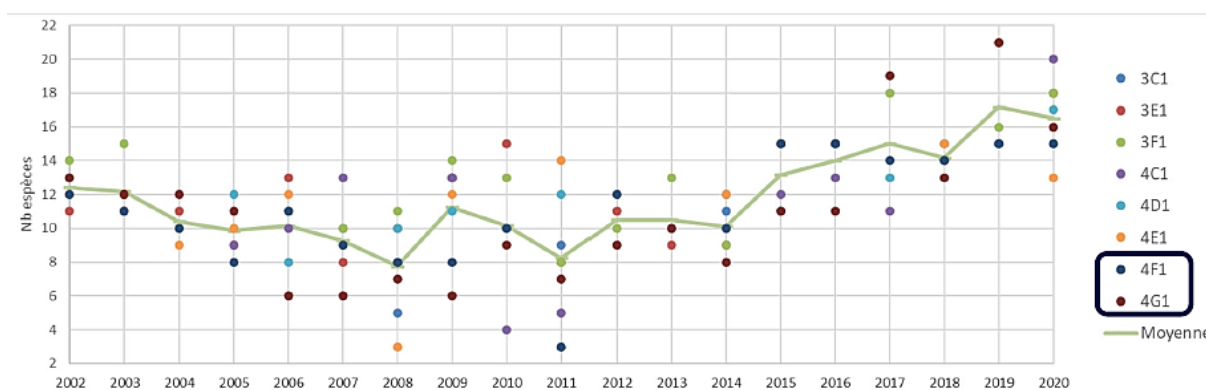


Figure 43 : évolution de la richesse spécifique par année pour l'ichtyofaune et les céphalopodes (données CGFS).

#### 2.5.4.3. Analyse des espèces selon leur sensibilité aux perturbations du fond marin

Dans le cadre du GMO, et en collaboration avec l'Ifremer, le regroupement des espèces a pu être réalisé pour les espèces les plus communes et pour lesquelles des informations sur les modes de vie et leur sensibilité par rapport à une perturbation du fond marin existent (Tableau 9). Les activités de dragage peuvent en effet avoir un effet neutre mais également un impact potentiellement négatif (groupe des espèces sensibles) ou positif (espèces opportunistes) sur certaines espèces.

Tableau 9 : regroupement des espèces benthodémersales communes sur la zone en fonction de leur sensibilité à l'activité du site (dragage), source : CSLN.

Liste réduite des espèces communes	Caractère Sensible (impact négatif)	Caractère opportuniste (impact positif - attraction)
Callionyme lyre	X	
Congre	X	
Emissole tachetée	X	
Grande roussette	X	
Griset		X
Gronquin rouge		X
Merlan		X
Petit tacaud		X
Plie		X
Petite roussette	X	
Raie bouclée	X	
Raie brunette	X	
Requin hâ		X
Rouget barbet		X
Sole commune		X
Tacaud commun		X

### 2.5.5. Conclusion

La zone d'étude est située loin des côtes, au sein d'une vaste zone accueillant des espèces diversifiées et associées à des enjeux économiques plus ou moins forts. Les connaissances relatives aux fonctionnalités écologiques et à l'utilisation du site aux différents moments de la vie des espèces concernées méritent encore d'être précisées à l'échelle de la zone d'étude. En particulier nous pourrions exploiter les travaux d'Auber présentés notamment dans McLean *et al.* (2019).

La prise en compte des effets cumulés dans ce secteur fortement concerné par les activités anthropiques implique un besoin d'informations comparables à celles produites dans le cadre des autres projets voisins. Dans le cadre de la production du rapport final, nous pourrions, à ce titre, exploiter les travaux de Nogues *et al.* (2022).

La connaissance des espèces fréquentant la Manche est bonne, en particulier pour les espèces d'intérêt économique telles que la Coquille Saint-Jacques, le Bulot ou la Sole. Or l'enjeu associé au Bulot est également en pleine croissance. Plutôt que de s'intéresser aux ressources par métier, nous proposons donc une approche écosystémique en accord avec l'ensemble de l'étude.

Pendant le temps de l'étude, qui est court, nous nous intéressons donc aux fonctionnalités écologiques de la zone de projet. Nous voulons préciser quand sont présentes les différentes espèces connues et à quels stades de leur vie. Cette démarche permet d'intégrer les effets indirects sur les peuplements de poissons, mollusques et crustacés. Une approche par métier limite les possibilités de conclusion en se focalisant sur l'état d'un stock de pêche à un moment donné et pour une surface fixe, délimitée sans rapport direct avec la répartition des espèces concernées. De plus l'évolution inter-annuelle des abondances est forte pour certaines espèces halieutiques déjà suivies par l'Ifremer, ce qui limite les possibilités de conclusion par espèce à l'échelle de notre secteur d'étude avec un suivi court. Néanmoins d'autres suivis tels que COMOR pour la Coquille-Saint-Jacques pallient cette lacune en connaissances.

## 2.6. Paysage et patrimoine culturel

### 2.6.1. Périmètre de l'aire d'étude paysagère

Le cahier des clauses techniques particulières de l'état actuel de l'environnement du parc éolien au large de la Normandie (AO4) précise dans le paragraphe qui porte sur l'étude paysagère (page 42) : *Les études sont réalisées à l'échelle de l'aire d'étude éloignée et le littoral dans un périmètre de 40 km autour de la zone de l'appel d'offres.*

Au regard de l'enjeu majeur que représentent les tours-observatoires de Tatihou et de la Hougue, inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO, et des résultats de l'étude commanditée en 2020 par la DGEC à leur sujet <sup>29</sup>, ce périmètre de 40 km apparaît trop restreint. En effet, l'étude met en évidence la présence d'une série de points de vue remarquables depuis lesquels les tours-observatoires sont visibles à distance, et en situation de covisibilité potentielle avec le projet éolien. Localisés sur la façade orientale de la presqu'île du Cotentin, et plus au sud le long du littoral du Bessin, ces points de vue sont très majoritairement situés à plus de 40 km de la Zone d'étude en mer, et ponctuellement à plus de 50 km (Utah Beach : 50,3 km ; Tour Vauban de Port-en-Bessin : 50,6 km).

Par ailleurs, la hauteur totale des éoliennes du projet AO4 sera supérieure à celle des projets en mer plus anciens qui vont prochainement apparaître sur le littoral normand. Relativement à la plus basse

<sup>29</sup>Étude pour la bonne prise en compte des enjeux relatifs à la préservation des tours-observatoires de Tatihou et de la Hougue » (DGEC -DRAC et DREAL Normandie - K.urbain - Agence Couasnon / novembre 2020).

mer astronomique (PBMA), cette hauteur totale est de l'ordre de 185 m pour les projets de Courseulles-sur-Mer et de Fécamp. Elle pourrait approcher 300 m pour le projet AO4.

Pour mémoire, l'aire d'étude éloignée des études paysagères des parcs de Courseulles-sur-Mer et de Fécamp s'étendait jusqu'à 30 km des zones d'implantation de ces deux projets. La hauteur apparente d'une éolienne perçue dans les paysages étant inversement proportionnelle à la distance à laquelle elle est observée, et les éoliennes du projet AO4 sensiblement plus hautes, l'aire éloignée de la présente étude paysagère doit nécessairement être plus étendue. On peut estimer cette distance D par la formule suivante :  $D = 0,300 / 0,185 * 30 = 48,648$  km, soit environ **50 km**.

Sur la base de ce double constat, le contour de l'aire éloignée de l'étude paysagère s'établit :

- en mer : à **50 km** de la Zone d'étude en mer ;
- sur le continent : à une distance de l'ordre de **50 km**, qui a été ajustée en fonction des caractéristiques des paysages terrestres :
- Sur la façade orientale de la presqu'île du Cotentin, l'aire éloignée englobe les coteaux qui s'élèvent à distance du trait de côte, et qui offrent de nombreuses vues sur le paysage maritime et donc potentiellement sur le futur parc éolien. Dans certains secteurs, l'aire éloignée s'étend ainsi jusqu'à plus 8 km du trait de côte maritime.
- Au Sud et le long du littoral du Bessin, caractérisé par ses hautes falaises qui surplombent la Manche et par l'absence de coteaux dominant la mer depuis le rétro-littoral, le contour de l'aire éloignée établit à une distance plus faible du trait de côte, de l'ordre de 1 à 2 km.

#### *Périmètre de l'étude paysagère et patrimoniale au regard des consignes du cahier des charges de l'état initial environnemental du projet AO4*

Rédigé en 2021, le cahier des charges de l'état initial environnemental du projet AO4 précise dans son paragraphe « 2.3.3. Etude paysagère » (page 42 du cahier des charges) : *Les études sont réalisées à l'échelle de l'aire d'étude éloignée et le littoral **dans un périmètre de 40km autour de la zone de l'appel d'offres*** »

Ce périmètre de 40km autour de la zone de l'appel d'offres avait servi de base pour dimensionner l'étude paysagère et patrimoniale du projet AO4, dans l'offre transmise en 2021 par Sinay et ses sous-traitants (dont fait partie l'Atelier de l'Isthme)



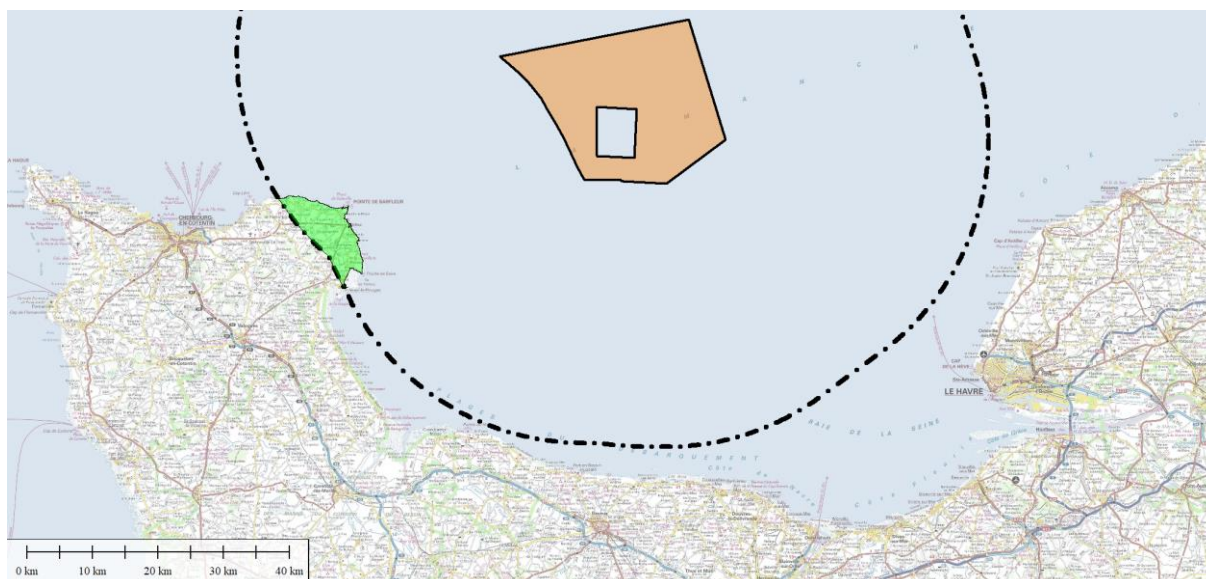


Figure 44 : représentation du périmètre de 40 km autour de la zone de l'appel d'offres, dédié à l'étude paysagère dans sa version initiale.

- surface terrestre de l'aire d'étude: 75 km<sup>2</sup>
- linéaire côtier : 27 km de Cosqueville à Saint-Vaast-la-Hougue (50)

*Nouveau périmètre de l'étude paysagère et patrimoniale (validé le 4 novembre 2022)*

La réunion du 4 novembre 2022 a abouti à la validation d'un nouveau périmètre de l'étude paysagère et patrimoniale, **porté à 50 km autour de la zone de l'appel d'offres** (ponctuellement davantage, afin de prendre en compte le site classé « la Côte d'Albâtre », partie du Grand Site de France des falaises d'Etretat – Côte d'Albâtre ; le Havre, ville partiellement inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO).

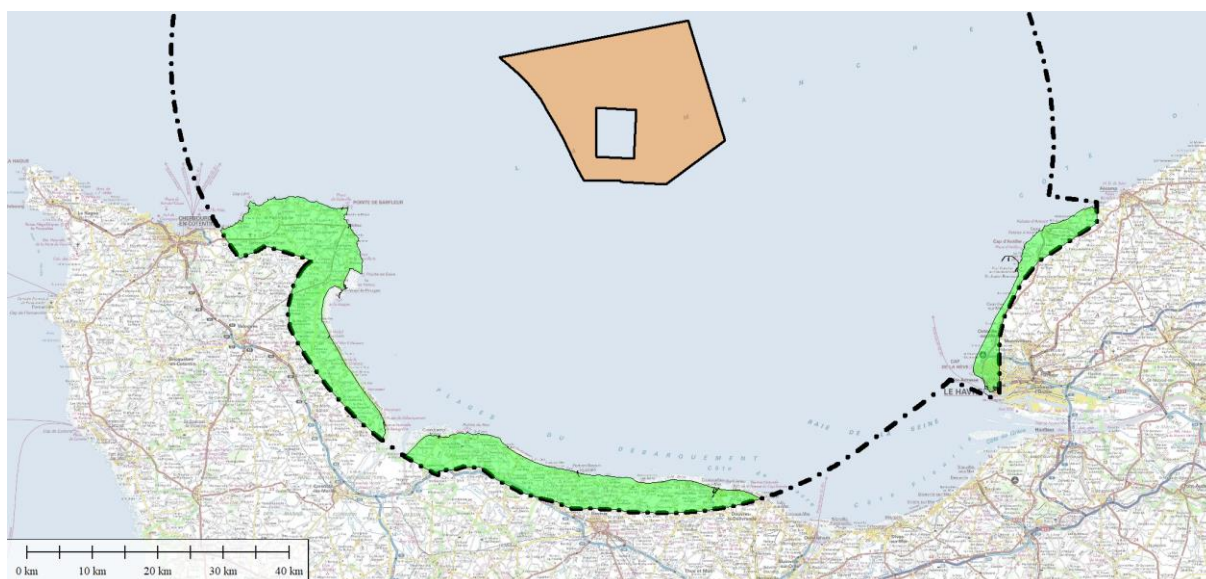


Figure 45 : représentation du périmètre de 50 km autour de la zone de l'appel d'offres, dédié à l'étude paysagère dans sa version finale.

- surface terrestre de l'aire d'étude éloignée : 617 km<sup>2</sup>



- linéaire côtier : 168 km de Bretteville (50) à Yport (76)

Ce nouveau périmètre étend très significativement la surface terrestre de l'aire d'étude éloignée (7 fois plus étendue) et le linéaire côtier à analyser (5 fois plus long).

Finalement, l'aire éloignée de l'étude paysagère englobe le littoral normand depuis les environs du Cap Lévi (Manche) jusqu'à Port-en-Bessin (Calvados) et intègre les site du Havre et d'Étretat..

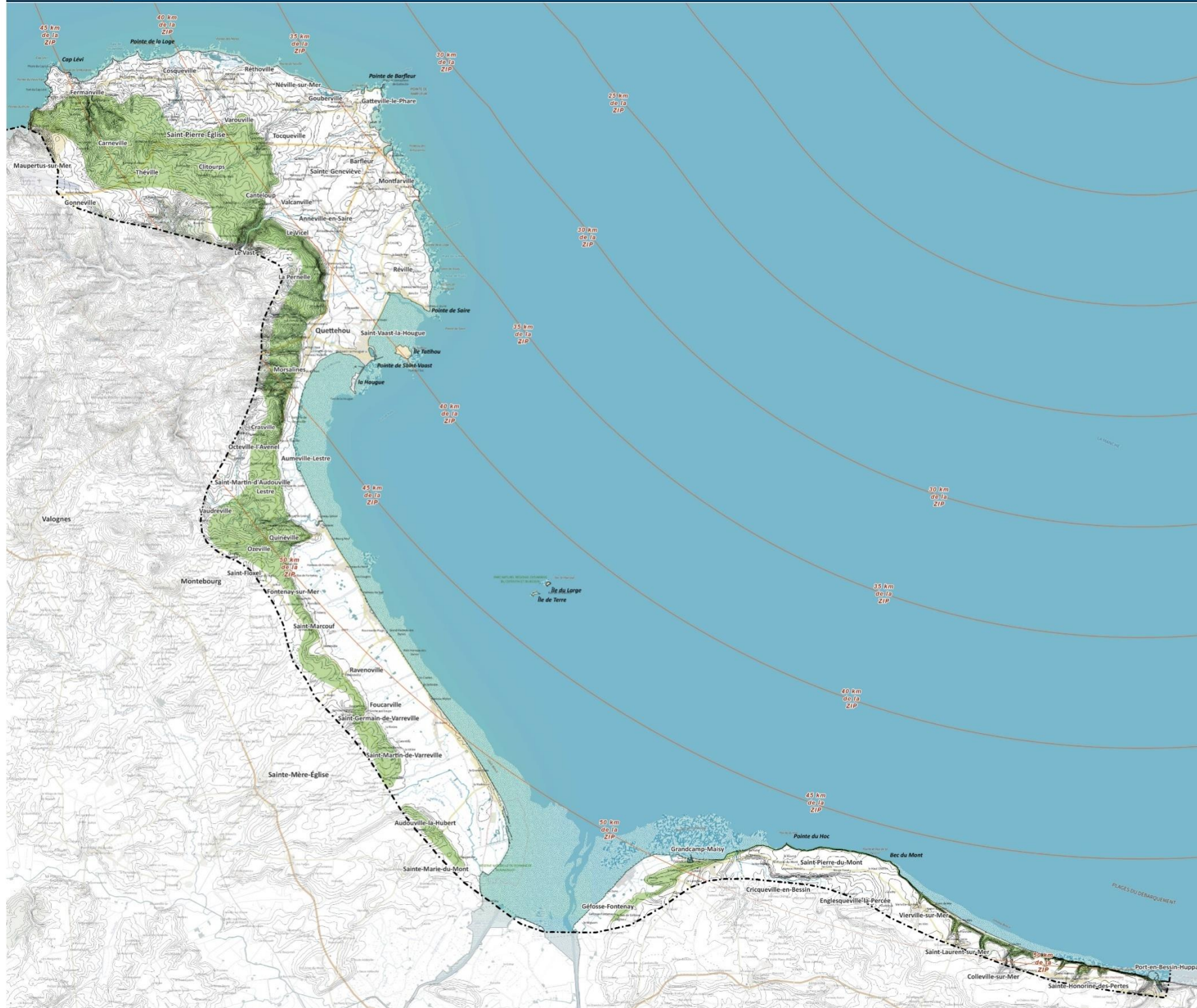




MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE  
**PAYSAGE ET PATRIMOINE CULTUREL : AIRE D'ÉTUDE ÉLOIGNÉE**  
 ZOOM SUR LA PARTIE TERRESTRE

ATELIER DE L'ISTHME  
 PAYSAGE ET URBANISME

SINAY  
 MARITIME DATA SOLUTION



- Aire d'étude éloignée
- Ligne d'isodistance à la Zone d'étude en mer
- Coteaux et falaises délimitant les bassins visuels du littoral maritime



Carte réalisée par l'Atelier de l'Isthme, 06/02/2022  
 Fond cartographique : IGN Bd Topo, Plan IGN

Figure 47 : carte de l'aire d'étude éloignée, partie terrestre.

## 2.6.2. Paysage

### 2.6.2.1. Unités de paysage

Finalisé en 2020, l'atlas des paysages de la Manche (DREAL Normandie - agence AGAP / 2020) constitue pour ce département une mise à jour de l'inventaire régional des paysages de Basse-Normandie (DIREN et Conseil Régional de Basse-Normandie), qui date de 1994.

L'aire d'étude éloignée englobe partiellement 4 des 21 unités de paysage décrites dans l'atlas des paysages de la Manche :

- deux unités de paysage littorales :
  - la côte basse, rocheuse et maraîchère du Val de Saire ;
  - la baie des Veys, ses plages et marais arrière-littoraux ;
- deux unités de paysage en retrait du littoral :
  - le val de Saire intérieur et boisé ;
  - le bas plateau calcaire du Plain et du bocage Valognais ;

Dans le Calvados et en l'absence d'atlas des paysages départemental, le découpage présenté dans l'inventaire régional des paysages de Basse-Normandie fait toujours référence. L'aire d'étude éloignée y englobe partiellement 3 unités de paysage :

- deux unités de paysage littorales :
  - la côte à falaises du Bessin ;
  - la baie des Veys (prolongement oriental de la partie de l'unité de paysage située dans le département de la Manche) ;
- une unité de paysage en retrait du littoral : le Bessin.

Les principales caractéristiques de chaque unité de paysage, telles qu'elles sont présentées dans ces deux documents de référence, sont rappelées dans la suite du paragraphe.



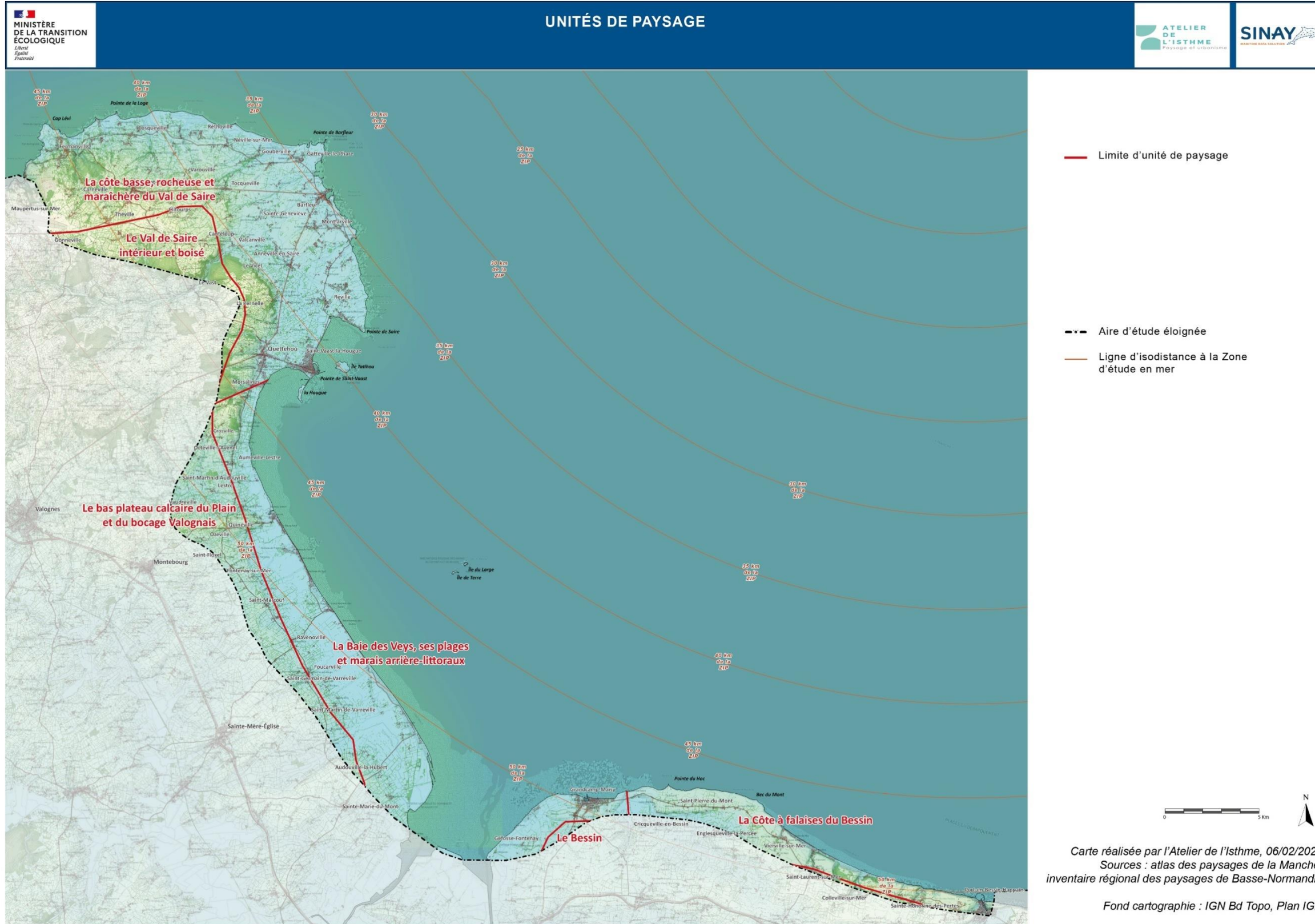


Figure 48 : carte des unités de paysage.



## Principales caractéristiques paysagères de la côte basse, rocheuse et maraîchère du Val de Saire

- La bande littorale basse et rocheuse :
  - des pointes rocheuses et des falaises mortes ;
  - de petites plages à platiers et des marais arrière-dunaires ;
  - une plaine littorale ;
  - des villages et hameaux côtiers.
- La basse plateforme maraîchère :
  - une campagne à dominante maraîchère dépourvue de bocage ;
  - des contreforts bocagers aux limites du plateau du Val de Saire intérieur ;
  - autour des cours d'eau, des prairies drainées.

### LA CÔTE BASSE, ROCHEUSE ET MARAÎCHÈRE

#### DU VAL DE SAIRE - Caractérisation

- MARÉE HAUTE
- MARÉE BASSE

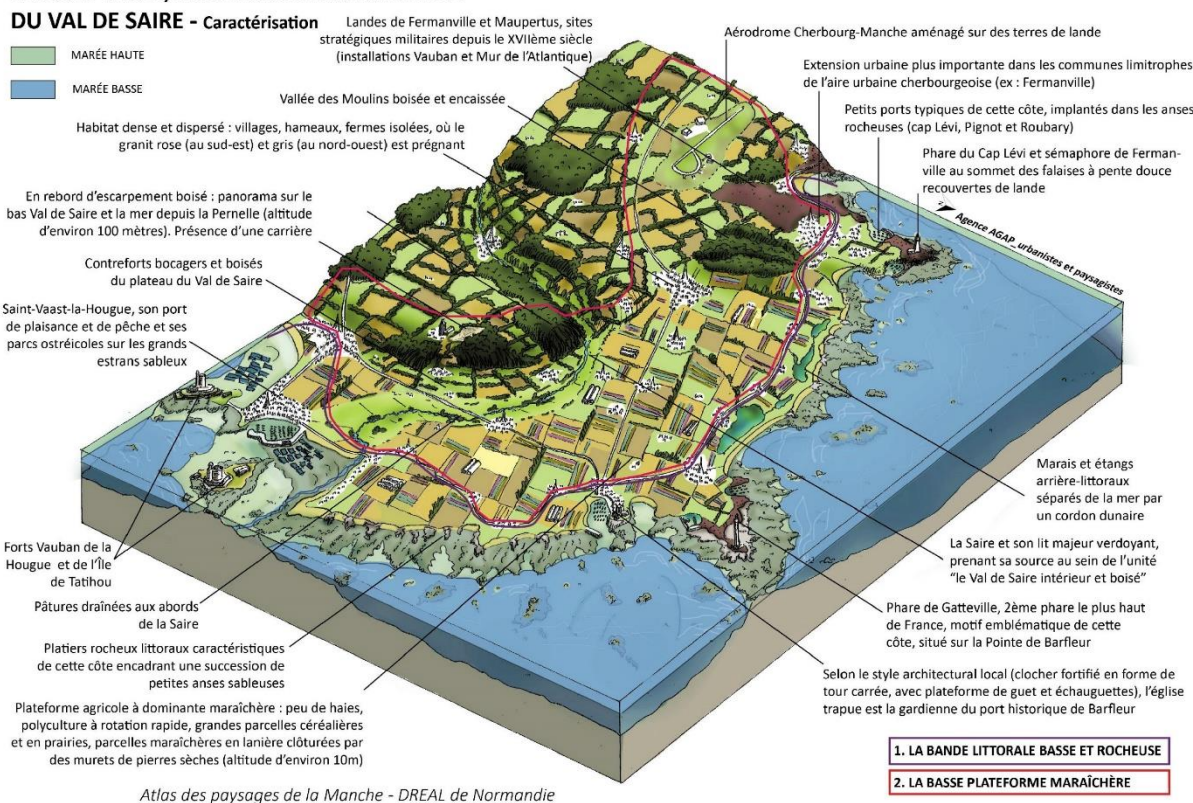


Figure 49 : bloc-diagramme des paysages de la côte basse, rocheuse et maraîchère du Val de Saire  
Source : atlas des paysages de la Manche / DREAL Normandie - agence AGAP / 2020.

## Principales caractéristiques paysagères de la Baie des Veys, ses plages et marais arrière-littoraux

- Les herbages et marais arrière-littoraux :
  - des étendues humides de prairies fauchées et pâturées ;
  - les coteaux bocagers et habités du bas plateau du Plain.
- Le cordon dunaire :
  - les larges vasières de la baie de Morsalines ;
  - la côte urbanisée, de Quinéville à Saint-Germain-de-Varreville ;
  - la côte sauvage, de Saint-Germain-de-Varreville à la réserve naturelle de Beauguillot.
- La baie des Veys :
  - des prairies humides au maillage complexe de fossés et de digues ;
  - de grands polders géométriques et cultivés ;
  - l'estuaire et son vaste estran ;
  - Les falaises mortes urbanisées de Sainte-Marie-du-Mont.

### LA BAIE DES VEYS, SES PLAGES ET MARAIS ARRIÈRES-LITTORAUX

#### - Caractérisation

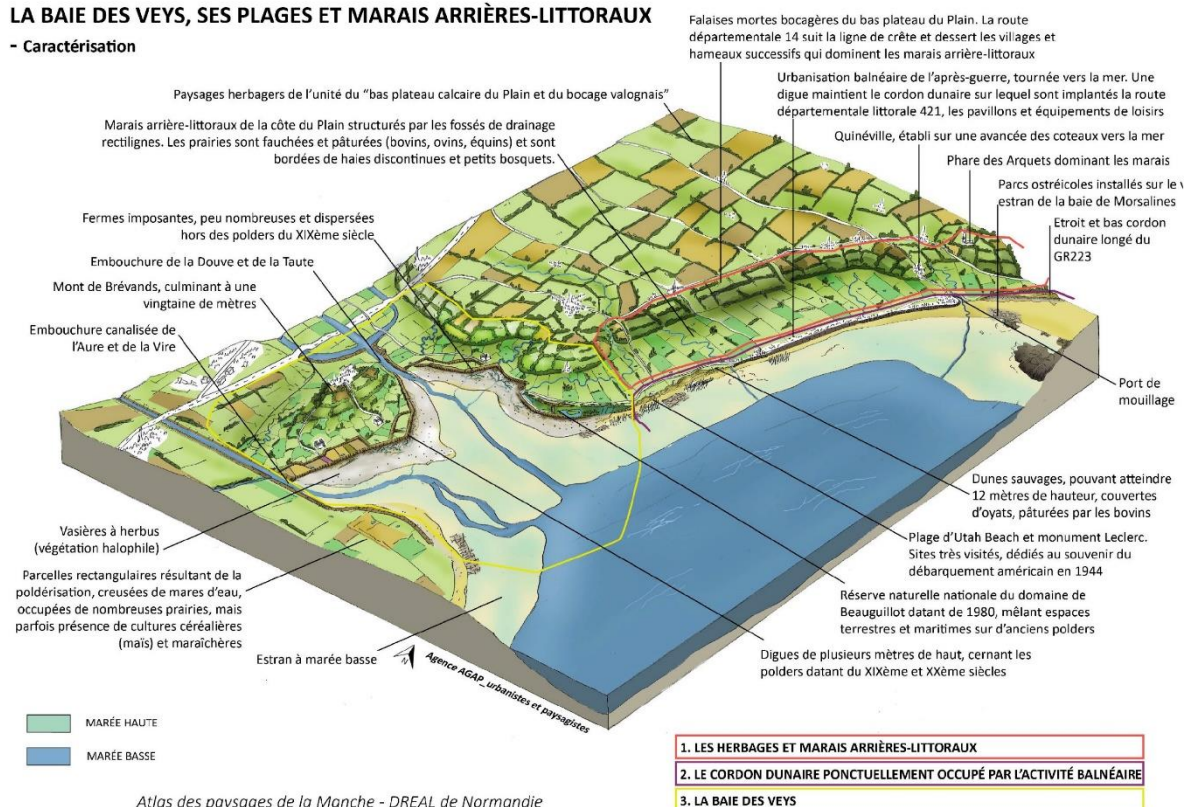


Figure 50 : bloc-diagramme des paysages de la Baie des Veys

Source : atlas des paysages de la Manche / DREAL Normandie - agence AGAP / 2020.

## Principales caractéristiques paysagères du Val de Saire intérieur et boisé

- Le plateau ondulé, bocager et boisé :
  - un plateau agricole et bocager ;
  - de nombreux bois qui ponctuent le plateau.
- Les versants boisés et le lit majeur de la Saire (hors aire d'étude).

### LE VAL DE SAIRE INTÉRIEUR ET BOISÉ - Caractérisation

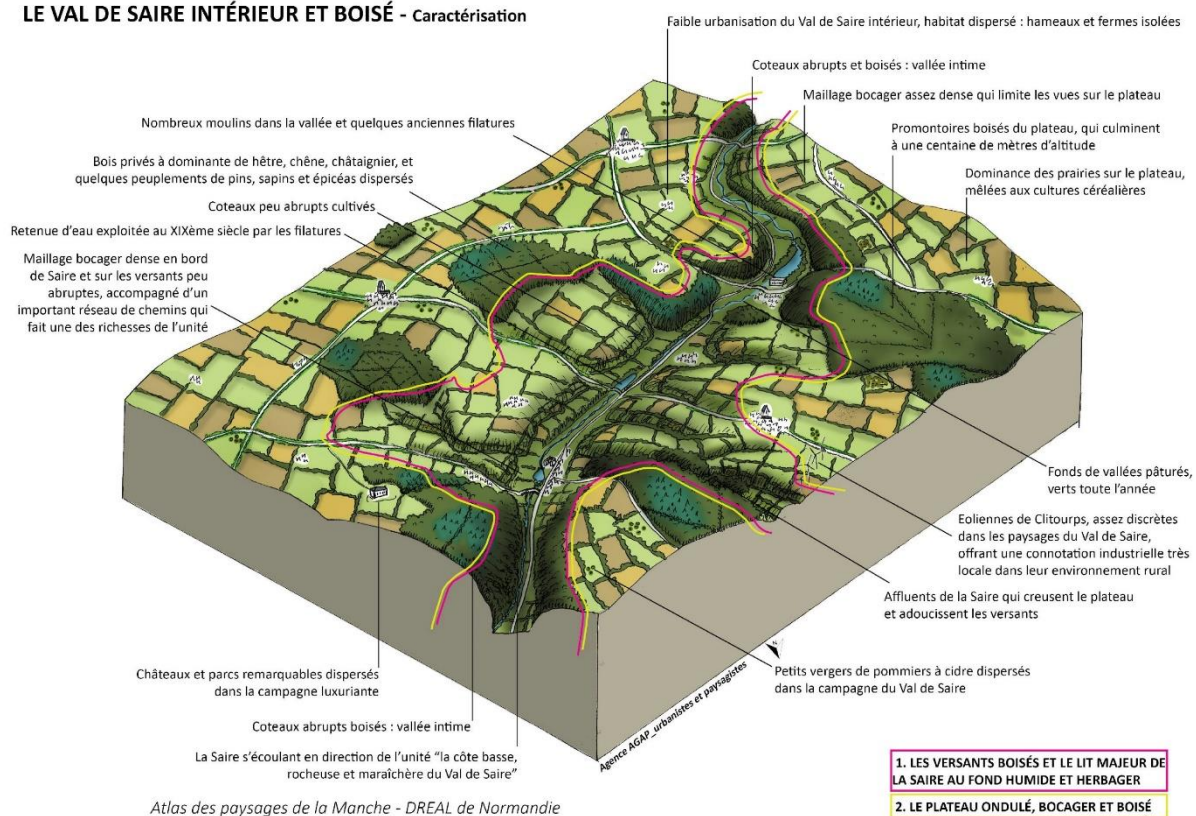


Figure 51 : bloc-diagramme des paysages du Val de Saire intérieur et boisé  
 Source : atlas des paysages de la Manche / DREAL Normandie - agence AGAP / 2020.



## Principales caractéristiques paysagères du bas plateau calcaire du Plain et du bocage Valognais

- Le plateau du Plain :
  - des étendues cultivées entrecoupées de haies basses ;
  - des ruisseaux et petits fleuves côtiers ;
  - des bourgs et hameaux empreints de souvenirs de guerre.
- Le bocage valognais :
  - des paysages ouverts sur les hauteurs ;
  - des fonds de vallées intimes.

### LE BAS PLATEAU CALCAIRE DU PLAIN ET DU BOCAGE VALOGNAIS - Caractérisation

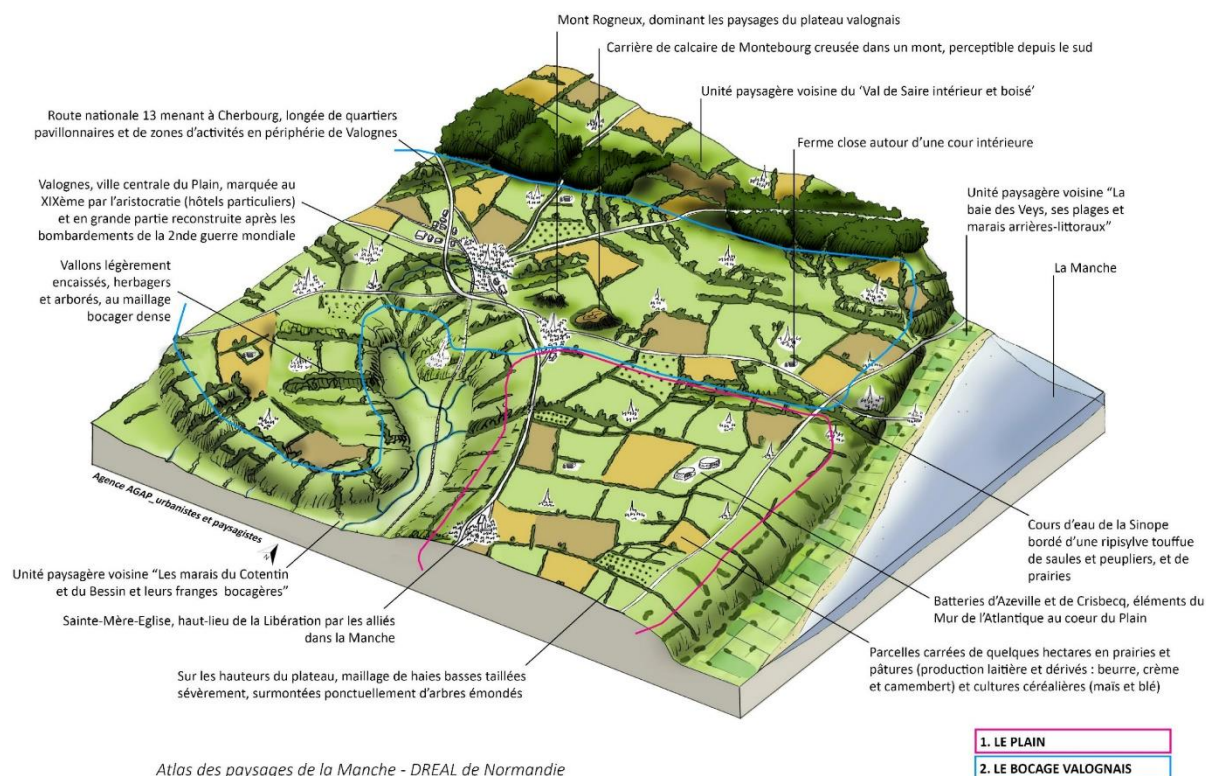


Figure 52 : bloc-diagramme des paysages du bas plateau calcaire du Plain et du bocage Valognais  
Source : atlas des paysages de la Manche / DREAL Normandie - agence AGAP / 2020.

Principales caractéristiques paysagères de la côte à falaises du Bessin :

- un paysage de falaises escarpées, rigide et fort ;
- une côte modifiée sans cesse par l'érosion ;
- un plateau bocager à larges mailles ;
- de petits vallons qui entaillent les plateaux et falaises, souvent boisés ;
- une urbanisation confinée dans des zones abritées, entre la côte et l'arrière-pays ;
- un paysage chargé d'histoire, emblématique de la Normandie du Débarquement de 1944 ;



Figure 53 : en arrière du littoral à hautes falaises verticales, le grand bocage du Bessin.

Source : inventaire régional des paysages de Basse-Normandie (DIREN et Conseil Régional de Basse-Normandie - 1994).

Principales caractéristiques paysagères du Bessin :

- des plateaux doucement ondulés, creusés de quelques vallées ;
- un bocage en large damier ;
- des haies arborées aux silhouettes élancées ;
- une architecture de pierre calcaire, à l'opulence teintée d'austérité ;



Figure 54 : le bocage typique du Bessin à Rubercy.

Source : inventaire régional des paysages de Basse-Normandie (DIREN et Conseil Régional de Basse-Normandie - 1994).

#### 2.6.2.2. Valeurs et enjeux paysagers

L'analyse bibliographique ne permet pas de définir le niveau d'enjeu que représente les différents paysages de l'aire d'étude éloignée, au regard de ce qui fait leur valeur propre :

- L'atlas des paysages de la Manche précise pour chaque unité de paysage ses atouts, ses faiblesses, ainsi que les opportunités et les menaces qui la concerne. En revanche, il n'offre pas de vision fine et spatialisée de la valeur des paysages des différentes unités, et du niveau d'enjeu qu'ils représentent.
- L'inventaire régional des paysages de Basse-Normandie pointe des valeurs paysagères présentes dans les paysages, et repère les dynamiques d'évolution qui y était à l'œuvre au début des années 1990, sans toutefois cartographier ces valeurs et ces dynamiques au sein de chaque unité de paysage.

C'est à l'occasion des campagnes de terrain, prévues courant 2022, que les valeurs et enjeux paysagers des unités de paysage de l'aire éloignée pourront être identifiés ou précisés, illustrés, cartographiés et hiérarchisés.

### 2.6.2.3. Sites et itinéraires reconnus et fréquentés

Au regard de leur notoriété et de leur fréquentation, une série de sites et d'itinéraires représente un enjeu, à la fois en matière de tourisme et de cadre de vie pour les habitants du territoire.

#### Dans le département de la Manche

La presqu'île du Cotentin bénéficie d'une attractivité touristique qui se fonde sur une série d'atouts.

L'enquête réalisée en 2020 auprès des touristes par Attitude Manche (agence d'attractivité de la Manche) précise que le département est particulièrement reconnu pour ses grands espaces naturels, son littoral, sa campagne et la richesse de son patrimoine. Ces atouts concernent notamment le littoral oriental du département, dans le périmètre de l'aire d'étude éloignée.

Les sites les plus fréquentés et reconnus, mis en avant par les offices de tourisme et les guides touristiques, sont majoritairement situés sur le littoral :

- les sites naturels du Cap Lévi et des pointes de Barfleur et de Saire ;
- les villes portuaires de Barfleur (labellisée « Plus Beaux Villages de France ») et de Saint-Vaast-la-Hougue (labellisée « Village préféré des Français 2019 ») ;
- les sites patrimoniaux de la Hougue et de l'île Tatihou, qui portent les fortifications conçues par Vauban, inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO ;
- Utah Beach et son musée du Débarquement (plus de 180 000 visiteurs en 2019<sup>30</sup>), un site de tourisme mémoriel de tout premier plan.

L'île de Tatihou a accueilli plus de 65 000 visiteurs payants<sup>31</sup> en 2017, et le phare de Gatteville (pointe de Barfleur) près de 40 000<sup>Erreur ! Signet non défini..</sup>

Toujours sur le littoral, une série de petits sites urbains à caractère balnéaire complète cette première liste : le Havre (Quinéville), le Rivage (Quettehou), les Gougins (Saint-Marcouf) et Ravenoville Plage (Ravenoville).

Enfin et à distance du littoral, on recense :

- le site de tourisme mémoriel de la batterie de Crisbecq (environ 18 000 visiteurs en 2016<sup>32</sup>);

30source : Observatoire du tourisme Latitude Manche : fréquentation des sites et lieux de visite en 2017

31source : Communauté d'agglomération du Cotentin : stratégie de développement touristique (2019)

32source : Communauté d'agglomération du Cotentin : stratégie de développement touristique (2019)



- le village de la Pernelle, connu pour son belvédère remarquable sur la Manche et le littoral du Val de Saire.

#### Dans le département du Calvados

L'agence Calvados Attractivité souligne dans ses brochures les points clés de l'attractivité du littoral du Bessin : ses sites mémoriels liés au Débarquement de juin 1944, l'attrait balnéaire de ses vastes plages, ses ports de pêche et de plaisance.

Comme dans le Cotentin, les sites les plus fréquentés et reconnus du Bessin sont situés sur le littoral :

- deux sites majeurs du Débarquement de juin 1944 : Omaha Beach, son cimetière américain (environ 1 700 000 visiteurs en 2019<sup>33</sup>), son musée et sa vaste plage ; la pointe du Hoc (environ 1 050 000 visiteurs en 2019)
- les petites villes portuaires de Port-en-Bessin (second port de pêche de Normandie, labellisée « commune touristique » depuis mai 2011) et de Grandcamp-Maisy.

On considèrera dans l'étude que le niveau d'enjeu est :

- fort pour les sites les plus fréquentés et reconnus ;
- assez fort pour les autres sites fréquentés et reconnus.

#### **Les routes fréquentées**

Un réseau de routes principales et secondaires parcourt l'aire d'étude éloignée et donne accès à ses sites les plus visités :

- deux routes principales particulièrement fréquentées, les D901 et D902, qui relient Barfleur à Cherbourg et Valognes ;
- une série d'autres routes principales, parallèles au littoral (Manche : D14, D1, D116... ; Calvados : D514 et D517) où qui y donnent accès (Manche : D15, D421, D210... ; Calvados : D113 et D517).

#### **Les chemins de grande randonnée**

Deux chemins de grande randonnée parcourent l'aire d'étude éloignée :

- le GR223 (sentier des Douaniers), qui dans le Val de Saire longe le trait de côte, et plus au sud s'en approche fréquemment ;
- le GRP du Val de Saire, qui relie Barfleur au Cap Lévi par les terres, à distance de la mer.

Le GR223 est particulièrement fréquenté. En 2020, l'Observatoire du tourisme de la Manche y a décompté près de 35 000 passages au Cap Lévi, et près de 20 000 sur le littoral d'Aumeville-Lestre (au sud de Saint-Vaast-la-Hougue).

On considèrera dans l'étude que le niveau d'enjeu est :

- fort pour les routes principales à fort trafic (D901 et D902) ;
- assez fort pour les autres routes principales ;

---

33source : Calvados attractivité : fréquentation des sites 2019

- assez fort pour les chemins de grande randonnée (indépendamment des enjeux spécifiques à certains des paysages traversés par ces itinéraires).

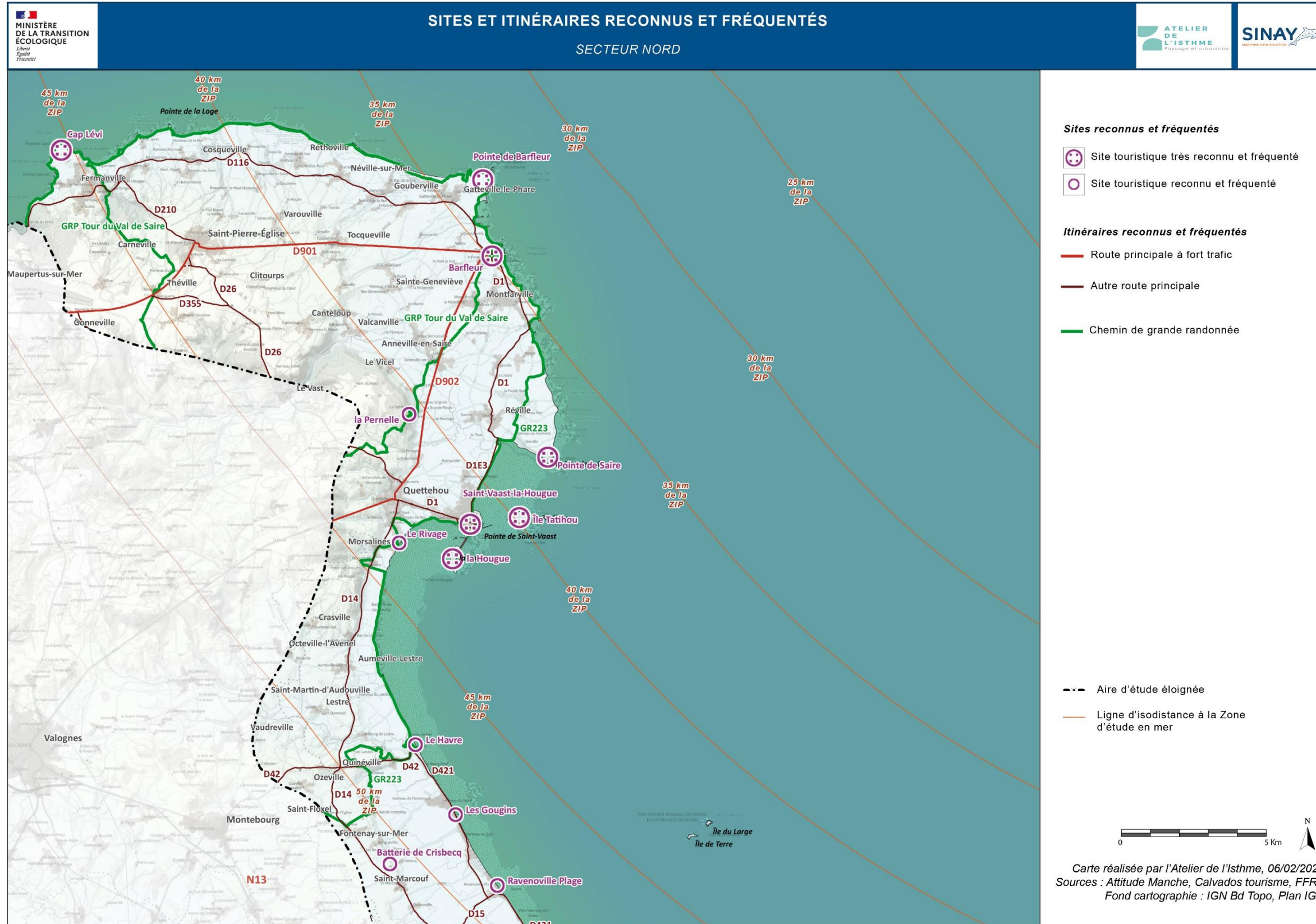
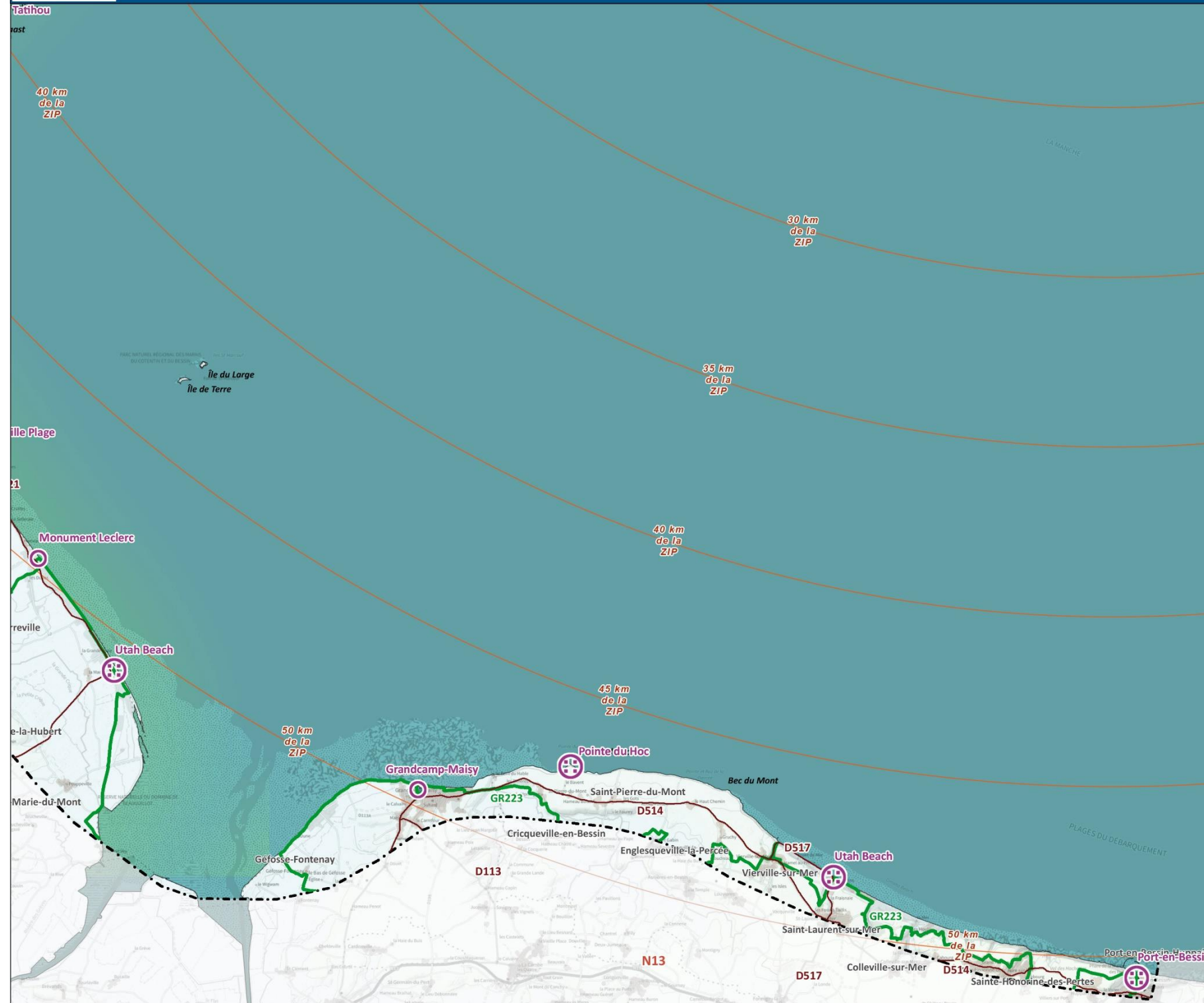


Figure 55 : sites et itinéraires reconnus et fréquentés - secteur nord.



SITES ET ITINÉRAIRES RECONNUS ET FRÉQUENTÉS

SECTEUR SUD



Sites reconnus et fréquentés

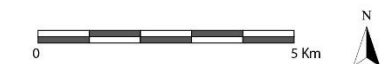
- Site touristique très reconnu et fréquenté
- Site touristique reconnu et fréquenté

Itinéraires reconnus et fréquentés

- Route principale à fort trafic
- Autre route principale
- Chemin de grande randonnée

Aire d'étude éloignée

Ligne d'isodistance à la Zone d'étude en mer



Carte réalisée par l'Atelier de l'Isthme, 06/02/2022  
Sources : Attitude Manche, Calvados tourisme, FFRP  
Fond cartographie : IGN Bd Topo, Plan IGN

Figure 56 : sites et itinéraires reconnus et fréquentés - secteur sud.

### 2.6.3. Patrimoine culturel

La partie terrestre de l'aire d'étude éloignée englobe une série d'éléments de patrimoine culturel protégés ou labellisés :

- les tours-observatoires de Tatihou et de la Hougue, inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO ;
- 7 sites classés ou inscrits au titre de la loi de 1930, dont 3 ont été concernés par l'Opération Grand Site Normandie 44 ;
- 56 monuments historiques protégés ;
- la partie septentrionale du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin.



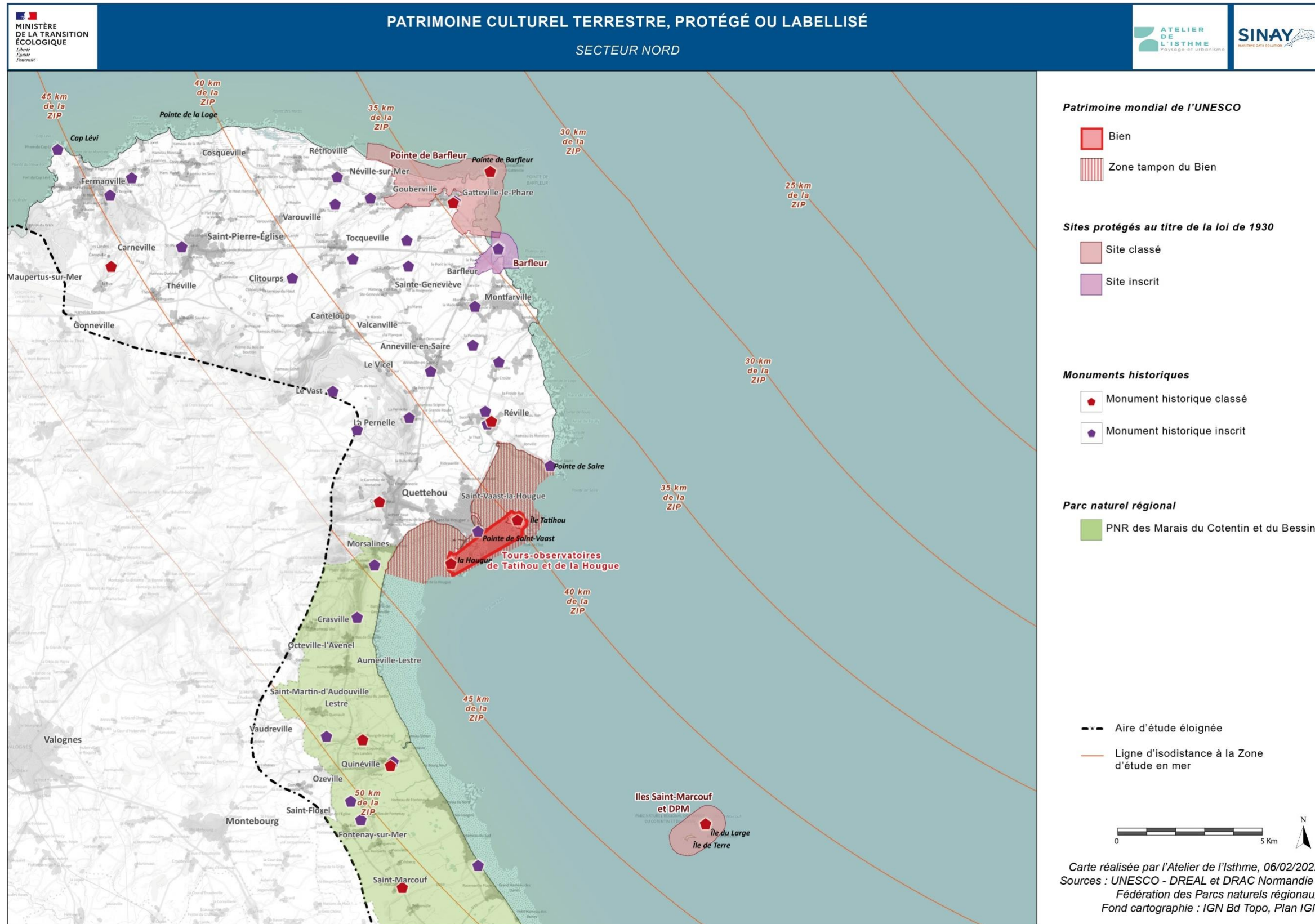


Figure 57 : patrimoine culturel terrestre, protégé ou labellisé - secteur Nord.

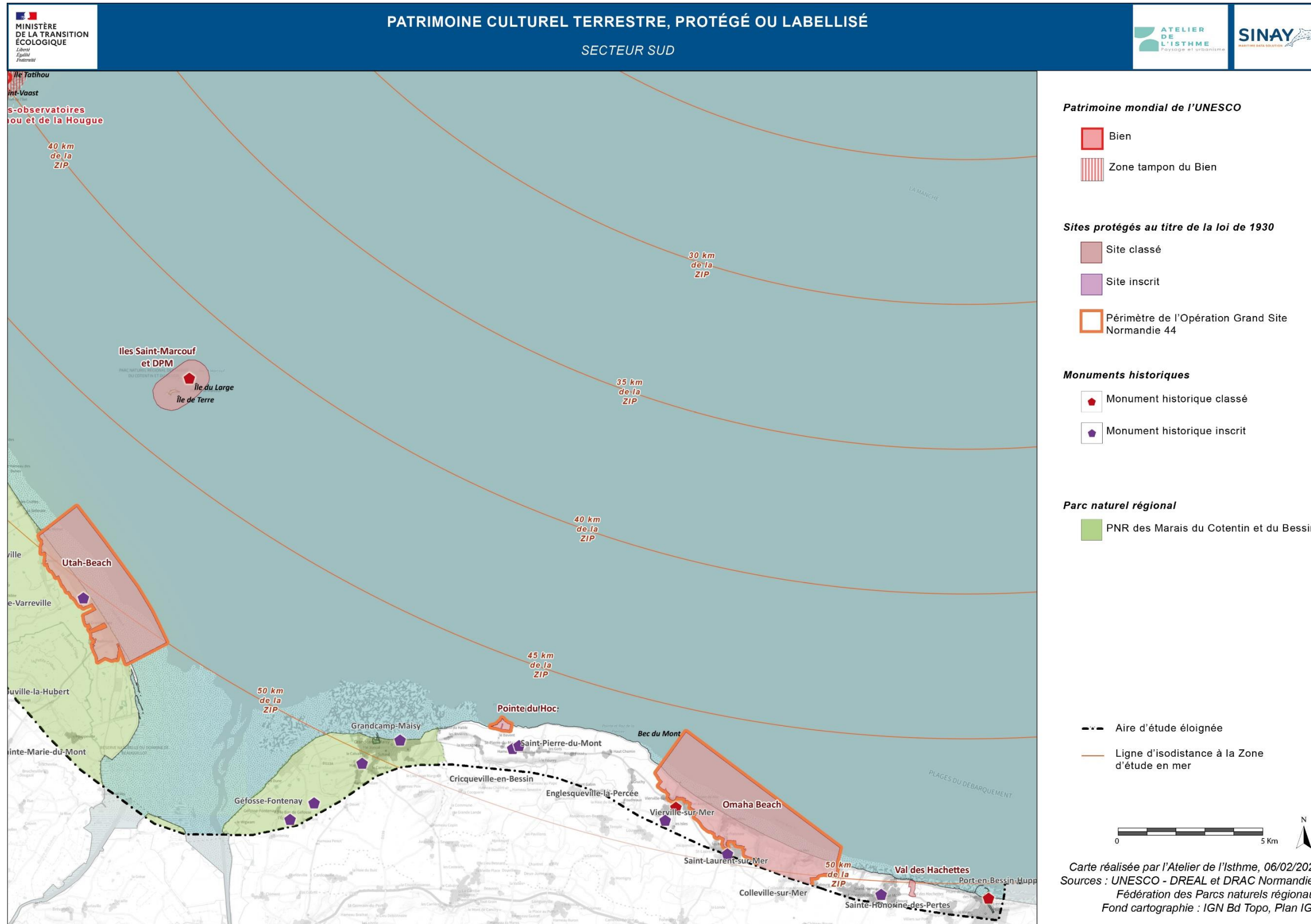


Figure 58 : patrimoine culturel terrestre, protégé ou labellisé - secteur Sud.



### 2.6.3.1. Patrimoine mondial de l'UNESCO

#### Fortifications de Vauban

Les tours-observatoires de Tatihou et de la Hougue sont des éléments des Fortifications de Vauban, inscrites en 2008 sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO. Ce Bien en série est composé de 12 groupes de bâtiments fortifiés et de constructions, localisés le long des frontières nord, est et ouest de la France.



Figure 59 : les tours-observatoires vues depuis la Redoute de Morsalines  
(Source photographie : GEOPHOM).

Le périmètre du Bien englobe les fortifications de la presqu'île de la Hougue et de l'île de Tatihou (monuments historiques classés), ainsi que le domaine public maritime qui sépare les deux sites. La zone tampon s'étend sur le domaine public maritime autour du Bien, depuis le secteur de la Redoute de Morsalines jusqu'à la pointe de Saire. La DRAC Normandie travaille actuellement sur un projet d'extension de cette zone tampon.

Les tours-observatoires bénéficient depuis 2013 d'un Plan de gestion, de conservation et de développement durable, qui précise le système de gouvernance du Bien et définit des objectifs de préservation et de mise en valeur des deux édifices. Le plan de gestion rappelle en quoi les deux tours-observatoires contribuent à la Valeur Universelle Exceptionnelle (VUE) de l'œuvre de Vauban. Il souligne l'environnement naturel remarquable et les paysages d'exception qui environnent les tours.

On considère dans la présente étude que les tours-observatoires représentent un enjeu de niveau très fort.

#### Les points de vue remarquables ou monumentaux associés aux tours-observatoires

Dans la perspective du projet éolien en mer, la DGEC a diffusé fin 2020 une étude <sup>34</sup> qui recense les points de vue remarquables ou monumentaux axés vers les deux tours-observatoires. Sur la base de photomontages, elle évalue le niveau de sensibilité des deux édifices à un projet éolien implanté en mer. Enfin, elle recommande des principes d'implantation pour le projet éolien, de manière à limiter et maîtriser ses effets visuels.

<sup>34</sup>Étude pour la bonne prise en compte des enjeux relatifs à la préservation des tours-observatoires de Tatihou et de la Hougue » (DGEC -DRAC et DREAL Normandie - K.urbain - Agence Couasnon / novembre 2020).

Dans un rayon de 20 km autour du périmètre du Bien, l'étude de la DGEC recense 9 points de vue remarquables ou monumentaux, « *représentatifs et emblématiques du cadre paysager des tours* ». Listés ci-dessous, ces points de vue sont repérés sur la carte en page suivante. Ils devront faire l'objet d'une attention toute particulière durant la conception du projet.

Tableau 10 : points de vue remarquables ou monumentaux associés aux tours-observatoires.

Réf.	Point de vue	Commune	Altitude NGF	Distance aux tours observatoires
A	Tour de Tatihou	Saint-Vaast-la-Hougue	27 m	-
B	Tour de la Hougue	Saint-Vaast-la-Hougue	42 m	-
1	Batterie de la Pernelle	La Pernelle	84 m	5,3 à 5,5 km
2	Table d'orientation des Saints-Laurents	Quinéville	44 m	7,2 à 9,8 km
3	Blockhaus du Hameau-du-Sud	Saint-Marcouf	2 m	9,8 à 11,2 km
4	Blockhaus la redoute	Morsalines	2 m	2,1 à 4,9 km
5	Pointe de Saire	Réville	7,11 m	2,9 à 4,9 km
6	Chapelle-des-Marins	Saint-Vaast-la-Hougue	2,65 m	1,53 à 3,33 km
7	Plage du Hameau-Simon	Lestre	3,64 m	6,3 à 8,4 km
8	Monument Leclerc	Saint-Martin-de-Varreville	3,9 m	15 à 16 km
9	Utah Beach	Saint-Marie-du-Mont	3,55 m	17,6 à 18,2 km
10	Pointe du Hoc	Cricqueville-en-Bessin	3,8 m	26,8 à 27,2 km
11	Tour Vauban	Port-en-Bessin-Huppain	43,9 m	44,3 à 45,4 km



Figure 60 : point de vue B - depuis la Hougue (Saint-Vaast-la-Hougue)  
(source photographie : GEOPHOM).



Figure 61 : point de vue 6 - depuis la chapelle des Marins (Saint-Vaast-la-Hougue)  
(source photographie : GEOPHOM).

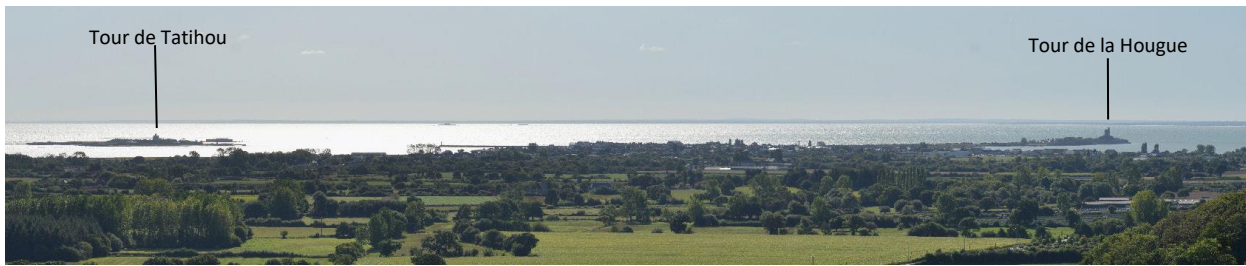


Figure 62 : point de vue 1 - depuis la batterie de la Pernelle.  
(source photographie : GEOPHOM).

Les tours-observatoires entretiennent des relations visuelles très fortes avec les paysages maritimes, au sein desquels elles avaient vocation à surveiller le mouvement des navires. Une série de photomontages, qui comparent différents scénarios d'implantation d'un parc éolien en mer, est analysée dans l'étude de la DGEC <sup>35</sup>. Ils ont permis d'évaluer le niveau de sensibilité de l'espace maritime, vis-à-vis des deux tours. Décroissant en allant d'ouest en est, ce niveau est :

- fort sur la limite ouest de la Zone d'étude en mer ;
- modéré dans une large proportion de la Zone d'étude en mer ;
- faible dans sa partie la plus orientale.

Cette évaluation a été réalisée sur la base d'une visibilité optimale. Elle ne tient pas compte de la probabilité que de telles conditions se présentent à l'échelle du site le site, tout au long de l'année.

<sup>35</sup>Étude pour la bonne prise en compte des enjeux relatifs à la préservation des tours-observatoires de Tatihou et de la Hougue » (DGEC -DRAC et DREAL Normandie - K.urban - Agence Couasnon / novembre 2020).



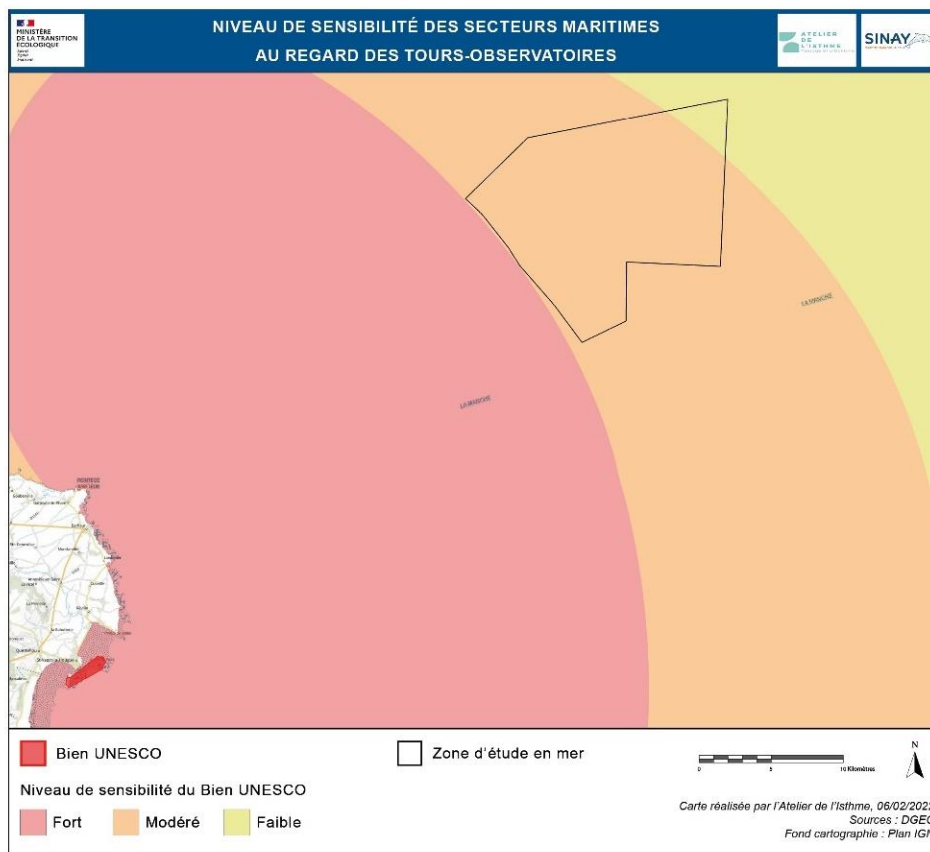


Figure 63 : niveaux de sensibilité des secteurs maritimes associés aux tours-observatoires.

### 2.6.3.2. Les Plages du Débarquement

Les Plages du Débarquement de juin 1944 sont depuis 2018 l'objet d'une candidature pour leur inscription sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO. Le périmètre du Bien proposé correspond à plus de 80 kilomètres du littoral de la Manche. Il englobe les cinq secteurs de débarquement définis par les Alliés en 1944 : Utah, Omaha, Juno, Gold et Sword. A ce jour, l'UNESCO n'a pas émis de décision relative à cette candidature.



Figure 64 : périmètre du Bien proposé  
(Source : Région Normandie / Conseil Régional de Normandie).

### 2.6.3.3. Sites classés et inscrits

Sept périmètres protégés au titre de la loi de 1930 sur les sites sont localisés dans l'aire d'étude éloignée :

- 3 sites classés associés au Débarquement de juin 1944 : les sites d'Utah Beach, d'Omaha Beach et de la pointe du Hoc
- le site classé de la Pointe de Barfleur, qui protège le littoral et ses abords aux alentours du village de Gatteville-le-Phare ;
- le site inscrit de Barfleur, dont le périmètre englobe le village de Barfleur et son port, ainsi que les abords du trait de côte ;
- le site classé des Iles Saint-Marcouf, situées à environ 6 km du continent et où est localisé un système de fortifications datant du Premier empire ;
- le site classé du Val des Hachettes, localisé à Sainte-Honorine-des-Pertes et qui depuis 1946 constitue pour les géologues le stratotype (couche de référence) du Bajocien.

Tous ces sites bordent la manche et entretiennent d'étroites relations visuelles avec les paysages maritimes.

Initiée au début des années 2000, l'Opération Grand Site (OGS) Normandie 44 a concerné onze sites liés au Débarquement et à la Bataille de Normandie de 1944, parmi lesquels les sites classés d'Utah Beach, Omaha Beach et la pointe du Hoc, trois hauts lieux de la bataille de Normandie. L'OGS a permis la rédaction d'un document d'orientation préalable au programme de réhabilitation et de mise en valeur de ces sites.

On considèrera dans l'étude que le niveau d'enjeu est :

- fort pour les sites classés ;
- assez fort pour les sites inscrits.

### 2.6.3.4. Monuments historiques

Cinquante-six monuments historiques sont localisés dans l'aire d'étude éloignée. 13 sont classés et 43 inscrits.

Parmi eux, 11 édifices sont situés aux abords immédiats du trait de côte, sur le continent ou sur des îles :

- l'église Saint-Nicolas de Barfleur (MH Inscrit) ;
- le fort de la Hougue (Saint-Vaast-la-Hougue / MH classé) ;
- l'île de Tatihou et ses fortifications (Saint-Vaast-la-Hougue / MH classé) ;
- les fortifications des îles Saint-Marcouf (Saint-Marcouf / MH classé) ;
- la tour Vauban de Port-en-Bessin (MH classé)
- le phare du Cap Lévi (Fermanville / MH inscrit) ;
- le phare de Gatteville (Gatteville-le-Phare / MH classé) ;
- la redoute de Ravenoville (Sainte-Mère-Église / MH inscrit) ;
- la redoute de la pointe de Saire (Réville / MH inscrit) ;
- la redoute d'Audouville (Sainte-Marie-du-Mont / MH inscrit).
- la villa le Manoir (Grandcamp-Maisy / MH inscrit).

On considèrera dans l'étude que le niveau d'enjeu est :

- fort pour les monuments historiques classés ;

- assez fort pour les monuments historiques inscrits.

Pour mémoire, le fort de la Hougue et l'île de Tatihou font partie des fortifications de Vauban inscrites sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO, et constituent un enjeu de niveau très fort.

#### 2.6.3.5. Parcs Naturels Régionaux

L'aire d'étude éloignée englobe la partie septentrionale du Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin, depuis le secteur de Morsalines (Manche) jusqu'à Grandcamp-Maisy (Calvados). La charte 2010- 2022 du Parc naturel régional rappelle le caractère préservé des paysages de marais et de bocage de son territoire. Concernant sa zone littorale située dans l'aire d'étude éloignée, le Plan du Parc 2021-2022 signale le potentiel de développement touristique associé à ses milieux naturels et à ses paysages.

Le niveau d'enjeu des paysages du Parc naturel régional, a priori variable selon les secteurs, sera précisé à l'occasion des campagnes de terrain prévues en 2022.

#### 2.6.3.6. Sites patrimoniaux remarquables

Aucun site patrimonial remarquable n'est recensé dans l'aire d'étude éloignée.

### 2.6.4. Synthèse des enjeux relatifs au paysage et patrimoine

Tableau 11 : synthèse des enjeux relatifs aux paysages et patrimoine.

Facteur		Niveau d'enjeu
Paysage	paysages littoraux et terrestres de l'aire d'étude	<i>a priori</i> moyen à fort selon les secteurs, à préciser sur la base des campagnes de terrain à réaliser en 2022
	sites et itinéraires les plus reconnus et fréquentés	<b>Fort</b>
	autres sites et itinéraires reconnus et fréquentés	Assez fort
Patrimoine	patrimoine mondial de l'UNESCO	Très fort
	monuments historiques classés, sites classés	<b>Fort</b>
	monuments historiques inscrits, sites inscrits	Assez fort
	Parc naturel régional	<i>a priori</i> moyen à fort selon les secteurs, à préciser sur la base des campagnes de terrain à réaliser en 2022

## 2.7. Synthèse des enjeux par compartiment

Le Tableau 12 présente la synthèse des enjeux par thématique produite par le débat public de 2029 à l'échelle de la macrozone du projet. Dans notre approche nous nous concentrons sur la zone de projet des deux futurs parcs en tenant compte des interactions et des effets cumulés à l'échelle de la macrozone, voire à l'échelle de la Manche.

D'un point de vue général, les informations disponibles à l'échelle de la zone de projet sont peu nombreuses et/ou demandent à être précisées à l'échelle plus fine qui nous intéresse.

### 2.7.1. Qualité de l'eau et des sédiments

#### 2.7.1.1. Qualité de l'eau

Pour de nombreux paramètres, les données font défaut à l'échelle de la zone étudiée et de la colonne d'eau alors qu'elles existent à l'échelle de la Manche ou des zones côtières. L'influence des marées et des événements extrêmes est également inconnue.

Ces éléments peuvent se révéler importants pour la **turbidité** et le **phytoplancton** en lien avec les enjeux et sensibilités déjà identifiés par le débat public de 2019. Ces enjeux sont relatifs notamment aux bivalves sauvages et élevés, en particulier en phase de chantier.

#### 2.7.1.2. Qualité du sédiment

La connaissance de la nature du sédiment est très bonne. La présence importante de graviers et cailloutis dépourvus de fraction fine est bien mise en évidence. Des substrats rocheux sont maintenant cartographiés.

Malgré l'absence caractérisée de fraction sédimentaire fine, il est possible de trouver des particules fines encroûtées autour des galets ou sur les blocs. Or, cette fraction est associée à la contamination physico-chimique et doit être étudiée en lien avec la turbidité de l'eau.

### 2.7.2. Bruit ambiant aérien

Les données font défaut à l'échelle de la zone concernée.

### 2.7.3. Habitats benthiques

La nature des habitats de substrat grossier du secteur est connue mais demande à être précisée à notre échelle. Son échantillonnage est complexe son traitement au laboratoire particulièrement chronophage.

Il n'est pas garanti de pouvoir utiliser une benne partout, l'usage de la drague rallier du Baty semble plus répandu à l'échelle de l'ensemble du secteur en raison de la nature du sédiment (plus grossier au Nord-Ouest).

La présence de substrat dur implique de mettre en place d'autres techniques d'observation pour préciser la nature des habitats présents pour lesquels nous ne disposons pas d'information. Dans un premier temps, l'utilisation d'un ROV pourrait nous permettre de les appréhender et éventuellement d'améliorer leur identification lors de la seconde année de suivi.

### 2.7.4. Poissons, Mollusques et Crustacés

Si les métiers de pêche sont bien renseignés, la connaissance des peuplements et fonctionnalités de la zone peuvent être améliorés. L'approche développée dans l'étude de certains parcs éoliens prend en compte les différents stades de vie et l'ensemble de la colonne d'eau (des espèces benthiques aux



pélagiques à tous leurs stades de vie). Ce type d'approche permet de prendre en compte des effets indirects en plus de bien caractériser l'utilisation de la zone par les différentes espèces.

Par ailleurs, la zone est concernée par les pêcheries de Coquille-Saint-Jacques et bulots qui représentent des enjeux économiques importants. L'amande de mer y est également pêchée.

La question du rôle de la zone pour les nourriceries de sole ou le passage d'autres espèces importantes à l'échelle de la Manche à différents stades de leur vie est posée. Et une approche visant les peuplements nous semble adaptée.

### 2.7.5. Paysage et patrimoine

La nécessité de prendre en compte une distance supérieure à 40 km est apparue afin d'intégrer certains enjeux forts. En particulier les tours Vauban de Tatihou et les îles Saint-Marcouf sont concernés.

L'enjeu le plus fort (**très fort**) est relevé pour le Patrimoine mondiale de l'UNESCO. Ensuite l'enjeu est **fort** pour les monuments historiques et sites classés ainsi que le pour les sites et itinéraires les plus reconnus et fréquentés du paysage.

Tableau 12 : synthèse des enjeux par thématique (Source : Débat Public Éolien, 2019).

Légende :

Enjeux/Sensibilités négligeables à faibles	Enjeux/Sensibilités modéré(e)s	Enjeux/Sensibilités fort(e)s
--	--------------------------------	------------------------------

Thématique	Synthèse	Sensibilité vis-à-vis du projet	Niveau d'enjeu	Niveau de sensibilité
<b>Milieu physique</b>				
Qualité des eaux	<b>Zone 5</b> : L'état global de la qualité des masses d'eau côtières du zone 5 est « bon » à « moyen » Dans les eaux conchylicoles du Nord et de l'Ouest du Cotentin la consommation des gastéropodes, échinodermes et des tuniciers est interdite à la consommation contrairement à l'ensemble des bivalves, autorisés à la consommation humaine directe. La Qualité des eaux de baignades est « bonne » ou « excellente »	Sensibilité du milieu au risque de pollution accidentelle forte en phase chantier.		
	<b>Zone 3</b> : Deux masses d'eau côtières du zone 3 « Le Havre Antifer » et « Pays de Caux sud » présentent un mauvais état global). La consommation des coquillages dans les eaux conchylicoles est majoritairement interdite à quelques exceptions près relatives aux bivalves. La qualité des eaux de baignades en 2017 est « bonne » à « excellente » hormis pour les plages des Saint Aubin et Quiberville où la qualité est « suffisante ».	Sensibilité du milieu au risque de pollution accidentelle modérée en phase chantier.		
Qualité des sédiments	<b>Zone 5</b> : Le Réseau d'Observation de la Contamination Chimique dans le SEDiment (ROCCHSED) réalisé par l'IFREMER, montre que les concentrations en métaux sont inférieures ou proches des critères recommandés au niveau international (critère BAC d'OPSAR) excepté pour le chrome et le CB11118.	Sensibilité à la remise en suspension des sédiments en phase travaux. La connaissance de la qualité des sédiments au large sera analysée une fois la zone retenue.		
	<b>Zone 3</b> : Sur le secteur du Pays de Caux des dépassements des critères recommandés au niveau international (ERL ou EAC d'OSPAR <sup>11</sup> ) ont été enregistrés pour le chrome, le mercure, le plomb, le zinc et le CB118.			
Environnement sonore	Le bruit ambiant d'origine naturel et anthropique (trafic maritime intense) est élevé sur toute la zone de vocation EMR du DSF. La partie côtière de la zone d'étude est une région avec des occurrences d'émissions impulsives de niveau acoustique.	Le bruit sous-marin pourra augmenter pendant la phase de construction des parcs. Cette augmentation du bruit dépendra de la technologie choisie pour les fondations.		
Qualité de l'air	Les suivis de qualité de l'air rendent compte d'une qualité de l'air globalement dégradée. A l'échelle régionale, les données basées sur l'étude des émissions de polluants induites par le trafic maritime indiquent que les porte-conteneurs sont les plus importants émetteurs	La sensibilité au risque de dégradation de la qualité de l'air est uniquement liée à la potentielle augmentation du trafic de bateaux lors des travaux et à la maintenance du parc éolien en exploitation. Celle-ci apparait faible à négligeable.		
<b>Milieu naturel</b>				
Zones d'inventaires et de protection	Les ZNIEFF de type 1 constituent des secteurs restreints informant sur des enjeux fonctionnels spécifiques sans contrainte réglementaire. Les ZNIEFF de type 2 constituent des secteurs de surface importante informant sur des enjeux fonctionnels spécifiques sans contrainte réglementaire	Les ZNIEFF de type 1 et 2 sont respectivement des zonages d'inventaires de superficies restreinte et grande. Leur sensibilité varie en fonction de leurs composantes, elle est considérée comme faible.		
Natura 2000	Les sites Natura 2000 contribuent à la préservation de la biodiversité à l'échelle européenne. Ces sites mettent en avant la fonctionnalité de milieux pour divers groupes d'espèces variés depuis les mammifères marins, poissons jusqu'au amphibiens, insectes et chiroptères.	Les sites Natura 2000 devront faire l'objet d'évaluation des incidences. Leur sensibilité varie en fonction de leurs composantes, elle est considérée comme moyenne.		
Avifaune	La sous-région maritime <b>Manche-Mer du Nord</b> (SRM MMN) est une zone importante, au niveau national, en ce qui concerne les enjeux ornithologiques, à toutes périodes du cycle de vie de l'avifaune (nidification-estivage, migration pré et postnuptiale, hivernage).	La sensibilité est faible à forte en fonction des parties de la macro-zone.		

Thématique	Synthèse	Sensibilité vis-à-vis du projet	Niveau d'enjeu	Niveau de sensibilité
<b>Chiroptères</b>	Quatre espèces de chauve-souris sont principalement connues pour parcourir le milieu marin, notamment lors de leur phase de migration. Il s'agit de la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule commune, la Noctule de Leisler et la Sérotine bicolore.	Ces quatre espèces sont toutes connues pour avoir une sensibilité importante du point de vue des éoliennes terrestres, mais leur sensibilité aux éoliennes en mer devra être étudiée précisément, notamment pour les espèces observées dans le milieu marin.		
<b>Marsouin commun</b>	Le marsouin commun est observé à l'année dans la zone d'étude. Sa répartition dans la zone d'étude change en fonction des saisons. En été, sa densité est faible sur l'ensemble de la zone. En hiver, sa densité est moyenne sur la zone au large d'Étretat jusqu'à Veulettes-sur-Mer et au niveau de la côte de Barfleur. Sa densité est faible sur le reste de la zone. Le marsouin est une espèce protégée. De plus, la Manche Orientale est l'unique zone française fréquentée par le marsouin en hiver.	Défini de façon qualitative, la population exploite un territoire très large donc peu de problèmes concernant l'effet barrière ou les effets sur la ressource, le risque de collision est faible (uniquement sur animal affaibli (dire d'expert). Les effets acoustiques sont à considérer.		Non défini
<b>Phoque gris</b>	Le phoque gris est présent dans la zone d'étude (passage et alimentation) principalement entre Avril et Août. La colonie de la baie de Somme (aucune naissance jusqu'en 2014, quelques naissances depuis dont 1 en 2018) se situe à une vingtaine de kilomètres de la limite Est de la zone d'étude, les suivis télémétriques ont révélé une utilisation de la partie côtière de la zone d'étude jusqu'en baie de Seine, au large de Barfleur et à l'Est de la zone. L'espèce est protégée.	Défini de façon qualitative - les reposoirs étant éloignés de la zone de vocation du DSF, il existe peu de risque de dérangement pendant les périodes de reproduction et de mue. Les effets acoustiques (nuisances sonores) sont à considérer.	HIVER ETE	Non défini
<b>Phoque veau marin</b>	Les phoques veau-marin sont présents dans toute la zone d'étude principalement entre Octobre et Avril (hiver). Aucune colonie ne se situe dans la macro-zone mais deux colonies se situent à proximité, celle de la baie des Veys à une trentaine de kilomètres (colonie et zone de reproduction-mue d'Avril à Septembre) et celle de la baie de Somme à une vingtaine de kilomètres (population sédentaire et reproductrice). Les suivis télémétriques ont révélé une utilisation de la partie côtière de la zone d'étude. Des migrations d'individus sont régulièrement notées entre la France, le sud de l'Angleterre et la mer du Nord. L'espèce est protégée.	Défini de façon qualitative - les zones de reproduction de la Baie des Veys et de la Baie de Somme étant proches de la partie sud-ouest de la zone de vocation du DSF, il existe un risque de dérangement pendant les périodes de reproduction et de mue. Les effets acoustiques (nuisance sonore) sont à considérer.	HIVER ETE	Non défini
<b>Reptiles marins</b>	Les reptiles marins sont représentés par 5 espèces de tortues marines dont la distribution géographique et la fréquence d'observation indiquent une présence anecdotique dans la macro-zone, limite nord de leur aire de répartition.	Les reptiles marins, par leur faible présence, présentent une sensibilité négligeable.		
<b>Poissons, crustacés et mollusques</b>	La macro-zone est identifiée comme zones de frayères et de nourriceries pour de nombreux poissons (sole, chinchard, dorade...) et correspond également à des voies de migrations pour les amphihalins (aloses, lamproies, saumon).	Sur la base de l'évaluation de la sensibilité à l'exploitation des matériaux marins, la macro-zone présente une sensibilité faible à modérée pour le projet.		
<b>Peuplements et habitats benthiques</b>	Les fonds de Manche Est sont recouverts en grande partie par des graviers et cailloutis et par des sédiments gravelo-sableux. Les habitats présents la zone d'étude sont peu nombreux et largement représentés avec deux habitats prédominants (A5.14 Sédiment grossier du circalittoral côtier et A5.15 sédiment grossier du circalittoral profond). La biodiversité est assez homogène et riche du fait de la présence d'espèces endogée et épigée. La majeure partie de la zone d'étude est classée en vulnérable.	Les sensibilités à l'abrasion et à la modification de l'hydrodynamisme (source : MarLIN) sont jugées sur la majeure partie de la zone d'étude faibles. La sensibilité à la perte d'habitats est forte et totalement homogène.		

### 3. STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Après avoir pris en compte les données relatives à la courantologie, la nature des fonds, la bathymétrie, la position des épaves et la position des câbles ont été pris en considération pour créer le plan d'échantillonnage présenté dans la Figure 65 et la Figure 66.

Pour rappel les campagnes du plan d'échantillonnage seront réalisées selon le calendrier suivant :

- Hydrologie (Plancton + prélèvement d'eau) : campagnes mensuelles pendant un an ;
- Habitats benthiques : deux campagnes par an pendant deux ans ;
- Poissons, Mollusques et Crustacés : deux campagnes par an pendant deux ans ;
- Mesures à la sonde : associées à chaque campagne.

La bibliographie disponible (principalement en Belgique) nous indique qu'en fonction des paramètres suivis, la distance d'impact de l'implantation d'une éolienne en mer peut être comprise entre quelques dizaines de mètres et plusieurs kilomètres (Degraer *et al.*, 2021). Or, à l'heure actuelle nous ignorons encore la position exacte des futures éoliennes dans les deux futurs parcs.

Nous intégrons quatre stations dédiées au suivi de la qualité des sédiments, échantillonnées deux fois par an pendant les campagnes dédiées au suivi des habitats benthiques avec l'équipe du laboratoire M2C.

Il nous est encore difficile d'envisager le déploiement de cages de moules ou de DGT sans l'assistance de l'Ifremer de Port-en-Bessin et du SMEL de Blainville-sur-mer en raison du jeune stade de développement de la technique et du manque de bouées stables et pérennes dans le secteur d'étude. À ce stade, deux stations peuvent être envisagées pour les cages de moules, une station par parc.



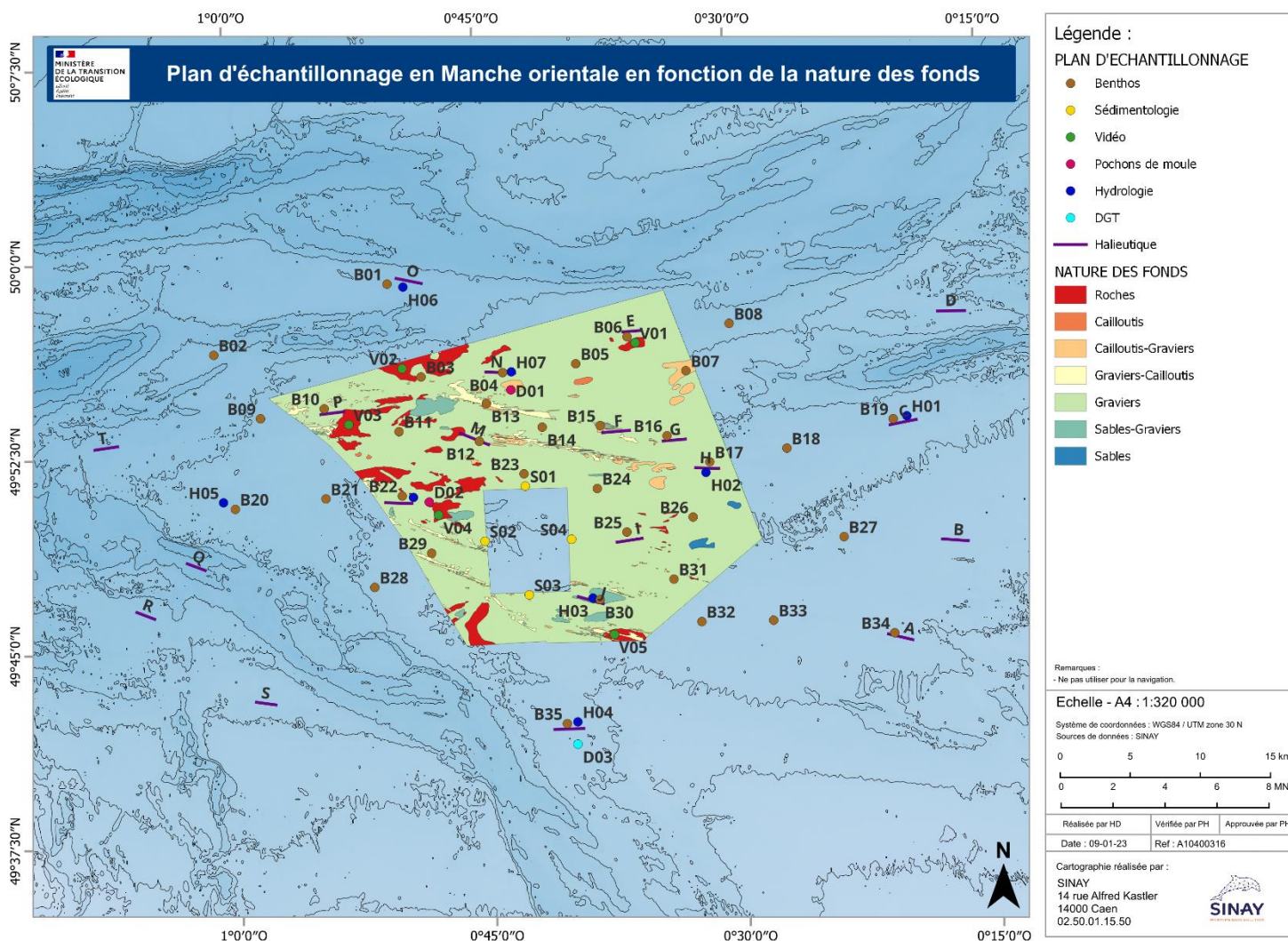


Figure 65 : proposition de plan d'échantillonnage général prévisionnel relatif au suivi de la qualité de l'eau, du sédiment, des habitats benthiques, des poissons, mollusques et crustacés (chalut canadien et filet bongo) en lien avec la bathymétrie. Les stations dédiées au suivi de la qualité de l'eau au moyen de pochons de moules et de DGT sont également représentées.



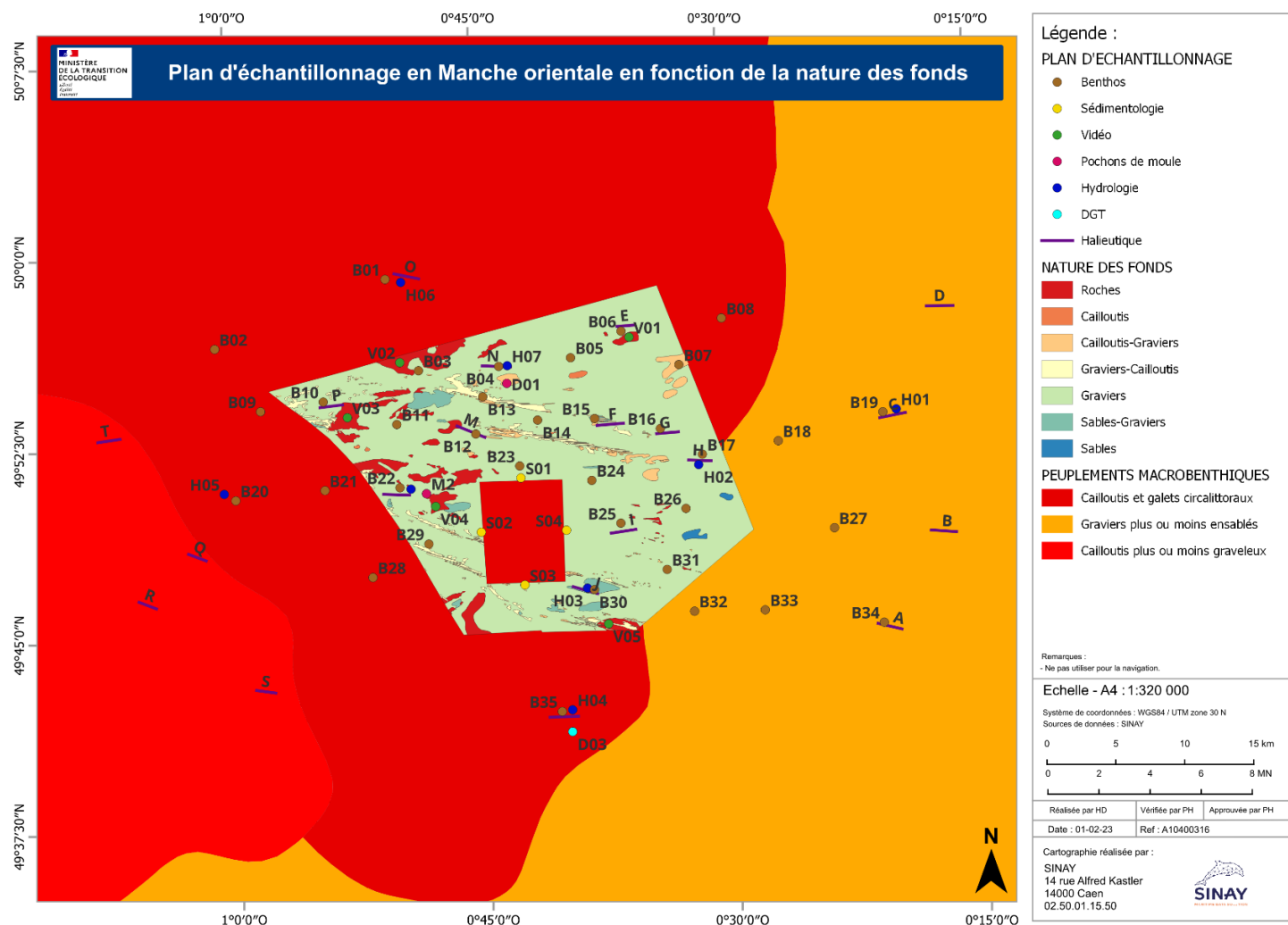


Figure 66 : proposition de plan d'échantillonnage général prévisionnel relatif au suivi de la qualité de l'eau, du sédiment, des habitats benthiques, des poissons, mollusques et crustacés (chalut canadien et filet bongo) en lien avec la bathymétrie. Cette représentation intègre la proposition de suivre le substrat rocheux avec une technique d'imagerie sous-marine. Les stations dédiées au suivi de la qualité de l'eau au moyen de pochons de moules et de DGT sont également représentées.

### 3.1. Qualité de l'eau et des sédiments

#### 3.1.1. Qualité de l'eau

##### 3.1.1.1. Objectif

Ce suivi a pour objectif de caractériser la qualité physico-chimique de la colonne d'eau.

##### 3.1.1.2. Protocole de définition de l'état initial et suivi de la qualité des eaux

Notre groupement se conforme aux objectifs du CCTP pour la caractérisation de « *la qualité physico-chimique des masses d'eau et leur variabilité dans le temps* ».

Le cahier des charges (Source CCTP) est bien plus précis pour décrire les indicateurs de suivi et la méthode de collecte de données que le guide de l'éolien en mer 2017. En particulier **le guide EMR ne mentionne pas les réseaux REPHY et RINBIO en tant que fournisseur de données de référence. Elles permettent de caractériser les masses d'eau côtières des zones d'étude proche et éloignée et des points de comparaison dans le temps avec les mesures à réaliser dans le cadre de cette mission.**

<b>OBJECTIF</b>	L'objectif est de déterminer l'état initial afin de permettre au futur lauréat de la procédure de mise en concurrence d'évaluer l'impact du parc éolien sur la qualité physico-chimique du milieu durant la phase de construction. Dans le cadre d'enjeux particulièrement importants (proximité immédiate d'espèces sensibles, par exemple) la réalisation d'un état de référence « E0 » doit permettre de préciser la sensibilité des habitats et des espèces à une remobilisation de matériaux dans la colonne d'eau.
<b>CRITÈRES À CONSIDÉRER</b>	Les critères usuels d'évaluation de la qualité physico-chimiques des eaux marines à collecter sont les matières en suspension (MES organiques et minérales), les matières inhibitrices, azote et phosphore total, les composés organohalogénés absorbables sur charbon actif, les métaux et métalloïdes, les hydrocarbures, le carbone organique total (COT), l'oxygène dissous et le pH.
<b>MÉTHODOLOGIE</b>	L'analyse de la qualité physico-chimique des eaux implique la réalisation d'investigations de terrain. Les prélèvements d'eaux sont réalisés de manière à disposer d'un échantillon représentatif. Des sondes autonomes peuvent également enregistrer en continu certains paramètres (dont la turbidité) et assurer ainsi une intégration plus viable des variations de la qualité des eaux.
<b>ECHELLE D'OBSERVATION</b>	Aire d'étude éloignée ( <i>i.e.</i> l'aire susceptible d'être impactée par le projet). Nous avons placé des stations en dehors de la zone de projet en considérant les paramètres principaux et les gradients correspondant. Les limites de cette aire peuvent être évaluées au travers des connaissances acquises relatives à l'hydrodynamisme, la qualité des matériaux et les spécifications techniques du parc éolien..

Figure 67 : extrait du guide de l'étude d'impact des parcs éoliens en mer (2017)<sup>36</sup> p. 122 (protocole pour le suivi de la qualité des eaux).

<sup>36</sup> [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/guide\\_etude\\_impact\\_eolien\\_mer\\_2017\\_complet.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/guide_etude_impact_eolien_mer_2017_complet.pdf)

Dans le cadre de l'application de ce protocole, nous respectons les prescriptions de la **DCE** notamment :

Nous suivons les préconisations présentées dans le **Guide Aquaref « Opérations d'échantillonnage en milieu marin »** :

Nous appliquons le protocole suivant pour les prélèvements d'eau de mer à la bouteille Niskin :

- **Échantillonnage** : 1 prélèvement d'eau par station à 3 profondeurs (subsurface, mi-profondeur et 1 mètre du fond) ;
- **Temps d'immersion** : quelques minutes, le temps de descendre le lest et d'activer le messenger pour fermer les bouteilles ;
- **Paramètres analysés** : nous effectuons les analyses conformément aux obligations de l'accréditation COFRAC des partenaires impliqués ;
- **Système de prélèvement** : 1 bouteille Niskin en téflon de 5 L de contenance, associée à la sonde multi-paramètres sur un bout lesté descendu à l'aide d'un treuil électrique. Pour des raisons pratiques, il est préférable de procéder à un seul prélèvement pour ne pas perdre de temps régler la distance entre les bouteilles en fonction de la profondeur mesurée *in situ*.
- **Fréquence** : mensuelle pour assurer la complémentarité avec l'application du protocole REPHY en cours et faciliter ultérieurement les comparaisons avec les résultats déjà produits. Nous prévoyons donc **12 sorties par an**.

Nous appliquons le protocole suivant pour caractériser la qualité de la colonne d'eau de mer au moyen d'une sonde multi-paramètres étalonnée chaque année

- **Échantillonnage** : 1 mesure en continu dans toute la colonne d'eau en parallèle des prélèvements d'eau à la bouteille Niskin ;
- **Temps d'immersion** : quelques minutes, soit le même temps que pour descendre le lest et d'activer le messenger pour fermer les bouteilles dans l'opération effectuée en parallèle afin de permettre une validation et des comparaisons statistiques pendant la phase d'analyse ;
- **Paramètres hydrologiques à mesurer in-situ** : salinité, température, conductivité, pression, turbidité, oxygène dissous et pH
- **Système de prélèvement** : 1 sonde WIMO fixée à un bout lesté descendue au moyen d'un treuil électrique
- **Fréquence** : mensuelle pour assurer la complémentarité avec l'application du protocole **REPHY** en cours et faciliter ultérieurement les comparaisons avec les résultats déjà produits). Nous prévoyons donc **12 sorties par an**.

Nous appliquons le protocole suivant pour les caging de moules :

- **Échantillonnage** : 1 station par parc ;
- **Temps d'immersion** : les moules seront analysés à T0, T0 + 3mois et T0 + 6 mois en respectant les périodes de reproduction et de repos biologique.
- **Paramètres analysés** : des analyses biométriques, de survie et chimiques (HAP, PCB, chimie) seront effectuées ;
- **Système de prélèvement** : déploiement des caging de moules sur des lignes de mouillage adaptées aux conditions physiques des zones du parc.

En plus des prélèvements d'eau, l'utilisation de cages de moules sera mis en place sur deux stations à quelques mètres de profondeur permettra de mettre en avant une éventuelle pollution chronique et le phénomène de bioaccumulation. Les moules sont en effet des filtres qui se nourrissent de particules alimentaires dans la colonne d'eau et bio-accumulent les contaminants chimiques potentiellement présents dans milieu.

Ces analyses sont donc complémentaires car les moules sont un capteur intégrateur qui ne permet pas de connaître avec précision les contaminants présents mais qui permet de prendre en compte tous les contaminants présents, alors que les analyses d'eau donnent une quantification des contaminants dans l'eau, mais uniquement sur les contaminants qui sont analysés.

L'échantillonnage des moules sauvages et les essais de caging doivent donc être réalisés au cours de la période de repos sexuel des organismes (ASTM, 2013b ; OSPAR, 2012 ; US EPA, 2009). En fonction des espèces de moules (*Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis* et *Mytilus sp.*) et de leur localisation géographique, la maturité sexuelle n'intervient pas à la même période de l'année. Pour la Manche, où l'on rencontre principalement des populations de *Mytilus edulis*, la période de repos sexuel est le trimestre 4 (octobre, novembre et décembre) ; c'est à cette période que le prélèvement de moules doit être préférentiellement effectué (OSPAR, 2012).

Nous appliquons le protocole suivant pour les capteurs passifs (DGT) :

- **Échantillonnage** : 1 station par parc et 1 station témoin en dehors de la zone ;
- **Temps d'immersion** : les résines DGT seront analysées à T0 +/- 10-15 jours.
- **Paramètres analysés** : des analyses physico-chimiques (traces de métaux) seront effectuées ;
- **Système de prélèvement** : déploiement des DGT mutualisés avec les lignes de mouillage des cages de moules, adaptées aux conditions physiques des zones du parc.

Notre groupement s'engage à réaliser les analyses **physico-chimiques** demandées dans le CCTP. Ces analyses seront réalisées par notre laboratoire local LABEO, **accrédité COFRAC** dans le respect des recommandations du référentiel « **dragage 104** » et de la **Norme NF EN ISO 16 665**.

## 3.1.1.3. Méthode de déploiement opérationnel sur le terrain

Mode opératoire de prélèvement d'eau (bouteilles Niskin) et sonde multi-paramètres.	
1	Préparer les autorisations de prélèvement et la sortie en mer.
2	Se rendre sur chaque station géoréférencée (GPS) avec le navire prévu à cet effet. Relever la bathymétrie pour pouvoir positionner la bouteille Niskin et la sonde multi-paramètres sur le bout de descente.
3	1 bouteille Niskin couplée à la sonde multiparamètres est fixée sur le bout de descente qui est lesté au moyen de 6 kg de fonte en fonction des conditions locales de courant pour pouvoir effectuer une descente verticale : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Un premier prélèvement en subsurface ;</li> <li>- Un deuxième prélèvement à mi-profondeur;</li> <li>- Un troisième prélèvement à 1 m au-dessus du fond;</li> </ul> Les coordonnées de chaque point de prélèvement sont enregistrées au moyen du GPS Mobile Mapper CE (précision 1 m).
4	Dans un deuxième temps, la bouteille descend ouverte dans l'eau qui passe directement à travers elle avec un effet nettoyant. La fermeture est actionnée par un messenger descendu le long du bout pour prélever l'échantillon à la bonne profondeur. L'opérateur remonte alors le système à bord à l'aide du treuil électrique. Les prélèvements à chaque profondeur sont effectués successivement.
5	Les échantillons destinés à l'analyse physico-chimique sont conditionnés dans un contenant hermétique adapté au volume de l'échantillon et au type d'analyse à effectuer (cf. type flacon en fonction des analyses à réaliser ; volume 0,5, 1 ou 2 L est utilisé).
6	L'échantillon conditionné subit un double étiquetage sur le flacon. Les étiquettes sont fournies par le CREC et LABEO et complétée par l'opérateur.
7	Les échantillons sont conditionnés dans une glacière ayant la capacité de maintenir une température de $5\pm 3^{\circ}\text{C}$ , à l'obscurité.
8	L'équipe retourne au port et au véhicule avec les prélèvements . Elle transporte les échantillons à nos partenaires LABEO (Laboratoire d'analyses physico-chimiques) et le CREC (chlorophylle).
9	Une fiche de métadonnées est remplie <i>in situ</i> pour décrire l'échantillonnage de chaque station. Le modèle utilisé est fourni par Desroy <i>et al.</i> (2008) dans le cadre de la déclinaison du protocole du Réseau Rebut pour la DCE. Cette façon de faire permet de respecter le protocole d'intégration des données au format QuadriLabo et peut encore être adapté aux spécificités de l'étude en cours. <ul style="list-style-type: none"> <li>- identification précise et unique du lieu de prélèvement (nom, coordonnées GPS (GPS WGS 84 ou Lambert 93) ;</li> <li>- nature du programme d'échantillonnage (ex : DCE) ;</li> <li>- identification du préleveur ;</li> <li>- date, ou date et heure pour les échantillons d'eau ;</li> <li>- méthode de prélèvement ;</li> <li>- niveau de prélèvement / immersion / profondeur : (ex : surface -1m) ;</li> <li>- résultats des mesures <i>in situ</i> ;</li> <li>- observations éventuelles utiles pour l'interprétation des résultats.</li> </ul>
10	Conditions environnementales d'exécution des opérations : Houles inférieures à 1m Mer du vent inférieure à 5 Beaufort



Matériel utilisé pour les mesures ponctuelles	
<p>1</p> <p>La sonde multi-paramètres WiMo est la dernière génération de sonde développée par <b>NKE Instrumentation</b>. Il suffit de connecter les capteurs à la sonde afin qu'elle produise des mesures précises et de qualité. Cette sonde est conçue pour être utilisée dans les zones les plus difficiles, en milieu marin, côtier, offshore, ou en eau douce. La sonde WiMo grâce à ses capteurs internes est capable de mesurer la pression et la température et peut être déployée jusqu'à 250 mètres de profondeur. L'ajout de capteurs « plug and play » permet de mesurer jusque 20 paramètres simultanément. La sonde WiMo peut être utilisée en mode autonome (data logger) ou avec un boîtier de communication comme station d'alerte en temps réel. Il est également possible de connecter un balai afin de bénéficier d'un système antifouling actif et efficace. La sonde est intégrable sur toutes les plateformes comme les bouées, les AUVs, les ROVs, les bouées profileuses ou encore des plateformes plus complexes.</p> <p>Un des principaux avantages de cette sonde WiMo est sa <b>facilité d'utilisation</b> grâce à son interface web embarquée compatible avec tous types d'appareils (PC, tablette, smartphone – Windows, IOS, Linux).</p>	<p>Sonde WIMO multi-paramètre</p>  <p><b>Capteurs déployés pour le projet :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Turbidité</li> <li>- Salinité, conductivité</li> <li>- Température</li> <li>- Oxygène</li> <li>- Chlorophylle a</li> <li>- pH</li> </ul> <p><b>Étalonnage :</b> Annuel pour chaque capteur</p>
<p>2</p> <p>Ces bouteilles Niskin sont non-métalliques et possèdent un ressort en Latex au milieu de la bouteille, qui ferme les bouchons de fond pour prélever l'échantillon. Aucune pièce métallique n'est en contact avec l'échantillon. Les bouteilles sont descendues verticalement dans l'eau et étant ouvertes à chaque extrémité, les impuretés éventuelles sont nettoyées pendant la descente. Une fois la bouteille récupérée, l'échantillon peut être vidé via un robinet en bas et une prise d'air en haut évite la création d'un vide à l'intérieur (la prise d'air agit également comme une soupape de sécurité s'il se produit un excès de pression dans la bouteille). L'intérieur des bouteilles est recouvert de téflon pour cette étude car le contact avec le PVC peut poser un problème, et le ressort est également remplacé par un ressort en Inox ou Inox recouvert de Téflon.</p>	<p>La bouteille Niskin</p> <p><a href="https://www.maritech.fr/index.php/service/bouteille-echantillonneur-niskin/">https://www.maritech.fr/index.php/service/bouteille-echantillonneur-niskin/</a></p> 

NB : Le trait de chalut dédié au suivi de l'ichtyoplancton est ensuite effectué selon les modalités décrites dans la partie consacrée au suivi des poissons, mollusques et crustacés.

Dans le cadre du projet, la moule bleue *Mytilus edulis* est choisie comme espèce indicatrice, celle-ci étant l'espèce commune en Manche.

Mode opératoire de déploiement des caging de moules.	
1	Préparer les autorisations de prélèvement et la sortie en mer.
2	Se rendre sur chaque station géoréférencée (GPS) avec le navire prévu à cet effet.
3	Préparation des pochons (2 par station + 1 poche témoin pour analyse initiale). Chaque lot de moules pèse environ 5kg.
4	Immersion des caging pour 2 campagnes de 3 mois.
5	Relevage à T0 + 3 mois d'un premier caging pour analyse puis du second caging à T0 + 6 mois.  Biométrie : Mesure hauteur de coquille de tous les individus. Mise en piluliers : Application du protocole du ROCCH matière vivante. Byssus retiré, décoquillage au-dessus du buchner. Egouttage de la chair pendant 30 min. Quantité minimum à prévoir : 1 kg/échantillon de moules entières. Indice de condition : Mesure de la masse sèche (MS) de la chair et des coquilles après séchage à 60°C pendant 48h. IC = (MSchair / MScoquilles) x 100. Stockage : Congélation à -20°C en attente d'analyse.

NB : A chaque sortie en mer, une mesure *in situ* des paramètres physico-chimiques a été effectuée

Concernant les échantillonneurs passifs (DGT), le protocole suivi était le suivant, en notant bien la température, l'heure de l'immersion et de récupération des échantillonneurs passifs, données essentielles pour le calcul des concentrations des substances :

Mode opératoire de déploiement des DGT.	
1	Préparer les autorisations de prélèvement et la sortie en mer.
2	Montage des DGT (en triplicat) sur les plaques support sous hotte à flux laminaire et protection dans une boîte puis dans un double sac en polyéthylène. Conservé au réfrigérateur avant et jusqu'au départ sur le terrain. Pendant toute la durée du montage des DGT, un « blanc labo » a été exposé pour pouvoir vérifier qu'aucune contamination n'est induite lors de cette opération.
3	Se rendre sur chaque station géoréférencée (GPS) avec le navire prévu à cet effet. Réalisation d'un double profil ascendant descendant au moyen d'une sonde multi-paramètre.
4	Triplicats de DGT sortis des sacs plastiques juste avant l'immersion. Exposition d'un « blanc terrain » pendant la durée d'exposition à l'air des DGT avant immersion.
5	Relevage à T0 +/- 1à – 15 jours, une fois par saison pendant un année.  Le triplicat de DGT est rincé rapidement à l'eau Milli-Q ainsi que la face interne de sa plaque support dès la sortie de l'eau. Protéger le tout dans sa boîte sans la sortir des 2 sacs plastiques, la refermer ainsi que les 2 sacs plastiques, et mettre en glacière. Exposition d'un « blanc terrain » et rinçage rapide à l'eau Milli-Q comme les DGT immergés.

NB : A chaque sortie en mer, une mesure *in situ* des paramètres physico-chimiques a été effectuée.

#### 3.1.1.4. Précisions techniques relatives au protocole d'échantillonnage

À partir des coordonnées des traits fournies par le maître d'ouvrage, le Capitaine et le chef de mission positionnent le navire pour effectuer des traits au filet bongo et effectuer les analyses de l'ensemble de la colonne d'eau.

L'acquisition de mesures de concentration de contaminants chimiques dans la matrice eau marine est délicate et complexe ; il s'agit de pouvoir disposer de résultats fiables et quantifiés. Les prélèvements doivent être réalisés en respectant les modalités précisées dans le guide d'échantillonnage en milieu marin (Aquaref).

Cela implique notamment de conditionner préalablement le matériel avant échantillonnage de façon adaptée et de s'assurer que tout le processus d'acquisition permette d'éviter toute contamination de l'échantillon. Il faudra ainsi bien prévoir les flaconnages nécessaires pour les échantillons qui feront l'objet d'analyses pour les contaminants métalliques, et ceux qui feront l'objet d'analyses pour les contaminants organiques. LABEO fournit ces flaconnages et s'assure de leur bonne qualité avec Sinay au moment de leur livraison avant chaque mission dans le cadre de la préparation de la campagne.

Nous devons acheminer les échantillons aux différents laboratoires le plus rapidement possible après les avoir conditionnés. Les échantillons d'eau destinés à être analysés par LABEO doivent être traités rapidement, nous livrons les échantillons avant 17h00 à la fin de chaque sortie en mer afin d'éviter les temps d'attente trop longs avant traitement (fin de semaine).

Les échantillons de chlorophylle sont filtrés par l'équipe du CREC au laboratoire. Le flacon utilisé répond aux exigences de la norme NF EN ISO 5667-3 ; il fait partie d'un lot testé par le laboratoire pour chaque paramètre.

Les échantillons parviennent au laboratoire moins de 10 heures après leur prélèvement. Entre temps, ils sont conservés en glacière ou frigo à 5 degrés. La chaîne du froid est ainsi maintenue. Les échantillons envoyés à LABEO sont stabilisés pour pouvoir respecter les normes de qualité COFRAC dans le cadre de leur analyse.

Les analyses sont réalisées le jour de leur réception par le laboratoire sauf pour les paramètres NO<sub>x</sub>/PO<sub>4</sub>/NH<sub>4</sub>. Dans ce dernier cas, les échantillons sont d'abord filtrés et congelés avant leur analyse dans les deux semaines suivantes. Les échantillons consacrés au suivi du paramètre Si(OH)<sub>4</sub> sont traités en moins d'une semaine.

#### 3.1.1.5. Plan d'échantillonnage

Toutes les stations suivies pour les habitats benthiques et les peuplements piscicoles produisent des données de profil de la qualité de l'eau à la sonde. Ils sont prélevés dans les mêmes conditions de marée (coefficient et courant) dans la mesure du possible, pour permettre les comparaisons.

De plus, huit stations spécifiques à l'hydrologie sont prévues avec pour chacune un profil vertical réalisé à la sonde et trois prélèvements avec des bouteilles Niskin pour couvrir toute la colonne d'eau.

**Le plan d'échantillonnage présenté propose 8 stations dédiées au suivi de l'hydrologie avec une fréquence mensuelle pendant 1 an (12 mois). Elles sont réparties selon un motif permettant d'intégrer les gradients principaux tout en optimisant les efforts.**

#### 3.1.1.6. Mutualisation des moyens

Les campagnes de prélèvement d'eau seront mutualisées avec celles concernant les prélèvements de zooplancton pour optimiser la production de résultats et l'utilisation des moyens nautiques.

### 3.1.1.7. Pré-traitement des données

Les enregistrements numériques des sondes multi paramètres sont récupérés sous forme de fichiers bruts au format txt. Ils sont vérifiés et nettoyés d'erreurs potentielles d'enregistrement. Les données sont ensuite injectées dans nos bases de données sur le cloud Sinay Hub.

Les fichiers de résultats de laboratoire d'analyse de notre partenaire LABEO sont récupérés au format pdf et xls. Les données sont ensuite injectées dans nos bases de données sur le cloud Sinay Hub.

### 3.1.1.8. Référentiels utilisés pour l'analyse des données

Le référentiel que nous utilisons pour caractériser les stations « eau » de la zone d'étude est le référentiel NQE se trouvant dans l'« Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 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 »<sup>37</sup>.

Nous prendrons en compte les seuils des deux colonnes (NQE-MA (2) Eaux côtières et de transition & NQE-CMA (4) Eaux côtières et de transition).

Dans la partie relative à l'hydrologie, nous utiliserons des valeurs seuils du Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (MET & MEC) dans le cadre de la DCE (Février 2018)<sup>38</sup>.

Le Tableau 13 présente quelques exemples des valeurs seuils issues du Guide relatif règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (MET & MEC) dans le cadre de la DCE (Février 2018).

- Chlorophylle

Tableau 13 : exemples de valeurs seuils issues du Guide relatif règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (MET & MEC) dans le cadre de la DCE (Février 2018).

Phytoplancton – Manche Atlantique					
EQR Chlorophylle a Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR Chlorophylle a Intercalibré	EQR Abondance Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR Global (abondance + chl a) Arrêté évaluation 27 juillet 2015	EQR Global (abondance + chl a) à utiliser pour l'EdL 2019	Classe
[1,00 – 0,67]	[1,00 – 0,76]	[1,00 – 0,84]	[1,00 – 0,75]	[1,00 - 0,80]	Très Bon
]0,67 – 0,33]	]0,76 – 0,33]	]0,84 – 0,43]	]0,75 – 0,38]	]0,80 - 0,38]	Bon
]0,33 – 0,17]	]0,33 – 0,17]	]0,43 – 0,24]	]0,38 – 0,20]	]0,38 - 0,20]	Moyen
]0,17 – 0,08]	]0,17 – 0,08]	]0,24 – 0,19]	]0,20 – 0,13]	]0,20 - 0,13]	Médiocre
]0,08 – 0,00]	]0,08 – 0,00]	]0,19 – 0,00]	]0,13 – 0,00]	]0,13 - 0,00]	Mauvais
REF (3,33 µg/L) ; H/G=5 µg/L ; G/M=10 µg/L	REF (3,33 µg/L) ; H/G=4,4 µg/L ; G/M=10 µg/L	REF (16,7 %) ; H/G=20 % ; G/M=39 %			

### 3.1.1.9. Analyse et traitement des données

Une fois les données produites, nous utiliserons les données hydrologiques du réseau SOMLIT<sup>39</sup> pour comparer ces données avec les résultats des mesures hydrologiques (sondes multi paramètres et

<sup>37</sup> [https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article\\_jo/JORFARTI000037347796](https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/article_jo/JORFARTI000037347796)

<sup>38</sup> <https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/2019-04/guide-reeel-2018-3.pdf>

<sup>39</sup> <https://www.somlit.fr/>

prélèvements). Les données de SOMLIT pourront également être mises à contribution avec la participation active des experts de BOREA<sup>40</sup> (Pascal Claquin) au CREC<sup>41</sup> de l'Université de Caen à Luc-sur-mer.

Les données des réseaux DCE sont récupérés au moyen de Quadrige<sup>2</sup> après demande d'autorisation de récupération auprès de l'Ifremer. Nous allons récupérer les données du REPHY.

Ces données sont injectées dans la base de données se trouvant sur la plateforme de Sinay. Nos outils de traitement de données issus de R-Studio effectueront les requêtes permettant le filtrage des données sur les masses d'eau qui serviront de comparaison avec les données collectées à savoir :

- FRHC07 « Cap Levi Gatteville » ;
- FRHC08 « Barfleur » ;
- FRHC09 « Anse de St Vaast la Hougue » ;
- FRHC10 « Baie de Veys ».

Des requêtes sont réalisées sur la base de données en fonction des paramètres à étudier pour extraire les informations associées aux masses d'eau (paramètres hydrologiques).

Compte tenu de l'historique des réseaux de suivi de l'Ifremer, nous aurons des séries de données statistiques relativement importantes permettant d'effectuer des traitements de statistiques descriptives à l'aide de scripts R<sup>®</sup> pour automatiser ces processus.

Les calculs suivants seront réalisés :

- Valeurs Min, Max, Moyenne, Médiane par année pour l'ensemble des points de mesures considérés ;
- Valeurs Min, Max, Moyenne, Médiane sur l'ensemble des années pour l'ensemble des points de mesures considérés.

Nos résultats sont comparés avec ceux des résultats du réseau de mesure **REPHY** (médiane, moyenne, Min, Max) considéré dans cette étude.

Nos résultats sont comparés aux seuils **NQE** de la Normes DCE. Afin d'avoir une vue globale, toutes les analyses chimiques de nos stations seront regroupées sous forme d'un seul tableau croisant :

- en ligne, les échantillons ;
- en colonne, les différentes substances analysées en regroupant : les caractéristiques physicochimiques des sédiments, les éléments-traces, les composés-traces, les organostanneux, les HAP, les autres substances analysées.

La référence explicite aux seuils NQE apparaîtra sous la forme de la valeur réglementaire des seuils et sous la forme d'un code couleur pour visualiser directement les dépassements par échantillon et par substance.

Nous utiliserons ce guide pour faire la même analyse sur l'ensemble des paramètres à étudier en hydrologie. Nous proposons également une cartographie permettant de visualiser spatialement nos stations et leur qualité en fonction des paramètres mesurés.

<sup>40</sup> <https://borea.mnhn.fr/>

<sup>41</sup> [https://crec.unicaen.fr/?page\\_id=5224](https://crec.unicaen.fr/?page_id=5224)



Ces opérations sont effectuées par les experts au moment de l'analyse de données pour disposer des derniers jeux de données et proposer l'analyse la plus complète et précise possible.

#### 3.1.1.10. Indicateurs produits

- Qualité physico-chimique de la colonne d'eau ;
- Évolution mensuelle des paramètres mesurés pendant un an ;
- Chlorophylle *a* par fluorimétrie.

Le Tableau 14 présente la liste des paramètres suivis dans les matrices « eau » et « biote » dans le cadre de la présente étude conformément aux exigences du CCTP.

Tableau 14 : liste des paramètres suivis dans les matrices « eau » et « biote ».

Qualité de l'eau			
Paramètres mesurés	Eaux Marines	Hydrologie	Température, pH, salinité, conductivité de la colonne d'eau, concentration en oxygène dissous, fluorescence
		Transparence	Mesure optique (NTU), matières en suspension (MES) (fractions organiques et minérales)
		Biologie	Concentration en chlorophylle <i>a</i> et phéopigment
		Chimie (sur fraction totale et dissoute)	Al, Ca, Cd, Cl, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb, Zn, matières inhibitrices, composés organohalogénés absorbables sur charbon actif, HAP
		Micropolluants organiques	HCT C10-C40
		Bactériologie	<i>Escherichia coli</i> , entérocoques intestinaux
		Nutriments	COT, Azote Total, Nitrites, Nitrates, Ammonium, Phosphates, Orthophosphates (PO <sub>4</sub> ), Fluorures, Sulfates, Silicium, Indium, AOX, Bromoforme
	Biote	Les analyses suivantes devront être menées pour la qualité du biote : <ul style="list-style-type: none"> <li>• PCB 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180 (9 congénères).</li> <li>• Al, Mn, Fe, Hg, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Pb, Cr, As.</li> <li>• HAP : acénaphtène, acénaphtylène, anthracène, benzanthracène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, dibenzanthracène, fluoranthène, fluorène, indéno-pyrene, naphthalène, phénanthrène, pyrène.</li> </ul>	

Le

Tableau 15 détaille les LQ des mesures effectuées à partir de la matrice « eau ». Ce tableau est issu des ateliers de travail avec l'Ifremer.

Tableau 15 : synthèse des LQ eaux marines.

Qualité des eaux marines				
Famille	Composé	NQE <sup>42</sup>	LQ minimum <sup>43</sup>	LQ du candidat
Métaux lourds	Al	-	1 µg/L	2 µg/L
	As (arsenic)	0,2 µg/L		-
	Cd (cadmium)	0,2 µg/L	0,07 µg/L	-
	Cr	3,4 µg/L		5 µg/L
	Cu	0,8 µg/L		0,0005 µg/L
	Fe	-		-
	Ni (Nickel)	8,6 µg/L	1 µg/L	0,5 µg/L
	Pb	1,3 µg/L	0,4 µg/L	0,1 µg/L
	Zn	7,8 µg/L		0,002 µg/L
Nutriments	COT	5 mg/l		0,20 mg/L C
	Azote Total	0,7 mg/l		0,5 mg/L N
	Nitrites	0,3 mg/l	0,03 µmol/l	0,001 mg/L NO <sub>2</sub>
	Nitrates	10 mg/l	0,2 µmol/l	0,01 mg/L NO <sub>3</sub>
	Ammonium	0,5 mg/l	0,05 µmol/l	0,01 mg/L NH <sub>4</sub>
	Phosphates	0,03 mg/l	0,04 µmol/l	-
	Phosphore Total	0,2 mg/l		0,01 mg/L P
	Fluorures			0,05 mg/L F
	Sulfates			5,00 mg/L SO <sub>4</sub>
HCT	HCT C10-C40			-

Le Tableau 16 détaille les LQ des mesures effectuées à partir de la matrice « eau ». Ce tableau est issu des ateliers de travail avec l'Ifremer.

<sup>42</sup>Norme de qualité environnementale définie selon l'ordre hiérarchique suivant :

- NQE-MA (Dir. 2013/39/CE) Pour les substances "prioritaires" et "prioritaires dangereuses" de la DCE : Norme de Qualité Environnementale réglementaire, applicable dans les eaux de surface côtières et de transition et visant la protection de l'environnement et de la santé humaine. Valeur exprimée sous forme de moyenne annuelle, en µg/L ;
- CMA-MA (Dir. 2013/39/CE) Pour les substances "prioritaires" et "prioritaires dangereuses" de la DCE : Concentration Maximale Admissible réglementaire, applicable dans les eaux de surface côtières et de transition et visant la protection de l'environnement et de la santé humaine. Valeur exprimée sous forme de moyenne annuelle, en µg/L ;
- QS-MA marine\_eco : Valeur de référence spécifique (QS) applicable dans l'eau visant la protection des organismes pélagiques marins contre une écotoxicité chronique (exprimée sous forme de moyenne annuelle) ;
- NQEp Eaux. Circulaire du 07/05/07 définissant les "normes de qualité environnementale provisoires (NQEp)" des 41 substances impliquées dans l'évaluation de l'état chimique des masses d'eau ainsi que des substances pertinentes du programme national de réduction des substances dangereuses dans l'eau.

<sup>43</sup>LQ compatible DCE, conformément à l'avis du 14 avril 2018 relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques

Tableau 16 : synthèse des LQ dans le biote définis dans le cadre de la DCE.

Biote			
Substance prioritaires (en µg/Kg PF)	NQE biote - MA <sup>44</sup>	LQ minimum <sup>45</sup>	LQ candidat
Mercure et ses composés (= mercure total)	20	6	0,010 mg/kg PF
Hexachlorobenzène (HCB)	10	3	-
Hexachlorobutadiène (HCBd)	55	10	-
Somme des 6 PBDE (BDE 28, 47, 99, 100, 153, 154) et PBDE individuel	0,0085	0,003	-
Fluoranthène	30	5	0,05 ppb
Benzo(a)pyrène	10	1,7	0,05 ppb
Perfluorooctane sulfonate (PFOS)	9,1	0,18	-
Somme de 3 Hexabromocyclododécanes (HBCDDs)	167	0,2	-
Heptachlore	0,0067	0,002	-
Heptachlore époxyde	0,0067	0,002	-
Dicofol	33	10	-
Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	3200	100	-
Pentachlorobenzène	Pas de valeur	5	-

Les seuils N1 et N2 doivent être considérés à titre d'information car ce sont des seuils « guide » pour la gestion des sédiments de dragage, donc le contexte est complètement différent. Il est plus approprié de considérer les seuils de qualité du milieu : seuils sédiments considérés dans le cadre DCSMM (seuils OSPAR, mentionnés dans la synthèse bibliographique) : Aourel *et al.*, 2018<sup>46</sup> Il faut considérer le protocole défini dans le cadre ROCCH SED (DCSMM) en termes d'acquisition et de traitement des données (l'aluminium est bien prévu dans le protocole d'acquisition données ROCCH SED).

Parmi les substances à rechercher, l'Ifremer recommande la liste minimum suivante :

<sup>44</sup>Valeurs basées sur la Norme de Qualité Environnementale, recommandée et applicable dans le biote visant la protection de l'environnement et la santé humaine. Valeur exprimée sous forme de moyenne annuelle, en µg/kg biote (ph).

<sup>45</sup>Conformément aux attendus de la DCE, les LQ minimum correspondent à NQE/3

<sup>46</sup>Mauffret Aourel, Chiffolleau Jean-Francois, Burgeot Thierry, Wessel Nathalie, Brun Melanie (2018). Évaluation du descripteur 8 « Contaminants dans le milieu » en France Métropolitaine. Rapport Scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00461/57294/>.

- Al, Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Mn, Fe
- HAP
- les substances pouvant être libérées par les installations du parc tels que les composés anti-salissure ou peinture de protection.

En effet si les parties immergées des pieux d'éoliennes ne doivent pas être recouverts de peinture (charte nationale de construction EMR), les parties émergées peuvent être recouvertes de peinture protectrices.

Le choix des matrices est effectué en accord avec les possibilités analytiques existantes au moment de l'état initial. Si nécessaire pour certaines matrices, un échantillonnage pour analyse ultérieure pourrait être envisagé pour les composés ne pouvant être analysés lors de l'état initial faute de connaissances techniques suffisantes. Les ateliers sur ce thème avec l'Ifremer sont en cours.

### 3.1.2. Résumé pour la qualité physico-chimique de l'eau

#### 3.1.2.1. Objectif

Ce suivi a pour objectif de caractériser la qualité physico-chimique de l'eau et son évolution.

#### 3.1.2.2. Échantillonnage

8 stations sont suivies mensuellement, à trois niveaux de profondeur pour caractériser la structuration de la colonne d'eau. 3 stations sont également suivies pour suivre la contamination de la masse d'eau à l'échelle saisonnière.

#### 3.1.2.3. Engin utilisé

Les engins sont déployés sur des lignes de mouillage adaptées pour les stations permanentes (pochons de moules et DGT). La bouteille niskin en téflon (5 L) couplée à une sonde multiparamètres est utilisée pour le suivi mensuel.

#### 3.1.2.4. Opérations

Les navires utilisés sont adaptés au déploiement des engins et/ou des lignes de mouillage.

#### 3.1.2.5. Fréquence et saisonnalité

**L'échantillonnage des stations ponctuelles est effectué mensuellement pendant 12 mois consécutifs.** L'échantillonnage des stations permanentes est effectué en continu pendant deux fois trois mois. Les DGT sont déployés à chaque saison pendant 10 à 15 jours.

#### 3.1.2.6. Conditions d'intervention

Les conditions d'échantillonnage des stations ponctuelles correspondent aux marées de morte-eau. Les stations permanentes sont déployées en fonction des conditions locales de navigation et de travail embarqué.

#### 3.1.2.7. Indicateurs produits

- Structuration de la colonne d'eau et son évolution ;
- Contamination de la masse d'eau.

### 3.1.3. Qualité des sédiments

#### 3.1.3.1. Objectif

Ce suivi a pour objectif de caractériser la qualité physico-chimique du substrat meuble.

#### 3.1.3.2. Protocole pour l'état de référence et suivi des sédiments

Sinay se conforme aux objectifs du CCTP mais également au protocole d'échantillonnage préconisé dans le **Guide d'étude d'impact éolien en mer** ci-après pour la caractérisation de « *la qualité physico-chimique des sédiments* ».

Tableau 17 : extrait du guide d'étude d'impact éolien en mer p122 (protocole pour le suivi des sédiments).

<b>OBJECTIF</b>	Établir un état « E0 » permettant d'évaluer la qualité physico-chimique du milieu.
<b>CRITÈRES À CONSIDÉRER</b>	Les observations doivent être réalisées dans l'aire d'étude éloignée (zone potentiellement impactée par le projet). Les limites de cette aire d'étude éloignée sont définies en fonction de l'hydrodynamisme de la zone, de la qualité des matériaux employés et les spécifications techniques du projet.
<b>MÉTHODOLOGIE</b>	Prélèvements par forage, carottage ou benne preneuse.
<b>ÉCHELLE D'OBSERVATION</b>	Aire d'étude éloignée ( <i>i.e.</i> l'aire susceptible d'être impactée par le projet). Des stations de référence ont été placées en dehors de la zone de projet pour tenir compte de l'influence de principaux paramètres pouvant présenter une influence sur la nature des sédiments et leur contamination. Nous avons tenu compte des taches de sédiment particulier au sein d'un grand ensemble de sédiment grossier paraissant homogène. La position de ces stations peut être révisée pour mutualiser les efforts avec les autres projets en cours.

Dans le cas présent nous privilégions le prélèvement à la benne pour tenir compte de la stratification du sédiment en lien avec sa nature grossière.

Nous suivrons les recommandations du Guide Aquaref Opérations d'échantillonnage en milieu marin dans le cadre des programmes de surveillance DCE (Matrices : eau, sédiment et biote). En effet, la collecte des sédiments meubles sera réalisée en zone subtidale (zone éloignée et rapprochée) pour caractériser la qualité physico-chimique des sédiments. Le protocole DCE stipule que l'échantillonnage concerne la couche sédimentaire superficielle, généralement le premier centimètre. Dans notre cas, nous envisageons de prélever le sédiment plus profondément dans l'espoir de trouver une éventuelle fraction fine.

Sinay s'engage à réaliser les analyses physico-chimiques demandées au CCTP. Ces analyses seront réalisées par notre laboratoire local LABEO, accrédité COFRAC dans le respect des recommandations du référentiel « dragage 104 » et de la Norme NF EN ISO 16 665.

- **Périodes d'échantillonnage** : l'échantillonnage sédimentaire aura lieu aux mêmes périodes que pour l'évaluation des biocénoses benthiques de substrat meuble (février/mars et octobre/novembre) pour les masses d'eau côtière selon le protocole DCE défini par l'Ifremer.
- **Fréquence** : elle est annuelle (à renouveler suivant les résultats de la première année). La seconde année, si besoin un nouvel échantillonnage est envisageable mais reste à définir en fonction des enjeux selon le **Guide des études d'impact pour l'éolien en mer 2017**. (Le Réseau



de Mesures ROCCHSED effectue une rotation tous les 6 ans pour couvrir l'ensemble des façades maritimes, les dernières mesures sur le bassin Seine Normandie datent de 2019).

- **BACI/BAG** : Dans le Guide d'étude d'impact sur l'éolien en mer 2017, le périmètre d'étude doit porter jusqu'à une aire d'étude éloignée qui est définie en fonction de "*l'étude des conditions hydrodynamiques de la zone, de la qualité des matériaux employés et des spécifications techniques du projet*". Comme pour la qualité des eaux, il faut considérer la zone d'étude éloignée et la zone rapprochée. Les enjeux environnementaux sur la zone rapprochée sont principalement constitués par les habitats benthiques situés sur les faciès morpho-sédimentaires qui vont subir des perturbations dans l'environnement proche par la remise en suspension de particules sédimentaire dans la phase de construction. Il a donc fallu prendre en compte des stations dans la zone rapprochée. Des stations témoins sont également définies dans cette phase de l'étude par nos experts de l'**Intechmer**. Par ailleurs, dans la zone éloignée, des enjeux sont aussi à prendre en compte. Par exemple, les zones conchylicoles sont très sensibles aux matériaux sédimentaires remis en suspension. Le **Réseau de Mesures ROCCHSED** nous fournira des données statistiques, nous dispensant ainsi de suivre pdes points de prélèvement dans ces zones stratégiques (Masses d'Eau Côtière FRH07, FRHC08, FRHC09 et FRHC10).

### 3.1.3.3. Précisions et adaptations du protocole

La durée de l'étude ainsi que la périodicité des prélèvements sont définies en fonction de l'analyse des enjeux. Les campagnes de réalisation seront mutualisées avec celles concernant l'étude de l'état de référence des habitats benthiques sur substrat meuble. Cependant, les ateliers de travail avec l'Intechmer ont permis de définir des stations complémentaires dédiées au suivi de la qualité des sédiments uniquement autour de la zone d'extraction de granulats. Lors des campagnes, un temps supplémentaire à bord sera alors prévu pour des prélèvements de sédiments complémentaires. Cependant l'échantillonnage du benthos aura lieu à la drague Rallier du Baty au moins pour certaines stations et la présence de sédiment fin reste à prouver. Cette fraction semble absente. Nous envisageons de travailler selon le protocole appliqué pour suivre les mêmes habitats dans le pays de Caux par M2C (dans le cadre d'études d'impact de parcs éoliens) en prélevant 2 à 3 kg de sédiment dans un prélèvement benthique effectué à la drague.

### 3.1.3.4. Méthode de déploiement opérationnel sur le terrain

Mode opératoire	
1	Préparer les autorisations de prélèvement et la sortie en mer
2	Se rendre sur chaque station géoréférencée (GPS)
3	Effectuer <b>1 prélèvement par station à la benne Smith</b> . Les coordonnées de chaque point de prélèvement sont enregistrées au moyen du <b>GPS Mobile Mapper CE</b> .
4	Pour chaque station, un prélèvement est effectué pour récolter le sédiment dédié à une analyse de la granulométrie et l'analyse physico-chimique. Le volume collecté par la benne est normalement assez important pour en extraire un échantillon de sédiment dédié aux analyses granulométrique et physico-chimique.
5	Les échantillons pour l'analyse physico-chimique sont conditionnés dans un contenant hermétique adapté au volume de l'échantillon et au type d'analyse à effectuer (cf. type récipient en fonction des analyses à réaliser fourni par LABEO et le CREC).
6	L'échantillon conditionné subit un <b>double étiquetage</b> . Les étiquettes sont fournies par LABEO et le CREC.
7	Les échantillons sont <b>conditionnés</b> dans une glacière ayant la capacité de maintenir une <b>température de 5±3°C</b> .
8	L'équipe et les prélèvements retournent à leur véhicule et transporte les échantillons à notre partenaire LABEO (Laboratoire d'analyse physico-chimique), au CREC (recherche de kystes phytoplanctoniques).
9	Les échantillons sont placés en conditions de température et d'éclairage optimales (dans l'obscurité d'une glacière). Les piluliers et bocaux destinés à l'analyse des métaux et contaminants organiques sont <b>congelés à -20°C</b> dans les meilleurs délais en attendant l'analyse menée par LABEO.
10	Une <b>fiche de métadonnées</b> est remplie in situ pour décrire l'échantillonnage de chaque station. Le modèle utilisé est fourni par Desroy <i>et al.</i> (2008) dans le cadre de la déclinaison du protocole du Réseau Benthique pour la DCE. Cette méthode permet de respecter le protocole d'intégration de données avec QuadriLabo. Elle peut encore est adaptée en fonction des besoins de l'étude.

### 3.1.3.5. Matériel utilisé

Partenaires du groupement impliqués dans les campagnes de terrain	
SINAY	Prélèvements en zone subtidale et intertidale
STO	Fourniture du Navire Celtic Warrior
LABEO	Fourniture des analyses physico-chimiques + granulométrie
M2C	Fourniture de la benne Smith

Le laboratoire M2C dispose de l'ensemble des matériels et équipements nécessaires à la réalisation des missions sur le terrain.

Les prélèvements seront réalisés à l'aide d'une benne Smith. Nous recommandons l'utilisation d'un seul et unique engin de prélèvement pour l'ensemble des prélèvements.

Compte tenu de la granulométrie et de la nature des fonds présentés précédemment, la benne Smith permettra de récupérer suffisamment de matière pour prélever les sédiments. Son utilisation est justifiée d'une part par une forte dominance de la fraction granulométrique grossière et d'autre part par notre volonté de préserver le maximum de potentielle fraction fine du sédiment (ce qui n'est pas possible avec la drague rallier du Baty utilisée pour échantillonner les habitats benthiques).

Le prélèvement consacré à l'étude de la sédimentologie consistera en la récolte de 1 à 2 kg de sédiment. L'ensemble du prélèvement sera alors placé dans un contenant non contaminant (type verre), puis en laboratoire, passé au travers de passoires et de tamis.

Une attention particulière sera portée aux prélèvements lors du versement dans les passoires. En effet, des encroûtements calcaires sur des galets peuvent être observés. Ils doivent être identifiés et maintenus dans leur classe de granulométrie afin d'éviter une désagrégation des encroûtements qui alimenterait des classes granulométriques plus fines lors du tamisage.

Les prélèvements de l'étude granulométrique du SHOM de 2021 ont été réalisés avec une benne Shipek. Cet outil de prélèvement, par sa nature vient perturber l'interface eau/sédiment par un effet « de chasse » éliminant la possible présence de « crème de vase ». De plus la granulométrie grossière de la zone rend cette benne inadaptée au prélèvement ; la nature grossière des prélèvements ne peut pas garantir à la benne Shipek de se refermer complètement, laissant potentiellement échapper lors de sa remontée, l'ensemble de la fraction fine du sédiment qui aurait pu être prélevée.

**Cette même étude présente une totale absence de fraction fine (silts et argiles). Le régime des courants présents sur zone peut en grande partie expliquer l'absence de fraction fine, mais le biais lié au prélèvement ne peut être totalement levé.**

Les analyses à réaliser en laboratoire sur les échantillons prélevés prévoient une série de mesures pour détecter la présence de métaux lourds. En absence de fraction fine (silts & argiles) dans les sédiments ce type d'analyse ne sera pas possible.

Afin de maximiser les chances de prélever une fraction granulométrique susceptible de capter les métaux lourds, des prélèvements à la benne Smith seront mutualisés avec les campagnes benthos.

### 3.1.3.6. Plan d'échantillonnage

Les prélèvements de sédiment seront réalisés pendant les campagnes benthos. Un prélèvement dédié sera effectué et l'intégralité du prélèvement conservé pour analyse.

Un ajout de 4 stations spécifiques aux prélèvements sédimentologiques a été intégré au plan d'échantillonnage afin de pouvoir mesurer les effets de l'activité de dragage dans un périmètre resserré autour de la zone d'extraction des granulats. Ces points pourront nous servir de référence lorsque la zone sera exploitée.

### 3.1.3.7. Mutualisation des moyens

Le personnel impliqué pour les campagnes terrain pour le volet "qualité sédiments", les outils de prélèvements (bennes, dragues) et les moyens nautiques sont mutualisés pour réaliser simultanément la collecte de sédiments pour **l'étude de l'état de référence des habitats benthiques**.

### 3.1.3.8. Pré-traitement des données

Les échantillons de sédiment sont pris en charge par LABEO, notre laboratoire d'analyse physico-chimique. Les fichiers transmis appartiennent au format txt.

### 3.1.3.9. Qualité des données produites par notre laboratoire partenaire

Pour rappel notre partenaire LABEO est un laboratoire accrédité **COFRAC**. Ce dernier effectuera les analyses dans le respect des recommandations de :

- **Référentiel « dragage » 104 ;**
- **Norme NF EN ISO 16 665.**

Les seuils de détection du laboratoire permettront "*une comparaison des valeurs mesurées avec les niveaux CEMP (Coordinated Environmental Monitoring Programme), OSPAR (voir : Level and trends in marine contaminants and their biological effects - CEMP Assessment report 2012. Commission OSPAR)*".

Les limites de quantification des analyses sont indiquées dans le tableau ci-dessous pour les sédiments.

Tableau 18 : limites de quantification des analyses du sédiment en fonction des paramètres suivis.

Paramètre	Cofrac *	Méthode	Principe de la méthode	LQ (µg/l)
<b>Analyses physico-chimiques</b>				
Préparation	C	Méthode interne PCS001	Séchage-tamassage-broyage	-
Teneur en matière sèche à 105°C	C	NF ISO 11465	Gravimétrie	1 g/kg PB
Azote kjeldhal	C	Méthode interne PCE001	Minéralisation et volumétrie	05 g/kg MS
Carbone Organique Total	C	NF ISO 14235	Oxydation chimique et spectrométrie visible	5 g / kg MS
Densité	-	NF ISO 11508	-	-
Minéralisation totale	C	NF X 31-147	Minéralisation totale en milieu fluorhydrique	-
Minéralisation partielle	C	NF EN 13346	Minéralisation à l'eau régale	-
Phosphore total	C	NF EN ISO 11885 ou NF EN ISO 17294-2	dosage par ICP/AES ou dosage par ICP/MS	40 mg/Kg sec
Aluminium (Al)				4000 µg/kg
Cadmium total (Cd)				100 µg/kg
Chrome total (Cr)				400 µg/kg sec
Cuivre total (Cu)				400 µg/kg sec
Fer (Fe)				400 µg/kg sec
Nickel total (Ni)				400 µg/kg sec
Plomb total (Pb)				1000 µg/kg sec
Zinc total (Zn)				2000 µg/kg sec
Arsenic total (As)				C
Mercuré total (Hg)	10 µg/kg sec			
Hydrocarbures totaux CPG (indice)	C	NF EN 14039	Extraction aux ultrasons et dosage par GC/FID	100 mg/kg sec
PCB / HAP - préparation	C	XP X 33-012	Extraction à chaud sous pression et dosage par GC/MS-MS	-
PCB - dosage (7 molécules)	C			0,005 mg/kg
HPA - dosage (18 molécules)	C			0,013 mg/kg
Analyse granulométrique (laser) 2µm ; 63 µm ; 200 µm et 2 mm	C	Méthode interne PCS029	Diffraction laser	-
<b>TBT sur échantillon préparé par LABÉO</b>				
Monobutylétain	C	XP T90-250	GC/MS après extr. LL hexane	-
Dibutylétain	C			100 µg(Sn)/kg MS
Tributylétain	C			40 µg(Sn)/kg MS

### 3.1.3.10. Utilisation des données du réseau de mesure DCE / ROCCHSED

Nous utiliserons les données du réseau suivi DCE **ROCCHSED** concernant le suivi des contaminants se trouvant dans le premier centimètre de sédiment. Les campagnes de l'Ifremer ont lieu tous les 6 ans sur le bassin Seine Normandie. La dernière campagne a eu lieu en 2019. Le rapport sera disponible d'ici la rédaction du rapport final.



Réseau de mesure DCE	Objectif suivi par le réseau	Paramètres utilisés pour le projet	Source de données	Date création du réseau de mesure
ROCCHSED	Données sur les contaminants chimiques trouvés dans le sédiment	Métaux lourds, les dioxines, PCB et les hydrocarbures aromatiques polycycliques	Quadrigé <sup>2</sup>	1974

Nous pourrions utiliser donc ces données ainsi que celles des années antérieures de manière à avoir une série statistique significative.

Les données du réseau ROCCHSED sont téléchargées sur **Quadrigé<sup>2</sup>** ou **Surval**. Une fois récupérée, ces données sont injectées dans notre système d'information Sinay Hub. Une requête est préparée pour réaliser une « vue » sur les données des masses d'eau qui seront définies comme « Masse d'eau » avec des stations pouvant servir de comparaison avec les mesures de nos stations.

### 3.1.3.11. Référentiel utilisé pour l'analyse des données

Le référentiel utilisé par l'Ifremer pour les sédiments est le référentiel de la convention **OSPAR**. Pour les contaminants chimiques se trouvant dans les sédiments, l'Ifremer utilise la valeur seuil « **ERL** » « Effect Range Low » pour le bon état écologique. Lorsque les valeurs des paramètres mesurés dépassent ce seuil (seuil le plus bas) alors les premiers effets apparaissent sur le « vivant ». Une attention particulière sera portée en effet sur les métaux issus des anodes sacrificielles (Al, Zn) qui peuvent potentiellement se retrouver dans les eaux et sédiments au cours du cycle de vie du projet éolien. Il en est de même pour les peintures et composés à base d'étain (TBT) permettant la protection des matériaux de structure soumis à la corrosion du milieu.

Pour l'analyse de la partie chimique des sédiments nous nous appuyerons également sur le Code de l'Environnement pour l'analyse des données. La circulaire du 14 juin 2000 et l'arrêté du 9 août 2006<sup>47</sup> permettent d'interpréter les résultats au regard de ces seuils (GEODE, 2016) :

- **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 ;
- **Entre le niveau N1 et le niveau N2**, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du niveau N1. Ainsi une mesure, dépassant légèrement le niveau N1 sur seulement un ou quelques échantillons analysés, ne nécessite pas de complément sauf raison particulière (par exemple toxicité de l'élément considéré : cadmium, mercure ....) ;
- De façon générale, l'investigation complémentaire doit être proportionnée à l'importance de l'opération envisagée. Elle peut porter, pour les substances concernées, sur des mesures complémentaires et/ou des estimations de sensibilité du milieu ;
- **Au-delà du niveau N2**, une investigation complémentaire est généralement nécessaire car des indices notables laissent présager un impact potentiel négatif de l'opération. Il faut alors mener une étude spécifique portant sur la sensibilité du milieu aux substances concernées, avec au moins un test d'écotoxicité globale du sédiment, une évaluation de l'impact prévisible sur le milieu et, le cas échéant, affiner le maillage des prélèvements sur la zone concernée (afin, par exemple, de délimiter le secteur plus particulièrement concerné).

<sup>47</sup> Source <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000423497/>

### 3.1.3.12. Analyses granulométriques

Le Tableau 19 suivant permet de caractériser le taux d'envasement du sédiment selon le pourcentage de fractions fines inférieures à 63  $\mu\text{m}$ . La fraction fine correspond aux argiles et limons et a de fortes capacités d'adsorption des contaminants (Lochu, *et al.*, 2017).

Tableau 19 : classification granulométrique d'après Larssonneur en pourcentage de masse de fraction fines < 63  $\mu\text{m}$ . (GEODE, 2016).

% Fraction péltique	Taux d'envasement du sédiment
< 10 %	Sédiment de sable pur
10 - 20 %	Sédiment sableux peu envasé
20 - 40 %	Sédiment sableux envasé
40 - 60 %	Sédiment très envasé à dominante de sables
60 - 80 %	Sédiment très envasé à dominante de vases
> 80 %	Sédiment de vases pures

La Figure 68 présente un exemple de résultat d'analyse granulométrique réalisé par Sinay pour présenter la composition granulométrique du sédiment à partir de la classification présentée dans le Tableau 19.

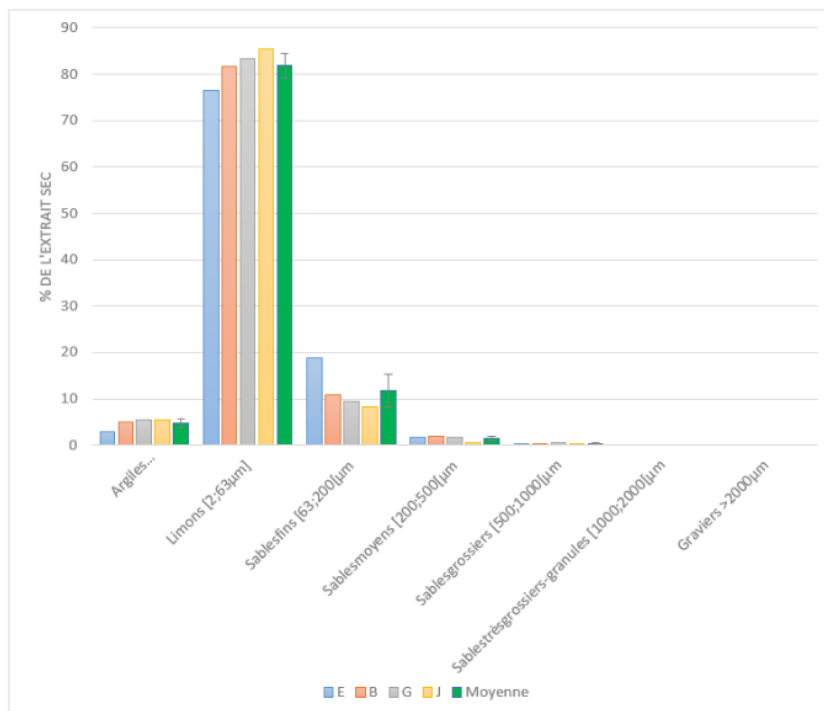


Figure 68 : exemple d'analyse granulométrique réalisée par Sinay pour les ports de Normandie (Source Sinay).

### 3.1.3.13. Analyse des nutriments

Les résultats d'analyse des nutriments (azotes, phosphore et carbone) permettent d'apprécier les effets d'eutrophisation potentiels à la suite des opérations. Selon le guide **GEODE**, il n'existe pas de référentiels réglementaires pour ces éléments. Néanmoins Alzieu (2003) propose une mesure de la pollution organique basée sur des indices attribués selon la concentration des éléments (Tableau 20).

Tableau 20 : définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003).

Carbone organique total (COT)		Azote (NTK)		Phosphore (P)	
Valeurs	Indice	Valeurs	Indice	Valeurs	Indice
< 0,6	0	< 600	0	< 500	0
0,6-2,3	1	600-1 200	1	500-800	1
2,4-4	2	1 200-2 400	2	800-1 200	2
4,1-5,8	3	2 400-3 600	3	> 1 200	3
> 5,8	4	> 3 600	4		

### 3.1.3.14. Analyses bactériologiques

La DCE avec les NQE et OSPAR ne disposent pas de grille d’analyse relative à la bactériologie. L’objectif de l’étude de la bactériologie porte sur l’analyse du risque sanitaire. On pourra utiliser à titre indicatif les référentiels de la directive « baignades » (2006/7/CE) du 15 février 2006 et le classement des zones conchylicoles est précisé dans le règlement CE/854/2004 (cf. « Paquet Hygiène »). Le Tableau 21 présente la classification de la qualité des sédiments en fonction de leur teneur en *E. coli* issue du guide GEODE (2016).

Tableau 21 : qualité indicative des sédiments en fonction de leur charge d’*Escherichia coli* (GEODE, 2016).

Qualité des sédiments Grille CQEL 17 - 85 <i>E. coli</i> / 10g matière brute	bonne	< 10
	médiocre	10 à 100
	mauvaise	100 à 1000
	très mauvaise	> 1000

La Figure 69 présente un exemple de résultat d’analyse bactériologique du sédiment produit par Sinay à partir de la classification présentée dans le Tableau 21.

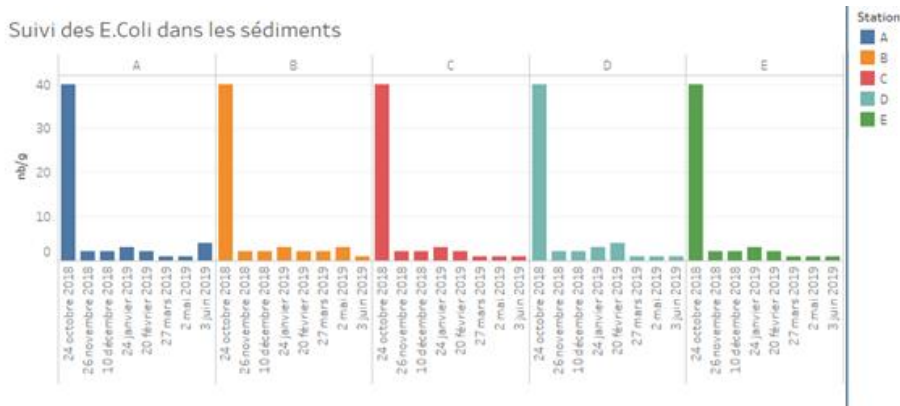


Figure 69 : exemple de suivi bactériologique au port de Granville (Source Sinay, 2019).

Les analyses physiques, bactériologiques et des nutriments permettent de définir certaines propriétés du sédiment afin de comprendre les interactions avec le milieu dans lequel il a été prélevé et de prévoir ses effets sur le milieu récepteur. **Néanmoins, seule la caractérisation chimique est réglementée par des normes sous forme de concentrations seuils.**

3.1.3.15. Analyses chimiques des sédiments

Analyse comparative des résultats avec les seuils N1/N2 de l'arrêté du 9 août 2006

Afin de produire une vue globale, toutes les analyses géochimiques seront regroupées sous forme d'un seul tableau croisant :

- en ligne, les échantillons ;
- en colonne, les différentes substances analysées en regroupant : les caractéristiques physicochimiques des sédiments, les éléments-traces, les composés-traces, les organo--stanneux, les HAP, les autres substances analysées.

La référence explicite aux seuils N1 et N2 apparaîtra sous la forme de la valeur réglementaire des seuils et sous la forme d'un code couleur pour visualiser directement les dépassements par échantillon et par substance.

Paramètre	Unité	Bassin Saint Pierre				Canal		Seuil de référence (arrêté du 09/08/2006 cons. article)	
		BSP1	BSP2	BSP3	BSP4	Ca1	Ca2	N1	N2
<b>Granulométrie</b>									
Matière sèche	%	40	40	40	40	40	40		
Teneur en eau	%	60	60	60	60	60	60		
Densité	g/cm <sup>3</sup> MH	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		
Fractions supérieures à									
0,02 à 2 µm	% vol	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5		
2 à 63 µm	% vol	77,00	77,00	77,00	77,00	77,00	77		
63 à 200 µm	% vol	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14		
200 à 2 000 µm	% vol	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4		
2 000 µm	% vol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Silts et argiles	% vol	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00	82,00		
Sables	% vol	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00		
Graviers	% vol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Faciès	Folks (1954)	vases	vases	vases	vases	vases	vases		
	Lesourd (2000)	sableuses	sableuses	sableuses	sableuses	sableuses	sableuses		
<b>Propriété chimiques</b>									
pH		8,2	8,2	8,2	8,2	8,2	8,2		
Carbone Organique Total	g/kg MS	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0		
Azote Kjeldahl	g/kg MS	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50		
Phosphore (P)	mg/kg MS	950	950	950	950	950	950		
<b>Contaminants métalliques</b>									
Arsenic	mg/kg MS	23,6	25,2	25,4	25	24,4	25,4	25	50
Cadmium	mg/kg MS	0,7	0,64	0,64	0,68	0,66	0,64	1,2	2,4
Chrome	mg/kg MS	122,0	152,8	131,8	126,2	134,2	134,6	90	180
Cuivre	mg/kg MS	37	41,8	52,2	41	45,8	48,0	45	90
Mercur	mg/kg MS	0,58	0,62	0,64	0,64	0,87	0,66	0,4	0,8
Nickel	mg/kg MS	40,6	51,4	42,2	38,8	42,2	41,8	37	74
Plomb	mg/kg MS	82,4	88,8	89,4	88,4	84,4	90,6	100	200
Zinc	mg/kg MS	236	254	260	266	256	262	276	552
<b>PCB</b>									
PCB 28	mg/kg MS	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,010
PCB 52	mg/kg MS	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,010
PCB 101	mg/kg MS	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,010	0,020
PCB 118	mg/kg MS	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,010	0,020
PCB 138	mg/kg MS	0,005	0,007	0,005	0,005	0,005	0,007	0,020	0,040
PCB 153	mg/kg MS	0,005	0,005	0,005	0,005	0,008	0,005	0,020	0,040
PCB 180	mg/kg MS	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,010	0,020
PCBs Totaux	mg/kg MS	0,035	0,037	0,035	0,035	0,038	0,037		
<b>HAP</b>									
Acénaphtène	mg/kg MS	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,015	0,260
Acénaphtylène	mg/kg MS	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,040	0,340
Anthracène	mg/kg MS	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,085	0,590
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,260	0,930
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,430	1,015
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,400	0,900
Benzo(ghi)perylène	mg/kg MS	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	1,700	5,650
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,200	0,400
Chrysène	mg/kg MS	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,380	1,590
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg MS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,060	0,160
Fluoranthène	mg/kg MS	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,600	2,850
Fluorène	mg/kg MS	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,020	0,280
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	1,700	5,650
Naphtalène	mg/kg MS	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,160	1,130
Phénanthrène	mg/kg MS	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,240	0,870
Pyrene	mg/kg MS	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,500	1,500
HAPs Totaux	mg/kg MS	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89	2,89		
<b>Organos-stanneux</b>									
MBT (Monobutylétain)	µg(Sn)/kg MS	150	150	150	150	150	150		
DBT (Dibutylétain)	µg(Sn)/kg MS	200	200	200	200	200	200		
TBT (Tributylétain)	µg(Sn)/kg MS	65	65	65	65	65	65	100	400
<b>Score de risque</b>									
Score géode risk	9 éléments	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,4		

Figure 70 : exemple d'analyse des paramètres chimiques sous forme de tableau avec les seuils N1/N2 (Source CSLN, Port de Normandie).

### Analyse comparative des résultats avec les valeurs du réseau de mesure ROCCHSED

Nous utiliserons les recommandations de l'Ifremer (Grouhel-Pellouin, 2022) pour limiter les biais ou les incertitudes par rapport aux fractions fines de sédiments (< 63 µm).

Au préalable, l'Ifremer préconise de normaliser les résultats. Afin d'utiliser la grille de lecture avec les seuils OSPAR, « une normalisation des concentrations est nécessaire afin d'homogénéiser les résultats en fonction des propriétés du sédiment. Ainsi, les métaux sont normalisés à une teneur de 5 % d'aluminium, les organiques à une teneur de 2,5 % de Carbone Organique Particulaire (COP), selon les formules suivantes » selon l'Ifremer :

- Pour les métaux : Concentration normalisée = Concentration mesurée × 5 % / Teneur en Al (%) ;
- Pour les organiques : Concentration normalisée = Concentration mesurée × 2,5 % / teneur en COP (%).

Compte tenu de l'historique des réseaux de suivi de l'Ifremer, nous disposerons de séries de données statistiques relativement importantes permettant d'effectuer des traitements de statistiques descriptives à l'aide de scripts R<sup>®</sup> pour automatiser ces processus. Les calculs suivants seront réalisés :

- Valeurs Min, Max, Moyenne + écart type, Médiane par année pour l'ensemble des points de mesures considérés ;
- Valeurs Min, Max, Moyenne + écart type, Médiane sur l'ensemble des années pour l'ensemble des points de mesures considérés.

Comparaison spatiale des niveaux pour chaque paramètre du CCTP : les résultats des données de nos campagnes en mer sur les sédiments sont comparés à la médiane des stations du réseau de mesures considéré (ROCCH) dans cette étude.

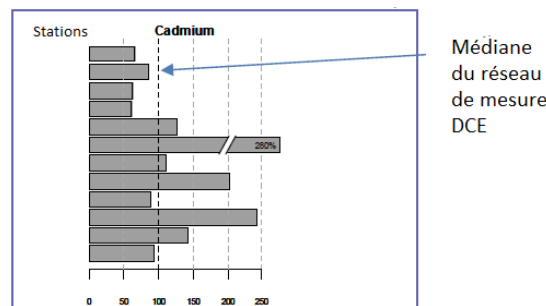


Figure 71 : exemple de graphe permettant la comparaison des stations « sédiment » pour le Cadmium avec la médiane des stations de mesure du réseau DCE ROCCHSED.

Comparaison avec les normes d'OSPAR à l'ERL : pour chaque paramètre et chaque point de mesure, nous comparons nos résultats aux seuils de la Norme OSPAR.



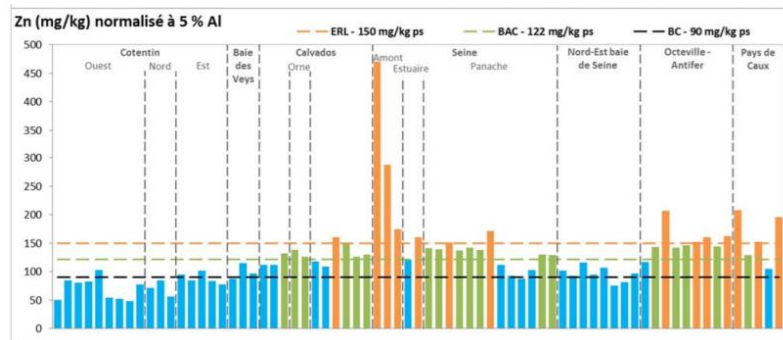


Figure 72 : exemple pour le Zinc (Source ROCCHSED, Banque Quadrige<sup>2</sup>, bassin Seine Normandie).

3.1.3.16. Indicateurs produits

Le Tableau 22 présente la liste des paramètres suivis dans les matrices « eau » et « biote » dans le cadre de la présente étude conformément aux exigences du CCTP.

Tableau 22 : liste des paramètres suivis dans la matrice « sédiment ».

qualité des sédiments.		
Aires d'étude	Rapprochée	Nombre de station suffisant pour caractériser l'aire d'étude
	Eloignée	Echantillonnage de chaque grand ensemble sédimentaire connecté à l'aire d'étude rapprochée
	Zone témoin	Nombre de station suffisant pour assurer la caractérisation de la variabilité environnementale naturelle par rapport aux impacts environnementaux attendus du parc et du raccordement
Paramètres mesurés	Analyses physico-chimiques	Densité, granulométrie (par tamisage et laser), matière sèche, Carbone organique Total (COT), Azote Kjeldhal et Phosphore total, pourcentage de matière sèche (organique et minérale), Silicium, Indium, AOX, Bromoforme.
	Micropolluants inorganiques	Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn
	Micropolluants organiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PolyChloroBiphényles (PCB) : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180</li> <li>• Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) : naphthalène, acénaphtylène, acénaphtène, fluorène, phenanthrène, anthracène, fluoranthène, Pyrène, Benzo(a) anthracène Chrysène, Benzo (b) fluoranthène, Benzo (k) fluoranthène, Benzo(a) pyrène, Dibenzo(ah) anthracène, Benzo (ghi) pèrylène, Indéno (123-cd) pyrène</li> <li>• Somme des 7 HAP : Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(g,h,i)pérylène, Anthracène, Phénanthrène, Chrysène, Benzo(a)anthracène</li> <li>• Hydrocarbures totaux (HCT)</li> <li>• Composés organostanniques : Tributylétain (TBT), Dibutylétain (DBT), Monobutylétain (MBT)</li> </ul>

Le Tableau 23 présente la liste des paramètres suivis dans les matrices « eau » et « biote » dans le cadre de la présente étude conformément aux exigences du CCTP.

Tableau 23 : synthèse des LQ dans le sédiment définis dans le cadre de la DCE.

Qualité des sédiments			
Famille	Composé	LQ <sup>48</sup>	LQ du candidat
Métaux lourds	Al	7.000.000 µg/kg	4000 µg/kg
	As (arsenic)	500 µg/kg	400 µg/kg
	Cd (cadmium)	100 µg/kg	100 µg/kg
	Cr	500 µg/kg	400 µg/kg sec
	Cu	500 µg/kg	400 µg/kg sec
	Fe	2.500.000 µg/kg	400 µg/kg sec
	Hg (mercure)	10 µg/kg	10 µg/kg sec
	Ni (Nickel)	500 µg/kg	400 µg/kg sec
	Pb	1.000 µg/kg	1000 µg/kg sec
	Zn	2.000 µg/kg	2000 µg/kg sec
PCB	PCB 28(PolyChloroBiphényles)	0,1 µg/kg	0,005 mg/kg
	PCB 52	0,1 µg/kg	0,005 mg/kg
	PCB 101	0,1 µg/kg	0,005 mg/kg
	PCB 118	0,1 µg/kg	0,005 mg/kg
	PCB 138	0,1 µg/kg	0,005 mg/kg
	PCB 153	0,1 µg/kg	0,005 mg/kg
	PCB 180	0,1 µg/kg	0,005 mg/kg
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	Naphtalène	2 µg/kg	0,013 mg/kg
	Acénaphthylène	3 µg/kg	0,013 mg/kg
	Acénaphthène	4 µg/kg	0,013 mg/kg
	Fluorène	5 µg/kg	0,013 mg/kg
	Phenanthrène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Anthracène	3 µg/kg	0,013 mg/kg
	Fluoranthène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Pyrène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Benzo(a) anthracène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Chrysène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Benzo (b) fluoranthène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Benzo (k) fluoranthène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Benzo(a) pyrène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Dibenzo(ah) anthracène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
	Benzo (ghi) pèrylène	10 µg/kg	0,013 mg/kg
Indéno (123-cd) pyrène	10 µg/kg	0,013 mg/kg	

<sup>48</sup>Limites de quantification définies dans l'Avis du 19 octobre 2019 relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques

Qualité des sédiments			
Famille	Composé	LQ <sup>48</sup>	LQ du candidat
HT	Hydrocarbures totaux		100 mg/ kg sec
Composés organostanniques	Tributylétain (TBT)	2 µg/kg	40 µg(Sn)/kg MS
	Dibutylétain (DBT)	2 µg/kg	100 µg(Sn)/kg MS
	Monobutylétain (MBT)	2 µg/kg	100

### 3.1.4. Résumé pour la qualité physico-chimique des sédiments

#### 3.1.4.1. Objectif

Ce suivi a pour objectif de caractériser la qualité physico-chimique des sédiments.

#### 3.1.4.2. Échantillonnage

8 stations sont suivies en parallèle du suivi de la qualité de l'eau, des habitats benthiques ainsi que des Poissons, Mollusques et Crustacés. 4 autres stations ont été positionnées autour de la zone d'extraction de granulats.

#### 3.1.4.3. Engin utilisé

Les échantillons sont prélevés à la benne Smith quand ils sont prélevés seuls et à la drague Rallier du Baty quand le prélèvement est mutualisé avec celui des habitats benthiques.

#### 3.1.4.4. Opérations

Les navires utilisés sont adaptés au déploiement des engins de prélèvements et au stockage de grands volumes d'échantillons.

#### 3.1.4.5. Fréquence et saisonnalité

L'échantillonnage est le même que pour celui des habitats benthiques, deux fois par an pendant deux ans.

#### 3.1.4.6. Conditions d'intervention

Les conditions sont les mêmes que celles du suivi des habitats benthiques, nous travaillons en période de morte-eau.

#### 3.1.4.7. Indicateurs produits

- Contamination initiale du sédiment.

## 3.2. Bruit ambiant aérien

Pour rappel, dans le cadre du compartiment bruit aérien, Sinay s'est adjoint les services du cabinet ORFEA Acoustique Normandie. La stratégie d'échantillonnage proposée ci-dessous par ORFEA a par conséquent été validée par Sinay dans le cadre d'ateliers de travail préparatoire basés sur les exigences du CCTP et des références d'ORFEA.

### 3.2.1. Travail Préparatoire

Afin de mener à bien la mission, notre partenaire ORFEA Acoustique Normandie a mené **une réunion préparatoire qui a permis** :

- De discuter de la méthodologie d'étude. ORFEA Acoustique Normandie a émis deux propositions techniques :
  - **Proposition 1** : l'objectif des mesures est de capitaliser des mesures de niveau sonore initial pendant une longue durée dans le but d'une analyse ultérieure au moment de l'étude d'impact acoustique ;
  - **Proposition 2** : l'objectif des mesures est de réaliser une analyse et une corrélation de niveaux sonores avec la vitesse de vent sur le secteur, conformément à la méthode d'analyse employée dans les études d'impact acoustique des projets éolien Onshore. Dans ce cas, ORFEA Acoustique Normandie propose et recommande une analyse spécifique des mesures de bruit au domaine éolien avec notamment une analyse corrélée avec le vent et une analyse par situation type rencontrée (conformément à ce qui se fait pour les études d'impact acoustique des projets éoliens). Cette approche rigoureuse est différente de la proposition 1 qui se limite à une analyse environnementale basique sans corrélation au vent et sans distinction des situations types (analyse en fonction de la direction du vent, en fonction de la saison, en fonction des périodes jour/nuit, notamment).
- De valider définitivement la localisation des mesures (visite des emplacements) et des contraintes associées ;
- De définir si la campagne de mesure concerne sur une **période continue de 6 mois** ou sur des **périodes discontinues de 2 mois** par exemple afin de couvrir différentes périodes de l'année.
- De définir les calendriers de mesure.

Idéalement, cette réunion se déroulera sur site afin de permettre la validation des points de mesure mais la réunion pourra également se tenir à Caen, chez Sinay ou en visio si la situation épidémique par exemple nous l'impose.

Après ce travail préparatoire, ORFEA Acoustique Normandie rédigera une note méthodologique préalable à l'étude proprement dite qui proposera :

- La localisation envisagée des emplacements de mesures ;
- Les périodes de mesure ;
- L'organisation opérationnelle ;
- La méthode d'analyse des mesures ;
- La méthode de comparaison entre les niveaux sonores mesurés en phase chantier et les niveaux relevés lors de l'état de référence (avant travaux) et les niveaux sonores estimés lors de l'étude d'impact acoustique du chantier (simulations).

Ce document sera transmis à Sinay pour l'intégrer au document soumis au Ministère de la Transition Écologique en charge d'approuver le protocole.

### 3.2.2. Reconnaissance de terrain

Dans un deuxième temps, ORFEA Acoustique Normandie réalisera une reconnaissance de terrain dans les secteurs retenus permettant de :

- Repérer les zones les plus propices pour la réalisation des mesures en analysant le contexte local ;
- Répondre aux questions des riverains/leur présenter à quoi peut ressembler l'installation des stations ;
- Présenter le chef de projet du dossier qui sera clairement identifié par les riverains facilitant ainsi la phase d'installation ;
- Relever les contraintes particulières des riverains pour la prise de rendez-vous d'installation du matériel (disponibilité, contrainte d'accès, etc.).

### 3.2.3. Acquisition des données acoustiques *in situ*

Conformément au cahier des charges, les mesures acoustiques seront réalisées pendant une durée totale de 6 mois (soit au cours d'une seule campagne continue, soit au cours de 2 à 3 campagnes discontinues couvrant une période totale de 6 mois).

Compte tenu de l'implantation du projet, de la distance d'éloignement des côtes et de la rose des vents moyens sur site, ORFEA Acoustique Normandie recommande le suivi de **3 points de mesure** dont la localisation provisoire est présentée ci-dessous :

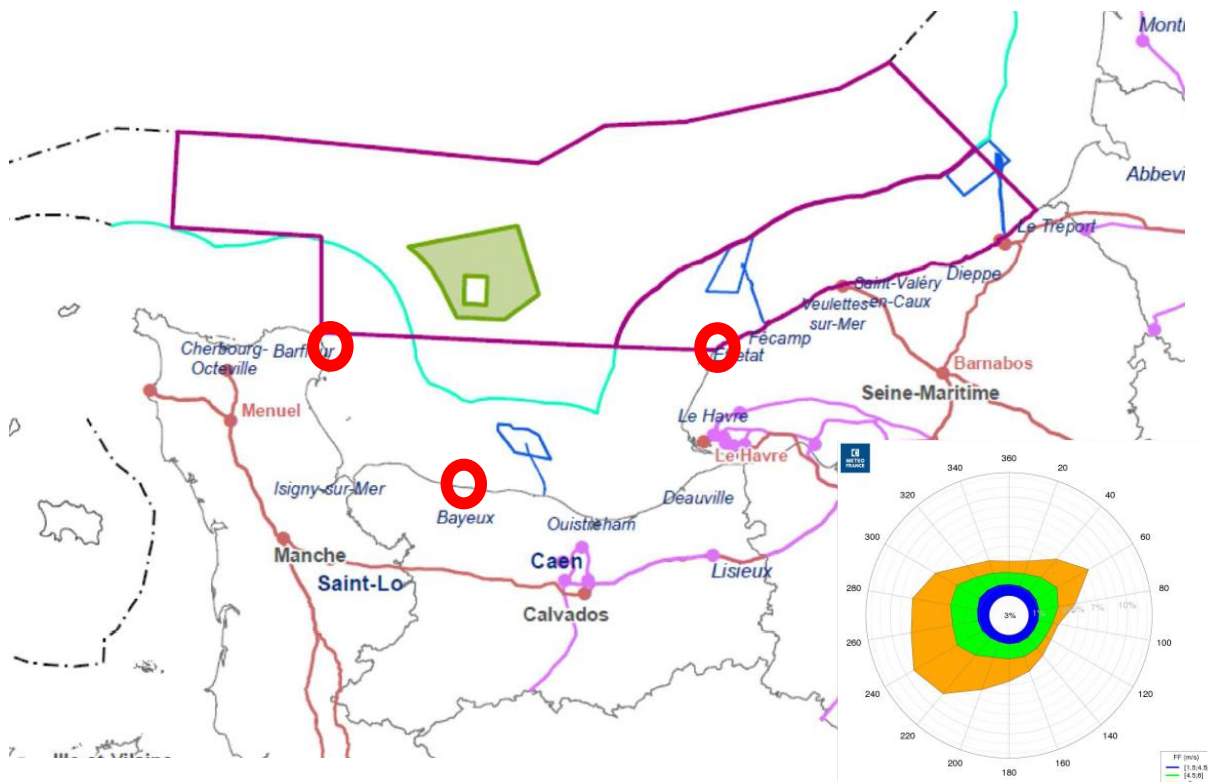


Figure 73 : carte de répartition des points de mesure acoustiques aériennes.

Les mesures acoustiques seront réalisées selon la méthode d'expertise définie dans la norme NFS 31 010 relative aux mesures acoustiques dans l'environnement et en s'adaptant aux exigences du protocole de mesures acoustiques de l'impact de parc éolien du 21 octobre 2021. Ces mesures seront effectuées en niveau global et par bandes de tiers d'octaves.



Les engins de mesure seront nécessairement installés en des lieux sécurisés, à l'abri de tout acte de vol ou de vandalisme. ORFEA Acoustique Normandie considère que les appareils de mesure seront installés dans des lieux sécurisés ne nécessitant pas de gardiennage (balcon, jardin clôturé). Aucune mesure ne pourra être réalisée sur le domaine public. ORFEA Acoustique Normandie pourra utiliser **une lettre d'accréditation** fournie par le Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires permettant de faciliter les échanges avec les riverains. L'utilisation de bâtiments publics pourrait faciliter l'installation des points de mesure.



Une réflexion sera menée lors de la réunion préparatoire pour évaluer la pertinence de la localisation de chaque point de mesure :

- **Front de mer** : au plus près du projet mais potentiellement impacté par le bruit de la mer qui peut exercer une influence très significative sur le niveau sonore ;
- Légèrement **en retrait du front de mer** pour s'affranchir du bruit des vagues notamment.

De même, la réunion préparatoire a permis de choisir la meilleure planification pour réaliser les mesures. L'expérience d'ORFEA Acoustique Normandie a poussé à la réalisation des mesures pendant une période allant de septembre à mars permettant de :

- Couvrir des périodes généralement plus **ventées** (la période automnale et hivernale est généralement plus ventée que la période estivale)
- S'affranchir de la perturbation des **activités touristiques** particulièrement présentes dans les secteurs étudiés. Les mesures estivales ont été réalisées du 22/07 au 15/09. Nous pouvons donc considérer cette période comme représentative de la période estivale et donc de la période touristique.

L'organisation étant arrêtée et validée par l'ensemble des interlocuteurs, les systèmes seront installés selon le planning établi.

Le groupe ORFEA Acoustique dispose d'un parc matériel conséquent (environ 100 sonomètres) qui permet de garantir une disponibilité matérielle pour la réalisation de cette mission, et même de répondre, sans problème, aux éventuels besoins supplémentaires.

Tous les sonomètres utilisés sont des sonomètres intégrateurs de classe 1 qui permettent de :

- réaliser des mesures de niveau de pression et de niveau équivalent selon la pondération A ;
- réaliser des analyses temporelles de niveau équivalent et de valeur crête ;
- effectuer des analyses spectrales.

Les logiciels d'exploitation des enregistrements sonores permettent de caractériser les différentes sources de bruit particulières repérées lors des enregistrements (codage d'évènements acoustiques particuliers et élimination des évènements parasites) et de quantifier leur contribution effective au niveau de bruit total.

La présence d'un acousticien sur site ponctuellement pendant les campagnes de mesure permettra une analyse pertinente des relevés (identification d'évènements particuliers par exemple), elle permettra de compléter par des considérations qualitatives, les aspects plus quantitatifs provenant des appareils de mesure. À ce stade, ORFEA Acoustique Normandie prévoit une visite terrain **tous les 15 jours**. ORFEA Acoustique Normandie pourra également effectuer des enregistrements audio ponctuels afin d'identifier d'éventuelles sources de bruit. Ces mesures seront effectuées en accord avec le **RGPD** et après accord des riverains concernés.

Les **paramètres météorologiques** représentent des facteurs importants influençant la propagation sonore à grande distance. Pour cette raison, durant chaque campagne de mesure, ORFEA Acoustique Normandie installera une station météorologique relevant en chaque point acoustique et en continu pendant la durée totale de la campagne la vitesse et la direction du vent.

Cette approche permet notamment, de vérifier que la vitesse du vent n'y est pas supérieure à 5 m/s. Effectivement, pour des vitesses supérieures, il apparaît, comme spécifié dans la norme NFS 31-010 que l'action du vent sur le microphone perturbe le mesurage. Il faut néanmoins éviter de confondre « vitesse de vent à hauteur de nacelle au niveau des éoliennes » et « vitesse de vent à 1,5 m à proximité du microphone ». La limitation à 5 m/s au niveau du micro permet de s'affranchir du bruit parasite engendré par le vent autour du microphone, mais cela ne correspond aucunement au vent à hauteur de nacelle qui sera bien plus élevé.

La pluviométrie sera récoltée auprès de la station Météo France la plus proche.

Dans les états sonores initiaux de projets de parcs éolien (proposition 2), le niveau sonore mesuré doit être corrélé aux classes de vitesse de vent sur site. La récolte de ces données (SODAR/LIDAR existant, capteurs sur les stations de surveillance, etc.) constitue un point à aborder lors de la réunion préparatoire.



### 3.2.4. Analyse des données acoustiques

Les mesures seront enregistrées puis traitées au sein du bureau d'études. Des **fiches de mesures synthétiques** sont produites.

Les niveaux sonores mesurés seront analysés selon les différentes situations types pouvant influencer le niveau sonore : période de la journée, saison, directions de vent notamment.

ORFEA Acoustique Normandie pourra présenter les nuages de points de corrélation niveau sonore/vitesse de vent par pas de 10 minutes, selon plusieurs situations types dépendant de :

- la période (jour/nuit) ;
- la direction du vent ;
- de la saison.

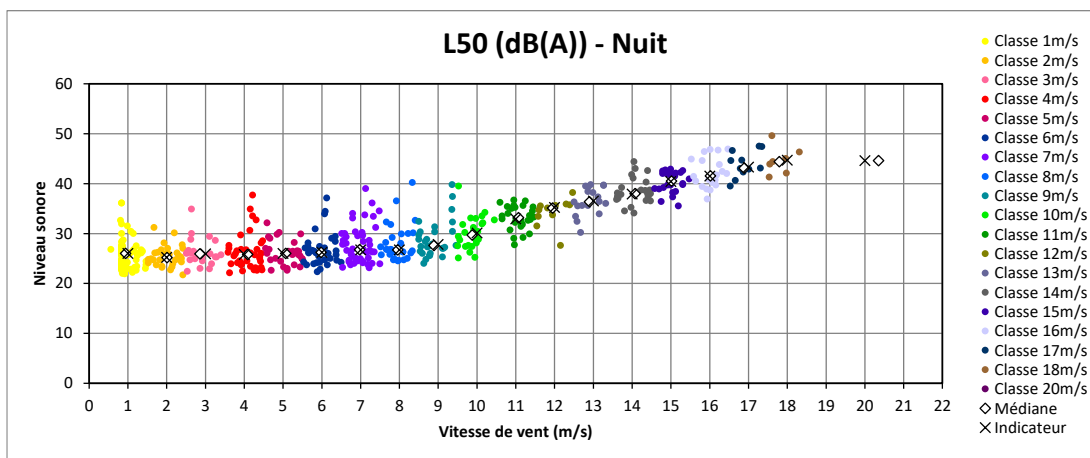


Figure 74 : exemple de nuages de points dans le cadre de la définition d'un état sonore initial.

Un suivi historique pourra également être présenté afin de permettre la mise en évidence de l'évolution des niveaux sonores à la place du résultat précédent en fonction des données produites. Les résultats seront présentés de manière pédagogique, par exemple sous forme d'histogrammes pour bien visualiser les évolutions à l'échelle des différents emplacements.

### 3.2.5. Livrables

Un rapport de mesure sera produit. Il sera rédigé conformément à la **norme NF S 31-010<sup>49</sup>** et mentionnera l'ensemble des éléments imposés par celle-ci :

- l'objet des mesurages et la méthode utilisée ;
- pour chacun des éléments de la chaîne de mesurage : nature, marque, type, n° de série ;
- le plan des lieux, avec indication de l'emplacement des sources sonores et des mesures ;
- la date et les horaires auxquels les mesurages ont été effectués et le nom de l'opérateur ;
- les conditions météorologiques régnant pendant les mesurages ;
- le descriptif du protocole de mesure ;

<sup>49</sup>La norme NF S 31-010 « Acoustique – Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesurage » de 1996 a été élaborée au sein de la Commission de Normalisation S30J « Bruit dans l'environnement » d'AFNOR. Elle est utilisée dans le cadre de la réglementation « Bruit de voisinage ».

- les niveaux de pression acoustique continus équivalents pondérés A, LAeq(T)<sup>50</sup> relevés en précisant les intervalles de temps associés ;
- l'identification des sources de bruit principales et des éventuels bruits parasites apparus lors des mesures (et détectés par notre intervenant) ;
- la durée des bruits particuliers ainsi que celle de l'intervalle d'observation et, le cas échéant, celle des intervalles de mesurage ;
- les conditions de fonctionnement des sources de bruit telles qu'elles ont pu être appréhendées ;
- les évolutions temporelles mesurées en chaque point ;
- les fiches de mesure ;
- les conclusions sur les mesures par situation type rencontrée ;
- les historiques et leurs commentaires.

Les fichiers de mesure bruts pourront être fournis à la fin des campagnes de mesure.

Le rapport sera préalablement transmis en version provisoire pour échange et validation avec le Maître d'ouvrage.

Le **rapport final** sera accompagné d'une **synthèse de l'étude** permettant de résumer les campagnes de mesure. Cette synthèse sur 2 pages maximum sera suffisamment didactique et pédagogique pour être comprise par un public non initié.

### 3.2.6. Réunions

ORFEA Acoustique propose de participer à différentes réunions :

- 1 réunion de lancement du marché (travail préparatoire) permettant de définir le type d'analyse attendu ;
- 1 réunion de travail intermédiaire. Cette réunion pourrait se tenir au milieu de la campagne de mesure et permettra de présenter les premiers résultats ;
- 1 réunion de présentation des résultats en fin de mission. Cette réunion permettra d'expliquer l'étude acoustique de façon pédagogique et didactique ainsi que répondre aux éventuelles questions du Ministère de la Transition Ecologique.
- Les réunions pourront faire l'objet d'une présentation PowerPoint. Chaque réunion fera l'objet d'un compte rendu rédigé par ORFEA Acoustique.

### 3.2.7. Exemple de fiche de mesure

Commentaires : Les périodes de pluies marquées et les bruits parasites ont été supprimés des mesures. Les principales sources de bruit sont celles liées aux activités du riverain et aux activités agricoles alentours.

<sup>50</sup> Le niveau LAeq(T) (pour level A equivalent) est le niveau de bruit constant qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit existant réellement pendant la période T considérée.





### 3.2.8. Résumé pour l'acoustique aérienne

#### 3.2.8.1. Objectif

Ce suivi a pour objectif de caractériser le bruit entendu à la côte et dans les terres proches.

#### 3.2.8.2. Échantillonnage

Deux à trois stations sont suivies pendant 6 mois.

#### 3.2.8.3. Engin utilisé

Les engins sont déployés sur un mât.

#### 3.2.8.4. Opérations

L'installation nécessite une reconnaissance du terrain pour protéger les engins déployés.

#### 3.2.8.5. Fréquence et saisonnalité

**L'échantillonnage des stations est effectué en continu pendant 6 mois** consécutifs ou trois fois deux mois pour bénéficier de conditions météorologiques représentatives à l'échelle la plus pertinente.

#### 3.2.8.6. Conditions d'intervention

Les données météorologiques sont également relevées pour être croisées avec celles du niveau de bruit.

#### 3.2.8.7. Indicateurs produits

- Niveau de bruit en fonction de la saison et du site ;
- Niveau de bruit en fonction de la météorologie.

### 3.3. Habitats benthiques

#### 3.3.1. Présentation des enjeux et justification de la méthode la plus adaptée

##### 3.3.1.1. Protocole pour l'état de référence

Les étapes d'une étude des habitats benthiques de substrat meuble sont listées dans la Figure 76. Le laboratoire M2C, partenaire en charge de l'étude des habitats benthiques subtidiaux de substrat meuble applique ces étapes.



Figure 76 : les étapes d'une étude des habitats benthiques.

Concerné par la réussite d'un volume de travail important, Sinay a choisi de rassembler des partenaires spécialistes normands déjà impliqués dans des programmes nationaux et normands, le laboratoire M2C. En partageant les tâches associées à cette étude, ils ne mettent pas en danger ces programmes en cours et mutualisent leur savoir-faire et leurs connaissances pour garantir le succès du projet.

L'objectif du suivi biosédimentaire tant intertidal que subtidal est d'identifier la nature et la sensibilité des habitats afin d'évaluer les changements de substrat et l'évolution des peuplements benthiques par prélèvements et comptages :

- Composition spécifique, abondance et biomasse, présence d'espèces non indigènes ;
- Structure et caractérisation des peuplements ;
- Paramètres physiques : type de substrat, température, salinité, profondeur.

Cette bio-évaluation permettra d'identifier la nature et la sensibilité des habitats et des communautés benthiques présents, leur variabilité spatio-temporelle et de déterminer leur état de conservation (bon, déjà dégradé, etc.).

Pour ce faire, la prestation détaillée ci-après pour le domaine subtidal uniquement présente la méthodologie pour :

- Définir l'échantillonnage ;
- Réaliser les prélèvements ;
- Procéder à l'identification et au comptage de la faune benthique ;
- Réaliser la caractérisation de la granulométrie.

### 3.3.1.2. Habitats subtidaux de substrat meuble

La présence d'*Ophiotrix fragilis* est confirmée à l'échelle du secteur. De fortes abondances de cette ophiure peuvent être observées dans le secteur. Les individus pourront être échantillonnés à la benne et à la drague Rallier du Baty d'une part et devraient éviter de saturer le chalut canadien. Des campagnes complémentaires sont prévues en 2023 dans le cadre de l'actualisation de l'inventaire ZNIEFF. Les résultats de notre étude pourront aider à préciser la répartition des individus de cette espèce en 2023. Nous n'envisageons pas d'opération complémentaire dédiée à cette espèce en 2022.

Nous n'échantillonnerons pas les substrats rocheux au moyen de la drague pour des raisons évidentes de sécurité. Pour la même raison, la mobilisation de plongeurs dans ces conditions semble peu recommandée. La technique du ROV équipé d'une caméra haute-définition est retenue pour combler cette lacune la première année du suivi.

Nous prévoyons de travailler avec une drague Rallier du Baty et de prélever 1 réplicat par station pour étudier la faune (30 L), un autre pour le sédiment (3 kg environ pour les analyses). Des photos sont prises dans les caisses.

#### ○ Saison d'échantillonnage :

Elle exerce une forte influence sur les résultats de richesse spécifique et d'abondance en raison du cycle de vie des organismes benthiques. Il est donc important de toujours effectuer les suivis à la même période.

Dans le cadre de la DCE, l'échantillonnage des masses d'eaux côtières est imposé en fin d'hiver / début du printemps (de mi-février à fin avril), au moment où les peuplements sont à l'état le plus stable (Garcia *et al.*, 2014). Les autres normes et protocoles en vigueur (fiche REBENT 10, Norme ISO/FDIS 16665 2005, Vasset N., Dauvin J.C., 2012) préconisent, afin de mieux cerner la dynamique des peuplements macrozoobenthiques, de réaliser une campagne complémentaire en fin d'été / début d'automne (septembre à octobre), au moment où les peuplements sont les plus développés, après les recrutements estivaux ; c'est également ce qui est préconisé dans le cadre de la DCSMM. Ainsi, l'étude des peuplements et habitats benthiques sera réalisée à ces deux périodes pendant deux ans à partir de l'automne 2022.

#### ○ Le plan d'échantillonnage :

Tel qu'envisagé à l'heure actuelle, il prend en considération **35 stations** couvrant l'ensemble du site d'étude ainsi que des stations de référence à l'extérieur. Elle intègre la position des épaves et des câbles sous-marins présents.

○ *Protocole :*

Les opérations de prélèvement et d'échantillonnage seront réalisées conformément à la **norme ISO/FDIS 16665, 2005** (Qualité de l'eau — Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles) et s'inspire fortement du "Protocole de suivi stationnel des macro-invertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux et intertidaux dans le cadre de la DCE" rapport Aquaref 2014 Garcia *et al.* (2014) et selon les guides en vigueur ; protocoles utilisés en routine par la Cellule de Suivi du Littoral Normand. L'expérience de la CSLN et de l'équipe de M2C en Manche et en particulier dans les parcs éoliens normands est bien évidemment prise en considération.

La méthodologie proposée ici a pour but de valider la cartographie des habitats obtenue via l'analyse bibliographique, tout en déterminant l'état et le niveau de conservation des habitats benthiques. Elle permettra de plus d'utiliser ces données comme état initial dans la cadre d'une démarche **BACI** pour le suivi à long terme ultérieur. Cette démarche sera précisée dans le rapport après un an de suivi.

Les habitats seront échantillonnés au moyen de l'étude de 35 stations dans le but de caractériser finement les habitats, ainsi que leur possible évolution à échelle géographique fine, via une analyse complète des sédiments (caractéristiques physiques et chimiques) et de la faune benthique, permettant dès lors, le calcul de divers indices écologiques et ainsi l'établissement de l'état de conservation des habitats. **Le plan d'échantillonnage intègre les habitats présentant des natures de sédiment particulier sous forme de taches au sein d'un ensemble relativement homogène. Le substrat rocheux a été ajouté à cette stratégie.** Ces données pourront de ce fait servir dans le cadre d'une démarche BACI (Methratta, 2020) pour un suivi à long terme. Étant donné l'apparente homogénéité des habitats sur la zone, ce nombre de stations paraît suffisant pour déterminer relativement finement l'état des habitats benthiques à l'échelle du site.

Les points sont répartis dans la zone de projet, en évitant la zone d'extraction de granulats, les épaves et les câbles. Les points sont répartis dans les deux secteurs envisagés de parc. L'ancienne carte de la nature des fonds du SHOM met en évidence des zones homogènes qui apparaissent plus hétérogènes dans la nouvelle cartographie. Ils sont couplés aux stations pour le chalut canadien (étude halieutique) et peuvent également être adaptés pour compléter efficacement le plan d'échantillonnage de TBM qui suit les zones où RTE prévoit de dérouler du câble.

Cette démarche repose sur une **campagne en mer de plusieurs jours (2 fois par an)** afin de limiter les coûts de mobilisation/démobilisation du navire. Les stations seront échantillonnées à la drague.

**Le trait effectué** dure entre 2 et 12 minutes à 2 nœuds pour obtenir au moins 30 L de sédiment. Si le volume n'était pas atteint au premier trait, un second trait serait réalisé au même endroit (après repositionnement du navire) pour obtenir un volume minimal total de 30 L. Cette méthode est déjà appliquée avec succès par la même équipe dans le même habitat avec les mêmes moyens.

Les points et tracés exacts des prélèvements à la drague seront transmis à la DGEC conformément aux spécifications SIG du maître d'ouvrage.

*3.3.1.3. Cas particulier des habitats subtidiaux de substrat rocheux*

Nous n'échantillonnerons pas les substrats rocheux au moyen de la drague pour des raisons évidentes de sécurité. Pour la même raison, la mobilisation de plongeurs dans ces conditions semble peu recommandée. Le ROV est donc proposé pour combler cette lacune la première année du suivi. Nous avons cherché à disposer de 5 à 20 minutes de vidéo des habitats rocheux par station pour identifier les habitats présents.

#### 3.3.1.4. Cas particulier des habitats biogéniques à fort enjeux pressenti

A l'heure actuelle, aucun habitat à fort enjeu n'est identifié dans la partie subtidale du secteur d'étude. Cependant, en cas de découverte de ce type d'habitat, un effort d'échantillonnage particulier sera appliqué. En l'absence de protocole spécifique (comme pour les habitats OSPAR type moulière sur substrat meubles, fond meuble à *Ostrea edulis*), l'habitat sera échantillonné en considérant 3 stations au minimum, avec 0,5 m<sup>2</sup> de surface échantillonnée pour chacune, ceci afin de pouvoir évaluer le plus finement possible son état de conservation et sa sensibilité indépendamment de sa surface relative à l'échelle du site. Dans le cas des bancs de Maërl, l'échantillonnage respectera le **protocole de Grall et Hily (2003)**, préconisant un plan d'échantillonnage constitué de 3 stations (si la taille du site le permet), chacune correspondant à 3 sous-stations, chacune échantillonnée à travers 3 réplicas (soit au total 9 réplicas par station, soit 0,9 m<sup>2</sup> de surface d'échantillonnage). La procédure de prélèvement est similaire à celle des autres stations de fond meuble, avec l'ajout de la mesure visuelle du niveau de recouvrement de l'échantillon par du Maërl vivant.

#### 3.3.1.5. Organisation

- L'échantillonnage des habitats subtidaux de substrat meuble est assuré par M2C, Sinay peut renforcer les équipes embarquées en cas de besoin. L'analyse des données et l'expertise sont assurées par M2C pour gagner du temps. Sinay assure la restitution et la visualisation des résultats;
- Les autres habitats subtidaux étudiés au moyen d'imagerie sous-marine seront traités par Sinay et ses outils de visualisation et analyse avec M2C en expert scientifique.
- Labéo assure l'analyse physico-chimique des sédiments.

#### 3.3.1.6. Habitats benthiques subtidaux de substrat meuble

M2C s'occupera de la phase de préparation des campagnes de prélèvements en mer, des volets administratif et technique pour les compartiments Qualité des sédiments (C1) et Peuplements et habitats benthiques (C2). Sinay, mandataire de la proposition, est chargé d'en rendre compte auprès de la DGEC et de la prévenir sans délai de l'état d'avancement et en cas de modification du calendrier initialement proposé.

En fonction du déroulement des campagnes, M2C peut mettre à disposition deux équipes de trois personnes pour réaliser les prélèvements (en simultané ou en relais), chacune constituée d'un ingénieur benthologue et de deux techniciens expérimentés, dont au moins un formé à la détermination des espèces benthiques en baie de Seine. Le personnel de M2C comptabilise entre 10 à 50 ans d'expérience dans la pratique des prélèvements intertidaux et subtidaux en baie de Seine, dans l'estuaire de la Seine et le long du littoral cauchois. Il possède une parfaite connaissance des consignes de sécurité à respecter (demande d'autorisation de prélèvements scientifiques, information du CROSS et des centres de secours, utilisation des VFI, veille VHF) et le personnel est formé à la survie en mer, aux premiers secours et/ou à la santé et à la sécurité au travail (PSC1, PSE2, SST).

En fonction des besoins et des places disponibles sur les bateaux, il sera possible de constituer des équipes conjointes constituées de jusqu'à 3 personnes issues de M2C et de Sinay.

M2C prendra en charge les analyses des échantillons de faune benthique, ainsi que le traitement et l'interprétation des données pour le compartiment Peuplements et habitats benthiques.

Enfin, M2C réalisera la rédaction des différents livrables liés aux campagnes de prélèvements pour le compartiment Peuplements et habitats benthiques à savoir le mémoire technique de présentation de la méthodologie, le rapport intermédiaire individualisé observé et les rapports finaux par année de campagne.



Sinay s'assure de la bonne transmission des échantillons de sédiment à Labéo et au CREC pour effectuer les analyses nécessaires.

#### 3.3.1.7. *Méthode de déploiement opérationnel sur le terrain*

Préalablement à la réalisation de chaque campagne de prélèvement en mer, M2C effectuera auprès de la Direction Inter Régionale de la Mer – Manche Est Mer du Nord (DIRM – MEMN) une demande d'autorisation de pratiquer des prélèvements benthiques. Ces demandes doivent être réalisées au minimum 1 mois avant la date de la première campagne. Par ailleurs, toute modification imprévue des dates de campagne (liée à aléa climatique, matériel ou autre) fera l'objet d'une information écrite et d'une modification des autorisations d'intervention auprès des services concernés.

Un calendrier théorique de campagne sera établi. La date exacte de sortie sera décidée d'un commun accord entre Sinay, le patron du moyen nautique et M2C, en fonction des conditions météorologiques et communiquée aux services susnommés. En cas de conditions météorologiques difficiles, une veille météo journalière sera réalisée et la date sera confirmée au plus tard 48 h avant la réalisation de la mission.

**Cette réactivité de M2C, par sa localisation, permettra en partie de ne manquer aucune fenêtre météorologique favorable et assurera ainsi la bonne réalisation de la mission.** Dans le cas de report pour des raisons de mauvaise météo, le bulletin météo du jour concerné sera alors archivé pour le retour d'expérience.

M2C se chargera, pour chaque sortie, de faire les notifications afin d'informer les services concernés (CROSS Jobourg et Ethel et centres de secours, DIRM-MEMN) de la campagne et de la présence de personnel scientifique à bord des navires précédemment décrits auprès des services concernés, 24 à 48 h avant la date de la mission. Elle veillera à ne réaliser aucun écart qualité, hygiène, sécurité, environnement.

**Les prélèvements seront réalisés en période de morte-eau.** Au vu du plan d'échantillonnage et connaissant les caractéristiques du navire, 2 journées en mer par campagne semblent nécessaires.

L'ensemble des prélèvements seront réalisés de jour (entre 30 minutes avant l'heure du lever du soleil et 30 minutes après le coucher du soleil). Pour les prélèvements embarqués, le patron du navire prévoira donc avec M2C, l'heure de rendez-vous en tenant compte des heures de passages de ponts et écluses et des temps de transit pour que ces conditions de prélèvement soient respectées. Le port de départ sera celui de Fécamp.

### 3.3.1.8. Moyens nautiques :

Les prélèvements seront réalisés à partir du chalutier « Celtic Warrior » de la société STO Logistique avec laquelle M2C a l'habitude de travailler en Baie de Seine et possédant tous les équipements nécessaires pour ce type d'opérations. Ce partenariat est d'autant plus fiable que le personnel de M2C, habitué aux conditions de travail en mer sur les chalutiers, connaît les règles à respecter sur les navires de l'entreprise, notamment lors des opérations les plus dangereuses. De plus, lors de chaque embarquement, le patron du navire présentera les consignes et mesures de sécurité à suivre à bord et en cas d'abandon du navire et fera signer à M2C un document attestant de cette information.

Les caractéristiques techniques détaillées de ce navire sont compilées dans le document de présentation de la société STO Logistique fourni en annexe.

En cas d'indisponibilité du moyen nautique, M2C pourra travailler avec le Ville de Paris de STO qui est plus rapide (Vitesse de 15 nœuds en transit) mais nécessite des conditions plus calmes pour travailler. Il ne permet que l'utilisation de la drague par temps calme.

### 3.3.1.9. Engins de prélèvement

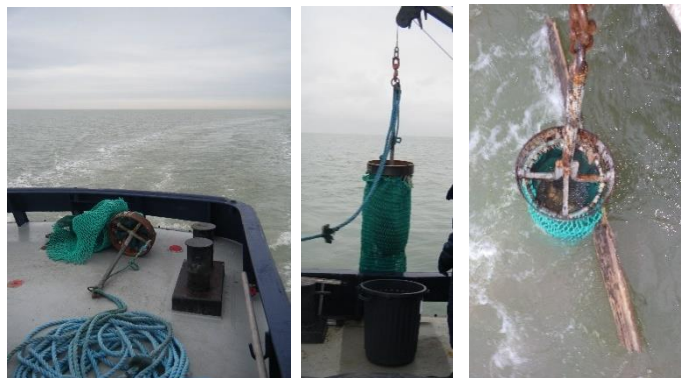
Le sédiment étant grossier, nous envisageons de travailler avec la drague Rallier du Baty uniquement. En effet, l'expérience passée des équipes impliquées montre que les options techniques de prélèvements sont également limitées. Seule la benne Hamon semble adaptée à ce type de prélèvement. Cependant, la granulométrie du sédiment et la profondeur des prélèvements associés à un courant relativement fort réduisent les chances de succès de son utilisation. En particulier la zone située au Nord-Est présente le risque d'échec de prélèvement à la benne le plus fort *a priori*.

Pour le tamisage à bord :

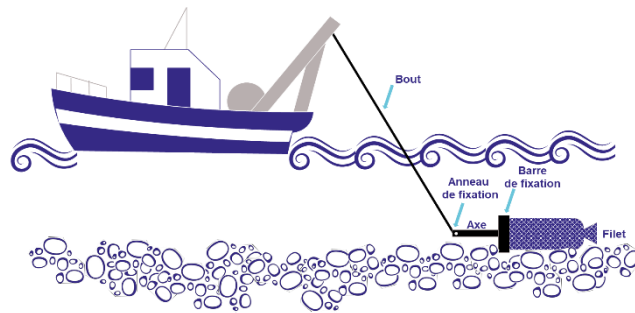
Désignation	Dimensions	Type de maille	Taille de maille	Matériaux	Fabriquants	Nbre
Tamis de grande capacité sur pieds amovibles	90 x 50 x 40 cm (LxlxH)	Ronde	1 mm	Inox 316L et tôle perforée inox 314	MOUQUET Constructions métalliques	1

Pour assurer la mesure des paramètres hydrologiques, M2C et Sinay disposent d'une série de sondes multi-paramètres qui pourront être déployées en fonction notamment de la bathymétrie de la zone à échantillonner. Ces sondes sont calibrées tous les mois, et renvoyées une fois par an chez le constructeur pour un étalonnage usine. Elles sont utilisées également pour suivre la qualité de l'eau, ce qui facilite les comparaisons et la mutualisation des efforts

Le sédiment sera prélevé avec une drague Rallier du Baty (prélèvement qualitatif, éventuellement semi-quantitatif si rapporté à un volume de sédiment constant). L'engin de prélèvement, tel que défini avec le maître d'ouvrage, ainsi que les tamis, appartiennent à M2C et Sinay. Aucun investissement ou problème de disponibilité n'est donc à prévoir à ce sujet.



La drague Rallier du Baty est constituée d'un cercle métallique robuste sur lequel est placé un filet de maille 1 mm, en polyester enduit PVC d'une longueur de 1,2 m avec des œillets espacés de 30 cm et une protection PVC intérieure et extérieure de 15 cm à l'extrémité, entouré d'un filet épais à gros maillage qui permet la récolte du sédiment tout en permettant l'évacuation de l'eau. Le cylindre est relié par un axe central à un anneau métallique sur lequel est fixé le gréement. La partie la plus fragile du dispositif étant le filet intérieur de maille 1mm, plusieurs filets de rechange sont embarqués pour pallier immédiatement sur le terrain à une possible détérioration et éviter un retour à terre pour remise en état du matériel.



La drague Rallier du Baty a par ailleurs été utilisé comme engin de prélèvements durant l'exploration des peuplements benthiques de la Manche (Cabioch, 1968), du Golfe de Gascogne (Glémarec, 1969) et dans le cadre de l'étude CARTHAM. En effet, elle permet d'échantillonner sur une large variété de substrats et de déterminer dans de nombreuses situations les espèces indicatrices des principales unités de peuplement et de leurs divers faciès.

#### 3.3.1.10. Mutualisation des moyens

Les stations sont définies en concertation avec le suivi des peuplements halieutiques (réalisé par la CSLN et Sinay), afin de disposer d'un maximum de stations communes pour coupler les résultats lors de l'analyse des données.

#### 3.3.1.11. Analyse des échantillons

Pour chaque prélèvement faunistique et sédimentaire, les photos des échantillons réalisées lors de l'échantillonnage seront identifiées selon la nomenclature indiquée en **Annexe I du protocole de Garcia et al. (2014)**.

#### 3.3.1.12. Traitement des échantillons de sédiment

Les analyses granulométriques du sédiment sont effectuées par M2C qui procède selon les **protocoles DCE** (Garcia et al. 2014, Blanchet et Fouet 2019, Auby et al. 2018, Ar Gall E. et Le Duff M., 2020), comme pour les prélèvements.

#### 3.3.1.13. Traitement des échantillons biologiques

M2C assure le traitement des échantillons de faune subtidale. Le traitement des échantillons biologiques sera réalisé au laboratoire du CREC et de M2C conformément au protocole de suivi stationnel des macro-invertébrés benthiques de substrats meubles subtidaux et intertidaux dans le cadre de la **DCE pour les Façades Manche et Atlantique** (Garcia et al., 2014). Il sera également conforme à la **norme ISO/FDIS 16665, 2005** (Qualité de l'eau — Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles). M2C dispose, dans ses locaux de Luc (CREC) et de Caen, d'un laboratoire humide qui est équipé de tout le nécessaire pour les opérations à effectuer sur les échantillons collectés lors des campagnes de prélèvement.

Les prélèvements seront conservés jusqu'à analyse au laboratoire de M2C dans des contenants étanches et opaques avec un étiquetage indélébile à l'extérieur et à l'intérieur et placés dans un local ventilé et prévu à cet usage. Au laboratoire de M2C, chaque échantillon, conservé dans une solution de formaldéhyde, sera rincé à l'eau douce afin d'éliminer cette substance nocive. Cette étape se fera

sous masque de protection. Les eaux de rinçage fortement formolées seront récupérées en bidons dûment étiquetés et retraités.

Le tri méticuleux de la faune de chaque réplica sera effectué au laboratoire de M2C. Ce travail se fera à l'œil nu après lavage sur deux tamis de maille 1 et 2mm. La totalité de la faune sera extraite par tri hydrique par méthode de flottaison en partie, y compris les espèces sessiles (anémones, moules, cirripèdes, bryozoaires...) qui renseignent de façon complémentaire sur l'environnement et les niches écologiques disponibles pour les espèces vagiles.

Certaines espèces facilement identifiables seront déterminées et dénombrées lors de cette étape. Le reste de la faune sera séparé par phylum, famille ou genre.

L'identification et le dénombrement des individus seront effectués au laboratoire de M2C sous loupe binoculaire et au microscope si nécessaire. Dans la mesure du possible, chaque taxon sera identifié jusqu'à l'espèce. Toutefois, certains individus abîmés lors des différentes manipulations ou de trop petite taille ne pourront faire l'objet d'une telle précision (cette situation doit être évitée). Conformément à la norme ISO/FDIS 16 665 (AFNOR, 2005), pour l'identification des organismes incrustants présents en très grand nombre, par exemple les balanes, ceux-ci peuvent être sous-échantillonnés.

Les paramètres ayant empêché l'identification (mauvais état de conservation, partie manquante de l'organisme, manque de bibliographie...) seront renseignés en commentaire. La validité de chaque nom d'espèce sera vérifiée sur le World Register of Marine Species (WoRMS - <http://www.marinespecies.org/index.php>). Les identifications seront validées par le chargé du projet afin d'assurer la qualité et l'exactitude des données.

M2C possède un fonds documentaire taxonomique conséquent composé d'ouvrages et de publications internationales, nationales et régionales qui ne cesse de s'enrichir (cf. document de présentation de M2C fourni dans le dossier) et une veille scientifique permanente et des formations taxonomiques spécifiques lui permettent de se tenir informée des avancées taxonomiques pour assurer au mieux la qualité des déterminations effectuées.

Le dénombrement se fera par comptage des têtes, de la partie postérieure de l'animal si l'identification se base sur cette portion de l'individu (ex : Maldanidae, certains amphipodes) ou des disques centraux pour les échinodermes. Si la tête est manquante, mais que la présence de plusieurs parties autorisant l'identification est observée sans toutefois permettre un dénombrement, l'individu sera alors comptabilisé pour signaler sa présence conformément aux préconisations de la DCSMM et DCE (Garcia et al, 2014). Pour les espèces sessiles, les espèces facilement dénombrables le seront. À l'inverse, conformément à la norme ISO/FDIS 16 665 AFNOR, 2005, les groupes d'animaux suivants ne sont pas dénombrés mais leur présence sera notifiée : les Cirripèdes, les Porifères qui vivent en colonie, les Cnidaires et les Bryozoaires. Les taxons représentés par un nombre particulièrement élevé d'individus peuvent être sous-échantillonnés avant la quantification (voir en annexe la norme ISO/FDIS 16 665 : 2005 AFNOR).

La biomasse en poids sec libre de cendres (PSLC) sera obtenue par différence entre le poids sec (PS), et le poids calciné (PC) de l'ensemble des individus. La biomasse sera mesurée à l'espèce pour les espèces clés des habitats (celles qui sont citées dans la description de l'habitat), et par grands groupes faunistiques pour les autres espèces. Le poids sec sera mesuré après un séjour de 48h en étuve à 60°C. Le poids calciné, ou poids de cendres minérales, sera obtenu par passage au four à 500°C pendant 6 heures du résultat de l'étuvage. La biomasse par station et par unité de surface, aussi appelée Poids Sec Libre de Cendres (PSLC) est ainsi obtenue grâce à la formule :

$$PSLC = \frac{PS - PC}{Nbr\text{réplicas} \times \text{surface d'un réplica}}$$

Les taxons principaux feront l'objet de prises de vue (macroscopique ou microscopique) afin d'illustrer le rapport, complétés par les prises de vues des sédiments.

#### 3.3.1.14. Traitement des résultats granulométriques

Chaque échantillon de sédiment sera caractérisé par :

- une prise de vue retravaillée afin de rendre compte de l'échelle ;
- une courbe cumulative ainsi qu'une courbe différentielle des pourcentages volumiques ;
- un histogramme des fréquences pondérales de chaque refus de tamis ;
- la médiane, valeur située au milieu de l'échantillon une fois les données rangées par ordre croissant ;
- le mode, c'est-à-dire la taille des particules correspondant au pic de fréquence de ces dernières sur la courbe différentielle (gabarit le mieux représenté) ;
- les quartiles Q1, Q2 et Q3 (diamètres correspondant à 25%, 50% et 75% de la masse du sédiment inférieur ou égal à ce diamètre) ;
- le Skewness (ou dissymétrie) qui mesure l'asymétrie de la distribution des grains par rapport à la médiane ;
- le pourcentage des différentes fractions granulométriques selon la classification de Wentworth. Ces niveaux de coupures ont été choisies pour correspondre des études antérieures. Si la DGEC le souhaite, une autre classification, compatible avec les tamis de la norme AFNOR utilisés pourra être utilisée (Classification de Folk, de Larssonneur etc...) ;
- la description du type sédimentaire selon la classification précédente ;
- Un pourcentage ou une concentration massique de COT.

Ces résultats seront compilés dans des fiches par station dont un exemple-type est donné ci-après. Les données seront également reportées sous forme cartographique et comparées aux données antérieures, à l'échelle de la station, de la zone et des assemblages de stations présentant des similarités en termes de couverture sédimentaire.

La granulométrie des sédiments permettra également de déterminer les zones d'accumulation prépondérantes de certains types de sédiments. Les évolutions éventuelles du faciès et par conséquent du type d'habitats seront précisées.



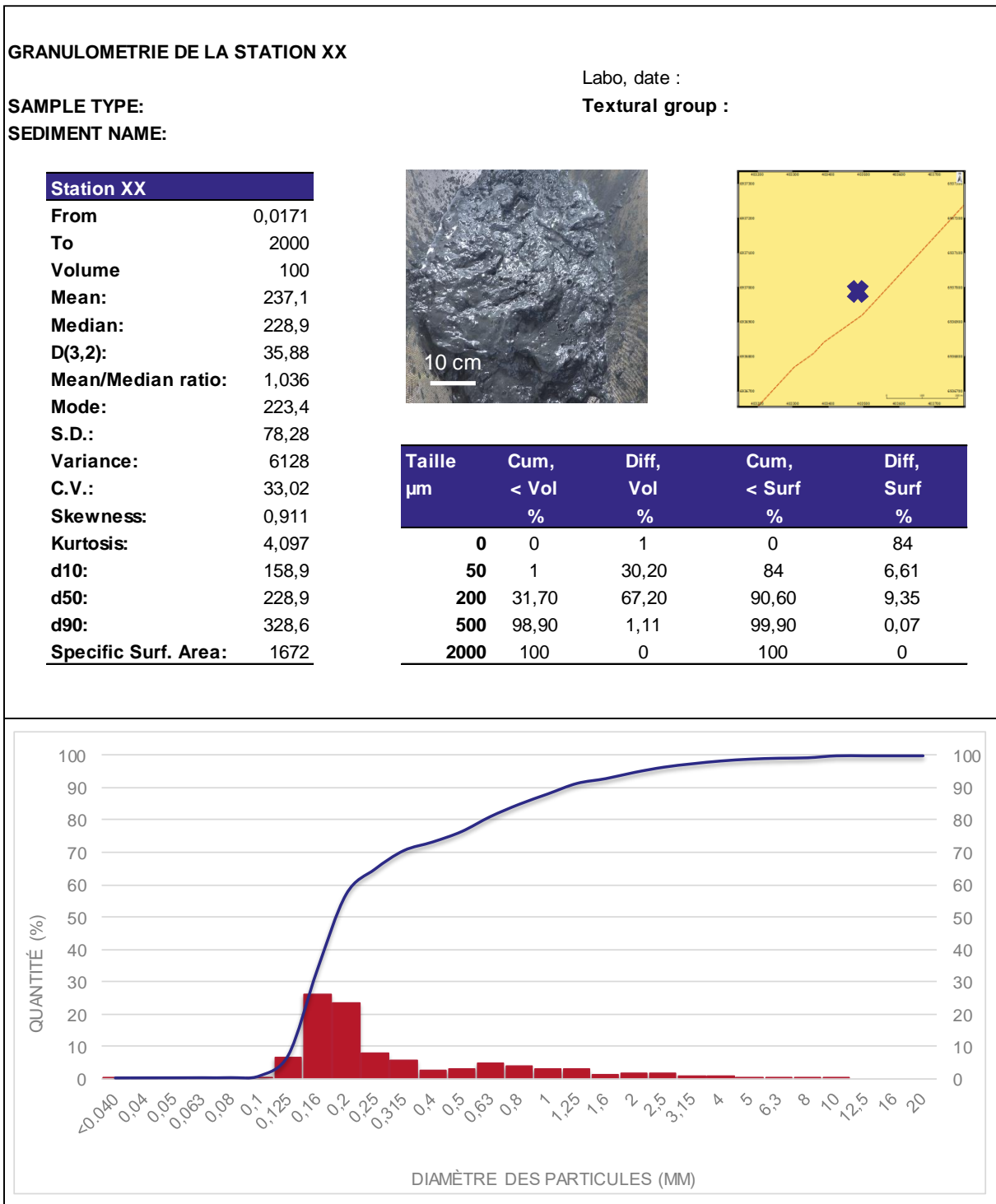


Figure 77 : exemple de fiche de résultats sédimentaires.

### 3.3.1.15. Traitement des résultats faunistiques

Les résultats bruts seront exprimés en nombre d'espèces pour chaque station et en grammes de matière sèche libre de cendres de chaque espèce et/ou de chaque groupe faunistique. Ces résultats seront rassemblés dans des tableaux.

Les traitements classiques seront exprimés comme suit :

<b>Richesse spécifique</b>	Nombre total d'espèces (ou taxons) d'endofaune-épiphaune vagile par station Nombre total d'espèces (ou taxons) d'épiphaune sessile par station Nombre total d'espèces (ou taxons) identifiées par station																									
<b>Abondance</b>	Nombre d'individus d'une espèce récoltés dans le prélèvement considéré (30L)																									
<b>Espèces introduites, non indigènes, invasives</b>	Nombre total d'espèces sur le site et par station Liste d'espèce																									
<b>Espèces commerciales</b>	Nombre total d'espèces sur le site et par station Liste d'espèce selon la liste publiée par la DGCCRF																									
<b>Espèces à valeur patrimoniale</b>	Nombre total d'espèces sur le site et par station Liste d'espèce selon la liste OSPAR des espèces et habitats menacés et/ou en déclin.																									
<b>Dominance</b>	Abondance d'une espèce par rapport à l'abondance totale des individus de toutes les espèces du prélèvement. La dominance est exprimée en pourcentage. $Da = Na / (Na + Nb + \dots + Nn) \times 100$ Da : dominance de l'espèce « a » ; Na : abondance de l'espèce « a » ; Na, Nb, ... Nm : somme des abondances des espèces « a, b, ..., n » du prélèvement																									
<b>Diagramme Rang Fréquence (DRF) Courbe de dominance (Dominance-plot)</b>	Décrite au travers de Diagramme Rang Fréquence (DRF) soit le classement sur les densités de chaque espèce illustré sous forme de graphique bidimensionnel par ordre d'abondance relative (%) décroissante des espèces et de courbe de dominance (dominance-plot)																									
<b>Occurrence</b>	Nombre total des prélèvements où l'espèce considérée est présente																									
<b>Constance (Dajoz, 1985) Fréquence</b>	Nombre total des prélèvements où l'espèce considérée est présente, par rapport au nombre total des prélèvements effectués. La fréquence est exprimée en pourcentage. $F = Pa / P \times 100$ Fa : fréquence de l'espèce « a » ; Pa : nombre des prélèvements où l'espèce « a » existe ; P : nombre total des prélèvements réalisés																									
	La constance If peut alors se décliner selon les quatre catégories suivantes : If < 12 % : espèce rare 13 < If < 25 % : espèce peu commune 26 < If < 50 % : espèce commune 51 < If < 100 % : espèce constante																									
<b>Fidélité</b>	Constance de l'espèce par station, par rapport au nombre total de ces constances. La fidélité est exprimée en pourcentage. $Fi(xa) = F(xa) / (F(xa) + \dots + F(xn)) \times 100$ Fi(xa) : fidélité de l'espèce « a » à la station x ; F(xa) : Fréquence ou Constance de l'espèce « a » à la station x																									
	La Fidélité Fi peut alors se décliner selon les cinq catégories suivantes : espèce accidentelle, $Fi < 10$ , espèce accessoire, $10 \leq Fi < 33,3\%$ , espèce indifférente, $33,3 \leq Fi < 66,6\%$ , espèce préférante, $66,6 \leq Fi < 90\%$ , espèce élective, $Fi \geq 90\%$ .																									
<b>Indice de diversité de Shannon-Wiever Equitabilité de Piéλου (régularité)</b>	Calculés pour chaque station : $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$ et $J = H' / H'_{max}$ Avec : S : nombre total de taxons de la station, pi : abondance relative de l'espèce i (pi = ni/N avec N : nombre total d'individus de la station et ni : nombre d'individus de l'espèce i), H'max : diversité maximale de la station comportant S taxons (H'max = log2 S).  Ces deux indices permettent de suivre les modifications de structure des communautés dans le temps comme dans l'espace, mais l'équitabilité est particulièrement adaptée à la comparaison des stations entre elles. La combinaison de ces deux indices fournit une indication sur la répartition des effectifs des taxons et ainsi les équilibres ou déséquilibres pouvant exister.																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Etat écologique</th> <th>Indice de Shannon (H')</th> <th>Etat de santé du milieu</th> <th>Classification de la pollution</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Très bon</td> <td>≥ 4</td> <td>Normal</td> <td>Normal</td> </tr> <tr> <td>Bon</td> <td>[3 - 4]</td> <td>Enrichi</td> <td>Légèrement pollué, état transitoire</td> </tr> <tr> <td>Moyen</td> <td>[2 - 3]</td> <td></td> <td>Modérément pollué</td> </tr> <tr> <td>Médiocre</td> <td>[1 - 2]</td> <td>Dégradé</td> <td>Gravement pollué</td> </tr> <tr> <td>Mauvais</td> <td>[0 - 1]</td> <td>Fortement dégradé</td> <td>Azoïque</td> </tr> </tbody> </table>		Etat écologique	Indice de Shannon (H')	Etat de santé du milieu	Classification de la pollution	Très bon	≥ 4	Normal	Normal	Bon	[3 - 4]	Enrichi	Légèrement pollué, état transitoire	Moyen	[2 - 3]		Modérément pollué	Médiocre	[1 - 2]	Dégradé	Gravement pollué	Mauvais	[0 - 1]	Fortement dégradé	Azoïque
Etat écologique	Indice de Shannon (H')	Etat de santé du milieu	Classification de la pollution																							
Très bon	≥ 4	Normal	Normal																							
Bon	[3 - 4]	Enrichi	Légèrement pollué, état transitoire																							
Moyen	[2 - 3]		Modérément pollué																							
Médiocre	[1 - 2]	Dégradé	Gravement pollué																							
Mauvais	[0 - 1]	Fortement dégradé	Azoïque																							

Figure 78 : exemples d'analyses classiques menées dans le cadre d'une étude environnementale.

Les indices suivants, permettant d'évaluer l'état écologique du milieu, pourront être calculés :

<b>Groupes écologiques</b>	<p>De nombreux indices reposent sur l'utilisation de 5 groupes écologiques de polluosensibilités différentes. Selon le gradient de pollution, les 5 groupes écologiques vont se succéder selon 4 grandes étapes entre lesquelles s'intercalent des phases de transition. Ces groupes ont été résumés par Grall et Glémarec (1997) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Groupe I : Espèces très sensibles à l'enrichissement en matière organique et présentes en milieu non pollué (état initial),</li> <li>- Groupe II : Espèces indifférentes à l'enrichissement, toujours présentes en faibles densités et sans variations saisonnières prononcées,</li> <li>- Groupe III : Espèces tolérantes à l'excès de matière organique. Ces espèces peuvent être présentes dans les conditions normales, mais leurs populations sont stimulées par l'enrichissement en matière organique,</li> <li>- Groupe IV : espèces opportunistes de second ordre : polychètes, dépositores de subsurface tels que les cirratulidés,</li> <li>- Groupe V : espèces opportunistes de premier ordre : dépositores proliférant dans les sédiments réduits.</li> </ul>						
<b>AMBI</b>	<p>Il consiste à pondérer le pourcentage de chaque groupe écologique présent par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation</p> <p>Calculé pour chaque station :</p> $AMBI : (0x\%GI)+(1,5x\%GII)+(3x\%GIII)+(4,5x\%GEIV)+(6x\%GEV)$						
<b>M-AMBI</b>	<p>Indice multivarié basé sur l'utilisation des valeurs de richesse spécifique (S), de diversité (H'), et le score d'AMBI. Le calcul du M-AMBI nécessite la définition de conditions de références du « Très Bon Etat » écologique et de l'état « Mauvais ». La définition de ces états de référence pour les côtes françaises Manche-Atlantique a été réalisée en collaboration avec l'Ifremer sur la base de l'analyse de données collectées dans des milieux considérés comme non perturbés.</p> <p>Le calcul s'effectue via l'application fourni par l'ATZI.</p>						
<b>BENTIX</b>	<p>Nouvelle adaptation de l'AMBI, ne prenant plus en compte les cinq groupes écologiques identifiés par Hily (1984), mais se basant sur l'idée que les espèces benthiques appartiennent à deux plus grands ensembles : les espèces sensibles (regroupant les espèces sensibles et indifférentes des groupes écologiques I et II), et les espèces tolérantes (regroupant les espèces tolérantes et opportunistes de premier et second ordre des groupes écologiques III, IV et V)</p> <p>Calculé pour chaque station :</p> $BENTIX : (6x\%GEI+2x(\%GII+\%GIII))/100$						
<b>BOPA</b>	<p>Cet indice a été développé récemment comme indicateur de perturbation du milieu par les hydrocarbures. Il mesure le rapport entre la fréquence des amphipodes (fa, espèces considérées, à l'exception des espèces du genre Jassa, comme très sensibles à la présence d'hydrocarbures) et celle des annélides polychètes opportunistes (fp) appartenant aux groupes IV et V définis par l'AMBI.</p> <p>Calculé pour chaque station :</p> $BOPAindex : \log((fp/(fa+1))+1)$						
<b>BO2A</b>	<p>Benthic Opportunistic Annelids Amphipods Index intègre au BOPA les Clitella dans la fréquence des annélides opportunistes</p>						
<b>Etat écologique</b>	<b>AMBI</b> comm. <i>Abra alba - Lagis koreni</i>	<b>M-AMBI</b> comm. <i>Abra alba - Lagis koreni</i>	<b>BOPA</b>	<b>BO2A</b>	<b>BENTIX</b>	<b>Etat de santé du milieu</b>	<b>Classification de la pollution</b>
Très bon	↓ ]0 - 1,2]	↑ ]0,77 - 1]	↓ ]0 - 0,04576]	↓ ]0 - 0,04576]	↑ ]4,5 - 6]	Normal	Normal
Bon	↓ ]1,2 - 3,4]	↑ ]0,53 - 0,77]	↓ ]0,04576 - 0,13966]	↓ ]0,04576 - 0,13966]	↑ ]3,5 - 4,5]	Enrichi	Légèrement pollué, état transitoire
Moyen	↓ ]3,4 - 4,3]	↑ ]0,39 - 0,53]	↓ ]0,13966 - 0,19382]	↓ ]0,13966 - 0,19382]	↑ ]2,5 - 3,5]	Dégradé	Modérément pollué
Médiocre	↓ ]4,3 - 5,5]	↑ ]0,20 - 0,39]	↓ ]0,19382 - 0,26761]	↓ ]0,19382 - 0,26761]	↑ ]2 - 2,5]	Fortement dégradé	Gravement pollué
Mauvais	↓ ]5,5 - 7]	↑ ]0 - 0,20]	↓ ]0,26761 - 0,30103]	↓ ]0,26761 - 0,30103]	↑ ]0 - 2]		Azoïque

Figure 75 : présentation des calculs d'indices de description de l'état des peuplements observés.

D'autres indices pourront également être calculés s'ils sont jugés pertinents. Pour la description des peuplements, des communautés et des habitats, les analyses statistiques suivantes seront réalisées :

<b>Présence (présence et abondance) d'espèces clés assurant l'essentiel de la production de l'écosystème benthique</b>	Telles que <i>Mytilus edulis</i> , les tunicés, <i>Branchiostoma lanceolatum</i> , <i>Sabelaria spinulosa</i> , <i>Spirobranchus tricheter</i> , <i>Pisida longicornis</i> et d'espèces introduites ou invasives.
<b>Analyses des variabilités saisonnière et interannuelle effectuées grâce à des outils et tests statistiques</b>	Tests non paramétriques (celui de Mann-Whitney, celui de Kruskal-Wallis ou ANOVA non paramétrique et celui de Friedman (F)), comparaison multiple par paire selon la méthode de Conover-Iman (indépendant) ou Nemenyi (apparié) appliquée suite aux tests de Kruskal-Wallis / Friedman, des tests paramétriques comme celui du KHi2, le partitionnement univarié...
<b>CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) MDS non métrique (Multidimensional Scaling) associés à la méthode IndVal (Dufrière et Legendre, 1997)</b>	<p>Assemblages de stations présentant des similarités dans leur composition faunistique identifiés grâce à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) complétée d'une Analyse Multidimensionnelle non-métrique (MDS). Trois matrices de données transformées (log(x+1) ; fourth root) sont utilisées : présence/absence ; abondance ; biomasse</p> <p>Le schéma d'arborescence (dendrogramme) résultant de la CAH relie les données selon leur niveau de similarité et permet de déterminer des groupes de stations, la longueur des branches représentant la distance moyenne (ou le pourcentage de similarité moyen) entre les stations ou groupes de stations.</p> <p>L'analyse multidimensionnelle (MDS) permet de compléter l'analyse précédente en faisant abstraction des discontinuités mises en évidence par la CAH. Cette méthode d'ordination utilise les similitudes entre stations pour élaborer un modèle de répartition des stations entre elles dans un repère non-métrique. En suivant un processus itératif, l'analyse va aboutir à la meilleure adéquation entre le modèle et les données.</p> <p>La représentation est évaluée par le « Stress de Kruskal » dont la valeur traduit la représentativité du modèle (Grall &amp; Coïc, 2005) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 0,5 : la représentation est probablement aléatoire,</li> <li>Entre 0,5 et 0,25 : la qualité de la représentation est médiocre,</li> <li>Entre 0,1 et 0,25 : la représentation est satisfaisante,</li> <li>&lt;0,1 : la représentation est excellente.</li> </ul> <p>La méthode IndVal (Dufrière et Legendre, 1997) est utilisée pour indiquer les espèces caractérisant les différents assemblages de stations établis par la CAH en utilisant la méthode des valeurs indicatrices (logiciel IndVal, Dufrière et Legendre, 1997). La valeur indicatrice de chaque espèce est calculée au sein de chaque assemblage grâce à la formule : <math>IndVal = A_{ij} \times B_{ij}</math></p> <p>Avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>A_{ij}</math> = Densité moyenne de l'espèce i sur les stations de l'assemblage j / Somme des densités moyennes de l'espèce i sur tous les assemblages.</li> <li>- <math>B_{ij}</math> = Nombre de stations de l'assemblage j où l'espèce i est présente / Nombre total de stations de l'assemblage j.</li> </ul>
<b>Analyse en Composantes Principales (ACP)</b>	<p>Méthode pour l'analyse de données quantitatives (continues ou discrètes) se présentant sous forme de tableau à M lignes (stations) / N colonnes (variables de pression). Elle permet de visualiser et analyser les corrélations entre N variables de pression et de visualiser et analyser les M stations initialement décrites par N variables de pression sur un graphique à deux ou trois dimensions, construit de manière à ce que la dispersion entre les données soit aussi bien préservée que possible.</p> 

Figure 80 : présentation des analyses multivariées pour analyser la qualité des habitats

### 3.3.1.16. Cartographie des résultats de l'étude benthique

M2C assure les rendus cartographiques et la satisfaction des demandes diverses en termes de cartographie dans les délais les plus courts. Les fichiers de mesures seront chargés sur le Hub de Sinay pour un autre type de visualisation des résultats.

#### 3.3.1.17. Synthèse :

Deux méthodes semblent applicables pour échantillonner les habitats benthiques à l'échelle de la zone d'étude qui présente un substrat majoritairement composé de graviers/cailloutis ainsi que quelques secteurs rocheux, potentiellement encroûtés par des particules fines.

##### 1-La drague Rallier du Baty.

La méthode est semi-quantitative et l'échantillonnage implique une sous-représentation d'espèces mobiles de petite taille telles que les amphipodes. Le risque de perte de matériel est fort.

2-L'imagerie sous-marine à distance propose un niveau de détermination des espèces et habitats dépendant de la turbidité et du courant. Pour permettre une approche quantitative il faut s'assurer de produire des images zénithales et bien cadres. Il faut également espérer que les espèces encroûtantes ne sont pas imbriquées entre elles pour permettre d'estimer leur taux de recouvrement spécifique. Cette méthode peut se révéler adaptée si les habitats sont dominés par quelques grandes éponges fixées sur la roche nue, par exemple.

Notre analyse montre que les habitats en présence sont proches de ceux observés dans le Pays de Caux par la CSLN. Les échantillons comprennent de 100 à 150 espèces et 5 000 individus en moyenne pour 30 L de sédiment prélevé à la drague. Il s'agit donc des habitats de la Manche les plus longs à étudier.

### 3.3.2. Résumé pour les habitats benthiques des substrats grossiers

#### 3.3.2.1. Objectif

Ce suivi a pour objectif de caractériser les habitats benthiques de substrat meuble.

#### 3.3.2.2. Échantillonnage

Il est proposé à ce stade de suivre **35 stations** à l'échelle de la zone d'étude et autour en tenant compte des courants dominants. Ce nombre de stations nécessite **5 jours** d'échantillonnage par campagne **deux fois par an**.

#### 3.3.2.3. Engin utilisé

La drague Rallier du Baty est le seul engin capable d'être utilisé à l'échelle de toutes les stations. M2C la fournit.

#### 3.3.2.4. Opérations

Les traits sont habituellement réalisés pendant une durée de 2 à 12 minutes, face au courant dominant pour obtenir au moins 30 L de sédiment. Le prélèvement fournit également 3 kg de sédiment consacré à l'analyse physico-chimique du sédiment.

#### 3.3.2.5. Fréquence et saisonnalité

Deux périodes de prélèvement sont prévues pendant 2 ans en fin d'hiver (entre le 15 février et le 15 avril) et en automne (avant le 15 novembre).

#### 3.3.2.6. Conditions d'intervention

À partir des coordonnées des traits fournies par le maître d'ouvrage, le Capitaine et le chef de mission positionnent le navire pour effectuer des traits de 2 à 12 minutes. Si le volume est insuffisant, la drague est replongée pour atteindre un volume suffisant et les coordonnées des traits sont relevés. Des photographies sont prises pour présenter les échantillons bruts avant tamisage sur maille de 1 mm. Le temps de travail au laboratoire est estimé à 1,5 mois pour 5 traits de drague.

Une mesure de la qualité de l'eau à la sonde est effectuée avant chaque trait.

#### 3.3.2.7. Indicateurs produits



- Richesse taxonomique, abondance et biomasse ;
- Caractérisation de la nature du sédiment (granulométrie pondérale) ;
- Caractérisation et localisation des habitats ;
- Fonctionnalité « frayère » (spatialisation de la fonctionnalité) ;
- Relation avec la qualité de l'eau ;
- Relation avec la qualité du sédiment.

### 3.3.3. Résumé pour les habitats benthiques des substrats rocheux

#### 3.3.3.1. Objectif

Ce suivi a pour objectif de caractériser les habitats benthiques de substrat rocheux ou d'identifier la méthode la plus adaptée pour le faire.

#### 3.3.3.2. Échantillonnage

Il est proposé à ce stade de suivre 5 stations à l'échelle de la zone d'étude. Ce nombre de stations nécessite deux jours d'échantillonnage par campagne.

#### 3.3.3.3. Engin utilisé

Le ROV d'IRWAZ Explorer est utilisé avec les moyens nautiques de BBTM (navire Le Rozel).

#### 3.3.3.4. Opérations

En fonction du niveau de turbidité observe in situ, le ROV est positionné sur le substrat et filme pendant 15 minutes. Les images sont contrôlées en direct par Sinay.

#### 3.3.3.5. Fréquence et saisonnalité

Une période de prélèvement est prévue avant le 15 mai 2022.

#### 3.3.3.6. Conditions d'intervention

À partir des coordonnées des traits fournies par le maître d'ouvrage, le Capitaine et le chef de mission positionnent le navire pour effectuer des dérives ou rester en position de 5 à 20 minutes.

#### 3.3.3.7. Indicateurs produits

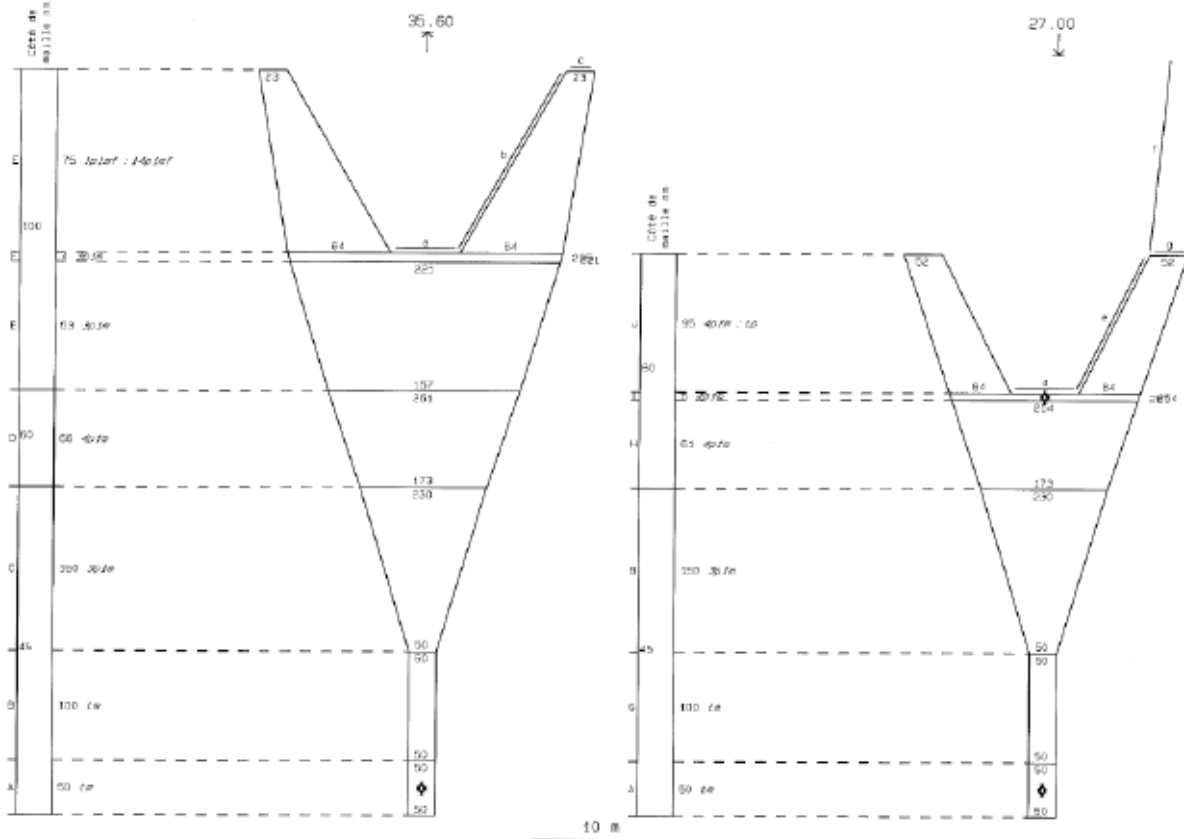
- Caractérisation de la nature du substrat ;
- Identification des taxons observés ;
- Caractérisation et localisation des habitats (typologie EUNIS) ;
- Cartographie des habitats identifiés à l'échelle de la zone rocheuse.

## 3.4. Poissons, mollusques et crustacés

Après consultation de notre équipe, nous envisageons de travailler uniquement avec le chalut canadien avec un engin de 26 m de dos de corde et une chaussette de taille de maille de 10 mm fixée à l'arrière. Il peut être manipulé avec des navires de différentes tailles. Cette démarche est appliquée dans les autres parcs éoliens en mer normands (Courseulles-sur-Mer et Fécamp). Elle permet de développer une approche écosystémique plus pertinente qu'une approche par métier de pêche. L'utilisation du filet a été abandonnée à Fécamp car la plus-value en termes de résultats par rapport aux opérations au chalut Canadien était trop faible.

Le chalut utilisé est fourni par les pêcheurs professionnels concernés impliqués, son plan est présenté en Figure Figure . Sinay et la CSLN disposent de plusieurs chaussettes de maille de 10 mm, que nous fixons régulièrement à l'arrière des chaluts au moyen de « lacets ». Les espèces capturées sont présentées dans l'analyse des résultats du suivi du GIE GMO. L'entretien du chalut est la charge du propriétaire et nous pourrions lui demander de fournir les informations à ce sujet dès qu'il sera identifié.

Idéalement, l'engin sera manipulé par un seul navire avec la même équipe embarquée (le même chef de mission au minimum). L'effet « navire » est très important pour l'échantillonnage au chalut, engin qui peut se déformer facilement selon la puissance et vitesse de traction (au contraire d'une drague métallique qui ne se déforme pas). Les proportions entre différentes espèces (et leurs abondances respectives) peuvent être dès lors fortement modifiées, rendant les comparaisons hasardeuses. Pour éviter ce biais, il convient de toujours utiliser un navire identique, et mieux le même navire.



RALLIQUES			
	LONG	MATERIAU	DIAM
a	5.00 m		0.00
b	15.30 m		0.00
c	1.60 m		0.00
d	5.00 m		0.00
e	11.00 m		0.00
f	15.70 m		0.00
g	2.80 m		0.00

FORCE DU FIL PAR ZONE			
A	45.0mm.	190n/Kg	TPE OBL
B	45.0mm.	250n/Kg	BREZST0
C	45.0mm.	370n/Kg	BREZST0
D	60.0mm.	370n/Kg	BREZST0
E	100.0mm.	250n/Kg	BREZST0
F	100.0mm.	105n/Kg	O2L
G	45.0mm.	165n/Kg	BREZST0
H	60.0mm.	250n/Kg	BREZST0
I	60.0mm.	190n/Kg	PE OBL
J	60.0mm.	125n/Kg	PE

Ajouter 10 nœuds aux valeurs  
Corde bête ailes 11.40m monté  
sur bouclet de 11.00m.  
Corde bête carré 5.50m monté  
sur 5.00m

CHALUT 35.60m / 27.00m	1 BATEAU 600 ch. à 800 ch. Surface fil : 79.60 m <sup>2</sup>
TYPE CASCADEUR 35.60/27.00 (TC+BB)	
Espèces : DIVERSES	
Origine : F285371H	

Figure 77 : plan du chalut GOV utilisé par le bateau référent (capture d'individus adultes uniquement).

### 3.4.1. Présentation des enjeux et justification de la méthode la plus adaptée

#### 3.4.1.1. Protocole pour l'état initial

Le protocole s'appuie sur les recommandations faites par l'Ifremer dans son **Guide pour l'évaluation des impacts des activités d'extraction de granulats marins**. Le guide d'évaluation des impacts sur l'environnement des parcs éoliens en mer (2017) du MTE est également exploité. Quelques évolutions pourront cependant être apportées avec les nouveaux protocoles parus depuis si tant est que celles-ci soient pertinentes vis-à-vis de la zone suivie et de la problématique de l'étude. Les protocoles se baseront également sur les suivis en cours de l'Ifremer dans la région (par ex. CGFS en Manche ou le suivi DCSMM NOURVEY en baie des Veys).

#### 3.4.1.2. Validation du plan d'échantillonnage et du plan de campagne

Les échantillonnages respectent le protocole développé par l'Ifremer et sont dédiés au suivi des ressources halieutiques locales.

La plupart des données sont acquises à partir des instruments de bord du navire employé, en lien avec le Capitaine. L'utilisation du même navire pour un même secteur pendant toute la campagne pour appliquer des protocoles standardisés permet de réduire les biais au maximum. Les métadonnées permettent de valider la conformité de la qualité de l'échantillonnage à une échelle de temps longue.

En cas de changement de protocole en cours d'étude, une phase de calibration a lieu. Cette dernière consiste à appliquer les deux protocoles sur le même site, s'il est accessible, en même temps pour comparer les résultats entre eux et mettre au point une méthode pour assurer leur inter-comparabilité.

L'expérience des opérateurs de Sinay et leur habitude de travailler ensemble permet de limiter les biais d'échantillonnage. Dans la mesure du possible, Sinay met à disposition la même équipe, grâce au travail de coordination des observateurs. Nous nous engageons à disposer au minimum d'un membre commun à toutes les missions, qui pourra assurer le rôle de chef de mission.

#### 3.4.1.3. Zooplancton

La campagne est mutualisée avec le **suivi de la qualité de l'eau** et suit les préconisations relatives à ce paramètre. Elles sont décrites dans le chapitre correspondant.

Afin de limiter les biais d'échantillonnage, en début de mission, Sinay sélectionne **un navire qui est utilisé pour toute la durée de l'étude**. Un navire de remplacement, présentant des caractéristiques comparables est également recherché. Le CRPMEM de Normandie est ainsi consulté pour trouver ces deux navires. Les mêmes partenaires se réunissent également pour affiner le positionnement des stations d'échantillonnage fournies par le maître d'ouvrage. D'autres sources de fourniture de navires sont recherchées actuellement pour pallier l'absence de moyens nautiques.

Un prélèvement mensuel est effectué pendant toute la durée de l'étude.

Le zooplancton comprend notamment l'ichtyoplancton (les poissons aux stades d'œuf et de larve de leur développement). Cette étape est critique dans le cycle de vie des espèces de poissons. En particulier les conditions de survie dépendent de la prédation, des ressources alimentaires et de la qualité de l'eau. Ce suivi a pour objectif d'évaluer la fonctionnalité « frayère » de la zone d'étude.

Pour établir l'état de référence Sinay s'engage à collecter le zooplancton et conditionner les échantillons pour une analyse en laboratoire par le MNHN de Concarneau. Le travail d'analyse en lien avec le phytoplancton est assuré par le CREC (Pascal Claquin de l'Université de Caen-Normandie) à Luc-sur-mer.

#### 3.4.1.4. Chalut canadien

Il est proposé à ce stade de suivre 20 stations à l'échelle de la zone d'étude (10 en zone rapprochée et 10 en zone témoin). Ce nombre de stations nécessite 4 jours de campagne d'échantillonnage. L'approche BACI est privilégiée comme le recommande la littérature. Nous avons placé 10 stations en dehors de la zone de projet et 10 à l'intérieur en tenant compte de la profondeur, du courant, de la nature du fond et des obstacles éventuels.

Les traits sont habituellement réalisés pendant une durée de 20 minutes, face au courant dominant pour une distance située entre 1 et 1,5 M. Les traits seront, si possible, réalisés en condition diurne pour éviter les biais de capture chez les espèces dont la possibilité de capture diffère entre le jour et la nuit

**Quatre périodes de prélèvement sont prévues par an** (une par saison) pour prendre en compte la variabilité saisonnière et préciser les deux principaux assemblages présents en manche (CHARM II, 2009) : soit **fin d'hiver** (01 février au 31 mars) et **fin d'été** (15 août au 15 octobre). La position des stations prend en considération les principaux gradients des paramètres susceptibles d'influencer la répartition des peuplements. Elle est mutualisée avec le suivi des autres compartiments suivis et peut encore être adaptée pour permettre les comparaisons avec les autres études en cours.

### 3.4.2. Description détaillée des méthodes et matériel de collecte de données

#### 3.4.2.1. Méthode de déploiement opérationnel sur le terrain

Les schémas ci-dessous représentent les différentes étapes de la programmation d'une campagne halieutique, jusqu'à sa validation, puis le déroulement d'une campagne au chalut ou aux filets.

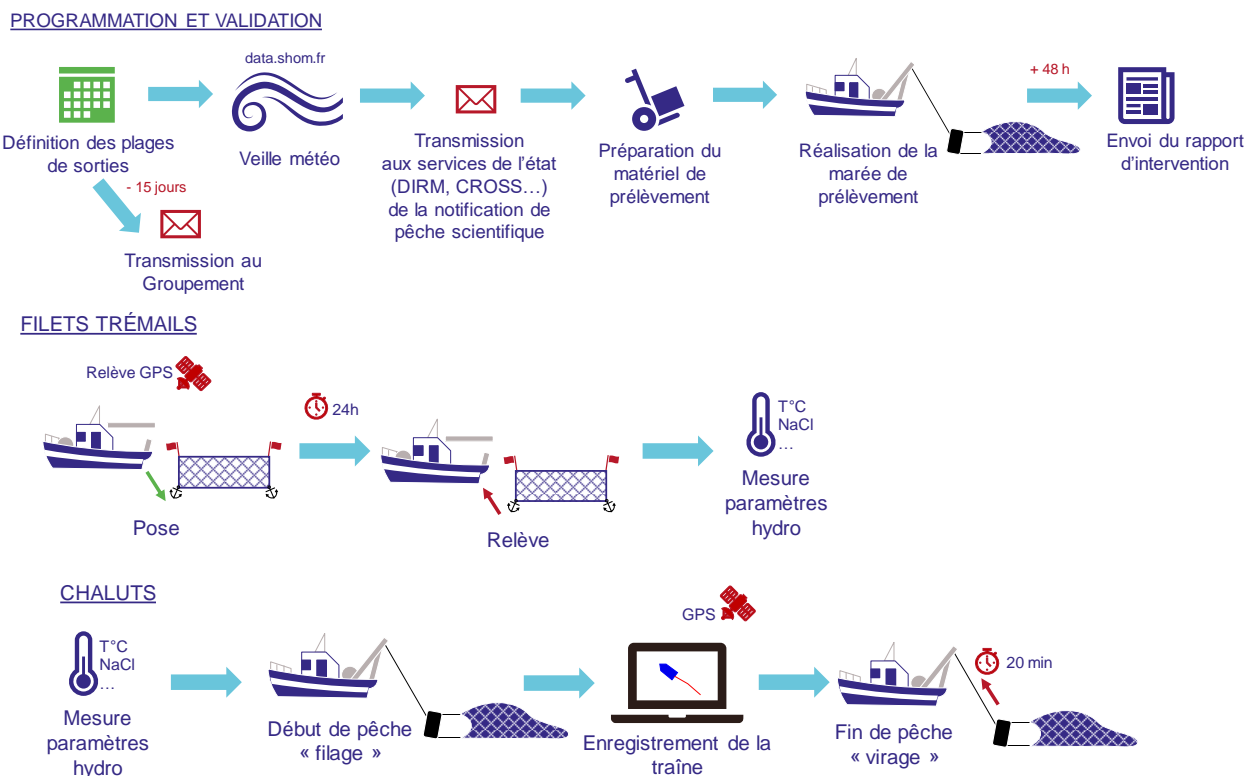


Figure 78 : illustration des étapes successives de réalisation d'une campagne d'échantillonnage des peuplements halieutiques par la CSLN.

Sinay et la CSLN transmettent 15 jours avant chaque campagne les caractéristiques de la mission (objectifs, participants, moyens mise en œuvre, plan HSE...) par courrier électronique. Toujours par



courrier électronique, la mise en œuvre de la campagne sera confirmée 48 h avant et validée 48 h après avec l'envoi d'un compte rendu de campagne reprenant les éléments du cahier de mission (coordonnées des sites échantillonnés, conditions météorologiques et hydrologiques, identité de l'équipe embarquée, problèmes rencontrés ou toute autre information jugée utile).

Le traitement des captures est basé sur les protocoles standardisés mis en œuvre dans le cadre de la **Directive Cadre Européenne sur l'Eau** (DCE ; Cemagref, 2008) et **Directive cadre Stratégie Milieu Marin** (DCSMM ; Ifremer, 2018). Toutes les captures sont considérées, les poissons, les céphalopodes et les invertébrés benthiques d'intérêt commercial ou non. Tous les plus gros individus (en général > 5 cm) sont déterminés jusqu'à l'espèce à bord ou sont ramenés au laboratoire si un doute existe, les tailles plus petites (< 5 cm) sont quant à elles identifiées au laboratoire.

Tous les poissons sont dénombrés et mesurés à la **longueur totale** sur un échantillon représentatif de 30 individus (en mm) par espèce. Le poids total de chaque espèce est relevé (en g). Les invertébrés d'intérêt commercial sont mesurés ou *a minima* classés par taille, les autres invertébrés sont juste dénombrés et pesés. Toutes les informations sont notées sur des fiches « abondances » et « biométries » plastifiées remplies à bord. Sur demande, les captures peuvent être congelées pour analyse ultérieures (e.g. analyse de chairs). Certaines espèces peuvent être sexées comme les raies par exemple.

Le schéma ci-dessous illustre le principe de traitement des captures (LF : longueur fourche ; LT : longueur totale ; H : hauteur ; LM : longueur manteau ; LC : longueur céphalothorax).

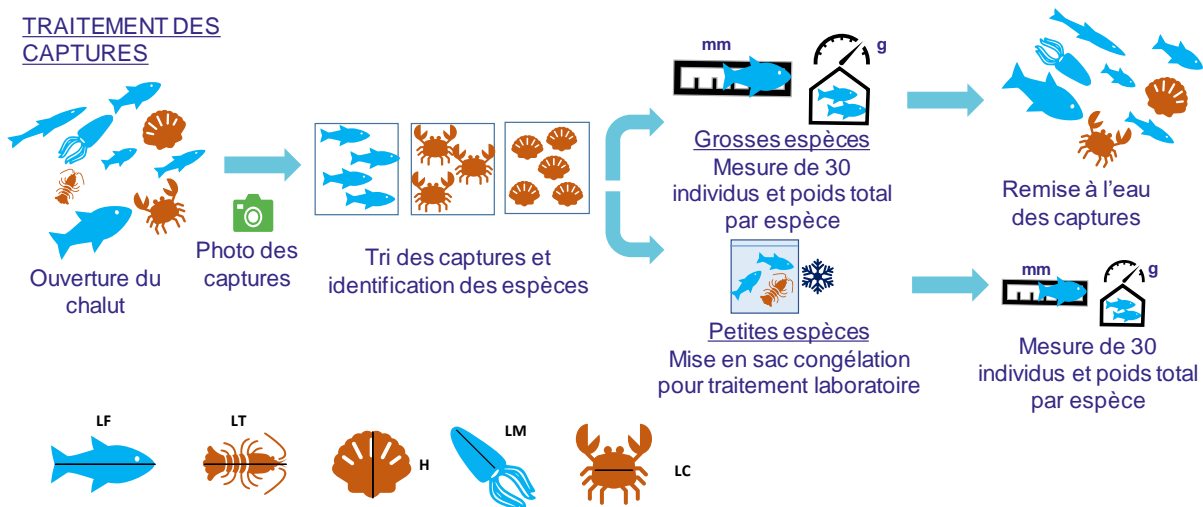


Figure 81 : illustration des étapes successives de traitement des captures à bord pendant une campagne d'échantillonnage des peuplements halieutiques par la CSLN.

#### 3.4.2.2. Zooplancton

Un prélèvement mensuel est effectué en duplicata pour chacune des stations d'échantillonnage. Leur position exacte est définie avec les partenaires du projet et les représentants des pêcheurs professionnels en amont de la mission.

Le calendrier des prélèvements peut être adapté à celui du programme REPHY de l'Ifremer pour permettre la recherche de kystes d'espèces toxiques et nuisibles de phytoplancton dans les secteurs où ces espèces nuisibles/toxiques capables d'en former auront été détectées. Cette démarche peut être assurée par l'équipe de Pascal Clauin de l'Université de Caen-Normandie au CREC de Luc-sur-mer.

Afin de tenir compte de la biologie des ressources ciblées, les prélèvements pourraient avoir lieu seulement une fois par mois de mars à octobre lors des campagnes de suivi de la qualité de l'eau.

Sinay fournit le matériel d'échantillonnage approprié au prélèvement du zooplancton, un filet de type bongo et un tamis en inox de maille de 200 µm de côté, et s'assure du choix le plus pertinent des navires de pêche affrétés pour ce prélèvement. Le tamis est utilisé au moment de la collecte des échantillons après rinçage du filet afin de réduire le volume de l'échantillon sans perdre de matériaux. Les échantillons sont conservés dans une solution adaptée (formol pour la moitié et alcool pour l'autre) puis envoyés pour analyse au MNHN de Concarneau où deux analyses distinctes sont menées pour identifier les juvéniles, œufs et larves collectés.

Le double collecteur bongo est recommandé pour l'étude du zooplancton ; il a déjà été utilisé dans le cadre d'études précédentes. Il s'agit d'un filet à plancton (maille de 500 µm). Il se compose de deux lunettes sur lesquelles sont adaptées deux filets à plancton (Ifremer, 2009). Chaque lunette mesure 61 cm de diamètre. Un volucompteur placé à l'entrée du filet permet de mesurer le volume filtré par filet.

Les filets se terminent par un collecteur sur lequel sont fixés des tamis souples de même maille que le filet. Le plancton est concentré à cette extrémité puis transféré dans les flacons prévus à cet effet au moyen d'un robinet.

Illustration de la collecte d'échantillons au filet bongo en duplicata pour le suivi de l'ichtyoplancton  
(Source EDF)



Figure 82 : illustration de la collecte du zooplancton au moyen d'un filet bongo par Sinay (Source : EDF)

#### 3.4.2.3. Conditions d'intervention :

À partir des coordonnées des traits fournies par le maître d'ouvrage, le Capitaine et le chef de mission positionnent le navire pour effectuer des traits de 15 minutes pour échantillonner l'ensemble de la colonne d'eau.

Les filets sont maintenus en position verticale pendant la phase de mise à l'eau. La bonne position est obtenue au moyen d'un lest en forme de « V » qui assure la plongée de l'engin. Le filet bongo est descendu au fond et placé en position de traction horizontale pendant 30 secondes à une vitesse comprise entre deux et trois nœuds. Il est alors remonté à la surface. La durée totale du prélèvement

est de 15 minutes. Si le temps est inférieur au moment de la récupération du filet, des allers-retours entre la surface et le fond sont répétés jusqu'à atteindre ce temps.

Une bouée fixée sur un bout de longueur adaptée à la profondeur est attachée à l'extrémité de chaque filet pour les maintenir et éviter d'accrocher le substrat.

Une fois à bord, le filet est placé en position verticale et rincé à l'eau de mer pour concentrer le plancton collecté avant de le tamiser sur un tamis en inox dont la maille mesure 200 µm de côté. Pour chaque station, un échantillon est fixé dans une solution d'eau de mer formolée à 4 % et tamponnée au tétraborate de sodium et un autre est conservé dans une solution d'éthanol à 80 %.

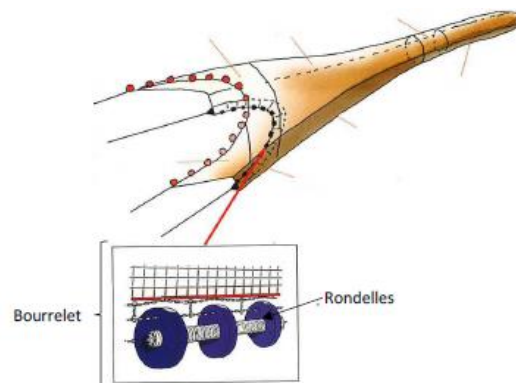
Les deux types d'échantillons sont conservés et transmis à la station Marine de Concarneau (Muséum National d'Histoire Naturelle) pour y subir deux traitements différents. Les échantillons formolés font l'objet d'une identification et d'un comptage sous loupe binoculaire et microscope par un expert (Dr Nalani Schnell). Cette démarche permet d'identifier les œufs et les larves de poissons, ainsi que les crustacés et mollusques d'intérêt commercial.

#### 3.4.2.4. Indicateurs mesurés :

- Période de présence des œufs et larves des différentes espèces identifiées ;
- Fonctionnalité « frayère » (spatialisation de la fonctionnalité) ;
- Composition des peuplements observés ;
- Relation avec les kystes d'espèces toxiques de phytoplancton.

#### 3.4.2.5. Chalut canadien

Le chalut canadien des professionnels fréquentant la zone d'étude sera utilisé. La CSLN et Sinay fournissent des chaussettes de maille 20 mm étirée (10 mm non étirée) à insérer dans la poche terminale du chalut.



La CSLN et Sinay possèdent tout le matériel nécessaire à la bonne réalisation des campagnes de pêche scientifique en mer (véhicules de terrain, ichtyomètres, pesons électroniques, bassines de tri, ordinateurs munis de GPS...).

De même, la CSLN dispose de tous les moyens nécessaires au bon traitement des captures ramenées au laboratoire (paillasse, loupes binoculaires, balances, bassines de tri...) ainsi que pour la saisie des données brutes recueillies (base de données dédiée PostGreSQL).

Sinay est déjà propriétaire de l'ensemble du matériel nécessaire aux observations en mer. Les équipements sont immédiatement remplacés dès que c'est nécessaire. Il est donc fourni à chaque opérateur embarqué l'ensemble des dispositifs suivants :

- Tenue vestimentaire chaude et étanche (cotte, ciré, gants, vêtements chauds) ;
- Matériel de sécurité individuelle ;






- Un équipement adapté à l'échantillonnage scientifique ;
- Matériel scientifique de travail embarqué et en halle à marée ;
- Moyens informatiques et de télécommunication ;
- Une formation à l'utilisation et à la maintenance du matériel ;
- Un suivi régulier de l'état du matériel par le responsable logistique ;
- Une recherche continue d'optimisation d'outils ;
- Le remplacement systématique de chaque élément usagé ou défectueux.

Toutes les techniciennes et tous les techniciens ont à leur disposition un véhicule de société (hybride). Ils disposent également d'un smartphone renforcé (résistant aux chocs et étanche à l'eau salée et aux boues IP 67). Ce smartphone est aussi doté d'un GPS de précision et d'un appareil photo (8 méga pixels). Le matériel mis à disposition pour les prélèvements est présenté dans le tableau suivant. Les opérateurs disposent en plus d'un appareil photo, d'un téléphone et de quoi prendre des notes (tablettes étanches) pour relever les données et métadonnées.

Le chef de mission assure le relevé des métadonnées et les opérateurs celui des données pour la fiche de saisie des informations. Ces dernières sont des adaptations des fiches proposées par Ifremer pour le réseau ObsMer.

Tableau 24 : liste du matériel mobilisé au cours des campagnes d'échantillonnage des peuplements halieutiques.

Description du matériel disponible	
	<p style="text-align: center;"><b>Équipement de Protection Individuels</b></p> <p>La liste de l'équipement complet fourni aux opérateurs en mer est présentée dans un document complémentaire. Elle comprend les cotes, bottes coquées, gilet de sauvetage, balise de détresse et VFI...</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Caisses de stockage</b></p> <p>Les bacs en plastique sont utilisés pour stocker temporairement les animaux prélevés par les pêcheurs.</p>

		<p style="text-align: center;"><b>Pied à coulisse électronique</b></p> <p>Cet appareil permet une mesure rapide et précise de la longueur des mollusques bivalves et gastéropodes ainsi que des crustacés.</p>
		<p style="text-align: center;"><b>Ichtyomètres</b></p> <p>Cet appareil de mesure est utilisé classiquement par un opérateur pour mesurer les poissons et céphalopodes de toute taille à proximité des caisses de stockage des animaux. Le résultat est saisi sur une fiche.</p>
		<p style="text-align: center;"><b>Pesons</b></p> <p>La masse de céphalopodes et poissons est mesurée par espèce au moyen d'un peson manipulé par un opérateur (pour les masses supérieures à 1 kg). Le résultat est saisi sur une fiche par un deuxième opérateur.</p>
		<p style="text-align: center;"><b>Sondes WIMO multi paramètres</b></p> <p>Sinay utilise ses sondes pour mesurer les paramètres physico chimiques de l'eau sur les stations de prélèvement en surface et au fond. Elles permettent de mesurer les paramètres nécessaires à la réalisation de cette étude : Température, pH, Salinité, mesure optique NTU, Concentration en oxygène dissous et en chlorophylle A).</p>
		<p style="text-align: center;"><b>Filets BONGOS avec collecteurs et flacons.</b></p>



### 3.4.3. Mutualisation des moyens (en cours)

La campagne de suivi du zooplancton est mutualisée avec le **suivi de la qualité de l'eau**.

### 3.4.4. Description des méthodes de pré-traitement, d'analyse et d'exploitation cartographique des données

#### 3.4.4.1. *Compilation des données*

Les données acquises lors de chaque campagne sont compilées dans une base de données PostgreSQL® permettant de compiler les échantillons obtenus (coordonnées, abondances, biométries...). Cette base permet entre autres d'associer chaque espèce à des traits d'histoire de vie (âge de maturité, taille max., guildes écologiques, guildes trophiques, ...). Cette base répond aux dernières normes SQL en vigueur (ISO/CEI 9075:2011).

#### 3.4.4.2. *Indicateurs biologiques*

Le traitement des données issues des captures sera réalisé à travers les 3 grandes catégories d'indicateurs biologiques : indicateurs de diversité, d'abondance et de structure (Ifremer, 2011).

- Indicateurs de diversité : nombre de taxons recensés (richesse brute) qui pourra être complété par d'autres indices fréquemment utilisés en écologie (indice de Simpson, indice de Shannon-Wiener...).
- Indicateurs d'abondances : Les données brutes obtenues sur une distance correspondant à 20 min de chalutage ou environ 24 h de pose de filets seront converties en Captures Par Unité d'Effort (CPUE) numériques et pondérales par rapport au temps de pêche (e.g. nombre d'individus par heure ou kg par heure). Ces CPUE seront exprimées sur le total capturé, sur un groupe d'espèces (e.g. benthiques) ou de manière monospécifique.
- Indicateurs de structure : fréquence d'occurrence (fréquence de capture en pourcentage d'une espèce ou groupe d'espèces sur un groupe de trait réalisé), abondance relative (contribution en pourcentage de chaque espèce par rapport à un nombre ou poids total toutes espèces confondues), fréquence en classe de taille (répartition des tailles capturées en effectifs ou fréquence).

#### 3.4.4.3. *Outils cartographiques*

Différentes valeurs (moyennes, sommes, écarts-types etc...) des indicateurs (richesses, CPUE, etc...) pourront être cartographiées avec le logiciel Qgis® par la méthode la plus adaptée (avec les logiciels GRASS® et R®). Ces cartes seront conformes aux spécifications SIG mises en annexe du cahier des charges.

Sinay dispose de moyens comparables et peut assurer l'intégration de ces résultats au moyen de son HUB avec le travail de son *Data Scientist*, Samuele Tecchio, spécialiste de la modélisation des habitats de la baie de Seine et responsable du suivi halieutique mis en place pour le suivi du Parc éolien en mer du Banc de Guérande.

#### 3.4.4.4. *Outils statistiques*

Les tests statistiques seront réalisés avec le logiciel R®. Ce sont des tests et des analyses classiquement appliqués dans ce type d'études (Ifremer, 2011 ; Legendre et Legendre, 1998). Les tests ou les représentations graphiques pouvant évoluer selon les données récoltées, les résultats obtenus ou la problématique à aborder. Ils pourront être intégrés dans le Sinay Hub pour une visualisation simple. Les résultats seront présentés sous diverses formes graphiques (histogrammes, courbes, boxplots ou boîte à moustache, nuages de points, dendrogrammes...). Les indices biologiques pourront être

exprimés sous plusieurs formes de descripteurs : la moyenne, la médiane qui représente la valeur centrale (50% des données inférieures et 50% des données supérieures), iii) le 1er quartile (25 % des données inférieures) et le 3ème quartile (75% des données inférieures), iv) la limite supérieure équivalente à 1,5 x la valeur interquartile, entre le 1er et le 3ème (cette valeur est égale au maximum si celle-ci le dépasse) et les valeurs maximales.

### 3.5. Paysage et patrimoine

#### 3.5.1. Méthodologie de l'étude paysagère

Le Guide d'évaluation des impacts sur l'environnement des parcs éoliens en mer (édition 2017) servira de base méthodologique pour réaliser l'étude paysagère.

#### 3.5.2. Définition de l'aire d'étude éloignée

Les analyses porteront sur les paysages maritimes et terrestres de l'aire d'étude éloignée, dont le périmètre s'étendra :

- en mer : jusqu'à 50 km de la zone d'implantation potentielle du parc éolien,
- sur terre : jusqu'à 50 km de la zone d'implantation potentielle du parc éolien, en excluant les secteurs situés à plus de 5 km du littoral maritime, sauf s'ils comportent des secteurs à très fort niveau d'enjeu (patrimoine mondial de l'UNESCO, Grand Site de France...) ou des reliefs depuis lesquels la mer est visible à grande distance.

Les analyses de terrain seront réalisées durant la période de l'année où les conditions de visibilité atmosphérique sont les plus favorables, à partir d'avril 2022.

En effet, la réunion du 4 novembre 2022 a abouti à la validation de ce nouveau périmètre de l'étude paysagère et patrimoniale (Figure 83), porté à 50 km autour de la zone de l'appel d'offres (ponctuellement d'avantage, afin de prendre en compte le site classé « la côte d'Albâtre », partie du Grand Site de France des falaises d'Étretat – Côte d'Albâtre ; le Havre, vieille partiellement inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO).



Figure 83 : nouveau périmètre de l'étude Paysage et Patrimoine. (Surface terrestre de l'aire d'étude éloignée : 617 km<sup>2</sup>, linéaire côtier : 168 km de Bretteville (50) à Yport (76)).

Ce nouveau périmètre étend significativement la surface terrestre de l'aire d'étude éloignée (7 fois plus étendue) et le linéaire côtier à analyser (5 fois plus long). Cette extension très substantielle de l'aire d'étude a des conséquences très concrètes sur la durée nécessaire pour réaliser l'étude paysagère et patrimoniale.

### 3.5.3. Analyse bibliographique

L'analyse bibliographique permettra de constituer un corpus de connaissances sur 3 thèmes :

- Paysages : atlas départementaux de paysage ; plans de paysage ; schéma régional éolien.
- Patrimoine culturel protégé ou labellisé : patrimoine mondial de l'UNESCO (y compris les sites candidats) ; sites classés et inscrits au titre de la loi de 1930 et Grands Sites de France ; sites patrimoniaux remarquables ; monuments historiques ; Parcs naturels régionaux et Parcs nationaux ; propriétés du Conservatoire du littoral.
- Sites et itinéraires socialement reconnus et fréquentés : guides et cartes touristiques ; données de fréquentation disponibles ; données de trafic maritime de passagers ; topoguides de randonnée.

L'analyse bibliographique offrira une première vision des enjeux, spatialisée sur des cartes.

### 3.5.4. Analyses de terrain

Les analyses de terrain permettront de constituer une base de photographies géoréférencées, croquis et notes écrites. Seront particulièrement investigués :

- sur le trait de côte : caps et pointes ; principaux sites balnéaires ; ports et sites urbains du littoral ; sentier du littoral (GR34) ; paysages et édifices protégés ou labellisés ; autres édifices remarquables (phares, forts...);
- en mer : îles et îlots ; phares, balises et autres éléments implantés sur le DPM ;
- dans l'espace rétro-littoral : itinéraires routiers et de randonnée ouvrant des vues sur le littoral et la mer ; estuaires ; points de vue dominants sur la mer (tables d'orientation, etc.) ; paysages et édifices protégés à très fort niveau d'enjeu.

Les analyses de terrain permettront de finaliser le recensement des enjeux, puis de les hiérarchiser.

### 3.5.5. Analyses de perception

Les analyses de perception auront pour objectif d'évaluer le niveau de sensibilité des différents secteurs à enjeu préalablement recensés. Deux types d'analyses seront réalisés :

- des analyses spatiales, sur la base de cartes de la visibilité théorique de la zone d'implantation potentielle du parc éolien, calculées par un logiciel SIG ;
- des analyses qualitatives, sur la base de photographies sur lesquelles sera représenté l'emplacement de la zone d'implantation potentielle du parc éolien.

Ces analyses tiendront compte des autres parcs et projets éoliens en présence (maritimes ou terrestres), afin de repérer les secteurs où pourraient se présenter à terme des perceptions cumulées avec le projet.

### 3.5.6. Traitement des données et analyses

#### 3.5.6.1. Les grandes caractéristiques des paysages

Cette partie de l'étude portera sur la compréhension des grandes caractéristiques des paysages en place : reliefs, morphologie du littoral, occupation végétale des sols, urbanisation, réseaux de

déplacement, etc. Elle permettra d’appréhender les grandes composantes naturelles et humaines qui composent les paysages de l’aire d’étude éloignée, et la façon dont elles s’organisent entre elles.

#### 3.5.6.2. *Les unités de paysage et leurs enjeux*

Les atlas départementaux des paysages serviront de référence pour déterminer le découpage des unités de paysage, qui sera au besoin affiné. Les principales caractéristiques de chaque unité seront rappelées et précisées. Chaque unité sera envisagée dans son rapport visuel à l’espace maritime et aux autres unités de paysage (par exemple : vis-à-vis entre deux caps). Ses lignes de force paysagères seront déterminées.

Les analyses porteront également sur l’identification des enjeux paysagers. Pour chaque unité de paysage, il s’agira de préciser et de hiérarchiser la valeur des paysages, et donc l’enjeu qu’ils représentent.

#### 3.5.6.3. *Les sites et itinéraires socialement reconnus et fréquentés*

Cet inventaire offrira une vision du territoire basée sur le niveau de notoriété et de fréquentation de ses paysages et de ses sites, qui sera traduit en termes d’enjeux.

#### 3.5.6.4. *Les éléments de patrimoine culturel protégés ou labellisés*

Les éléments de patrimoine culturel protégés ou labellisés seront cartographiés, et l’enjeu qu’ils représentent sera précisé. Les éventuelles prescriptions et recommandations qui les concernent, notamment vis à vis du développement de projets éoliens, seront également spécifiées.

#### 3.5.6.5. *Perceptions de la zone d’implantation potentielle du parc éolien - évaluation de la sensibilité des secteurs à enjeux*

L’analyse visera dans un premier temps à déterminer les bassins visuels de perception de la zone d’implantation potentielle du parc éolien, à l’échelle de chacune des unités de paysage. Cette approche, cartographique, permettra de réaliser une première évaluation du niveau de sensibilité des paysages de l’aire d’étude éloignée.

Les effets de la variabilité du paysage maritime seront pris en compte : marées, conditions de visibilité atmosphérique, position du soleil en fonction des saisons et du moment de la journée. L’influence de la courbure terrestre sera également étudiée.

Pour une série de secteurs à fort niveau d’enjeu, l’analyse sera précisée à l’aide de photographies figurant la zone d’implantation potentielle du parc éolien ; cette approche plus qualitative aura pour objectif d’affiner l’évaluation du niveau de sensibilité de ces sites.

**Finalement, l’étude offrira une vision claire et hiérarchisée des enjeux, et de la sensibilité au projet éolien des différentes composantes paysagères en présence. Elle permettra d’apprécier la capacité de ces dernières à accueillir le projet.**

### 3.5.7. Matériel utilisé

- Matériel photographique et GPS :
  - Appareil photo réflex numérique SONY\_ILCA-77M2 – capteur 24 Mpx
  - GPS RoyalTek RBT-2300 Datalogger
- Logiciels :
  - Qgis 3.16 (SIG)
  - WindPRO 3.1 (logiciel projets éoliens)
  - Adobe Photoshop CS6 (illustrations bitmap)

- GeoSetter 3.4 (géoréférencement de photos)

### 3.6. Synthèse

Nous avons pris en considération l'ensemble des paramètres nécessaires à cette étude dans le cadre d'une approche écosystémique. L'objectif est bien de définir les caractéristiques du site et les enjeux associés. L'état initial de l'environnement est ainsi réalisé de façon conjointe pour l'environnement physique (Tableau 25) et pour l'environnement biologique (Tableau 26).

Tableau 25: Description des études à réaliser pour l'évaluation de l'état initial du milieu physique dans le cadre de l'installation d'éoliennes en mer. (Source : Guide d'impact de l'éolien en mer 2017).

Composante	Objectif de l'étude	Critères à considérer	Méthodologie	Échelle d'observation
Bruit aérien	Établir un état « EO » du bruit ambiant afin d'évaluer l'impact sonore du projet sur le milieu	Paramètres océanographiques et de nature et structure des fonds marins. Paramètres acoustiques de l'activité anthropique en mer	Modélisation de la propagation acoustique des sources sonores en fonction des caractéristiques physiques du milieu et par mesures <i>in situ</i> de bruit ambiant.	Aire d'étude éloignée.
Qualité physico-chimique du substrat	Établir un état « EO » permettant d'évaluer l'impact des installations sur la qualité du milieu (par comparaison avec les analyses réalisées lors de la phase de suivi)	Paramètres descriptifs : granulométrie, COT, % de matière sèche (organique et minérale), densité, Nutriments : N, P Métaux : Al, As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn PCB, HAP, Organostanniques <sup>14</sup>	Réalisations de mesures <i>in situ</i> : prélèvement de substrat et analyses en laboratoire Une mutualisation des prélèvements peut être réalisée avec les campagnes géotechniques et morpho-sédimentaires, ainsi qu'avec les prélèvements d'invertébrés benthiques	Ces mesures doivent être réalisées à l'échelle de l'aire d'étude éloignée (i.e. l'aire susceptible d'être impactée par le projet)
Qualité physico-chimique des eaux	Établir un état « EO » permettant d'évaluer l'impact des installations sur la qualité du milieu (par comparaison avec les analyses réalisées lors de la phase de suivi)	MES (organiques et minérales), matières inhibitrices, azote total, phosphore total, composés organohalogénés absorbables sur charbon actif, métaux et	Collectes de données (données DCE, réseau ROCCH de l'IFREMER) Réalisation de prélèvements d'eau <i>in situ</i> et analyse en laboratoire Une mutualisation des	Aire d'étude éloignée (i.e. l'aire susceptible d'être impactée par le projet). Les limites de cette aire peuvent être évaluées au travers des connaissances acquises



		métalloïdes, hydrocarbures, COT15, oxygène dissous, pH	échantillonnages peut être réalisée avec les campagnes géotechniques et morpho-sédimentaires	sur l'hydrodynamisme, la qualité des matériaux et les spécifications techniques du parc éolien.
Paysage et patrimoine	Identifier les spécificités et les qualités du paysage étudié, ses principales sensibilités paysagères vis-à-vis du projet et la capacité du paysage étudié à accueillir les installations	Perception visuelle, présence de reliefs, d'eau, de végétal, organisation du territoire et des usages, patrimoine, description des émissions lumineuses existantes, etc.	Étude des perceptions visuelles depuis la terre et depuis la mer : analyse des sensibilités paysagères du point de vue des lieux de résidence, des activités touristiques et de loisir et des perceptions littéraires, artistiques et touristiques Étude des grands ensembles paysagers (relief, points d'eau, structures végétales) et de l'organisation du territoire et de ses usages	Aire d'étude éloignée pour appréhender l'insertion du projet dans le territoire, aire rétro-littorale pour l'étude des structures paysagères et leurs relations avec la mer

Tableau 26: Description des études à réaliser pour l'évaluation de l'état initial du milieu biologique dans le cadre de l'installation d'éoliennes en mer.

Composante	Objectif de l'étude	Critères à considérer	Méthodologie	Échelle d'observation
Habitats benthiques	Identifier la nature des habitats et communautés benthiques présents, leur degré de sensibilité et leur état écologique (bon, déjà dégradé, etc.) au regard des effets potentiels du projet sur le milieu	Composition spécifique, (nombre d'espèces, abondance et biomasse), structure et caractérisation des peuplements, habitats/espèces remarquables, variabilité naturelle	Prélèvements par benne ou carottiers sur substrats meubles, et éventuellement observations vidéo sur substrats durs. Des prélèvements en plongée peuvent également être réalisés. Les prélèvements sont ensuite analysés à	Aire d'étude immédiate + zone témoin à l'extérieur de l'aire d'étude éloignée (non soumise aux impacts potentiels)

			bord du navire et/ou en laboratoire (tri, comptage, détermination taxonomique)	
Poissons, Mollusques et Crustacés	Évaluer l'état « EO » du compartiment sur la zone du projet afin d'identifier les impacts potentiels du projet	Richesse et diversité spécifique, abondance, biomasse, structure des peuplements, utilisation des habitats, liens fonctionnels (relations trophiques), variabilité saisonnière et interannuelle	Analyse des données issues de la pêche professionnelle et des campagnes scientifiques d'évaluations de la ressource couplée à des campagnes de pêche <i>in situ</i> en se focalisant sur les juvéniles et adultes, les frayères, les nourriceries et les voies de migration La saisonnalité des espèces et la variabilité interannuelle doit être prise en compte	Réalisation de campagnes de pêche sur l'aire d'étude rapprochée et sur une zone témoin non impactée (i.e. située en dehors de l'aire d'étude éloignée) Analyse des données issues de la pêche professionnelle et de la bibliographie sur l'aire d'étude éloignée
Plancton	Identifier les espèces présentes et définir l'état « EO » du compartiment	Diversité et abondance des espèces phytoet zooplanctoniques présentes (y compris œufs et larves), variabilité saisonnière et interannuelle	Étude bibliographique et prélèvement <i>in situ</i> par filets ou pompage dans le cas où les données existantes ne seraient pas suffisantes (ces prélèvements peuvent être couplés aux prélèvements « Poissons, Mollusques et Crustacés »)	Aire d'étude éloignée + une zone témoin à l'extérieur de l'aire d'étude éloignée (non soumise aux impacts potentiels)
Patrimoine écologique	Identifier la présence de sites d'intérêt écologique sur la zone et analyser la richesse de ces sites et leurs	Localisation des sites d'intérêt, nature, richesse naturelle (habitat et espèces présentes, statuts de protection),	Consultation des organismes référents afin d'identifier, en mer et à terre les sites d'intérêt et notamment :	Aire d'étude éloignée couvrant les champs éventuels des perturbations les plus étendues : bruit, hydrodynamisme

	enjeux de conservation afin d'évaluer les incidences spécifiques et d'identifier les mesures d'évitement, de réduction ou de compensation adéquates	fonctionnalité, enjeux de conservation, espèces protégés	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les zones d'inventaires (ZNIEFF, zone humide d'importance nationale) -</li> <li>- les parcs nationaux - les sites Natura 2000</li> <li>- les parcs naturels marins</li> <li>- les réserves naturelles</li> <li>- les zones d'arrêt de protection de biotope</li> <li>- les sites du conservatoire du littoral</li> <li>- les autres catégories d'aires marines protégées reconnues par l'arrêté du 3 juin 2011</li> </ul>	sédimentologie, etc.
--	---	--	--	----------------------

### 3.7. Conclusion

Le plan d'échantillonnage validé est présenté en Figure 66. Il présente la répartition de l'effort d'échantillonnage qui doit suivre le calendrier présenté au début de ce mémoire. Ce plan est résumé dans les fiches synthétiques pour l'ensemble des compartiments étudiés.

Les données relatives à la qualité de l'eau sont principalement fournies au cours de tout le suivi par les profils verticaux effectués à la sonde au moment de chaque prélèvement. Les suivis hydrologiques de 7 stations complètent cette approche. La fréquence dans ce cas est mensuelle. Les résultats acquis la première année permettront éventuellement de déployer des stations permanentes au cours de la seconde année de suivi.

Le sédiment est composé de graviers et cailloutis ou de roche. Son échantillonnage à la benne est ainsi plus difficile que prévu. Or les connaissances produites par le SHOM sont déjà très précises. Une absence de la fraction fine du sédiment semble aussi compliquer les analyses des contaminants. Des points de suivi à proximité de la zone d'extraction de granulats marins sont proposés pour compléter la précision de nos connaissances du secteur et des éventuels effets futurs.

Trois points de suivi du bruit ambiant aérien sont retenus.

L'échantillonnage des habitats benthiques ne peut être effectué intégralement au moyen de la benne mini-Hamon. Nous retenons l'utilisation de la drague Rallier du Baty. Nous recommandons l'utilisation d'un seul engin pour toute la campagne et il s'agit du seul qui garantisse des résultats à l'échelle de tout le secteur concerné.

Nous avons mis en place directement un suivi au moyen d'un ROV équipé d'une caméra haute définition pour une exploration des habitats de substrats rocheux permettant de définir les espèces et habitats présents.

Pour le suivi des peuplements de poissons, mollusques et crustacés nous recommandons l'utilisation du chalut canadien de 26 m de corde de dos (le seul disponible à note échelle), équipé d'une chaussette terminale de 10 mm de maille. En plus de cette méthode nous proposons de suivre mensuellement l'ichtyoplancton pour développer une approche adaptée à la bonne appréhension des fonctionnalités écologiques de la zone d'étude et une bonne connaissance des peuplements présents.

L'étude du paysage et du patrimoine, pour intégrer les bons enjeux, devra prendre en considération une distance supérieure à 40 km à partir de la zone.

## 4. BIBLIOGRAPHIE

### 4.1. Qualité de l'eau :

- Agawin, N. S. R., Duarte, C. M. et Agusti, S. (2000). Nutrient and temperature control of the contribution of picoplankton to phytoplankton biomass and production. *Limnology and Oceanography*, 45(3):591–600.
- Billy I., Oriol L., Mousseau L. et Passafiume O (2021). Détermination de la chlorophylle a par fluorimétrie, protocole national chlorophylle a, Service d'Observation en Milieu Littoral (SOMLIT), 13 p.
- Davies, A. G., Demadariaga, I., Bautista, B., Fernandez, F., Harbour, D. S., Serret, P. et Tranter, P. R. G. (1992). The ecology of a coastal Phaeocystis bloom in the north-western English-Channel in 1990. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 72(3):691–708.
- Domingues, R. B., Barbosa, A. et Galvao, H. (2005). Nutrients, light and phytoplankton succession in a temperate. estuary (the Guadiana, south-western Iberia). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64(2-3):249–260.
- Garcia-Soto, C. et Pingree, R. D. (2009). Spring and summer blooms of phytoplankton (SeaWiFS/MODIS) along a ferry line in the Bay of Biscay and western English Channel. *Continental Shelf Research*, 29(8):1111–1122.
- Gailhard, I. (2003). Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par le "REseau de surveillance du PHYtoplankton et des phycotoxines" (REPHY). Thèse de doctorat, Univ. de la Méditerranée, Aix-Marseille II.
- Geider, R. J., Delucia, E. H., Falkowski, P. G., Finzi, A. C., Grime, J. P., Grace, J., Kana, T. M., La Roche, J., Long, S. P., Osborne, B. A., Platt, T., Prentice, I. C., Raven, J. A., Schlesinger, W. H., Smetacek, V., Stuart, V., Sathyendranath, S., Thomas, R. B., Vogelmann, T. C., Williams, P. et Woodward, F. I. (2001). Primary productivity of planet earth : biological determinants and physical constraints in terrestrial and aquatic habitats. *Global Change Biology*, 7(8):849–882.
- Grangeré, K., Lefebvre, S., Menesguen, A. et Jouenne, F. (2009). On the interest of using field primary production data to calibrate phytoplankton rate processes in ecosystem models. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 81(2):169–178.
- Holligan, P. M., Harris, R. P., Newell, R. C., Harbour, D. S., Head, R. N., Linley, E. A. S., Lucas, M. I., Tranter, P. R. G. et Weekley, C. M. (1984). Vertical distribution and partitioning of organic-carbon in mixed, frontal and stratified waters of the English-Channel. *Marine Ecology-Progress Series*, 14(2-3):111–127.
- Holm-Hansen O., C.J. Lorenzen, R.W. Holmes and J.D.H. Strickland (1965). Fluorometric determination of chlorophyll. *J. Cons. Perm. Int.Explor. Mer.*, 30(1): 3-15

- Joint, I. R., Owens, N. J. P. et Pomroy, A. J. (1986). Seasonal production of photosynthetic picoplankton and nanoplankton in the Celtic Sea. *Marine Ecology-Progress Series*, 28(3):251–258.
- Jouenne, F., Lefebvre, S., Veron, B. et Lagadeuc, Y. (2007). Phytoplankton community structure and primary production in small intertidal estuarine-bay ecosystem (eastern English Channel, France). *Marine Biology*, 151(3):805–825.
- Klein, C. (2010). Etude des dynamiques du phytoplancton en Manche orientale et occidentale. Approche écophysiological. Thèse de doctorat, Univ. de Caen Basse-Normandie.
- Lorenzen, C.J. (1967). Determination of chlorophyll and pheopigments: Spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12 : 343-346.
- Louchart A., Fabrice Lizon, Alain Lefebvre, Morgane Didry, François G.Schmitt, Luis Felipe Artigas, 2020. Phytoplankton distribution from Western to Central English Channel, revealed by automated flow cytometry during the summer-fall transition. *Continental Shelf Research*, vol. 195, Elsevier 2020. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104056>
- Margalef, R. (1978). Life-forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologica Acta*, 1(4):493–509.
- Mauffret Aourel, Chiffolleau Jean-Francois, Burgeot Thierry, Wessel Nathalie, Brun Melanie (2018). Evaluation du descripteur 8 « Contaminants dans le milieu » en France Métropolitaine. Rapport Scientifique pour l'évaluation 2018 au titre de la DCSMM. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00461/57294/>
- Menet-Nedelec, F., J.-L. Gonzalez, M.-P. Halm-Lemeille, M. Repecaud, J.-V. Facq, F. Maheux, O. Pierre-Duplessix et B. Simon, 2018. Etude d'outils d'évaluation de la contamination Chimique dans les eaux de la Manche – ECUME. Ifremer – AESN.
- Napoléon C., Claquin P. (2012). Multi-Parametric Relationships between PAM Measurements and Carbon Incorporation, an In Situ Approach. *PLoS ONE* 7(7): e40284. doi:10.1371/journal.pone.0040284
- Napoléon, C., Virginie Raimbault, Liliane Fiant, Philippe Riou, Sébastien Lefebvre, Luis Lampert, Pascal Claquin (2012). Spatiotemporal dynamics of physicochemical and photosynthetic parameters in the central English Channel. *Journal of Sea Research*, volume 67 (Elsevier january 2012) 43-52.
- Napoléon C., Liliane Fiant, Virginie Raimbault, Philippe Riou, Pascal Claquin (2014). Dynamics of phytoplankton diversity structure and primary productivity in the English Channel. *Marine Ecology Progress Series*, volume 505, 49-64.
- Napoléon C. (2012). Évolution spatio-temporelle de la production primaire et des communautés phytoplanctoniques en Manche. Thèse de doctorat, Université de Caen Basse-Normandie.
- Not, F., Latasa, M., Marie, D., Cariou, T., Vulot, D. et Simon, N. (2004). A single species, *Micromonas pusilla* (Prasinophyceae), dominates the eukaryotic picoplankton in the western English channel. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(7):4064–4072.
- Pannard, A., Claquin, P., Klein, C., Le Roy, B. et Veron, B. (2008). Short-term variability of the phytoplankton community in coastal ecosystem in response to physical and chemical conditions changes. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 80(2):212–224.
- Platt, T., Sathyendranath, S., Forget, M. H., White, G. N., Caverhill, C., Bouman, H., Devred, E. et Son, S. (2008). Operational estimation of primary production at large geographical scales. *Remote Sensing of Environment*, 112(8):3437–3448.
- Serre-Fredj L., Franck Jacqueline, Maxime Navon, Guillaume Izabel, Léo Chasselin, Oriane Jolly, Michel Repecaud, Pascal Claquin (2021). Coupling high frequency monitoring and bioassay experiments to investigate a harmful algal bloom in the Bay of Seine (French-English



Channel). *Marine Pollution Bulletin* 168. Published by Elsevier.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112387>

- Thorel M., Claquin P., Schapira M., Le Gendre R., Riou P., Goux D., Le Roy B., Raimbault V., Deton-Cabanillas A-F., Bazin P., Kientz-Bouchart V., Fauchot J. (2017). Nutrient ratios influence variability in *Pseudo-nitzschia* species diversity and particulate domoic acid production in the Bay of Seine (France). *Harmful Algae* 68 (2017), 192-205. Elsevier publication.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.hal.2017.07.005>
- Vanhoutte-Brunier, A., Fernand, L., Menesguen, A., Lyons, S., Gohin, F. et Cugier, P. (2008). Modelling the *Karenia mikimotoi* bloom that occurred in the western English Channel during summer 2003. *Ecological Modelling*, 210(4):351–376.
- Widdicombe, C. E., Eloire, D., Harbour, D., Harris, R. P. et Somerfield, P. J. (2010). Long-term phytoplankton community dynamics in the Western English Channel. *Journal of Plankton Research*, 32(5):643–655.

## 4.2. Qualité des sédiments :

- Larsonneur C., 1971. Manche centrale et Baie de Seine : géologie du substratum et des dépôts meubles. Thèse d'Etat, Université de Caen. 394p.
- Vaslet D., Larsonneur C., Auffret J.P., 1978. Carte des sédiments superficiels de la Manche au 1:500 000e et notice explicative. BRGM, Orléans, 17p.

## 4.3. Habitats benthiques :

- Cabioch, L., 1968.. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche Occidentale. Université Pierre & Marie Curie, Paris
- Glémarec, M., 1969. Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. Thèse de Doctorat en écologie benthique.
- Gentil F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, 70 pp.
- Retière C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du Golfe Normano-Breton. Thèse de Doctorat, Université de Rennes.
- Foveau, A., 2009. Habitats et communautés benthiques du bassin oriental de la Manche: état des lieux au début du XXIème siècle. Thèse de Doctorat en Géosciences, écologie, Paléontologie, Océanographie.  
<https://www.theses.fr/2009LIL10146>
- Ruellet T., Talleux J.-D., 2011. Réalisation de la 1ère tranche de l'état bio-sédimentaire initial pour le projet éolien des Hautes Falaises. Version 2. Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux. 78 p.
- Foveau, A., et Ruellet, T., 2013 Réalisation de la deuxième tranche de l'état bio-sédimentaire initial pour le projet éolien des Hautes Falaises. Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux. 260 p. avec annexes.
- Pézy, J.-P., 2017. Approche écosystémique d'un futur parc éolien en manche orientale : exemple du site de Dieppe-Le Tréport. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Univers.  
<https://www.theses.fr/2017NORMC262>
- Methratta, É. (2020). Monitoring fisheries resources at offshore wind farms: BACI vs. BAG designs. *IES Journal of Marine Science*. 77(3),890-900.

#### 4.4. Poissons, Mollusques et Crustacés

- Bertrand J.A., éd., 2004. L'état des communautés exploitées au large des côtes de France. Application d'indicateurs à l'évaluation de l'impact de la pêche. DRV/RH/RS. Vol. 04-001. Ifremer : 172 p.
- Carpentier, A. (Coord.), 2009. Atlas des Habitats des Ressources Marines de la Manche Orientale – CHARM II. Ifremer, University of Kent, CEFAS, ULCO, CNRS, Université de Lille 1, Canterbury Christ-Church University.
- Delpech, J.-P. (Coord.), 2006. Évaluation des ressources halieutiques par les campagnes scientifiques françaises. Façades Manche Est et Loire-Gironde. Ifremer, UNPG, Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie.
- Di Pane Julien, Koubbi Philippe, Giraldo Carolina, Lefebvre Valerie, Caboche Josselin, Marchal Paul, Loots Christophe (2020). Recent changes in ichthyoplanktonic assemblages of the eastern English Channel. *Journal Of Sea Research*, 157, 101848 (9p.). Publisher's official version : <https://doi.org/10.1016/j.seares.2020.101848>, Open Access version : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00604/71631/>
- McLean Matthew, Auber Arnaud, Graham Nicholas A J, Houk Peter, Villéger Sébastien, Violle Cyrille, Thuiller Wilfried, Wilson Shaun K., Mouillot David (2019). Trait structure and redundancy determine sensitivity to disturbance in marine fish communities. *Global Change Biology*, 25(10), 3424-3437. Publisher's official version : <https://doi.org/10.1111/gcb.14662>
- Nogues Quentin, Araignous Emma, Bourdaud Pierre, Halouai Ghasse, Raoux Aurore, Foucher Eric, Le loch François, Loew-Turbout Frédérique, Ben Rais lasram Frida, Dauvin Jean-laude, Qiquil nathalie, Birchenough Silvana, Lopez Lucia (2022). Spatialized ecological network analysis for ecosystem-based management : effects of climate change, marine renewable energy, and fishing on ecosystem functioning in the Bay of Seine. *ICES Journal of Marine Science*, <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac026>
- Regimbart, A., Jérôme Guitton, Olivier Le Pape. Zones fonctionnelles pour les ressources halieutiques dans les eaux sous souveraineté française : Deuxième partie : Inventaire. Rapport d'étude. Les publications du Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST n°46. [Rapport de recherche] 46, Agrocampus Ouest, 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes. 2018, 175 p. fhal-02293032f
- Vaz S., Carpentier A., Coppin F. (2007). **Eastern English Channel fish assemblages: measuring the structuring effect of habitats on distinct sub-communities.** *ICES Journal of Marine Science*, 64(2), 271-287. Publisher's official version : <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsl031> , Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2829/>

#### 4.5. Bibliographie générale

- Débat public éolien, 2019. <https://www.eoliennesenmer.fr/facades-maritimes-en-france/facade-manche-mer-du-nord/projet-centre-manche/participation-du-public#:~:text=Le%20projet%20de%20parc%20%C3%A9olien%20en%20mer%20au%20large%20de,minist%C3%A8re%20de%20la%20Transition%20%C3%A9cologique.>
- SHOM, 1996. Courants de marée, Baie de Seine – de Cherbourg à Fécamp 561.
- SHOM 2019 « Description de l'état de la connaissance et des caractéristiques physiques de la macrozone éolien en mer de Normandie »
- SHOM, 2021 Carte sédimentaire mondiale. Descriptif de contenu du produit externe. 18 p.
- SHOM, 2022. DEF EMR NORMANDIE – Volet technique SEDIMENTOLOGIE MARINE v1.0 18/01/2022 / Dossier d'environnement final Analyse, traitement et qualification des données acquises lors du levé morpho-sédimentaire de reconnaissance environnementale mené sur la

zone d'implantation du parc de la zone éolien en mer de Normandie Manche Est Volet « Sédimentologie marine » Lot 4 – référence T4.S4 Auteurs : Blandine Le Cour Grandmaison, Hermann Gauduin, Yann le Faou, Loïc Moutoussamy, Isabelle Gabelotaud, Edith le Borgne, Thierry Garlan Référence : Convention Shom/MTES [DGEC], SHOM n°79/2019, relative à la réalisation des études de reconnaissance environnementale de site en vue des appels d'offres pour l'implantation d'éoliennes en mer au large des côtes françaises.

## 4.6. Sources de données de référence

La présente liste est encore non-exhaustive. Les partenaires de l'étude étant opérateurs de la plupart des suivis en cours, ils pourront les compléter avec les données brutes et compléter cette liste dans le cadre de la livraison du rapport final;

### 1. Habitats benthiques

Carpentier Andre, Coppin Franck, Curet Lucie, Dauvin Jean-Claude, Delavenne Juliette, Dewarumez Jean-Marie, Dupuis Ludovic, Foveau Aurélie, Garcia Clément, Gardel Laure, Harrop Stuart, Just Roger, Koubbi Philippe, Lauria Valentina, Martin Corinne, Meaden Geoff, Morin Jocelyne, Ota Yoshi, Rostiaux Emilie, Smith Bob, Spilmont Nicolas, Vaz Sandrine, Villanueva Ching-Maria, Verin Yves, Walton Joanne, Warembourg Caroline (2009). **Atlas des Habitats des Ressources Marines de la Manche Orientale - CHARM II / Channel Habitat Atlas for marine Resource Management - CHARM II**. PROGRAMME INTERREG 3A. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/7377/>

Foveau Aurelie, Vaz Sandrine, Desroy Nicolas, Garcia Clément, Dewarumez Jean-Marie, Dauvin Jean-Claude (2019). **Projets CHARM : la faune benthique de la CGFS**. La CGFS a 30 ans. 24-25 avril 2019, Boulogne sur Mer, France.

Le Roy Didier, Martin-Baillet Víctor, Giraldo Carolina (2023). **Compte-rendu de la campagne CGFS 2022 sur le N/O Thalassa / Preliminary Survey Report CGFS 2022 R/V Thalassa**. RBE-HALGO-LBH/RBE-HMMN-LRHPB/RBE-HMMN-LRHBL. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00827/93927/>

Liefmann Stephanie, Dauvin Jean-Claude, Delahaye Marc, Domingo Camille, Evrard Manuel, Guyet-Grenet Valérie, Manner Arnaud, Mouillard Romain, Prévalet Solène, Robin Jean-Paul, Vigneau Joel (2022). **Effets des engins de pêche sur les fonds marins de Manche-Est et du golfe normand-breton**. Rapport final du projet IPREM - Impact des engins de Pêche sur les fonds marins et la Résilience Ecologique du Milieu (2021-2022).

Vaz Sandrine (2019). **Les projets CHARM 1-2-3 : L'apport de la CGFS**. La CGFS a 30 ans. 24-25 avril 2019, Boulogne sur Mer, France.

### 2. Poissons, Mollusques et Crustacés

Carpentier Andre, Coppin Franck, Curet Lucie, Dauvin Jean-Claude, Delavenne Juliette, Dewarumez Jean-Marie, Dupuis Ludovic, Foveau Aurélie, Garcia Clément, Gardel Laure, Harrop Stuart, Just Roger, Koubbi Philippe, Lauria Valentina, Martin Corinne, Meaden Geoff, Morin Jocelyne, Ota Yoshi, Rostiaux Emilie, Smith Bob, Spilmont Nicolas, Vaz Sandrine, Villanueva Ching-Maria, Verin Yves, Walton Joanne, Warembourg Caroline (2009). **Atlas des Habitats des Ressources Marines de la Manche Orientale - CHARM II / Channel Habitat Atlas for marine Resource Management - CHARM II**. PROGRAMME INTERREG 3A. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/7377/>

Le Roy Didier, Martin-Baillet Víctor, Giraldo Carolina (2023). **Compte-rendu de la campagne CGFS 2022 sur le N/O Thalassa / Preliminary Survey Report CGFS 2022 R/V Thalassa**. RBE-

HALGO-LBH/RBE-HMMN-LRHPB/RBE-HMMN-  
LRHBL. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00827/93927/>

Liefmann Stephanie, Dauvin Jean-Claude, Delahaye Marc, Domingo Camille, Evrard Manuel, Guyet-Grenet Valérie, Manner Arnaud, Mouillard Romain, Prévalet Solène, Robin Jean-Paul, Vigneau Joel (2022). **Effets des engins de pêche sur les fonds marins de Manche-Est et du golfe normand-breton**. Rapport final du projet IPREM - Impact des engins de Pêche sur les fonds marins et la Résilience Ecologique du Milieu (2021-2022).

Vaz Sandrine (2019). **Les projets CHARM 1-2-3 : L'apport de la CGFS**. La CGFS a 30 ans. 24-25 avril 2019, Boulogne sur Mer, France.

### 3. Qualité de l'Eau

Mary Charlotte, Françoise Sylvaine, Lamort Laure, Menet-Nedelec Florence, Lesaulnier Nadine, Normand Julien (2021). **Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2020. Départements : Seine Maritime, Eure, Calvados, Manche**. ODE/LITTORAL/LERN /21.03. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00746/85823/>

### 4. Qualité du Sédiment

Grouhel-Pellouin Anne, Menet-Nedelec Florence, Bruzac Sandrine, Cordier Remy, Crochet Sylvette, Duquesne Vincent, Godfrin Yoann, Mary Charlotte, Mauffret Aourell, M'Zari Lotfi, Sireau Teddy, Thomas Bastien (2022). **Contamination chimique des sédiments superficiels côtiers en Manche Est et Mer du Nord. Bilan de la campagne ROCCHSED 2019**. RST/RBE-CCEM-ROCCH 22-001. <https://doi.org/10.13155/86854>

Mary Charlotte, Françoise Sylvaine, Lamort Laure, Menet-Nedelec Florence, Lesaulnier Nadine, Normand Julien (2021). **Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2020. Départements : Seine Maritime, Eure, Calvados, Manche**. ODE/LITTORAL/LERN /21.03. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00746/85823/>

### 5. Phytoplancton

Mary Charlotte, Françoise Sylvaine, Lamort Laure, Menet-Nedelec Florence, Lesaulnier Nadine, Normand Julien (2021). **Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2020. Départements : Seine Maritime, Eure, Calvados, Manche**. ODE/LITTORAL/LERN /21.03. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00746/85823/>

## 5. ANNEXES

### 5.1. Annexe 1 : Synthèse des connaissances du Laboratoire M2C (Caen) en Manche Est

Cette partie, fournie par Jean-Philippe Pezy dans le cadre de nos ateliers de travail, présente un bilan des campagnes d'échantillonnage pré-existantes dans l'espace qui nous intéresse. Elle apporte des détails techniques sur des méthodes et des stratégies d'échantillonnage, plutôt que des connaissances. Ces informations nous sont utiles pour définir la stratégie d'échantillonnage permettant d'harmoniser nos deux démarches efficacement. Ces jeux de données devront être exploités pour les besoins de l'étude qui nous concerne.

#### 5.1.1. GIE-“Granulats de la Manche Orientale” : Compartiment benthique suivi par JP PEZY en 2018 et 2023

Initialement, deux campagnes bio-sédimentaires ont été réalisées dans le cadre du permis exclusif de recherche en 2007, dénommées campagnes BEMACE, dans le but de décrire les caractéristiques sédimentaires et les caractéristiques principales de la macrofaune benthique du site d'étude :

- BEMACE 1 : 18-23 juin 2007
- BEMACE 2 : 30 juillet 2007 – 4 août 2007

Puis, sur ce site d'étude a été réalisée la thèse de Sophie Lozach (2011) avec un soutien sous forme de bourse CIFRE financée par le GIE GMO avec un programme d'échantillonnage quantitatif des organismes benthiques et des caractéristiques sédimentaires de manière saisonnière et pluriannuelle en 2009 et 2010. Les campagnes sont dénommées ROVMACE :

- ROVMACE 1 : 20 avril 2009
- ROVMACE 2 : 30-31 août 2009
- ROVMACE 3 : 23-24 avril 2010
- ROVMACE 4 : 31 août-1 septembre 2010

Dans la mise en place du protocole de suivi benthique, la station Marine de Wimereux a proposé un protocole de suivi benthique qui a été validé par les comités de suivi scientifique. Le nombre et la localisation des stations pour l'analyse granulométrique et l'analyse de la macrofaune ont été choisis en fonction :

- de la nature sédimentaire du fond ;
- de la zone d'extension probable du panache turbide ;
- de la présence d'épave, de câbles sous-marins ou de tout autre obstacle ;
- et du souci d'avoir des stations pouvant servir de témoin de l'évolution naturelle des communautés benthiques pour les suivis ultérieurs si l'exploitation des zones retenues était accordée au G.I.E. G.M.O.

La Figure 84 présente l'ensemble des stations de prélèvement à la benne Hamon échantillonnées lors de la campagne BEMACE ainsi que les stations de prélèvement de la campagne ROVMACE.



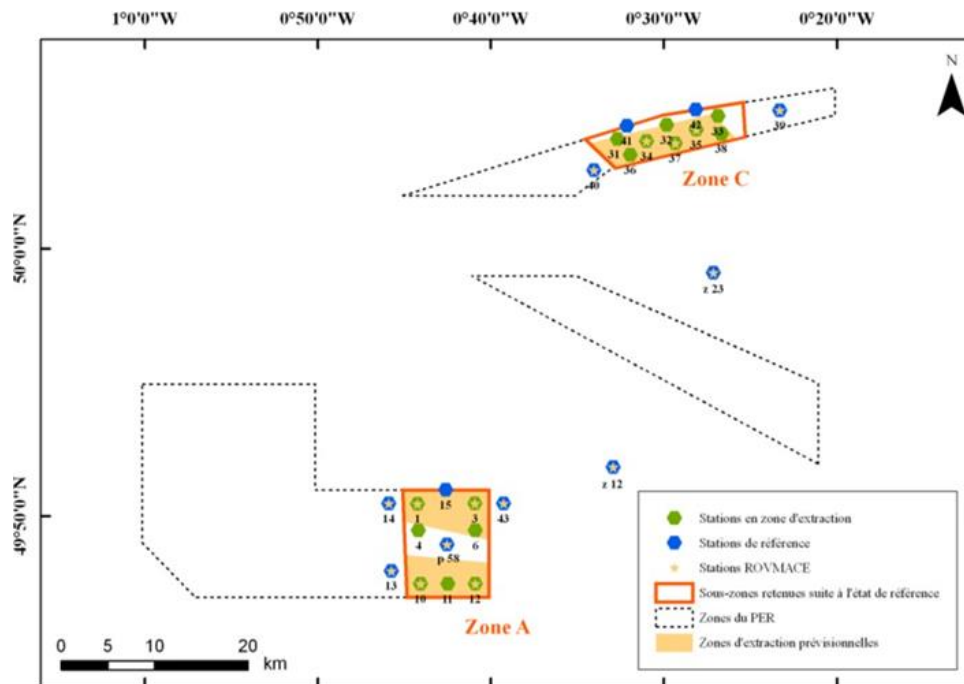


Figure 84 : Localisation des zones et sous-zones du PER Manche Orientale dans le bassin oriental de la Manche.

Le protocole des campagnes ROVMACE a été mis en place en vue de suivre l'évolution des communautés benthiques pendant et après l'exploitation des granulats. D'une part des stations ont été sélectionnées à l'intérieur de la concession en zone A (stations 1, 3, 10 et 12) et en zone C (station 34, 37 et 38 ; ces stations subiront un impact direct lié à l'extraction des granulats) ; et d'autre part des stations de référence en dehors de la concession. Ces stations peuvent être proches de la zone (13, 14, p 58 et 40), plus éloignées (z12 et z23), ou encore dans la zone d'influence potentielle des panaches turbides (43 et 39).

Six missions en mer ont eu lieu sur le site du PER Manche orientale dans le but de réaliser des prélèvements benthiques. Les dates et les engins utilisés pour les prélèvements lors de ces différentes campagnes sont résumés dans le tableau 1. Les prélèvements ont été réalisés à bord des NO « Côte d'Aquitaine » (BEMACE 1) et « Côtes de la Manche ». Pour l'ensemble des campagnes, une benne Hamon de 0,25 m<sup>2</sup> a été utilisée car c'est un des engins le mieux adapté pour prélever les sédiments très grossiers (Dauvin, 1979).

Tableau 27 : Description des missions en mer réalisées sur le site du PER GMO entre 2007 et 2010. BH signifie Benne Hamon

Mission	Dates	Nombre de stations prélevées			Identification
		Zone A	Zone C	Intermédiaire	
BEMACE 1	18-23/06/2007	7 BH	12 BH	-	Alizier/Foveau
BEMACE 2	30/07/2007 – 04/08/2007	6 BH	12 BH	2 BH	Alizier/Foveau
ROVMACE 1	20/04/2009	8 BH	5 BH	2 BH	Lozach
ROVMACE 2	30-31/08/2009	8 BH	5 BH	2 BH	Lozach

ROVMACE 3	23-24/04/2010	8 BH	5 BH	2 BH	Lozach
ROVMACE 4	31/08-01/09/2010	8 BH	5 BH	2 BH	Lozach

À chaque station de prélèvement trois répliqués ont été échantillonnés à la benne Hamon : deux pour les analyses biologiques et un pour les analyses sédimentaires. Dans ce dernier, il est récupéré tout d'abord un pot de sédiment dans lequel sera analysé la matière organique (conservé au congélateur), puis il est également prélevé environ 3 kg de sédiment représentatif de ce qui a été prélevé sur le fond qui est conservé dans un sachet plastique jusqu'à analyse granulométrique au laboratoire.

Pour les missions BEMACE, les échantillons faunes ont été tamisés sur une maille de 2 mm. Pour les missions ROVMACE, les deux répliqués « faune » sont passés dans une double cuve de tamisage de maille circulaire 2 mm pour la première et de diamètre 1 mm pour la seconde (les échantillons de 1mm n'ont pas été traités dans les campagnes historiques). Les quatre fractions ainsi obtenues sont conditionnées dans des bidons (pour le 2 mm) ou des sachets hermétiques (pour le 1 mm) avec du formaldéhyde à 10 % de manière à fixer la faune.

Pour résumer, la partie benthos issue de ces deux grandes missions correspond aux organismes retenus dans le refus de tamis supérieur à 2 mm. Une campagne en mer a été réalisée à bord du navire océanographique le Mintis du 08 au 09 avril 2018.

Dans le PER Manche orientale, seule la zone C a été étudiée, correspondant à la zone exploitée depuis 2012, la zone A n'étant pas exploitée. Après sélection des stations par G-Tec un total de 33 stations a été échantillonné durant cette campagne (Figure 85) :

- 20 stations pour l'analyse de la macrofaune benthique et de la granulométrie ;
- 13 stations pour compléter l'analyse de la granulométrie.

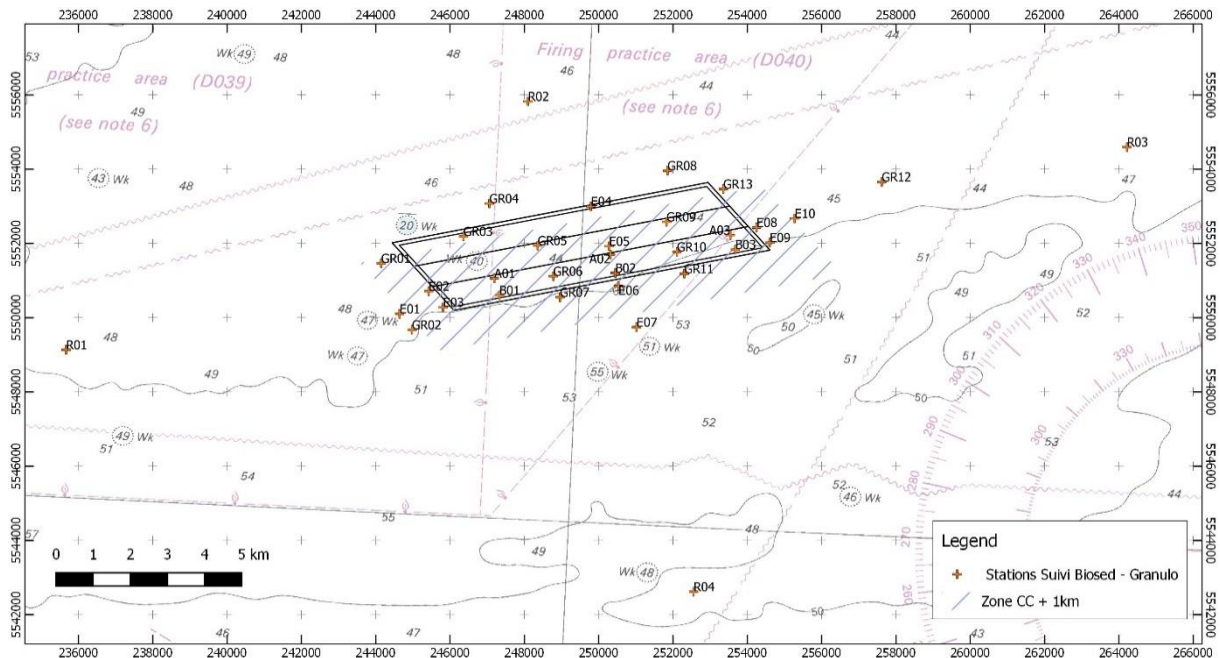


Figure 85 : Localisation des stations du suivi bio-sédimentaire et granulométrique du PER Manche orientale.

L'échantillonnage consiste à la réalisation de trois prélèvements à la benne Van Veen (surface unitaire de 0,1 m<sup>2</sup>) pour la macrofaune benthique et d'un quatrième prélèvement pour la granulométrie à

chaque station (Figure 85). La benne Van Veen a été privilégiée pour sa rapidité de mise en œuvre, sa quasi-absence de dangerosité et son efficacité dans ce type de sédiment comme sur le site de future implantation d'éoliennes sur le site de Dieppe-Le Tréport (Pezy, 2017). Si ce site est situé en baie de Seine, la nature du sédiment concerné reste différente de celle du sédiment de la zone AO4.

### **Nouvelle campagne en février/mars 2023, responsable scientifique : JP Pezy, chargé de recherche CNRS**

#### *Actualisation des ZNIEFF d'*Ophiothrix fragilis**

L'actualisation de la liste des espèces déterminantes de la faune benthique sera réalisée à partir des données terrain afin d'obtenir des observations les plus récentes possibles. L'inventaire sera réalisé durant une seule saison, en hiver, préférentiellement en février/mars 2023, période correspondant à la présence d'individus adultes caractéristiques des habitats benthiques des fonds grossiers en Manche. La présence d'*Ophiothrix fragilis* ainsi que la faune associée sera réalisée dans les quatre patches d'*Ophiothrix* allant depuis le cap de Barfleur au cap d'Antifer sur une distance d'environ 75 milles marins.

Pour l'étude de ces données, le financement d'un affrètement d'un navire privé est demandé permettant l'acquisition de données *in situ*.

30 stations seront suivies à l'aide d'une benne Van Veen (trois répliqués par station) et d'une drague Rallier du Baty pour les stations aux sédiments les plus grossiers où l'utilisation de benne n'est pas possible. Soit 5 stations pour chacun des trois patches de la partie centrale et occidentale de la baie de Seine et 15 stations dans le patch le plus étendu dans la partie occidentale de la baie incluant la ZNIEFF 25M000008 soit un total de 30 stations benthiques. Outre l'utilisation de la benne, deux dragages Rallier du Baty par patches seront systématiquement réalisés soit un total de 8 dragages pour l'ensemble de la ZNIEFF, les stations seront choisies pour leur abondance en ophiures. Ces dragages permettront de collecter des espèces aux plus faibles abondances et très dispersées notamment des espèces de grande taille comme les coquilles Saint-Jacques ou des étoiles de mer *Asterias rubens*.

Une liste d'espèces sera établie par station, par zone et pour l'ensemble de la ZNIEFF, avec des données sur les occurrences des espèces et une estimation des abondances pour les espèces déterminantes et les espèces les plus abondantes.

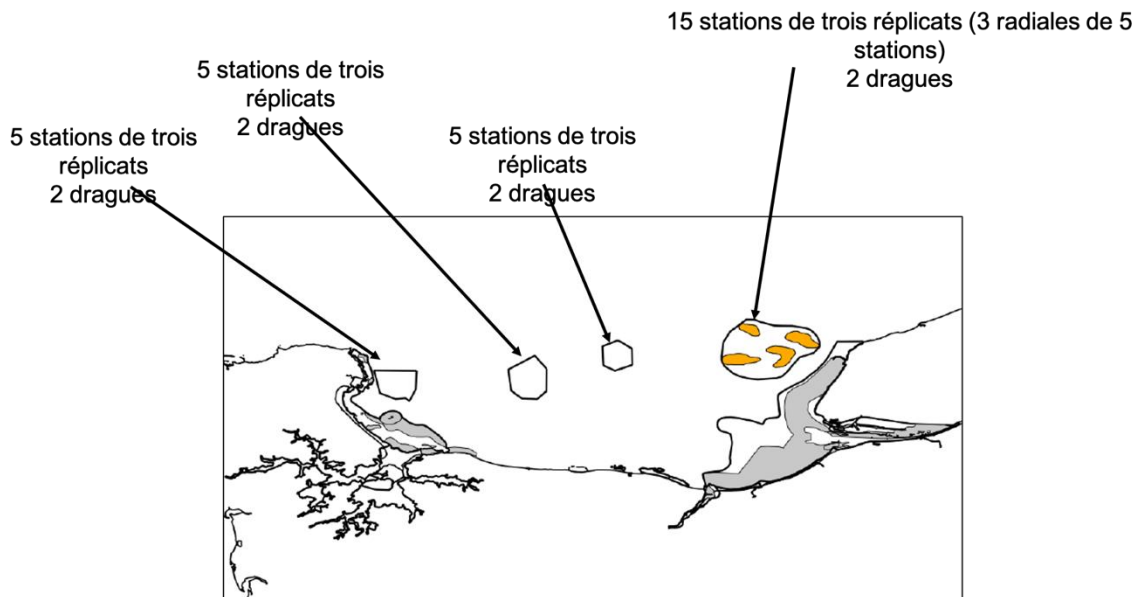


Figure 86 : Plan d'échantillonnage prévisionnel des ZNIEFF mer de type I consacrées aux habitats à *O. fragilis*. Nouvelle campagne en février/mars 2023, responsable scientifique : JP Pezy, chargé de recherche CNRS.

#### *SNO benth'Obs : mise en place d'une approche écosystémique*

Le SNO BenthObs a pour objectif de constituer un réseau national de dispositifs d'observation du macrozoobenthos. Il associe les moyens et les compétences des universités, du CNRS, de l'Ifremer et du MNHN. Dans un contexte de changement global, il est essentiel de disposer de séries temporelles capables de mettre en évidence et de comprendre les changements en cours en termes de diversité spécifique au sein des communautés et leurs conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes marins. Les objectifs de BenthObs sont de (1) comprendre les trajectoires temporelles des communautés de la macrofaune benthique, (2) caractériser la dynamique fonctionnelle de ces communautés, (3) coupler les données BenthObs avec les données existantes sur le macrozoobenthos (BDD Benthos ILICO, DCE, DCSMM) mais surtout avec les données issues d'autres SNO (Coast-HF, SOMLIT, PhytObs) et (4) plus généralement, dans un scénario d'érosion établie de la biodiversité, acquérir des connaissances naturalistes sur les espèces marines côtières de métropole, leur nombre, leur nature et leur dynamique. La mise en place du SNO BenthObs permettra d'obtenir une vision globale à l'échelle nationale de la variabilité à moyen (sub-annuelle) et long terme (supra-annuelle) des communautés macrozoobenthiques, étape déterminante pour permettre la prédiction du devenir à long terme de ces écosystèmes faisant face aux changements globaux. Les données d'observation multi décennale offrent la perspective exceptionnelle de mener une analyse intégrée des variations spatio-temporelles d'un ensemble de communautés de macrofaune benthique sur le long terme.

À l'échelle nationale, l'organisme de rattachement de BenthObs est le LOG, Vincent Bouchet (LOG) et Nicolas Desroy (LER-CRESCO) en sont les coordinateurs nationaux. L'objectif de cette approche est de caractériser et de quantifier la structure des compartiments biologiques. Différents compartiments biologiques de l'écosystème de deux sites localisés en Baie de Seine : bouée SMILE (appartenant aux SNO Coast-HF, Phytobs et SOMLIT) et P39 (appartenant au suivi à long terme Pectow réalisé tous les 5 ans) sont étudiés phytoplancton, zooplancton, benthos, suprabenthos, poissons démersaux. Ce suivi a été initié en 2020 lors de la saison hivernale, cette période correspondant à la présence d'individus adultes caractéristiques des habitats benthiques des fonds grossiers en Manche.

- Phytoplancton

Le compartiment phytoplanctonique sera étudié à l'aide de prélèvements à la bouteille Niskin (Figure 1). Les paramètres hydrologiques (température, salinité, turbidité, sels nutritifs) seront mesurés en parallèle avec une sonde CTD. La biomasse phytoplanctonique sera estimée par la mesure de la concentration en chlorophylle *a*. Des échantillons seront également prélevés afin de mesurer la signature isotopique de la matière organique particulaire (POM) en suivant le protocole de référence du SNO SOMLIT appliqué sur les points de la baie de Seine. Des mesures d'analyse d'isotopes stables du carbone et de l'azote sur le compartiment phytoplanctonique seront réalisées au nombre de 5.

- Zooplancton

Le zooplancton est défini comme l'ensemble des formes animales vivant en suspension dans la colonne d'eau sans mouvement propre suffisant pour lutter efficacement contre le mouvement des masses d'eau (Dussart 1964). Il existe deux grandes catégories d'organismes zooplanctoniques : le plancton permanent ou holoplancton, composé des organismes dont tous les stades de vie (de l'œuf à l'adulte) sont planctoniques, ces organismes sont par exemple des copépodes, des tuniciers (appendiculaires) ou des chaetognathes et le plancton temporaire ou méroplancton dont seule une partie du cycle de vie à l'état larvaire se déroule à l'état planctonique correspondant aux larves d'organismes benthique à l'état adulte (cycle benthopélagique). Les prélèvements devront être réalisés verticalement (surface-fond) à l'aide d'un filet à plancton de type WP2 avec une ouverture de 0,25 m<sup>2</sup>. Ce dernier est caractérisé par un vide de maille de 200 µm et muni d'un collecteur filtrant terminal de 1 L. Un total de deux prélèvements sera réalisé par station. Un volucompteur placé à l'entrée du filet permettra d'estimer le volume filtré (m<sup>3</sup>) au cours du prélèvement. Une fois en surface, le contenu du collecteur sera rincé à l'eau de mer et concentré sur un tamis de 200 µm et seront ensuite congelés afin de réaliser des mesures isotopiques sur l'holoplancton et le méroplancton qui sera échantillonné.



- Benthos et suprabenthos

L'étude des communautés benthiques et suprabenthiques, maillons intermédiaires, permet d'évaluer les proies potentielles pour les poissons démersaux. En raison de leur forte affinité à l'habitat elles constituent des indicateurs précoces des modifications de l'environnement ce qui en fait un compartiment biologique particulièrement intéressant pour suivre les effets des activités humaines. C'est aussi là que se trouve la justification d'étudier ce compartiment.

En effet, de nombreuses espèces de poissons privilégient dans leur régime alimentaire les crustacés nageurs pécarides et décapodes mal échantillonnés à la benne, mais surtout effectuant des migrations dans la colonne d'eau et étant alors préférentiellement consommés. À chaque station benthique, les échantillonnages seront réalisés conformément au protocole mis en place dans le SNO Benth'obs à l'aide d'une benne Van Veen. Le tamisage à bord sera fait sur un tamis à ouverture circulaire de 1 mm (conformément à la norme ISO 16665 ; seul type de tamis permettant de conserver toute la macrofaune de taille supérieure à 1 mm). La conservation des refus de tamis sera réalisée après fixation au formol neutre à 10 % dans des bidons étanches allant de 3 à 15 L selon la quantité de refus de tamis (partie supérieure à 1 mm). À chaque station, 5 prélèvements benthiques seront réalisés pour l'analyse taxonomique et structurale du benthos, 5 autres prélèvements seront réalisés afin de collecter des organismes benthiques afin de faire des mesures isotopiques. Un prélèvement additionnel sera réalisé pour la caractérisation du compartiment sédimentaire ainsi que pour la mesure de la matière organique.

Les prélèvements suprabenthiques seront réalisés à l'aide d'un traineau suprabenthique permettant d'échantillonner la couche d'eau juste au-dessus du fond en un unique niveau : 0,10 – 0,40 m au-dessus du fond (filet de 500 µm). Sur chacune des deux stations, deux traits de traineau suprabenthique de 10 min à contre-courant seront réalisés à une vitesse de 1,5 nœud. Les individus récoltés seront ensuite congelés afin de réaliser des analyses isotopiques en laboratoire sur les espèces dominantes. Les prélèvements de ce compartiment permettront également de réaliser des analyses sur la structuration de ce compartiment.

- Poissons démersaux et mégafaune

L'étude du compartiment halieutique, plus particulièrement des poissons démersaux permettra d'obtenir des données sur la prédation des premiers niveaux trophiques. En effet, sur les poissons démersaux, des prélèvements de muscle seront réalisés sur les différentes espèces capturés et les contenus stomacaux de ces derniers seront également analysés afin de caractériser leur régime alimentaire sur le long terme et à l'instant t. Pour cela, sur chacune des deux stations, 5 traits de chaluts à perche de 3 m seront réalisés à contre-courant durant 20 min. Les poissons démersaux et la mégafaune associée sera triée, mesurée et pesée. Les organismes seront congelés afin de réaliser ultérieurement des analyses au laboratoire.

- Une méthode innovante depuis plus de vingt ans

Les ratios des isotopes stables du carbone et de l'azote ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ) sont des outils très utilisés comme traceurs du régime alimentaire des espèces en milieu naturel et peuvent être mis en œuvre pour calculer, de façon indépendante, le niveau trophique des espèces. Cette approche repose sur le fait qu'il existe une relation entre les signatures isotopiques des consommateurs et de leurs proies. En effet, lorsqu'un prédateur consomme sa proie, il y a un transfert d'énergie qui s'accompagne d'un fractionnement isotopique, de valeur variable selon l'isotope considéré (Raoux *et al.*, 2020). Les valeurs du carbone sont utilisées pour discerner les sources de matière organique et celles de l'azote pour déterminer la position de l'espèce dans le réseau trophique et elles ont largement servi au calcul

du niveau trophique des espèces dans de nombreux écosystèmes. Cette approche sera donc utilisée afin de caractériser le régime trophique des espèces benthiques. Les individus récoltés seront congelés puis le muscle de chaque individu sera prélevé au laboratoire. Les échantillons seront par la suite lyophilisés à l'aide d'un lyophilisateur Virtis® BenchTop 4K Freeze Dryer à - 62,3 °C pendant 24 h puis broyés à l'aide d'un vibro-broyeur à billes (Retsch® MM400) à une fréquence de 30 Hz. Pour certaines sources, pouvant être trop riches en carbone minéral (structure d'une ophiure par exemple), une étape de décarbonatation sera réalisée après la lyophilisation et le broyage. Enfin les échantillons seront ensuite encapsulés dans des capsules en étain. Les signatures isotopiques seront mesurées grâce à un analyseur élémentaire EuroVector® EA3000, couplé à un spectromètre de masse Elementar® IsoPrime (Polunin et Pinnegar, 2000) au laboratoire PLATIN (PLATEau d'Isotopie de Normandie, SRF ICORE).

L'innovation principale de cette technique est d'échantillonner à un même instant (même journée), les proies et les prédateurs de l'ensemble des organismes composant l'écosystème afin d'obtenir une vision holistique de son fonctionnement.

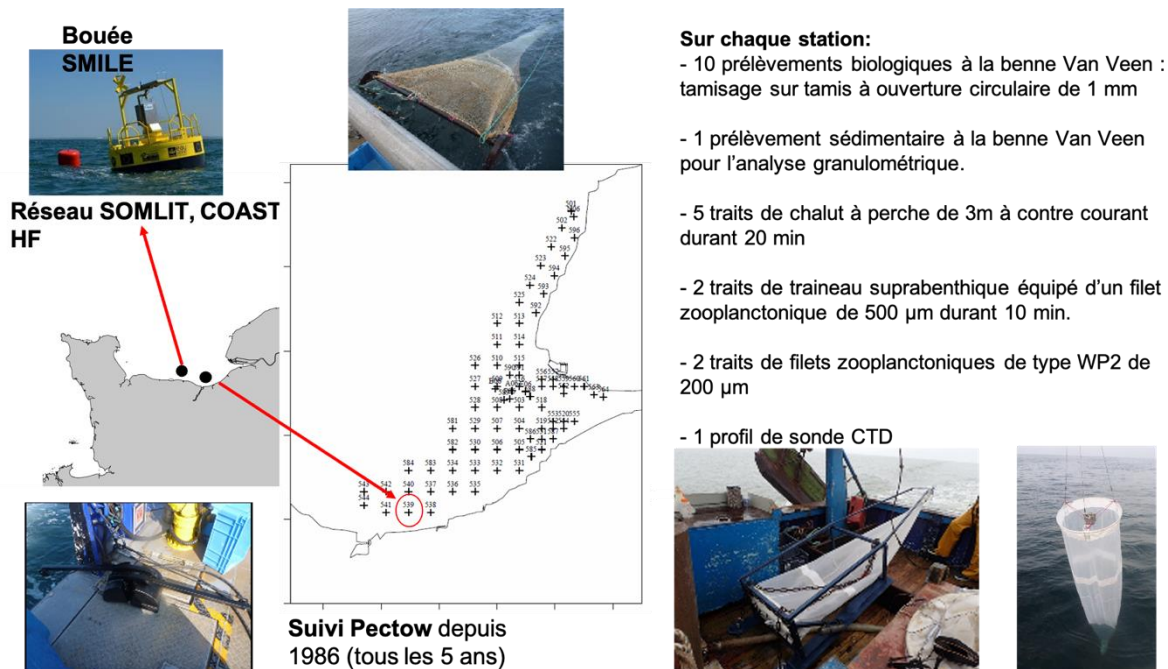


Figure 87 : Plan d'échantillonnage du programme BenthOBS. Approche écosystémique : campagne annuelle en février/mars depuis 2020, responsable scientifique : JP Pezy, chargé de recherche CNRS.

### GMH (Granulat Marin Havrais)

L'autorisation d'ouverture de travaux miniers de la concession Granulats Marins Havrais (GMH), en date du 23 septembre 2019, prévoit, dans son chapitre 4, la réalisation de suivis de l'activité. L'article 38, relatif au suivi environnemental, indique que ce suivi est constitué en premier lieu, d'un état actuel « état T0 » du site de la concession et de son environnement.

Les stations de références sont au nombre de six et sont situées à plus de 3 km de la concession. Leurs emplacements veillent à limiter au maximum l'influence des autres projets de la zone de la baie de Seine. Les stations des suivis d'impacts directs sont au nombre de deux par bande, soit 14 pour toute la concession. En réponse à une demande de l'Ifremer, les 14 stations internes ont été réparties en 12 stations internes et deux stations intermédiaires. L'AOTM demandant, lorsque cela est possible, à ce que les emplacements soient cohérents avec ceux des stations suivies lors du permis exclusif de recherche, ces stations intermédiaires ont été reprises des campagnes du PER (Permis Exclusif de Recherche) GMH.

Les emplacements des stations ont été définis précisément lors de la première campagne de suivis halieutiques puisque les stations du suivi bio-sédimentaire ont préférentiellement le même emplacement que celles du suivi ichtyologique. Ainsi, les stations biosédimentaires sont localisées au centre de chaque trait de chalut réalisé. Les coordonnées du positionnement des traits de chalut ont été transmises par la Cellule de Suivi du Littoral Normand après vérification *in situ* de l'absence de croches ou autres difficultés de terrain.

Ces suivis concernent plusieurs compartiments du milieu et doivent être réalisés selon le principe BACI (Before After Control Impact) avant les premières extractions de sédiment, puis pendant la phase d'exploitation. Dans ce cadre, l'autorisation d'ouverture de travaux de la concession GMH prévoit la réalisation d'un état actuel de référence avant exploitation par notamment des suivis des sédiments, des habitats et communautés benthiques. Cet état actuel permettra de suivre l'impact généré par les extractions tout au long de la vie de la concession, grâce à la comparaison entre l'état avant le début des extractions et l'état pendant l'exploitation de la concession. De plus, ces suivis permettront de compléter les études réalisées pour l'état actuel de l'étude d'impact environnemental du projet.

Initialement, une campagne bio-sédimentaire a été effectuée par le laboratoire M2C, dans le cadre de la réalisation de l'état des lieux du Permis Exclusif de Recherche Granulats Marins Havrais (PER GMH) en février 2013. Les échantillonnages ont été réalisés avec une mini-benne Hamon permettant un échantillonnage de 0,1 m<sup>2</sup> avec un tamisage sur un tamis à ouverture circulaire de 1 mm. Quatre prélèvements ont été effectués à l'échelle de chaque station dont un pour le sédiment et trois autres pour le benthos. Au total 18 stations avaient été échantillonnées dans le périmètre du PER avec un gradient sédimentaire (graviers ensablés, sables moyens et sables hétérogènes envasés ; Figure 88).

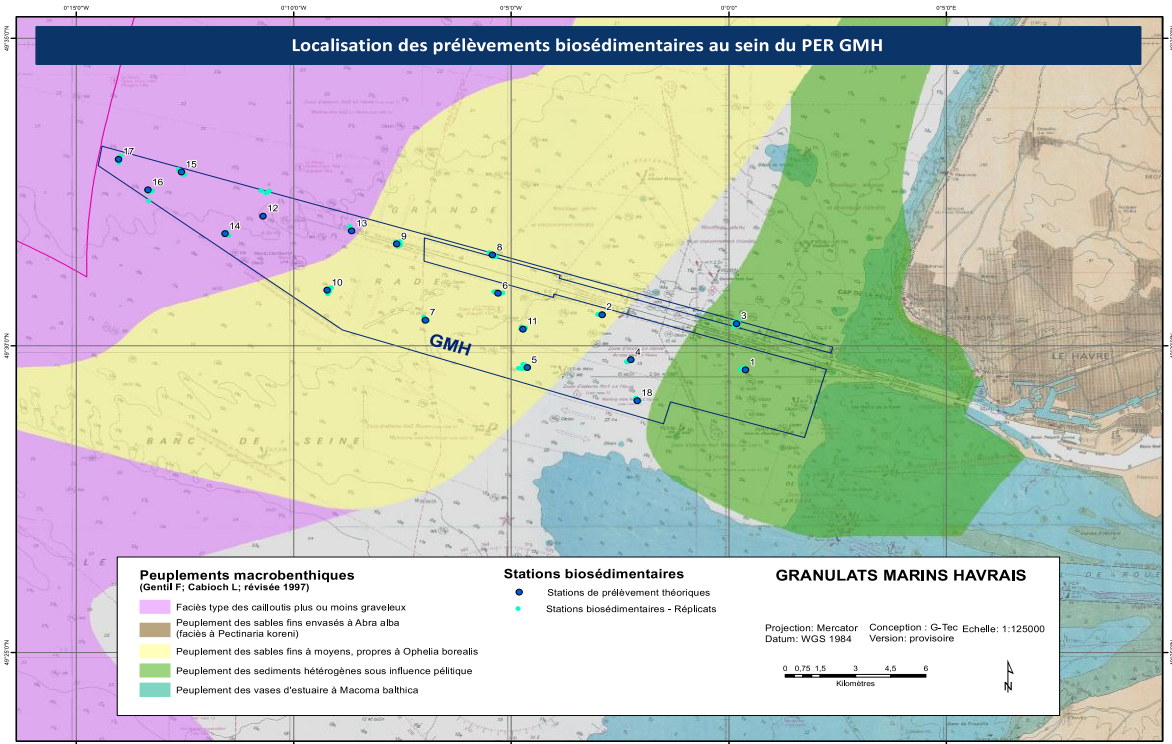


Figure 88 : Plan de positionnement des stations de prélèvement à la mini benne Hamon par M2C en 2013.

Une campagne bio-sédimentaire a été réalisée par le laboratoire M2C (UMR 6143), les 25 et 26 février 2021 dans la concession des Granulats Marins Havrais. 20 stations ont été échantillonnées en

concordance avec les traits de chalutage de la campagne halieutique (Figure 2 ; Tableau 1). L'ensemble des prélèvements de la campagne de février a été réalisé à bord du Celtic Warrior.

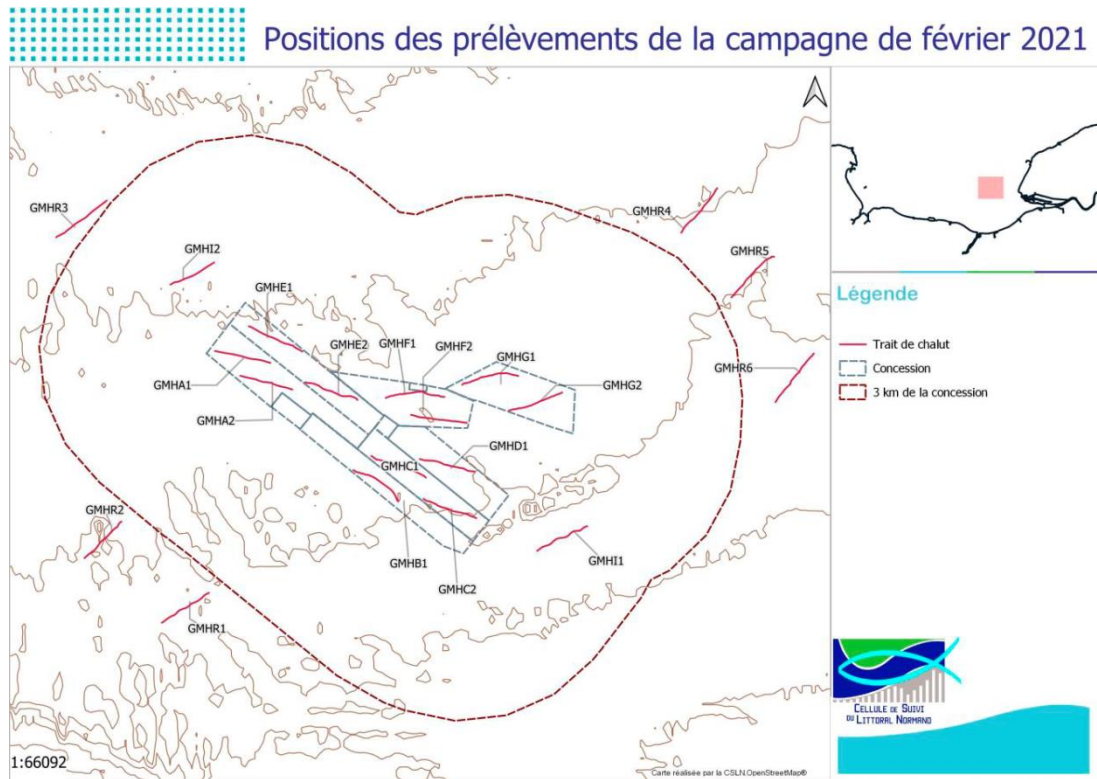


Figure 89 : Localisation des stations du suivi bio-sédimentaire du site GMH en 2021). N.B. : Le nom des stations est précédé du terme GMH pour mieux les identifier lors de lecture de cartes plus grandes, intégratrices d'autres projets, cependant, dans le cadre du rapport, les stations sont nommées sans le préfixe GMH, comme suit : Rx pour référence, lx pour intermédiaire ; A1, A2 pour la bande A ; B1, B2, pour la bande B ; C1, C2, pour la bande C ; D1, D2, pour la bande D ; E1, E2, pour la bande E ; F1, F2, pour la bande F ; G1, G2, pour la bande G.

Dans le site d'étude, 20 stations ont été étudiées pour produire 20 prélèvements sédimentaires et 60 prélèvements de faune. Le compartiment sédimentaire a été échantillonné à la benne Van Veen (surface unitaire de 0,1 m<sup>2</sup>), et le compartiment benthique à la mini-benne Hamon (surface unitaire de 0,1 m<sup>2</sup>). La benne Van Veen a été privilégiée pour sa rapidité de mise en œuvre, sa quasi-absence de dangerosité et son efficacité dans ce type de sédiment. La mini-benne Hamon permet quant à elle un bon échantillonnage des espèces les plus profondément enfouies dans les sédiments grossiers grâce à son poids.

En addition de l'étude du benthos, des poissons démersaux échantillonnés par la CSLN en 2021 à deux saisons ont été récoltés dans l'ensemble des 20 traits de chalut correspondant aux 20 stations benthiques par Jean-Philippe Pezy de M2C. Les contenus stomacaux de ces poissons démersaux seront analysés et des mesures isotopiques effectuées à partir des muscles de ces derniers.

### **Campagne en février 2021, responsable scientifique : JP Pezy, chargé de recherche CNRS**

#### *Parc éolien de Courseulles sur mer (EOC)*

Initialement, une campagne bio-sédimentaire a été réalisée dans le cadre d'une étude initiale entre le 16 et le 22 février 2009, par le bureau d'étude In Vivo. Les échantillonnages ont été réalisés avec une benne « Day Grab » permettant un échantillonnage de 0,1 m<sup>2</sup> avec un tamisage à maille de 1 mm. Trois prélèvements ont été effectués pour chaque station. 27 stations avaient été échantillonnées dans le



périmètre du futur parc éolien et trois étaient localisées entre le périmètre du parc et la côte (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

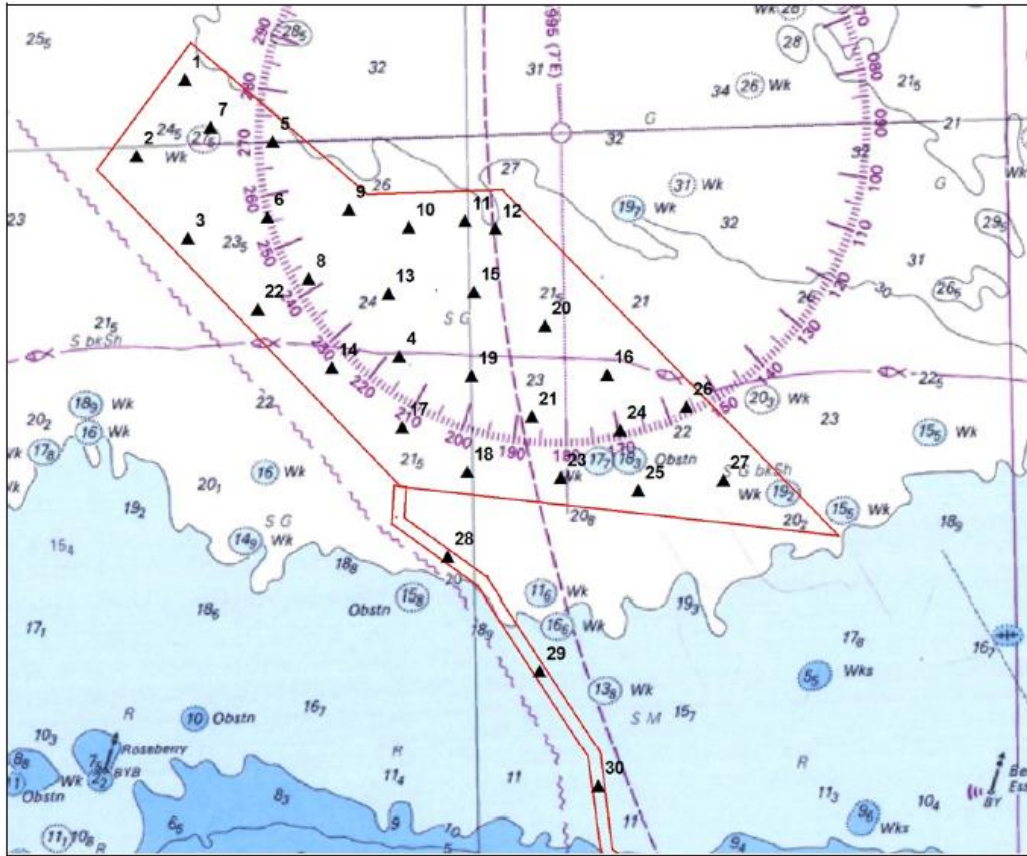


Figure 90 : Plan de positionnement des stations de prélèvement à la benne par In Vivo en 2009.

Une campagne bio-sédimentaire a été réalisée par le laboratoire M2C (UMR 6143) les 3 et 4 mars 2020 à l'échelle du futur parc éolien de Courseulles sur mer (Calvados, France). Le but de cette campagne était d'échantillonner le compartiment sédimentaire et benthique avant la construction du futur parc éolien. 5 stations ont été échantillonnées, réparties en deux zones, trois localisées dans le périmètre du parc (M6 ; M16 ; M18) et deux à l'extérieur du périmètre du parc (O ; P ; Figure 90). Par ailleurs, des prélèvements d'eau ont également été réalisés lors de la campagne de mars ainsi que le 9 juin à l'échelle des quatre stations suivantes : M6, M16, M18 et O (Figure 91). L'ensemble des prélèvements de la campagne de mars a été réalisé à bord du Celtique Warrior (Figure 3) et celle de juin à bord du TIAMAT navire de Centre de Recherches en Environnement Côtier (CREC) de l'université de Caen Normandie.

Les 22 et 23 mars 2021, une nouvelle campagne bio-sédimentaire a été réalisée par le laboratoire M2C. Un total de 6 stations a été échantillonné. Elles sont réparties en deux zones dont quatre localisées dans le périmètre du parc (M6 ; M13 ; M16 et M18) et deux à l'extérieur du périmètre du parc (O ; P) (Figure 91 ; Tableau 11). L'ensemble de ces prélèvements a également été réalisé à bord du Celtique Warrior.



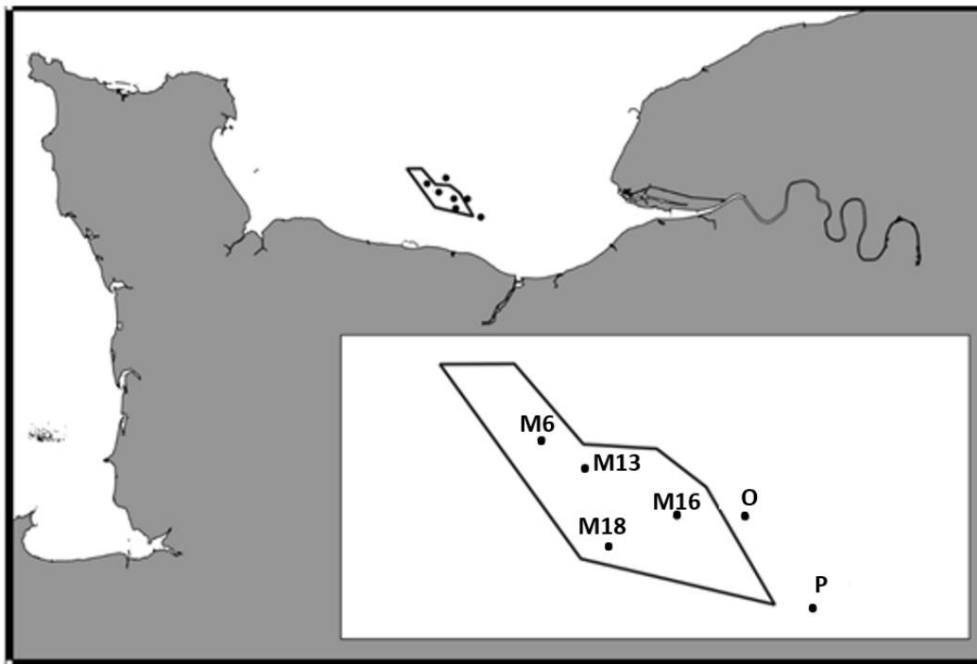


Figure 91 : Localisation des stations du suivi bio-sédimentaire parc éolien de Courseulles sur mer en 2020.

Dans le site d'étude, cinq stations ont été étudiées : **trois sont présentes à l'intérieur du futur parc éolien** (dont une station sur la zone de présence de fortes abondances des ophiures *Ophiothrix fragilis*) et **deux à l'extérieur** (dont une station sur la zone de présence de fortes abondances des ophiures *Ophiothrix fragilis*) (Figure 91 et Tableau 10). Pour chaque station, trois sous-stations ont été positionnées dans lesquelles trois réplicas ont été prélevés selon le protocole DCE, soit un total de 45 réplicats en 2020). Ainsi 45 prélèvements ont été réalisés (5 stations x 3 sous-stations x 3 réplicas).

Tableau 28 : Coordonnées des stations d'échantillonnage de la campagne bio sédimentaire

	Statio n	Longitude	Latitude	Présence d' <i>Ophiothrix fragilis</i>
Intérieur du parc	M16	-	49.4549031	Oui
		0.469728333		
	M6	-0.5638125	49.4857856	Non
	M18	-0.5098438	49.4378992	Non
	M13	-0.53048638	49.4711164	Non
Extérieur du parc	O	-0.4275	49.4549031	Oui
	P	-0.38091	49.4341	Non

Le compartiment benthique a été échantillonné à la benne Van Veen (surface unitaire de 0,1 m<sup>2</sup>), cette benne a été privilégiée pour sa rapidité de mise en œuvre, sa quasi-absence de dangerosité et son efficacité dans ce type de sédiment (Figure 92).



Figure 92 : Benne Van Veen en cours d'utilisation sur le Celtic Warrior.

Les neuf échantillons de macrofaune (trois répliques par sous-station pour un total de neuf échantillons par station) ont été traités séparément. Le tamisage à bord s'est fait sur un tamis à ouverture circulaire de 1 mm (conformément à la norme ISO 16665 ; seul type de tamis permettant de conserver toute la macrofaune de taille supérieure à 1 mm puisque les tamis à maille de 1 mm retiennent des organismes uniquement de taille supérieure à 1,4 mm). La conservation des refus de tamis a été réalisée après fixation au formol neutre à 10 % dans des bidons étanches allant de 3 à 15 L selon la quantité de refus de tamis (partie supérieure à 1 mm). Du rose Bengale a été ajouté dans les échantillons permettant une coloration du macrozoobenthos pour faciliter leur tri en laboratoire. La benne Van Veen permet d'effectuer un prélèvement unitaire de 0,1 m<sup>2</sup> et est considérée comme efficace si elle prélève au moins 5 L de sédiment. Lors de chaque prélèvement, une photographie numérique a été réalisée afin d'aider à rendre compte par la suite de la nature sédimentaire et des espèces remarquables de grande taille dans l'échantillon.

En addition de l'étude du benthos les poissons démersaux échantillonnés par la CSLN en 2021 pendant une saison ont été récoltés dans l'ensemble des traits de chalut. Sur ces poissons démersaux, les contenus stomacaux seront analysés ainsi que des mesures isotopiques sur le muscle. De nouveaux prélèvements sur les poissons démersaux seront réalisés en 2022 dans l'ensemble des traits à deux saisons (février/mars et septembre/octobre).

**Campagne en février 2020, responsable scientifique : Aurore Raoux, Post-Doctorante ; JP Pezy, chargé de recherche CNRS**

*Parc éolien de Dieppe-Le Tréport*

Dans le cadre des suivis réglementaires du projet de construction et d'exploitation du parc éolien de Dieppe-Le-Tréport (DLT), le Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) Éolien en Mer prévoit de réaliser une étude des réseaux trophiques et de leur évolution en relation avec l'implantation du parc éolien. Ces études permettront d'une part, de compléter les suivis réalisés pour l'état de référence de l'étude d'impact environnemental, d'autre part, **elles permettront la réalisation d'un état de référence des réseaux trophiques pour tous les compartiments biologiques dans la zone du parc et ses zones de contrôle.**

**Fort de son expertise en écologie, réseaux trophiques des écosystèmes marins et de sa connaissance de l'écosystème du site d'implantation du futur parc éolien de DLT, l'UMR M2C de Caen se propose**

**pour la réalisation et la coordination de ces études complémentaires qui permettront d’acquérir une image précise du réseau trophique de la zone d’étude.** Afin de prendre en compte les différents compartiments composant le réseau trophique de la zone d’étude, l’UMR M2C a mis en place un consortium composé de trois laboratoires et de deux prestataires.

Ce projet s’appuie sur les données acquises durant la thèse de Jean-Philippe Pezy. Cette thèse avait pour objectif de poser les bases d’une approche écosystémique visant à mieux connaître la structure et le fonctionnement du futur parc éolien de Dieppe-Le Tréport avant construction en se basant sur la construction de modèles de réseau trophique à l’aide du logiciel Ecopath with Ecosim. Pour cela, la collecte de nouvelles données sur les compartiments biologiques (zooplancton, suprabenthos, méiofaune, benthos et poissons démersaux) était essentielle. Afin d’acquérir ces données, quatre campagnes (étés 2014/2015 ; hivers 2015/2016) ont permis d’estimer la contribution de chaque groupe zoologique dans deux habitats benthiques principaux : les graviers ensablés/sables graveleux et les sables moyens. La macrofaune a été échantillonnée avec une benne Van Veen, le suprabenthos avec un traineau Macer-Giroq, le zooplancton avec un filet WP2, la méiofaune grâce à la benne Van Veen et les poissons grâce à un chalut à perche. Au total, 1584 poissons démersaux ont été recueillis de jour et leurs contenus stomacaux ont été examinés. L’ensemble des données acquises durant la thèse de Jean-Philippe Pezy seront disponibles lors de la réalisation de la thèse (cf. partie 5) afin de compléter l’approche écosystémique qui sera mise en place dans ce projet et d’analyser l’évolution temporelle de la structure et du fonctionnement du réseau trophique du site d’implantation futur parc éolien de Dieppe-Le Tréport avant construction.

L’objectif du projet est de caractériser et de quantifier la structure des compartiments biologiques. L’approche repose sur la réalisation d’un état « zéro » (échantillonnages durant deux saisons pendant un an : hiver et fin d’été) selon une approche BACI (Before After Control Impact). Différents compartiments biologiques de l’écosystème du futur parc éolien de Dieppe-Le Tréport seront étudiés :

- phytoplanctonique
- zooplanctonique
- benthique et suprabenthique
- halieutique
- mammifères et oiseaux marins

Lors de la thèse de Pezy (2017), trois habitats sédimentaires principaux ont été identifiés : les graviers ensablés, les sables graveleux et les sables moyens. L’étude de la structure et du fonctionnement de ces trois écosystèmes a mis en évidence que les graviers ensablés et les sables graveleux avaient une structuration et un fonctionnement similaire avec des espèces similaires. Aussi, il a été décidé d’étudier les différents compartiments de l’écosystème, uniquement sur deux habitats : les sédiments grossiers (graviers ensablés et sables graveleux) et les sables moyens.

**Campagnes : fin mars 2022 et septembre/octobre 2022, Porteur du projet : M2C (JP Pezy),**

**Partenaires : BOREA, LOG, CSLN, COHABYS.**

## 5.2. Annexe 2 : qualité de l'eau

- Louchart *et al.*, 2020.

La distribution spatiale du phytoplancton en Manche occidentale et centrale a été révélée par la cytométrie de flux lors de la transition été/automne (Louchart *et al.*, 2020). Cette étude a permis l'identification de huit groupes de phytoplancton, qui ont été répartis en six communautés phytoplanctoniques en fonction de leur niveau de fluorescence rouge (autofluorescence de la chlorophylle a). Le phytoplancton présente un gradient longitudinal à l'échelle de la Manche, avec des valeurs maximales observées près d'Ouessant, mais aussi un gradient latitudinal en Manche centrale, sous l'influence de la Baie de Seine (Louchart *et al.*, 2020). De plus, le picophytoplancton (type *Synechococcus* et picoeucaryotes) représente jusqu'à 96 % de l'abondance totale dans ces zones, au détriment des nanoeucaryotes (4 %) et du microphytoplancton (< 1 %). Cependant, en Manche centrale, ces derniers dominent en termes de fluorescence rouge totale. Les paramètres environnementaux (température, salinité, turbidité) exercent une faible influence dans la formation de ces communautés. À l'inverse, les descripteurs spatiaux (processus physiques et biologiques, telles les structures hydrologiques : tourbillons, courants de marée) sont les facteurs principaux de la répartition spatiale du phytoplancton.

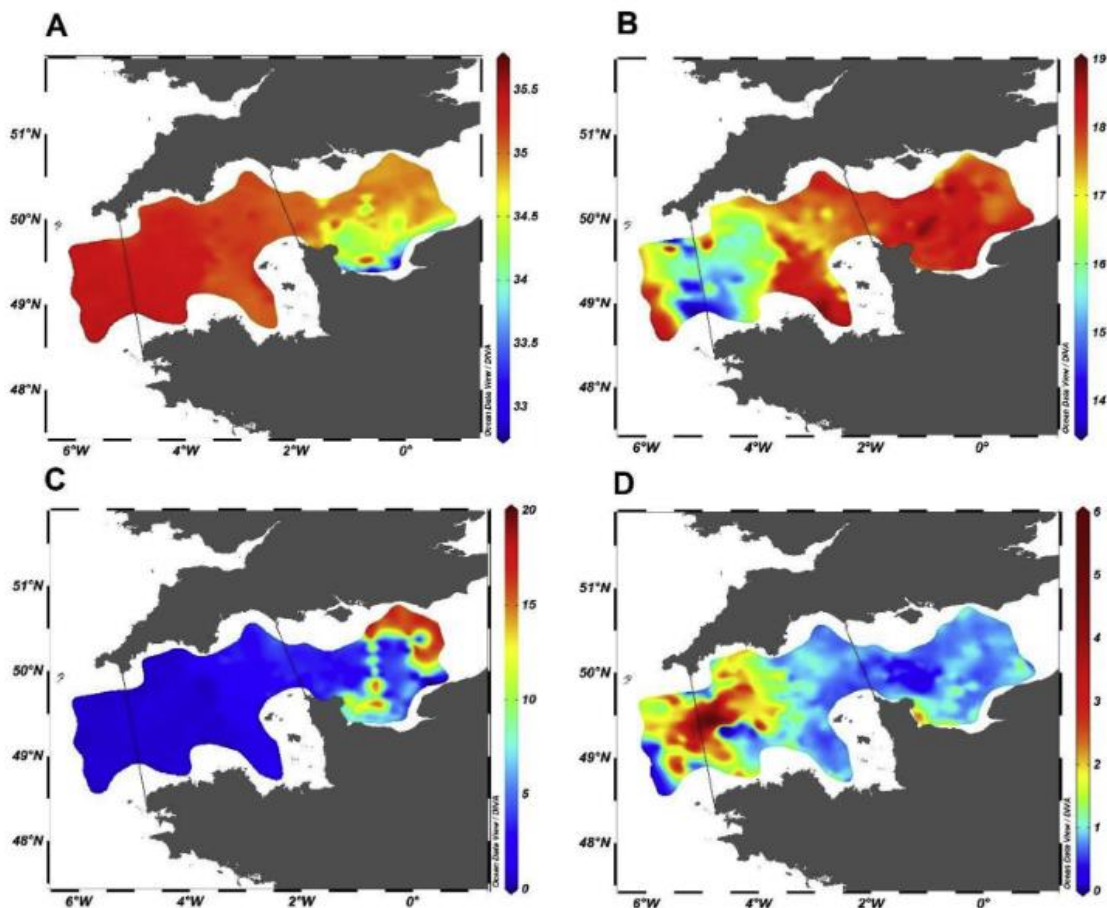


Figure 93 : variables enregistrées en continu : A/Salinité, B/ Température (°C), C/ Turbidité (NTU), D/ Fluorescence chlorophyllienne ou fluorimétrie in situ ( $\mu\text{g chl Eq L}^{-1}$ ).

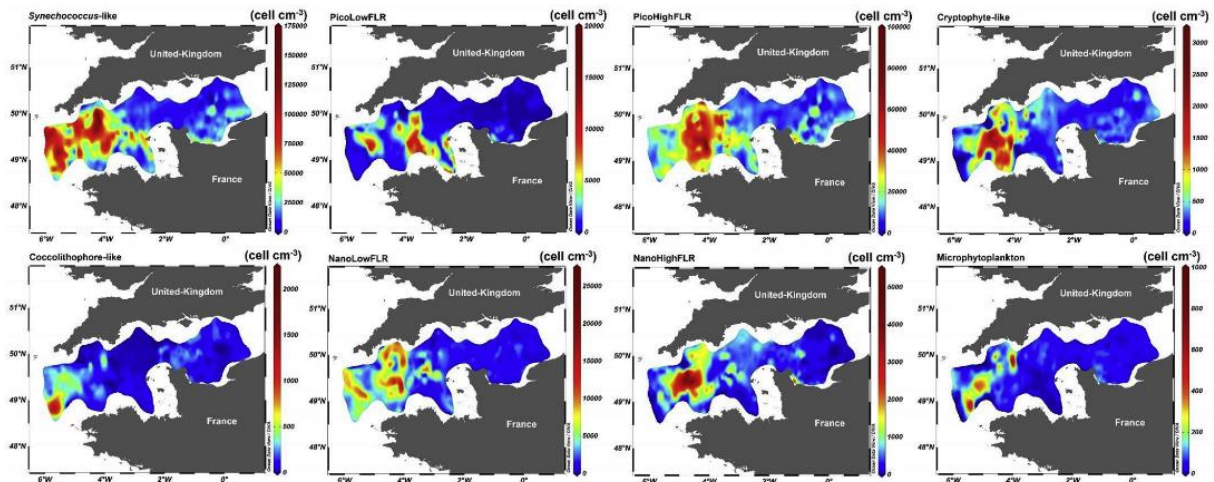


Figure 94 : distribution spatio-temporelle de l'abondance des 8 groupes phytoplanctoniques.

- Napoléon & Claquin, 2012.

La production primaire (PP) en Manche centrale a été mesurée à l'aide de l'absorption du  $^{13}\text{C}$  et comparé au taux de transport d'électrons (Electron Transport Rate : ETR). Le rapport entre ces deux méthodes apparaît logarithmique plutôt que linéaire. Un modèle multi-paramètres a donc été développé pour estimer la PP directement par ETR. Cette approche a mis en évidence la variabilité spatio-temporelle et donc l'importance de prendre en compte des paramètres physico-chimiques tels que la lumière incidente et les concentrations de nutriments.

- Napoléon *et al.*, 2012.

Les paramètres hydrologiques et photosynthétiques ont été étudiés mensuellement de novembre 2009 à décembre 2010 à l'aide d'un navire, le long d'un transect dans la partie centrale de la Manche, allant de Courseulles à Portsmouth. Une analyse triadique partielle (PTA) a mis en évidence le fonctionnement de 4 écosystèmes différents : la zone côtière française (soumise à d'importants apports d'eau douce), le nord de la Baie de Seine (influencé par les apports de nutriments de la Seine et du large), le centre de la Manche (apport de nutriments du large) et la zone côtière anglaise (qui présente de faibles concentrations en nutriments malgré la proximité de la côte).

La zone côtière française et le nord de la Baie de Seine présente une biomasse maximale de la mi-janvier à juin. Des mécanismes de photo-acclimatation ont été observés dans ces zones.

Cependant, à l'échelle de la côte anglaise, le pic de biomasse phytoplanctonique se produit de la mi-novembre à mars. Sur les côtes britanniques, le contrôle des paramètres photosynthétiques se fait par les nutriments.

Cette étude met en évidence une situation complexe en automne, avec un découplage entre le taux relatif de transport d'électrons maximal (rETRmax) et la biomasse de chlorophylle a.



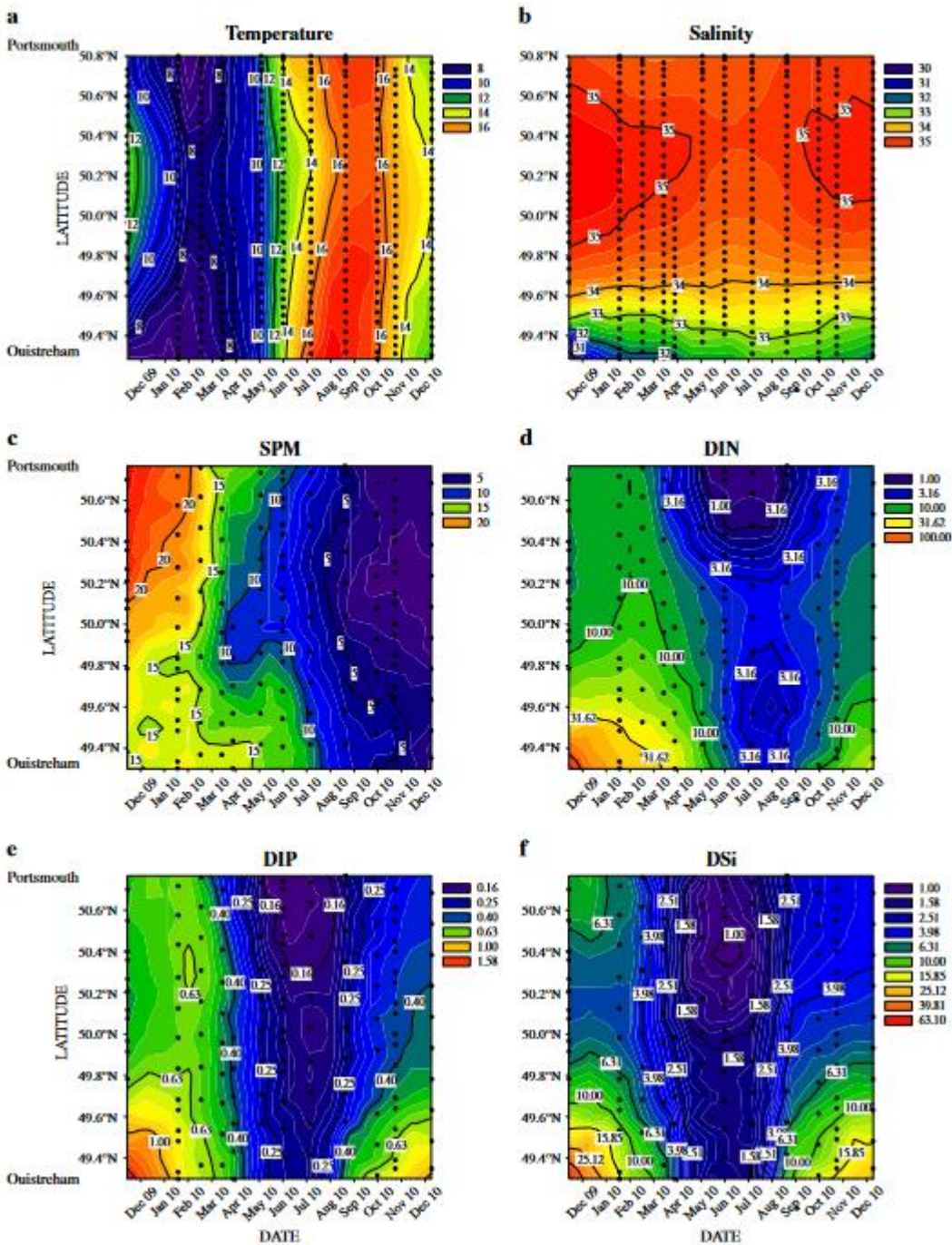


Figure 95 : distribution spatio-temporelle des facteurs environnementaux (Physiques a : température de l'eau en °C ; b : salinité ; c : matières en suspension / Chimiques d : azote inorganique dissous ; e : phosphate inorganique dissous ; f : silicates dissous).

- Napoléon *et al.*, 2014.

L'étude réalisée prend en compte un transect Ouistreham-Portsmouth. Le bloom printanier est dominé par une seule espèce *Chaetoceros socialis*. Deux espèces responsables d'efflorescences algales nuisibles ont été identifiées : *Phaeocystis globosa* (qui domine la communauté en mai dans la partie Nord de la Baie de Seine) et *Lepidodinium chlorophorum* (qui domine la communauté en septembre près des côtes françaises). Des niveaux élevés de productivité ont été mesurés lors de l'augmentation de l'abondance des cellules pico- et nano-phytoplanctoniques, soulignant l'importance de prendre en

compte le groupe fonctionnel dominant, plutôt que le degré de diversité, pour expliquer le niveau de productivité.

- Serre-Fredj *et al.*, 2021.

Les écosystèmes côtiers sont de plus en plus menacés par l'eutrophisation et la dystrophie. Dans ce contexte, le schéma complet d'une efflorescence dominée par le dinoflagellé *Lepidodinium chlorophorum* a été étudié au moyen d'une bouée de surveillance à haute fréquence équipée de capteurs permettant des mesures de nutriments et de photosynthèse. Une augmentation du rapport N/P a affecté la physiologie du phytoplancton, entraînant l'effondrement de l'efflorescence avec un léger appauvrissement en oxygène. En parallèle, des expériences d'enrichissement ont été réalisées sur la population de blooms naturels. Après 5 jours d'incubation, la structure de la communauté, en utilisant la cytométrie en flux et plusieurs paramètres physiologiques ont été analysés. Les données révèlent une co-limitation potentielle en N et P et un découplage entre la production primaire et la productivité dans des conditions pleinement enrichies. Sous des apports N/P déséquilibrés, un niveau élevé d'activité de la phosphatase alcaline et une production de particules exopolymères transparentes, qui favorisent la sédimentation du phytoplancton, ont été observés. Les apports de nutriments et leur stoechiométrie contrôlent la croissance du phytoplancton, la structure de la communauté, les régulations physiologiques, le devenir du bloom et ses conséquences.

- Thorel *et al.*, 2017.

La dynamique des populations de différentes espèces de *Pseudo-nitzschia* ainsi que les concentrations d'acide domoïque particulaire (pDA) ont été étudiées de mai 2012 à décembre 2013 en baie de Seine (Manche, Normandie). Bien que des efflorescences de *Pseudo-nitzschia* se soient produites au cours des deux années d'étude, la diversité des espèces de *Pseudo-nitzschia* et les concentrations d'acide domoïque particulaire variaient considérablement. En 2012, trois espèces différentes ont été identifiées lors du bloom printanier (*P. australis*, *P. pungens* et *P. fraudulenta*) avec une concentration de pDA élevée (1400 ng/L) entraînant des fermetures de récolte de mollusques. En revanche, le printemps 2013 a été caractérisé par une efflorescence de *P. delicatissima* sans aucun événement toxique. Surtout, les résultats montrent que des concentrations élevées de pDA coïncidaient avec la présence de *P. australis* et avec une limitation potentielle des silicates ( $Si : N < 1$ ), alors que les concentrations en nitrates étaient encore pleines. Les conditions environnementales contrastées entre 2012 et 2013 mettent en évidence des contrôles environnementaux différents qui pourraient favoriser le développement de *P. delicatissima* ou *P. australis*. Cette étude souligne le rôle clé de la diversité des *Pseudo-nitzschia* et la toxicité cellulaire dans le contrôle des variations d'acide domoïque particulaire et met en évidence le fait que la diversité et la toxicité sont influencées par les nutriments, en particulier les ratios de nutriments.

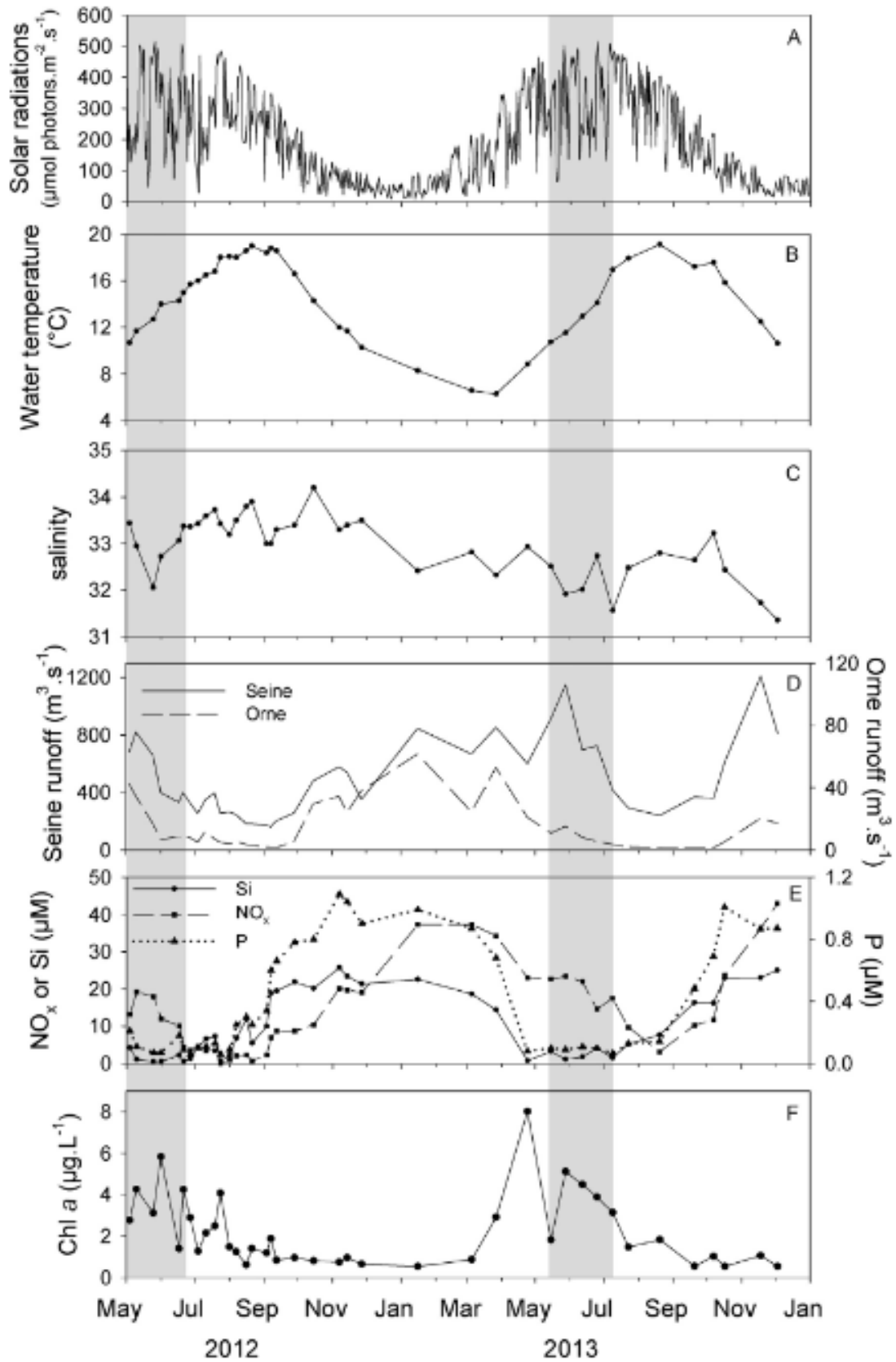


Figure 96 : diagramme chronologique de A) rayonnement solaire ; B) température de l'eau ; C) salinité ; D) débit des fleuves Seine et Orne ; E) concentration de nutriments ; F) concentration en Chlorophylle a. Les zones grises indiquent les périodes d'efflorescence de *Pseudo-nitzschia* spp.

- Napoléon, 2012 (thèse)

Le phytoplancton, composé de différentes classes de microalgues parmi lesquelles les diatomées, les dinoflagellés, et les haptophytes, contribue largement à la production primaire marine. En effet, les diatomées, qui représentent les plus importants producteurs primaires marins (20 Pg par an soit 41,4 % de la production primaire nette marine), dépassent en termes de production annuelle les deux écosystèmes terrestres les plus productifs : les forêts tropicales et la savane (Geider *et al.*, 2001).

Un grand nombre de modèles écosystémiques marins sont calibrés à partir des données de chlorophylle *a*, estimateur de la biomasse phytoplanctonique, plutôt que sur les données de production primaire.

La Figure ci-dessous présente notamment la moyenne entre 1998 et 2007 de la concentration en chlorophylle *a* estimée en Manche à partir des images satellite, pour les mois de décembre et mai. La biomasse chlorophyllienne ne donne cependant qu'une image figée du compartiment phytoplanctonique. Il s'agit en effet de la résultante de la production primaire nette phytoplanctonique, de la dilution par les courants, de la mortalité par broutage ou sénescence ainsi que d'autres facteurs biotiques ou abiotiques. Une étude menée par Grangeré *et al.* (2009) a notamment mis en évidence une sous-estimation de la production primaire d'environ 25 % dans les modèles utilisant les données de chlorophylle *a* et des conséquences notables sur les flux associés, tels que le broutage ou encore la mortalité du phytoplancton.

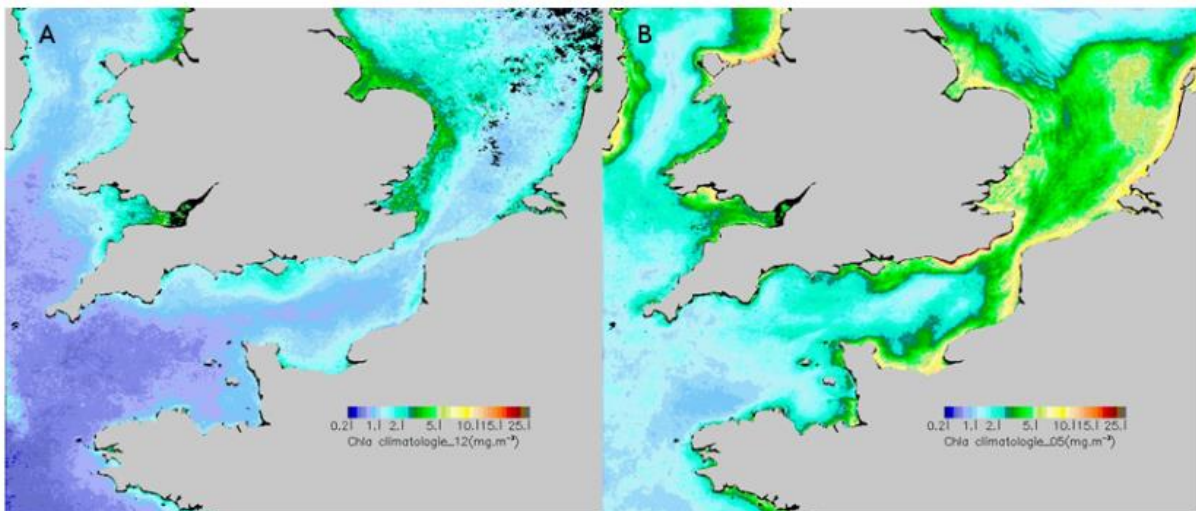


Figure 97 : moyenne entre 1998 et 2007 de la concentration en chlorophylle *a* mesurée à la surface de la Manche des mois de (A) décembre et (B) mai, estimée à partir des images satellite. Images fournies par F. Gohin (Ifremer).

Il apparaît donc essentiel d'utiliser des données de production primaire plutôt que des données de biomasse chlorophyllienne dans les modèles écosystémiques marins. Cependant, les données de production primaire disponibles sont rares et donc difficilement extrapolables à l'ensemble d'une mer ou d'un océan (Platt *et al.*, 2008). En Manche, celles-ci concernent essentiellement des zones d'intérêt économique, comme les zones conchylicoles, et par conséquent des zones très côtières (Jouenne *et al.*, 2007; Pannard *et al.*, 2008; Klein, 2010). Le manque de données s'explique également par des contraintes méthodologiques.

La dynamique de la production primaire est largement contrôlée par des cascades dites "bottom up", *i.e.* contrôle par la ressource. Ce contrôle peut s'exercer de manière directe par la lumière ou la disponibilité en sels nutritifs ou de façon indirecte, à travers l'impact des communautés phytoplanctoniques ou de la turbulence sur les caractéristiques physico-chimiques du milieu.



En Manche, les trois classes micro et nanophytoplanctoniques les plus représentées sont les classes des diatomées, des dinoflagellés et, dans une moindre mesure, des haptophytes. La répartition spatiale de ces groupes coïncident avec le Mandala de Margalef (1978), *i.e.* les zones côtières, bien mélangées et riches en sels nutritifs, du fait des apports d'eau douce, sont très largement dominées par les diatomées en terme d'abondance et de diversité (Gailhard, 2003; Jouenne *et al.*, 2007; Pannard *et al.*, 2008; Klein, 2010; Widdicombe *et al.*, 2010), tandis que les dinoflagellés sont plus régulièrement observés au centre de la Manche (Vanhoutte-Brunier *et al.*, 2008; Garcia-Soto et Pingree, 2009), dans des zones stratifiées et pauvres en sels nutritifs. La description de la communauté phytoplanctonique dans le centre de la Manche est cependant contrainte par le manque de données disponibles. Celles-ci concernent généralement des campagnes ponctuelles, ne permettant pas de décrire la dynamique saisonnière du phytoplancton, contrairement aux zones côtières où des réseaux de surveillance et d'observation sont mis en place.

La dynamique des communautés phytoplanctoniques en Manche suit un cycle saisonnier typique des zones tempérées côtières (Gailhard, 2003; Domingues *et al.*, 2005; Jouenne *et al.*, 2007; Widdicombe *et al.*, 2010). Ce cycle se caractérise par un bloom de diatomées au printemps, période durant laquelle le milieu est riche en sels nutritifs et l'intensité lumineuse augmente. *Phaeocystis globosa* (haptophyte), espèce formant des colonies mucilagineuses, se développe généralement après le bloom de diatomées, notamment en Manche orientale (Davies *et al.*, 1992). En été, lorsque les sels nutritifs sont limitants et que la couche d'eau est stratifiée, les diatomées diminuent au profit des dinoflagellés. Enfin, un second bloom de diatomées a lieu à l'automne, celles-ci profitant des apports de sels nutritifs engendrés par les pluies automnales.

Par ailleurs, peu d'études s'intéressent à la dynamique du picoplancton et du nanoplancton en Manche. Pourtant, de nombreux travaux ont mis en évidence l'importance du picophytoplancton en termes de biomasse et de productivité dans la zone euphotique des océans oligotrophes, mais également dans les eaux côtières (Joint *et al.*, 1986; Not *et al.*, 2004). Le picophytoplancton se développe essentiellement dans des conditions de fortes températures et dans des milieux oligotrophes (Agawin *et al.*, 2000). Le nanophytoplancton participe quant à lui de manière non négligeable au bilan de la production primaire selon Holligan *et al.* (1984). En Manche les cryptophytes peuvent notamment atteindre des biomasses importantes (REPHY, Ifremer).