



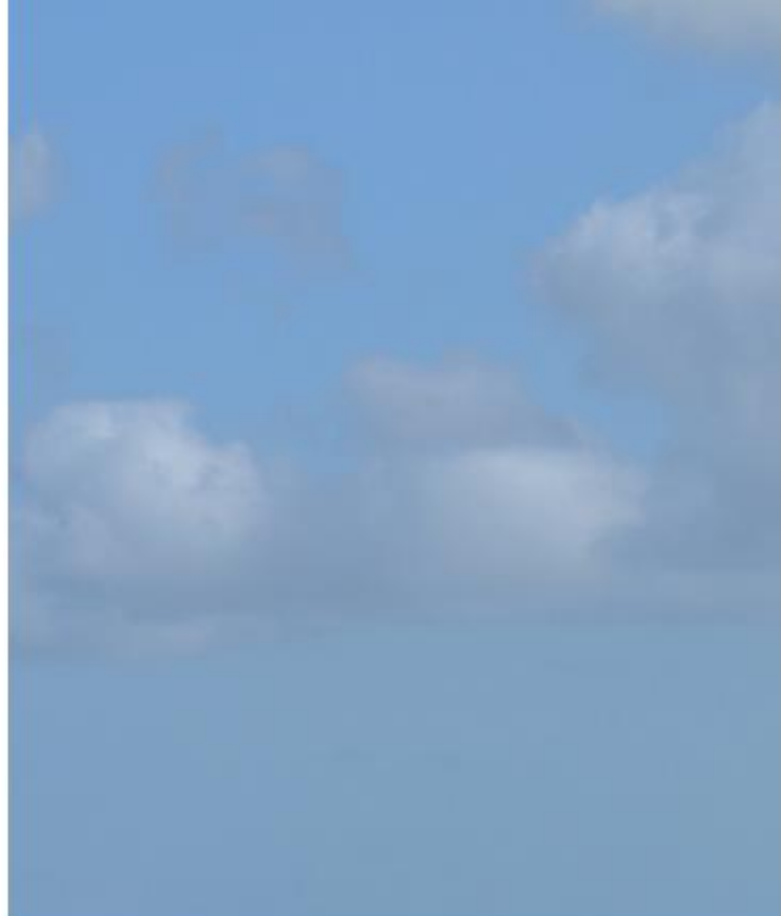
Le réseau
de transport
d'électricité

PROJET DE PARCS ÉOLIENS EN ZONE CENTRE MANCHE ET LEURS RACCORDEMENTS

CHAPITRE 10

Méthodes du Projet

Novembre 2025



RÉGION NORMANDIE
DÉPARTEMENTS DE LA MANCHE ET DU
CALVADOS

TABLE DES MATIERES

I. Avant-propos.....	9
II. Méthodologie générale de l'étude d'impact	10
II.1 La prise en compte du contexte spécifique.....	10
II.2 la prise en compte des guides généraux	11
II.3 Définition des aires d'étude	12
II.4 Définition de l'état initial.....	12
II.4.1 Caractérisation physique du territoire	13
II.4.2 Milieu naturel	39
II.4.3 Activité de pêche professionnelle	145
II.5 Evaluation des incidences.....	147
II.6 Définition des mesures.....	147

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu intertidal sur la plage de Saint-Marcouf (raccordement CM1) (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84).	14
Tableau 2 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu intertidal sur la plage de Ouistreham (raccordement CM2) (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84).	15
Tableau 3 : Coordonnées des stations de suivi prélevées en 2022 pour le suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu subtidal le long du raccordement CM1 (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84). L'ensemble des stations ont été prélevées pour l'analyse granulométrique. L'analyse physico-chimique a concerné les 12 stations en gras.....	16
Tableau 4 : Coordonnées des stations de suivi prélevées en 2023 pour le suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu subtidal le long du raccordement CM2 (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84). L'ensemble des stations ont été prélevées pour l'analyse granulométrique. L'analyse physico-chimique a concerné les 10 stations en gras.....	17
Tableau 5 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage du compartiment « Qualité des sédiments » pour la zone Centre Manche. Le système de coordonnées est WGS 84 et les coordonnées sont présentées en degrés décimaux. Les stations S01 à S04 sont des stations dédiées uniquement au compartiment « Qualité des sédiments ». Les stations B17 à B35 sont communes au compartiment « Habitats benthiques ».	18
Tableau 6 : Valeurs seuils utilisées pour définir le bon état écologique des sédiments marins au titre du descripteur 8 "Contaminants dans le milieu en France métropolitaine" de la DCSMM.	20

Tableau 7 : Concentrations pivot pour les contaminants métalliques proposées par le LBCM de l'Ifremer.....	21
Tableau 8 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003).	23
Tableau 9 : Indice de pollution organique.....	23
Tableau 10 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité de l'eau pour le raccordement CM1 (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84)	24
Tableau 11 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité de l'eau pour le raccordement CM1 (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84)	24
Tableau 12 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage du compartiment « Qualité de l'eau » pour la zone Centre Manche. Le système de coordonnées est WGS 84 et les coordonnées sont présentées en degrés décimaux. Les stations H01 à H08 sont des stations ponctuelles. Les stations M1, M2 et D3 sont des stations permanentes.	24
Tableau 13 : Calendrier des missions d'échantillonnage à la bouteille Niskin de juillet 2022 à juin 2024 pour le compartiment « Qualité de l'eau » pour la zone Centre Manche. Les stations signalées en vert ont été échantillonnées.....	25
Tableau 14 : Paramètres mesurés pour l'évaluation de la qualité des eaux marines	27
Tableau 15 : Récapitulatif des stations acoustiques déployées pour les suivis du bruit ambiant réalisés dans le cadre de l'état de référence de la zone Centre Manche et des raccordements.	29
Tableau 16 : Synthèse des données environnementales utilisées pour la modélisation acoustique... ..	34
Tableau 17 : Erreur moyenne résiduelle sur le bruit dans la bande filtrée [50 Hz-40 kHz] en sortie du processus de calibration, par station.	36
Tableau 18 : Liste des appareils de mesure utilisés pour le compartiment « Bruit aérien » (Source ORFEA).	36
Tableau 19 : Coordonnées géographiques des stations associées à l'échantillonnage du compartiment « Phytoplancton ». Le système de coordonnées est WGS 84 et les coordonnées présentées en degrés décimaux.	39
Tableau 20 : Calendrier des missions d'échantillonnage à la bouteille Niskin de juillet 2022 à juin 2024 pour le compartiment « Communauté planctoniques ». Les stations signalées en vert ont été échantillonnées.	39
Tableau 21 : Mesures prises pour caractériser les larves	47
Tableau 22 : Coordonnées des stations de suivi au ROV le long du raccordement CM2	52
Tableau 23 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage du compartiment « Habitats et peuplements benthiques ». Le système de coordonnées est WGS 84 et les coordonnées sont présentées en degrés décimaux. Les stations B01 à B35 et S01 à S04 sont des stations dédiées à l'échantillonnage des substrats meubles. Les stations V01 à V05 sont dédiées à l'échantillonnage des substrats rocheux.	53
Tableau 24 : Valeurs d'AMBI et état de santé des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000)	59
Tableau 25 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes halieutiques au chalut canadien et à la drague le long du raccordement CM1(WGS84, dmd).....	61
Tableau 26 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes aux arts dormants le long du raccordement CM1 (WGS84, dmd)	62
Tableau 27 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes halieutiques au chalut canadien et à la drague le long du Raccordement CM2 (WGS84, dmd)	62

Tableau 28 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes aux arts dormants le long du raccordement CM2 (WGS84, dmd)	63
Tableau 29 : Bilan des types de bourrelets (avec et sans radar) utilisés pour les échantillonnages au chalut canadien le long du raccordement CM1 entre le printemps 2022 et hiver 2023	64
Tableau 30 : Bilan des types de bourrelets (avec et sans radar) utilisés pour les échantillonnages au chalut canadien le long du raccordement CM2 entre le printemps 2023 et hiver 2024	65
Tableau 31 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes au chalut en zone Centre Manche (WGS84, dmd)	67
Tableau 32 : Bilan des types de bourrelets (avec et sans radar) utilisés pour les échantillonnages au chalut canadien dans la zone Centre Manche entre l'été 2022 et le printemps 2024	68
Tableau 33. Informations récoltées sur les individus par observation. (BIOTOPE, 2023).....	73
Tableau 34. Principales caractéristiques des expertises visuelles par bateau. (BIOTOPE, 2023)	74
Tableau 35. Informations récoltées sur les individus par observation. (BIOTOPE, 2023).....	78
Tableau 36. Informations récoltées sur les individus par observation. (BIOTOPE, 2023).....	79
Tableau 37. Principales caractéristiques des expertises visuelles par avion. (BIOTOPE, 2023).....	81
Tableau 38 : Informations récoltées sur les individus par observation.	84
Tableau 39 : Principales caractéristiques des expertises aériennes digitales haute altitude (technologie HiDef).....	85
Tableau 40 : Paramètres d'acquisition du système STORMM [®]	90
Tableau 41 : Informations récoltées lors des expertises.....	94
Tableau 42 : Informations récoltées lors des suivis des colonies.....	97
Tableau 43 : Détails des 2 Phoques gris capturés en baie de Seine et équipés de balises GPS/GSM en juillet 2022.....	101
Tableau 44. Paramètres utilisés pour les détecteurs de sifflement des delphinidés.....	102
Tableau 45. Paramètres utilisés pour les détecteurs de clics de marsouins.....	102
Tableau 46 : Paramètres d'enregistrement du SM4BAT.....	112
Tableau 47 : Informations collectées pendant les expertises et lors de la phase d'identification.	114
Tableau 48 : Distance de détection, en milieux ouverts et semi-ouverts, des principales espèces détectables sur la zone du Projet Centre Manche.	115
Tableau 49 : Principales caractéristiques des expertises acoustiques pour les chiroptères.....	115
Tableau 50 : Périodes d'inventaires et conditions d'observations en Manche- Source : TBM environnement.....	117
Tableau 51 : Périodes d'inventaires et conditions d'observations en Calvados- Source : TBM environnement.....	123
Tableau 52 : Utilisation des codes atlas relatifs à l'avifaune nicheuse - Source : TBM environnement	131
Tableau 53 : Echelle de l'activité chiroptérologique globale - Source : Ecosphère.....	140

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Principe des analyses BACI et BAG - TBM environnement.....	13
Figure 2 : Carottier à main et flaconnage pour les analyses physico-chimiques.	14
Figure 3 : Drague Rallier du Baty utilisée dans le cadre du suivi des compartiments (à gauche) ; Prélèvements de sédiments (analyses physico-chimiques) en mer (à droite).....	18
Figure 4 : Déploiement des sondes multiparamètres WIMO et des bouteilles Niskin pour le suivi de la qualité de l'eau (à gauche : TBM environnement ; à droite : SINAY).....	26
Figure 5 : Description des stations déployées dans le cadre de l'état initial de la zone Centre Manche (a1 et a2) et des raccordements (b). Source : Expertise SOMME 2023, Quiet Oceans 2023.	28
Figure 6 : Comparaison des niveaux de bruits reçus (SPL_{rms}) en fonction de la vitesse du courant de surface avant seuillage (a) et après sélection des données via l'application d'un seuil de 0,2m/s (b). 30	
Figure 7. Discrimination des bruits de mouillages en gardant 5% des SPL_{rms} estimé à 1 ms.	31
Figure 8. Série temporelle des niveaux $SPL_{rms(5\%)}$ (en noir) et des niveaux médians (rouge) estimés via application du filtre médian sur 24h.	32
Figure 9 : Illustration de l'artéfact causé par le bruit de marnage, exemple de la station R3 pour la période de mars à mai 2022. Évolution du bruit permanent (orange) avec le marnage (bleu) pour la fréquence 20 Hz.	33
Figure 10 : Description schématique de la plateforme opérationnelle de prévision des bruits. (Source : Quiet-Oceans).....	34
Figure 11 : Distribution des niveaux sonores dans la bande filtrée [50 Hz-40 kHz] (en rouge, courbe prédite avec offsets, en bleu, donnée mesurée) à la station R4, à l'issue du processus de calibration.	36
Figure 12 : Photographie d'une installation de station météorologique (site de Port-en-Bessin).....	37
Figure 13 : Chorus matinal sur le site de Réville (50). Les données en rouge sont le bruit non représentatif et les données en noir le bruit représentatif.	38
Figure 14 : Filets Bongo avec débitmètres	43
Figure 15 : Rinçage du filet Bongo (A) puis collecte du zooplancton dans le collecteur (B) et exemple du conditionnement (C)	44
Figure 16 : Terminologie pour la détermination des œufs	46
Figure 17 : Terminologie pour la détermination du stade de développement des larves.....	46
Figure 18 : Carottier à main et tamis pour l'échantillonnage des communautés benthiques des substrats meubles en zone intertidale	49
Figure 19: Benne Day	50
Figure 20 : Drague Rallier du Baty (à gauche) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)	51
Figure 21 : Exemple de photographie d'échantillons prélevés à la benne Day (Station N_PB_1 à gauche et N_PB_2 à droite).	51
Figure 22 : Exemple de photographie d'échantillons prélevés à la drague Rallier du Baty Day (Station N_PB_13 à gauche et N_PB_25 à droite).	51
Figure 23 : Caméra vidéo sous-marine et son déploiement	52
Figure 24. Le ROV Deep Trekker Revolution de la société H2DRONE (© H2DRONE).	53
Figure 25 : Tamisage de sédiment fin de récupérer la faune sur des tamis à ouvertures circulaires de 2 et 1 mm dans le cadre du suivi du compartiment « Habitats benthiques ».	55

Figure 26 : Déploiement du Deep Tracker Revolution par le responsable de Irwaz Explorer (à gauche) et écran de contrôle en direct disponible pour l'expert de Sinay en cabine de pilotage (à droite) dans le cadre du suivi du compartiment « Habitats et peuplements benthiques ».....	55
Figure 27 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).....	58
Figure 28 : Analyses multivariées : résumé des étapes conduisant à la classification ou à l'ordination, méthode normale (Source : Grall et Coïc, 2006 d'après Field et al., 1982)	60
Figure 29 : Chalut canadien utilisés pour l'échantillonnage le long des raccordements par TBM.	64
Figure 30 : Dragage à coquilles utilisés pour les échantillonnages le long des raccordements par TBM.	65
Figure 31 : Filières de casiers à bulots utilisés pour les échantillonnages le long des raccordements par TBM.	66
Figure 32 : Chalut canadien utilisé pour l'échantillonnage de la zone du parc par SINAY.	66
Figure 33 : Plan d'échantillonnage pour les expertises nautiques visuelles : distance entre transects de 2,5 km. (BIOTOPE, 2023)	71
Figure 34 : Application numérique de terrain (BIOTOPE, 2023)	72
Figure 35 : Principe de l'observation en mer sur la zone d'échantillonnage (Source : Bretagne vivante & Biotope, 2018).	73
Figure 36 : Plan d'échantillonnage pour les expertises aériennes : tampon de 20 km, distance entre transects de 5 km. (BIOTOPE, 2023).....	76
Figure 37 : Britten-Norman Islander (BN2) équipé de hublots-bulle (BIOTOPE, 2023)	77
Figure 38 : Effort d'observation lors des expertises visuelles aériennes (d'après le « Guide méthodologique des campagnes d'observation aérienne de la mégafaune marine », PELAGIS).	78
Figure 39 : Représentation schématique des distances et aires couvertes lors des survols aériens digitaux (source : BioConsult SH).	83
Figure 40 : Configuration du système d'acquisition STORMM®.	90
Figure 41 : Exemples de détection sur oiseau (à gauche) et requin (à droite) réalisée via STORMM-GS.	91
Figure 42 : Localisation des sites pour les expertises visuelles depuis la côte. Source : Biotope.	93
Figure 43 : Localisation des colonies de reproduction d'oiseaux marins dénombrées pendant la saison de reproduction 2022.Source : Biotope.	95
Figure 44 : Dénombrement des oiseaux marins nicheurs sur les falaises du Bessin (Source : GONm, Robert Guégan).	96
Figure 45 : Colonie de Mouettes tridactyles sur les falaises du Bessin (Source : GONm, Régis Purenne).	96
Figure 46 : Cormoran huppé sur l'île du large de Saint-Marcouf (Source : GONm, Régis Purenne).....	97
Figure 47 : Dénombrement des oiseaux marins nicheurs dans la rade de Cherbourg (Source : GONm, Régis Purenne).....	97
Figure 48 : Pose d'une cage-piège et Goéland argenté sur son nid dans le piège (Source : GONm, Jean-Pierre Clave).	99
Figure 49 : Pose d'une balise GPS sur un Goéland argenté à Tatihou (Source : GONm, Jean-Pierre Clave).	99
Figure 50 : Capture d'écran de l'interface PAMGuard incluant les modules de détection de clics (flèches noires) et de sifflements (WMD ; courbes bleues).....	102

Figure 51 : Exemples de bonne et fausses détections classées par l'algorithme d'intelligence artificielle puis vérifiées par un acousticien SOMME.....	103
Figure 52 : Illustration d'un système POD (Quiet Oceans, 2023).....	104
Figure 53 : Procédure générale appliquée à la donnée brute pour le traitement bioacoustique des enregistrements sonores (Quiet Oceans, 2023)	105
Figure 54 : Procédure appliquée pour la réalisation de l'inter-comparaison de l'enregistreur acoustique et du système POD. (Quiet Oceans, 2023)	110
Figure 55 : Localisation des expertises chiroptères le long de la ligne de ferry Ouistreham-Portsmouth.	111
Figure 56 : Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur le « Mont-Saint-Michel » (BIOTOPE, 2023)	113
Figure 57 : Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur le « Normandie » (BIOTOPE, 2023)	113
Figure 58 : Critères d'hydromorphie des sols de zones humides (GEPPA, 1981 : modifié)	126
Figure 59 : Inventaires batrachologiques nocturnes - Source : TBM environnement	133
Figure 60 : Plaque pour le suivi des reptiles - Source : TBM environnement	134
Figure 61 : Analyse morphométrique des restes alimentaires d'Effraie des clochers (à gauche) et pelotes décortiquées une fois identifiées (à droite) - Source : TBM environnement.....	136
Figure 62 : Inventaires chiroptérologiques écoute « active » - Source : TBM environnement	138
Figure 63 : Détecteur à ultrasons Petterson D240X (à gauche) et sonagramme sur le logiciel Batsound permettant l'identification des espèces de chiroptères (à droite) - Sources : TBM environnement/Ecosphère	139
Figure 64 : Enregistreur automatique « passif » de type SM4BAT (à gauche) et exemple de résultats obtenus toutes espèces confondues (à droite) - Sources : TBM environnement/Ecosphère	139
Figure 65 : Inventaires entomologiques - Source : TBM environnement	143
Figure 66 : Vues sur un des points de prélèvement et le matériel associé - Source : TBM environnement	144
Figure 67 : Matériels de prélèvement ADNe SPYGEN (à gauche) & Capsule de prélèvement ADNe (à droite) - Source : TBM environnement	145

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation des points IPA dans la Manche	129
Carte 2 : Localisation des points IPA dans le Calvados.....	130
Carte 3 : Localisation des plaques reptiles dans la Manche.....	134
Carte 4 : Localisation des plaques reptiles dans le Calvados	135
Carte 5 : Localisation des points d'écoute et d'enregistrement des chiroptères dans la Manche	141
Carte 6 : Localisation des points d'écoute et d'enregistrement des chiroptères dans le Calvados....	142

I. AVANT-PROPOS

Le chapitre 10 présente l'ensemble des méthodes qui ont été employées pour réaliser la présente étude d'impact et plus particulièrement celles qui ont permis la réalisation des chapitres relatifs à l'état initial (chapitre 3) et aux impacts (chapitre 5).

Ce chapitre répond aux exigences de l'article R122-5 du Code de l'environnement, en présentant :

« [...] 10° Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement ; [...] ».

II. METHODOLOGIE GENERALE DE L'ETUDE D'IMPACT

II.1 LA PRISE EN COMPTE DU CONTEXTE SPECIFIQUE

Compte tenu des contraintes objectives pesant sur les différentes composantes du Projet (calendrier différencié de désignation des lauréats des appels d'offres « AO4 » et « AO8 » et nécessité d'anticiper la réalisation des travaux de raccordement des parcs), celles-ci font l'objet de procédures d'autorisations distinctes et décalées dans le temps, c'est-à-dire désynchronisées. Ainsi, chaque demande d'autorisation est instruite indépendamment du dépôt des suivantes.

Néanmoins, l'étude d'impact, produite dès le dépôt de la première demande d'autorisation par RTE, porte sur l'ensemble des composantes (parc EMMN, parc 2 et leurs raccordements CM1 et CM2) dès lors qu'ils constituent un seul et même projet au sens de l'article L. 122-1 du Code de l'environnement, tel qu'indiqué à l'alinéa (III) : « *un projet dont la réalisation est subordonnée à la délivrance de plusieurs autorisations doivent être appréciées lors de la délivrance de la première autorisation de manière à bénéficier d'une appréciation globale des incidences sur l'environnement* ».

Afin de prendre en compte l'avancement du Projet dans son ensemble, et conformément au (III) de l'article L. 122-1-1 du Code de l'environnement, l'étude d'impact pourra être actualisée, et ce par RTE, le maître d'ouvrage du parc EMMN ou celui du parc 2, au fil de l'eau des dépôts de demande d'autorisation, et ce même si la première autorisation n'a pas encore été délivrée. Elle fera alors l'objet d'un nouvel avis de l'autorité environnementale et d'une procédure de participation du public propre à chaque composante du Projet selon la réglementation applicable aux autorisations sollicitées.

Compte tenu de ce contexte spécifique, l'étude d'impact est structurée comme suit :

- en chapitres communs à toutes les composantes du Projet ;
- en fascicules dédiés de manière plus spécifique et détaillée à chaque composante du Projet.

Dès le dépôt de la première demande d'autorisation relative au raccordement CM1, l'étude d'impact intègre un état initial complet de l'environnement (chapitre 3), une analyse globale des incidences du Projet (chapitre 5) et une analyse détaillée des incidences du Projet dans sa composante liée au raccordement CM1 (fascicule FR1 – 5), cela afin de fournir aux services instructeurs et au public une information complète sur l'environnement dans lequel s'inscrit le Projet.

Puis, au fur et à mesure du dépôt des demandes d'autorisations successives portant sur les autres composantes du Projet, l'étude d'impact serait actualisée dans le respect de la législation applicable. Concrètement, si les chapitres ont vocation à rester stables, les fascicules dédiés à chaque composante du Projet qui n'auront mécaniquement pas encore été établis lors des dépôts précédents ont vocation à être ajoutés pour aboutir, à l'issue d'un processus itératif de l'évaluation environnementale, à un même niveau de détail de l'analyse pour l'ensemble des composantes du Projet.

II.2 LA PRISE EN COMPTE DES GUIDES GENERAUX

L'étude d'impact environnemental du Projet a été réalisée selon les méthodologies reconnues reposant sur :

- les articles L.122-1 et suivants et R.122-5 du Code de l'environnement, qui décrivent respectivement le processus d'évaluation environnementale et le contenu de l'étude d'impact ;
- les guides relatifs aux études d'impact applicables aux parcs éoliens en mer et à leurs raccordements :
 - *Guide d'évaluation des impacts sur l'environnement des parcs éoliens en mer*, édition 2017 ;
 - *Énergies renouvelables en mer, la réforme de l'autorisation à caractéristiques variables, guide d'application*, édition 2022 ;
 - *Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens*, actualisation 2020 ;
 - *Énergies marines renouvelables : étude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques*, édition 2012.

L'étude d'impact du Projet intègre des données bibliographiques ainsi que des expertises terrain réalisées par des bureaux d'études. Ces prestataires, chacun spécialisé dans l'étude d'un ou plusieurs compartiments environnementaux, et ayant une très bonne connaissance de la zone d'étude, sont présentés dans le chapitre 11.

En conformité avec l'article R.122-5 du Code de l'environnement, « *le contenu de l'étude d'impact est proportionné à la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, à l'importance et la nature des travaux, installations, ouvrages, ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage projetés et à leurs incidences prévisibles sur l'environnement ou la santé humaine* ».

Ce principe développé en 2019¹ par le CGEDD devenu, depuis 2012, l'inspection générale de l'environnement et du développement durable (IGEDD), introduit les trois critères suivants :

- **la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée** par le Projet (milieu urbain/rural, occupation de l'espace, présence d'espèces et/ou habitats protégés, etc.) ;
- **l'importance et la nature des travaux**, ouvrages et aménagements projetés pour le Projet (type de projet, caractéristiques techniques, etc.) ;
- **les incidences prévisibles du Projet**, plan ou programme au regard des enjeux environnementaux et de la santé humaine.

En cohérence avec la réglementation et les guides précités, la méthodologie générale de cette étude d'impact repose sur les étapes détaillées ci-après.

Par ailleurs, les protocoles de campagnes en mer ont été présentés par la DGEC et RTE à la Commission permanente du conseil maritime de la façade Manche est – mer du Nord, élargie aux commissions spécialisées, en séances des 12 et 16 mars 2021.

¹ Le principe de proportionnalité dans l'évaluation environnementale, CGEDD, août 2019

II.3 DEFINITION DES AIRES D'ETUDE

Conformément au *Guide d'évaluation des impacts des parcs éoliens en mer sur l'environnement* (MEEM, 2017), trois aires d'études sont définies à partir des composantes du Projet.

Ces aires d'études représentent les zones géographiques susceptibles d'être impactées, directement ou indirectement, par le Projet. Ainsi, l'état initial de l'environnement des différents facteurs est mené au sein de ces aires d'étude avec un degré d'informations proportionnel à chaque facteur :

- l'aire d'étude immédiate correspond à l'emprise la plus réduite du Projet, celle au sein de laquelle l'analyse fine des composantes est réalisée ;
- l'aire d'étude rapprochée correspond à l'aire d'étude au sein de laquelle les secteurs de moindres contraintes ont été recherchés pour définir l'aire d'étude immédiate ;
- l'aire d'étude éloignée correspond à l'aire qui englobe tous les impacts potentiels du Projet.

La définition ainsi que la présentation des différentes aires d'études sont présentées dans le chapitre 3 « Etat initial de l'environnement » de l'étude d'impact.

II.4 DEFINITION DE L'ETAT INITIAL

Au sein des aires d'études définies précédemment, l'état initial permet d'obtenir un état des lieux de l'environnement suffisamment précis pour évaluer l'impact environnemental du Projet. Les grands thèmes analysés sont la caractérisation physique du territoire, les enjeux écologiques, les enjeux paysagers, patrimoniaux culturels et archéologiques et les enjeux humains. L'analyse est fondée sur des données bibliographiques et des investigations de terrain proportionnées à la nature du Projet et ses effets attendus sur l'environnement.

L'état initial de l'environnement est présenté dans le chapitre 3. Il se conclut par une définition des enjeux environnementaux et sociétaux.

L'enjeu environnemental relatif à chaque compartiment de l'environnement est présenté en synthèse de l'état initial de l'environnement. L'enjeu est défini selon une méthodologie propre à chaque compartiment et précisée dans le chapitre 3.

Les méthodologies mises en œuvre dans le cadre des investigations de terrain menées spécifiquement pour établir l'état initial du Projet sont présentées dans ce chapitre. Ces investigations ont porté à la fois sur des facteurs relevant de la caractérisation physique du territoire et sur des facteurs liés aux enjeux écologiques.

Trois termes sont utilisés pour situer les points de prélèvements réalisés dans la partie maritime :

- zone Centre Manche ;
- raccordement CM1 ou raccordement CM2 ;
- atterrissage du raccordement CM1 ou atterrissage du raccordement CM2.

L'ensemble des protocoles ont été établis dans une démarche BACI (Before After Control Impact) (Methratta, 2020). Cette méthode permet de tester chacun des facteurs individuellement en prenant en compte des zones témoins ou de référence : différences entre avant et après, et entre zone contrôle et zone impact. Pour les mesures présentant un gradient d'effet (de la côte au large), une démarche BAG a été retenue (Before After Gradient).

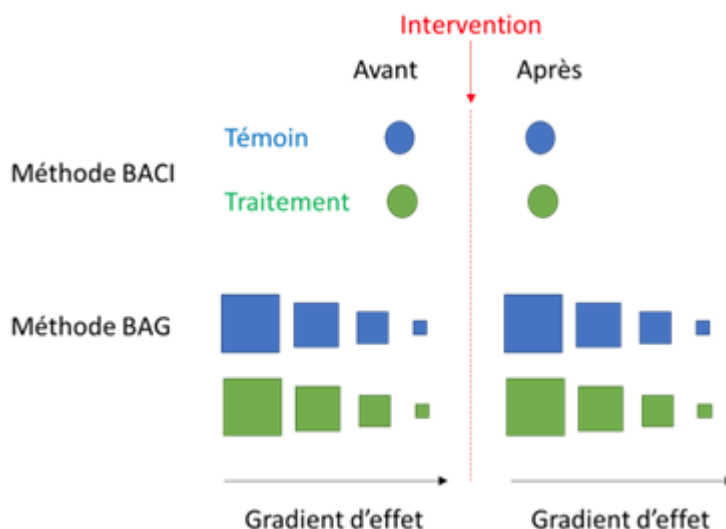


Figure 1 : Principe des analyses BACI et BAG - TBM environnement

II.4.1 CARACTERISATION PHYSIQUE DU TERRITOIRE

II.4.1.1 CARACTERISATION DES SEDIMENTS

Les prélèvements (cartes 12 à 15 de l'atlas cartographique du chapitre 3) sont positionnés et réalisés simultanément aux campagnes de prélèvements des peuplements benthiques, conformément aux préconisations du guide Aquaref *Opérations d'échantillonnage en milieu marin* (Amouroux & Claisse, 2016).

II.4.1.1.1 Atterrages des raccordements CM1 et CM2

En zone intertidale, les stations s'organisent en radiale permettant d'échantillonner en haut d'estran au niveau des laisses de mer, au niveau de la mi-marée et à la limite des basses mers. Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un carottier à main, un tube en PVC de 19,22 cm de diamètre interne, d'une surface de 0,029 m² (Figure 2). Ces échantillons sont conditionnés conformément aux recommandations du laboratoire agréé Eurofins Hydrologie Normandie de Rouen et conservés dans une glacière à 6-8°C tout le long du transport. La campagne de terrain a eu lieu le 31 janvier et le 1^{er} février 2022 sur 24 stations pour couvrir l'intégralité de la plage de Saint-Marcouf pour le raccordement CM1 (Figure 2, Tableau 1). Ce sont 15 stations de prélèvements réparties sur la plage de Ouistreham pour le raccordement CM2 qui ont été échantillonnées les 20 et 21 février 2023

(Tableau 2). Ces stations sont choisies selon des plans d'échantillonnage permettant de garantir une représentativité suffisante dans les prélèvements réalisés sur les zones concernées.



Figure 2 : Carottier à main et flaconnage pour les analyses physico-chimiques.

Tableau 1 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu intertidal sur la plage de Saint-Marcouf (raccordement CM1) (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84).

station	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
N_PLA_1	-1,264782	49,495393	1°15,887'O	49°29,724'N
N_PLA_2	-1,263361	49,496208	1°15,802'O	49°29,772'N
N_PLA_3	-1,261036	49,497214	1°15,662'O	49°29,833'N
N_PLA_4	-1,262280	49,492859	1°15,737'O	49°29,572'N
N_PLA_5	-1,260916	49,493658	1°15,655'O	49°29,619'N
N_PLA_6	-1,258807	49,494595	1°15,528'O	49°29,676'N
N_PLA_7	-1,260654	49,491060	1°15,639'O	49°29,464'N
N_PLA_8	-1,259110	49,491797	1°15,546'O	49°29,508'N
N_PLA_9	-1,256675	49,492731	1°15,400'O	49°29,564'N
N_PLA_10	-1,258472	49,488879	1°15,508'O	49°29,333'N
N_PLA_11	-1,256993	49,489553	1°15,419'O	49°29,373'N
N_PLA_12	-1,254473	49,490581	1°15,268'O	49°29,435'N
N_PLB_1	-1,255955	49,485793	1°15,357'O	49°29,148'N
N_PLB_2	-1,254273	49,486549	1°15,256'O	49°29,193'N
N_PLB_3	-1,251692	49,487686	1°15,101'O	49°29,261'N
N_PLB_4	-1,253870	49,483654	1°15,232'O	49°29,019'N
N_PLB_5	-1,251919	49,484526	1°15,115'O	49°29,071'N
N_PLB_6	-1,249670	49,485453	1°14,980'O	49°29,127'N
N_PLB_7	-1,251713	49,481472	1°15,103'O	49°28,888'N
N_PLB_8	-1,249614	49,482243	1°14,977'O	49°28,934'N
N_PLB_9	-1,246746	49,483843	1°14,805'O	49°29,031'N
N_PLB_10	-1,249550	49,479502	1°14,973'O	49°28,770'N
N_PLB_11	-1,247294	49,480627	1°14,838'O	49°28,838'N
N_PLB_12	-1,244393	49,481547	1°14,663'O	49°28,893'N

Tableau 2 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu intertidal sur la plage de Ouistreham (raccordement CM2) (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84).

station	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
C_PL_01	-0,250448654	49,292921	0° 15,027' W	49° 17,575' N
C_PL_02	-0,251396719	49,2942195	0° 15,084' W	49° 17,653' N
C_PL_03	-0,251990364	49,29524723	0° 15,119' W	49° 17,715' N
C_PL_04	-0,256512117	49,29276943	0° 15,391' W	49° 17,566' N
C_PL_05	-0,25728303	49,29371482	0° 15,437' W	49° 17,623' N
C_PL_06	-0,258290661	49,29465381	0° 15,497' W	49° 17,679' N
C_PL_07	-0,263037614	49,29242613	0° 15,782' W	49° 17,546' N
C_PL_08	-0,263819935	49,2935501	0° 15,829' W	49° 17,613' N
C_PL_09	-0,264498453	49,29447409	0° 15,870' W	49° 17,668' N
C_PL_10	-0,269192766	49,29228337	0° 16,152' W	49° 17,537' N
C_PL_11	-0,269724101	49,29347375	0° 16,183' W	49° 17,608' N
C_PL_12	-0,270590827	49,29448803	0° 16,235' W	49° 17,669' N
C_PL_13	-0,275388687	49,29278333	0° 16,523' W	49° 17,567' N
C_PL_14	-0,275759335	49,29402575	0° 16,546' W	49° 17,642' N
C_PL_15	-0,276214233	49,29515853	0° 16,573' W	49° 17,710' N

II.4.1.1.2 Raccordements CM1 et CM2

En zone subtidale, 26 et 30 stations sont respectivement étudiées pour caractériser les sédiments vers la Manche et vers le Calvados.

Un prélèvement supplémentaire est réalisé à la benne Day (surface unitaire de 0,1 m²) pour les substrats meubles (vases jusqu'aux sables grossiers sans présence de galet-cailloutis), à la drague Rallier du Baty pour les sédiments graveleux et les galets cailloutis (volume unitaire de 10 L). Chaque prélèvement est contrôlé visuellement en termes 1) de volume de sédiment prélevé, 2) de profondeur de sédiment pénétré, 3) de nature de sédiment, etc. Une fois validé, chaque échantillon est conditionné conformément aux recommandations du laboratoire Eurofins Hydrologie Normandie agréé pour ce type d'analyse et conservé dans une glacière à 6-8°C tout le long du transport. Ce prélèvement est dédié à la granulométrie pour l'ensemble des stations et au suivi de la qualité des sédiments pour une sélection de 12 stations le long du raccordement CM1 (Tableau 3) et de 10 stations le long du raccordement CM2 (Tableau 4). Ces stations sont choisies selon des plans d'échantillonnage permettant de garantir une afin représentativité suffisante dans les prélèvements réalisés à la fois dans l'aire d'étude immédiate et dans l'aire d'étude rapprochée.

La campagne de prélèvement a eu lieu les 22 et 23 mars 2022 le long du raccordement CM1 et du 15 au 17 mars 2023 le long du raccordement CM2.

Tableau 3 : Coordonnées des stations de suivi prélevées en 2022 pour le suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu subtidal le long du raccordement CM1 (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84). L'ensemble des stations ont été prélevées pour l'analyse granulométrique. L'analyse physico-chimique a concerné les 12 stations en gras.

Nom de la station	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
N_PB_1	-1,245489	49,520916	1°14,729315'O	49°31,255'N
N_PB_2	-1,229251	49,498032	1°13,755086'O	49°29,882'N
N_PB_3	-1,235496	49,549082	1°14,129732'O	49°32,945'N
N_PB_4	-1,192217	49,523538	1°11,533000'O	49°31,412'N
N_PB_5	-1,202529	49,565888	1°12,151757'O	49°33,953'N
N_PB_6	-1,162685	49,548094	1°09,761071'O	49°32,886'N
N_PB_7	-1,178283	49,584235	1°10,696956'O	49°35,054'N
N_PB_8	-1,150513	49,578078	1°09,030801'O	49°34,685'N
N_PB_9	-1,146953	49,606529	1°08,817156'O	49°36,392'N
N_PB_10	-1,107679	49,596636	1°06,460753'O	49°35,798'N
N_PB_11	-1,109494	49,632433	1°06,569640'O	49°37,946'N
N_PB_12	-1,067402	49,622988	1°04,044096'O	49°37,379'N
N_PB_13	-1,093986	49,664017	1°05,639185'O	49°39,841'N
N_PB_14	-1,042613	49,644332	1°02,556763'O	49°38,660'N
N_PB_15	-1,068009	49,695848	1°04,080569'O	49°41,751'N
N_PB_16	-0,991395	49,683314	0°59,483678'O	49°40,999'N
N_PB_17	-1,020589	49,720223	1°01,235340'O	49°43,213'N
N_PB_18	-0,966066	49,705516	0°57,963970'O	49°42,331'N
N_PB_19	-0,919204	49,736730	0°55,152231'O	49°44,204'N
N_PB_20	-0,953157	49,758904	0°57,189427'O	49°45,534'N
N_PB_21	-0,988329	49,792766	0°59,299724'O	49°47,566'N
N_PB_22	-0,946169	49,822599	0°56,770153'O	49°49,356'N
N_PB_23	-0,864404	49,799022	0°51,864270'O	49°47,941'N
N_PB_24	-0,826961	49,826074	0°49,617681'O	49°49,564'N
N_PB_25	-0,880739	49,869326	0°52,844336'O	49°52,159'N
N_PB_26	-0,719813	49,855735	0°43,188785'O	49°51,344'N

Tableau 4 : Coordonnées des stations de suivi prélevées en 2023 pour le suivi de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques en milieu subtidal le long du raccordement CM2 (dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84). L'ensemble des stations ont été prélevées pour l'analyse granulométrique. L'analyse physico-chimique a concerné les 10 stations en gras.

Nom de la station	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
C_PB_01	-0,29059787	49,3134003	0° 17,436' W	49° 18,804' N
C_PB_02	-0,26365041	49,3199551	0° 15,819' W	49° 19,197' N
C_PB_03	-0,31831712	49,327141	0° 19,099' W	49° 19,628' N
C_PB_04	-0,27198737	49,3423275	0° 16,319' W	49° 20,540' N
C_PB_05	-0,3003341	49,3520309	0° 18,020' W	49° 21,122' N
C_PB_06	-0,33890475	49,3696416	0° 20,334' W	49° 22,178' N
C_PB_07	-0,29824531	49,412732	0° 17,895' W	49° 24,764' N
C_PB_08	-0,32377737	49,4422901	0° 19,427' W	49° 26,537' N
C_PB_09	-0,36605931	49,4549672	0° 21,964' W	49° 27,298' N
C_PB_10	-0,34161557	49,4609851	0° 20,497' W	49° 27,659' N
C_PB_11	-0,38181054	49,4935922	0° 22,909' W	49° 29,616' N
C_PB_12	-0,43798626	49,5239561	0° 26,279' W	49° 31,437' N
C_PB_13	-0,5156121	49,5438311	0° 30,937' W	49° 32,630' N
C_PB_14	-0,5502549	49,5977361	0° 33,015' W	49° 35,864' N
C_PB_15	-0,56530219	49,6349362	0° 33,918' W	49° 38,096' N
C_PB_16	-0,62833892	49,6625723	0° 37,700' W	49° 39,754' N
C_PB_17	-0,57628416	49,6749797	0° 34,577' W	49° 40,499' N
C_PB_18	-0,64758826	49,7179583	0° 38,855' W	49° 43,078' N
C_PB_19	-0,58793192	49,7319597	0° 35,276' W	49° 43,918' N
C_PB_20	-0,75117632	49,7581059	0° 45,071' W	49° 45,486' N
C_PB_21	-0,67621269	49,7589185	0° 40,573' W	49° 45,535' N
C_PB_22	-0,61225124	49,6188612	0° 36,735' W	49° 37,132' N
C_PB_23	-0,27533089	49,3041264	0° 16,520' W	49° 18,248' N
C_PB_24	-0,3031527	49,3677022	0° 18,189' W	49° 22,062' N
C_PB_25	-0,34371688	49,4371221	0° 20,623' W	49° 26,227' N
C_PB_26	-0,4635411	49,5145706	0° 27,812' W	49° 30,874' N
C_PB_27	-0,2963594	49,3312444	0° 17,782' W	49° 19,875' N
C_PB_28	-0,31730934	49,4026891	0° 19,039' W	49° 24,161' N
C_PB_29	-0,58393421	49,5821219	0° 35,036' W	49° 34,927' N
C_PB_30	-0,41120913	49,4833788	0° 24,673' W	49° 29,003' N

II.4.1.1.3 Zone Centre Manche

Le compartiment « Qualité des sédiments » est étudié pendant deux années (en automne 2022, en hiver 2023 automne 2023 et hiver 2024). Les prélèvements de sédiments sont réalisés en mutualisation avec le compartiment « Habitats benthiques ». Parmi les 12 stations échantillonnées, la moitié d'entre elles est située dans la zone Centre Manche, et l'autre moitié en dehors (Tableau 5). Les prélèvements de sédiments sont réalisés au moyen de la drague Rallier du Baty (Figure 3). Cette drague est constituée d'un cylindre métallique robuste de 45 cm de diamètre sur lequel est placé un filet 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.

À l'échelle de chaque station, un trait de drague Rallier du Baty est réalisé durant 5 minutes afin d'obtenir un volume de sédiments de 40 L. L'échantillonnage consiste à prélever au moyen d'une pelle 2 L de sédiments et 2 L d'eau si le sédiment est vaseux, c'est-à-dire constitué d'une partie fine de sédiments en suspension. La faune de taille observable à l'œil nu est ôtée du prélèvement afin d'éviter la putréfaction du sédiment lors de l'analyse car ce dernier ne fait pas l'objet d'un agent conservateur (comme le formol). Afin d'assurer son analyse physico-chimique, le sédiment est immédiatement conditionné dans le flaconnage fourni par le laboratoire responsable des analyses et maintenu au frais et à l'obscurité jusqu'à l'arrivée au laboratoire LABEO (Figure 3).

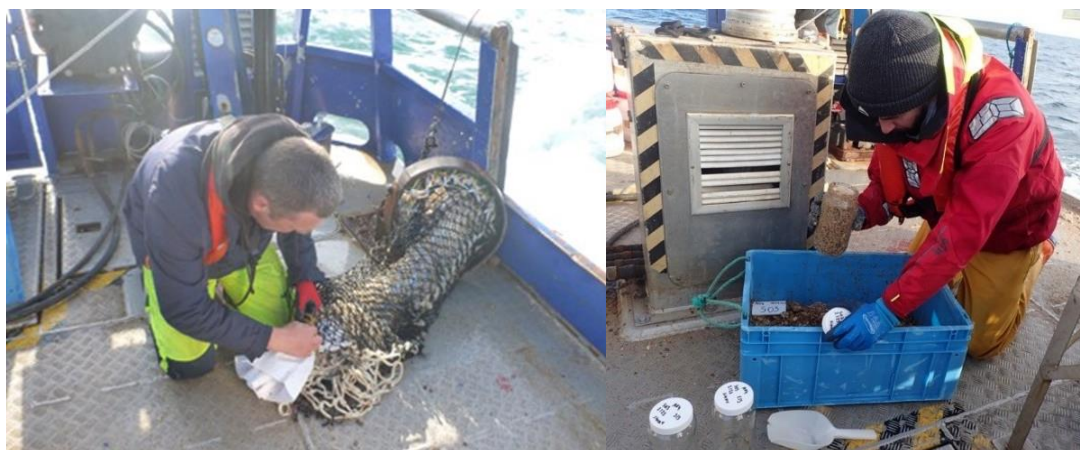


Figure 3 : Drague Rallier du Baty utilisée dans le cadre du suivi des compartiments (à gauche) ; Prélèvements de sédiments (analyses physico-chimiques) en mer (à droite)

Tableau 5 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage du compartiment « Qualité des sédiments » pour la zone Centre Manche. Le système de coordonnées est WGS 84 et les coordonnées sont présentées en degrés décimaux. Les stations S01 à S04 sont des stations dédiées uniquement au compartiment « Qualité des sédiments ». Les stations B17 à B35 sont communes au compartiment « Habitats benthiques ».

Stations « Qualité des sédiments »		Coordonnées décimales
S01	49,8509503	-0,709610623
S02	49,81590301	-0,665267522
S03	49,78099787	-0,708835886
S04	49,8162821	-0,751128868

Stations « Qualité des sédiments »	Coordonnées décimales	
B01 = H06	49,9831727	-0,84098131
B04 = H07	49,9241825	-0,7286844
B17 = H02	49,8627039	-0,52581312
B19 = H01	49,8863322	-0,3422545
B20 = H05	49,8412567	-0,99784172
B22 = H08	49,8468505	-0,83187976
B30 = H03	49,7765431	-0,63887027
B35 = H04	49,6975903	-0,67510527

II.4.1.1.4 Analyses

► Granulométrie

L'analyse granulométrique, et en particulier la détermination de la proportion de sédiments fins (vases < 63 μm), est indispensable afin d'identifier et de comprendre les éventuels processus de contamination liés à une remise en suspension des sédiments au cours de la phase de travaux. Elle permet également de définir les habitats potentiels pour la faune benthique associée au sédiment (Alzieu, 1999).

Pour chaque station, l'échantillon est transmis au laboratoire EUROFINS Hydrologie Normandie de Rouen afin de réaliser une granulométrie par mode laser. L'analyse granulométrique repose sur la séparation des différentes fractions dimensionnelles exprimées en pourcentages de poids sec.

Les fractions isolées sont :

- les vases (< 63 μm) ;
- les sables fins (63-250 μm) ;
- les sables moyens (250-500 μm) ;
- les sables grossiers (500 μm à 2 mm) ;
- les graviers (2 à 64 mm) ;
- les galets (> 64 mm).

Ce type d'analyse permet d'identifier les différents habitats sédimentaires :

- les vasières où le taux de vases est supérieur à 80 % ;
- les vasières sableuses où le taux de vases est compris entre 30 et 80 % ;
- les sables fins ou envasés (15 à 30 % de vases) ;
- les sables moyens où cette fraction est dominante ;
- les sables grossiers où cette fraction est dominante ;
- les graviers où la fraction gravier est supérieure à 20 %.

► Qualité physico-chimique

En zone intertidale, les analyses correspondent pour les stations de haut de plage et de mi-marée à la teneur en matière sèche, la densité, la teneur en carbone organique totale, en phosphore total et en azote total et la matière organique par perte au feu. Les analyses réalisées pour les stations à la limite des basses mers sont identiques aux précédentes et complétées par la mesure de la concentration en

aluminium, en 8 éléments traces métalliques, en 7 PCB, 16 HAP et 3 composés organostanniques (TBT, DBT, MBT).

Ces analyses permettent ainsi d'avoir une bonne représentativité de la qualité des sédiments en termes de pollution organique sur l'intégralité de la zone et en termes de polluants en bas de plage.

En zone subtidale, les analyses réalisées portent sur :

- la densité, matière sèche, carbone organique total (COT), Azote Kjeldahl et Phosphore total, pourcentage de matière sèche (organique et minérale) ;
- les métaux : Aluminium, Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Fer, Mercure, Nickel, Plomb, Zinc ;
- les polluants organiques : 7 PCB, 16 HAP et somme des 7 HAP (phénanthrène, anthracène, chrysène, benzo(a)anthracène, benzo(k)fluoranthène, benzo(g,h,i)pérylène, indéno(123-cd)pyrène), TBT et dérivés.

Les concentrations mesurées sont confrontées à des valeurs de référence qui sont celles utilisées pour l'évaluation du « bon état écologique » pour le descripteur 8 de la directive-cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM) « Contaminants dans le milieu en France métropolitaine » (Mauffret et al. 2018, Tableau 6). Elles correspondent à des teneurs couramment rencontrées ou à des concentrations minimales reliées à des effets. Ainsi, l'ERL (US Effects Range Low sediment toxicological criteria) est défini comme le percentile 10 des concentrations sédimentaires associées à des effets biologiques pour les espèces benthiques. Cette définition rejoint notamment celle des seuils d'effet (Ecological assessment criteria) établis au titre de la convention de mer régionale dite OSPAR – convention pour la protection de l'environnement marin de l'Atlantique Nord-Est, ou encore celle ayant permis d'aboutir à des normes de qualité environnementale au titre de la directive cadre sur l'eau (DCE) (Buchman, 2008).

Tableau 6 : Valeurs seuils utilisées pour définir le bon état écologique des sédiments marins au titre du descripteur 8 "Contaminants dans le milieu en France métropolitaine" de la DCSMM.

Famille	Substance	Type de seuil	Seuil (µg/kg)
Métaux	Arsenic	ERL	8200
	Cadmium	ERL	1200
	Chrome	ERL	81000
	Cuivre	ERL	34000
	Mercure	ERL	150
	Nickel	ERL	21000
	Plomb	ERL	47000
	Zinc	ERL	150000
PCB	CB101	EAC	3
	CB118	EAC	0,6
	CB138	EAC	7,9
	CB153	EAC	40
	CB180	EAC	12
	CB28	EAC	1,7
	CB52	EAC	2,7
HAP	Anthracène	ERL	85
	Benzo(a)anthracène	ERL	261
	Benzo(a)pyrène	ERL	430
	Benzo(g,h,i)perylene	ERL	85
	Chrysène	ERL	384
	Fluoranthène	ERL	600
	Indéno(1,2,3cd)pyrène	ERL	240

Famille	Substance	Type de seuil	Seuil (µg/kg)
	Naphtalène	ERL	160
	Phénanthrène	ERL	240
	Pyrène	ERL	665

Pour comparer les différentes stations sous l'angle de la qualité chimique, il a été tenu compte de la capacité du sédiment à retenir les contaminants chimiques éventuellement présents dans l'eau. Cette capacité à retenir les contaminants est proportionnelle à la part de la fraction organique ou argileuse du sédiment (exprimée par la teneur en fraction fine du sédiment – pourcentage de particules de taille inférieure à 63 µm – ou la teneur en aluminium, élément présent en fortes proportions dans les argiles).

Une normalisation comme celle proposée par Ifremer dans le cadre de l'évaluation, à l'échelle de la France métropolitaine, du descripteur 8 « Contaminants dans le milieu » de la DCSMM de 2018 est appliquée. Elle consiste à transformer la concentration de chaque échantillon par rapport à une valeur référence :

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

La normalisation est effectuée suivant la formule suivante :

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

Avec :

c_{ss} : concentration normalisée du contaminant (mg/kg p.s.)

c_m : concentration mesurée du contaminant (mg/kg p.s.)

c_x : concentration pivot du contaminant (mg/kg p.s.)

n_{ss} : concentration de référence du normalisateur (mg/kg p.s.)

n_m : concentration mesurée du normalisateur (mg/kg p.s.)

n_x : concentration pivot du normalisateur (mg/kg p.s.)

Pour les contaminants métalliques, ce calcul nécessite la valeur pivot du normalisateur (Aluminium, Al) et du contaminant. Des valeurs pivots sont fournies au niveau national par le laboratoire de biogéochimie des contaminants métalliques (LBCM) de l'Ifremer (Tableau 7).

Tableau 7 : Concentrations pivot pour les contaminants métalliques proposées par le LBCM de l'Ifremer

Paramètre	Unité	Concentration pivot
Aluminium (Référence)	%	1,02
	mg/kg	10 200
Cadmium	mg/kg	0,05
Mercure	mg/kg	0,002
Plomb	mg/kg	8,5
Chrome	mg/kg	6,6
Cuivre	mg/kg	0,29
Nickel	mg/kg	1,8
Zinc	mg/kg	10

Les résultats des analyses sont également comparés aux niveaux dits GEODE (N1 et N2) de l'arrêté du 9 août 2006 concernant les métaux et les Polychlorobiphényles (PCB), de l'arrêté TBT du 23 décembre 2009 et de l'arrêté HAP du 8 février 2013.

Ainsi, la nomenclature « Loi sur l'Eau » (Articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement) régie la procédure d'autorisation ou de déclaration (dragages et/ou immersion) en fonction des niveaux réglementaires N1 et N2 concernant la qualité des sédiments marins ou estuariens. L'arrêté du 9 août 2006 fixe ces niveaux de référence N1 et N2 à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire. Ces niveaux concernent les éléments métalliques et les Polychlorobiphényles (PCB).

La circulaire n° 2000-62 (relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens) précise que :

- au-dessous du niveau N1, l'impact potentiel est jugé neutre ou négligeable, les valeurs observées se révélant comparables aux bruits de fonds environnementaux.
- entre les niveaux N1 et N2, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du niveau 1. Des tests sont alors pratiqués pour évaluer la toxicité globale des sédiments.
- au-delà du niveau N2, une investigation complémentaire est généralement nécessaire, car des indices peuvent laisser présager un impact potentiel de l'opération. En fonction des résultats obtenus, l'immersion est susceptible d'être interdite et la mise en place de solutions alternatives encouragées. Une étude d'impact approfondie est alors jugée indispensable.

Milieux salés. Estuariens ou marins			Milieux salés. Estuariens ou marins		
	Niveau N1	Niveau N2		Niveau N1	Niveau N2
Eléments traces (mg/kg)			HAP (µg/kg)		
Arsenic	25	50	Acénaphène	15	260
Cadmium	1,2	2,4	Acénaphylène	40	340
Chrome	90	180	Anthracène	85	590
Cuivre	45	90	Benzo[a]anthracène	260	930
Mercure	0,4	0,8	Benzo[a]pyrène	430	1015
Nickel	37	74	Benzo[b]fluoranthène	400	900
Plomb	100	200	Benzo[g,h,i]pérylène	1700	5650
Zinc	276	552	Benzo[k]fluoranthène	200	400
PCB (µg/kg)			Chrysène	380	1590
PCB congénère 28	5	10	Dibenzo[a,h]anthracène	60	160
PCB congénère 52	5	10	Fluoranthène	600	2850
PCB congénère 101	10	20	Fluorène	20	280
PCB congénère 118	10	20	Indéno[1,2,3-cd]pyrène	1700	5650
PCB congénère 138	20	40	Naphtalène	160	1130
PCB congénère 153	20	40	Phénanthrène	240	870
PCB congénère 180	10	20	Pyrène	500	1500
Organostanniques (µg/kg)			TBT	100	400

Indice de pollution organique

La pollution organique est évaluée par trois paramètres (Alzieu, 2003) : l'azote organique total (NTK), le phosphore total (P) et le carbone organique total (COT). Afin d'utiliser les valeurs de façon synthétique, il est possible de les rassembler en classes ou indices (Tableau 8).

Tableau 8 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003).

Carbone organique total (COT)		Azote (NTK)		Phosphore	
Valeurs (g/kg)	Indices	Valeurs (mg/kg)	Indices	Valeurs (mg/kg)	Indices
< 0,6	0	< 600	0	< 500	0
0,6-2,3	1	600-1200	1	500-800	1
2,4-4	2	1200-2400	2	800-1200	2
4,1-5,8	3	2400-3600	3	>1200	3
> 5,8	4	>3600	4		

L'indice de pollution organique est égal à la somme des trois indices et peut être qualifié de faible à très fort (Tableau 9). La dégradation de cette matière organique a pour conséquence une détérioration du milieu, un appauvrissement en oxygène pouvant aller jusqu'à l'anoxie.

Tableau 9 : Indice de pollution organique

Indice de pollution											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
faible			moyen			fort			très fort		

II.4.1.2 CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'EAU AU SEIN DE L'AIRE D'ETUDE RAPPROCHEE

Le suivi de la qualité de l'eau a été réalisé mensuellement dans l'aire d'étude rapprochée (carte 38 de l'atlas cartographique du chapitre 3) :

- entre mars 2022 et février 2023 sur cinq stations pour le raccordement CM1 (Tableau 10) ;
- entre mars 2023 et février 2024 sur cinq stations pour le raccordement CM2 (Tableau 11) ;
- entre juillet 2022 et juin 2024 sur huit stations réparties dans la zone Centre Manche (Tableau 12).

Du fait des mauvaises conditions météorologiques, plusieurs de ces stations n'ont pu être renseignées entre octobre 2022 et janvier 2023 (Tableau 13). Afin de compléter le manque de données sur les mois d'octobre 2022 à janvier 2023, une seconde année de suivi complémentaire est mise en place d'octobre 2023 à janvier 2024. Cependant, la mission de novembre 2023 a été partiellement échantillonnée (H01, H02, H03, H04 et H08) et celles de décembre 2023 et janvier 2024 n'ont pas pu être échantillonnées. La faible variabilité interannuelle sur ce paramètre permet d'utiliser ces données pour compléter la première année de suivi.

*Tableau 10 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité de l'eau pour le raccordement CM1
(dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84)*

Nom de la station	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
N_PB_5	-1.202529	49.565888	1°12.151757'O	49°33.953292'N
N_PB_9	-1.146953	49.606529	1°08.817156'O	49°36.391719'N
N_PB_15	-1.068009	49.695848	1°04.080569'O	49°41.750857'N
N_PB_20	-0.953157	49.758904	0°57.189427'O	49°45.534259'N
N_PB_23	-0.864404	49.799022	0°51.864270'O	49°47.941319'N

*Tableau 11 : Coordonnées des stations de suivi de la qualité de l'eau pour le raccordement CM1
(dd : degré décimal ; dmd : degré minute décimal ; référentiel WGS 84)*

Nom de la station	X_dd	Y_dd	x_dmd	y_dmd
C_PB_18	-0,64758826	49,7179583	0° 38,855' W	49° 43,078' N
C_PB_27	-0,2963594	49,3312444	0° 17,782' W	49° 19,875' N
C_PB_28	-0,31730934	49,4026891	0° 19,039' W	49° 24,161' N
C_PB_29	-0,58393421	49,5821219	0° 35,036' W	49° 34,927' N
C_PB_30	-0,41120913	49,4833788	0° 24,673' W	49° 29,003' N

Tableau 12 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage du compartiment « Qualité de l'eau » pour la zone Centre Manche. Le système de coordonnées est WGS 84 et les coordonnées sont présentées en degrés décimaux. Les stations H01 à H08 sont des stations ponctuelles. Les stations M1, M2 et D3 sont des stations permanentes.

Stations « Qualité de l'eau »	Coordonnées décimales	
H01	49,88796233	-0,328629007
H02	49,85598954	-0,529913568
H03	49,77767321	-0,645924561
H04	49,69850483	-0,664656445
H05	49,84565791	-1,009366386
H06	49,98093563	-0,825260096
H07	49,92451866	-0,720033635
H08	49,84574053	-0,82080168
M1	49,91293878	-0,72097314
M2	49,84246409	-0,80531735
D3	49,68419224	-0,66529831

Tableau 13 : Calendrier des missions d'échantillonnage à la bouteille Niskin de juillet 2022 à juin 2024 pour le compartiment « Qualité de l'eau » pour la zone Centre Manche. Les stations signalées en vert ont été échantillonnées.

Stations	juil-22	août-22	sept-22	oct-22	nov-22	déc-22	janv-23	févr-23	mars-23	avr-23	mai-23	juin-23
H01	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
H02	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
H03	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
H04	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
H05	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
H06	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
H07	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
H08	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓

Stations	juil-23	août-23	sept-23	oct-23	nov-23	déc-23	janv-24	févr-24	mars-24	avr-24	mai-24	juin-24
H01	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
H02	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
H03	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
H04	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	-	✓
H05	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓
H06	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓
H07	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓
H08	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓

Chaque mois, le suivi de la qualité de l'eau est réalisé suivant deux protocoles complémentaires (Figure 4) :

- des mesures à l'aide d'une sonde multiparamètres ;
- des prélèvements d'eau pour les analyses physicochimiques.



Figure 4 : Déploiement des sondes multiparamètres WIMO et des bouteilles Niskin pour le suivi de la qualité de l'eau (à gauche : TBM environnement ; à droite : SINAY)

Pour les relevés « sonde », une sonde CTD multiparamètres est utilisée. Elle est équipée de capteurs permettant le suivi de la conductivité, température, profondeur, pH, oxygène, turbidité et chlorophylle α . Cette sonde est calibrée avant utilisation et la fréquence de mesure est calée à 4 mesures par seconde. La sonde est associée à un lest de 2 kg qui est situé 0,5 m sous cette dernière. Après avoir marqué la corde de descente tous les mètres, la sonde est descendue lentement à la main ($< 1 \text{ m.s}^{-1}$) jusqu'à la limite eau substrat. Lorsque le lest touche le fond, la sonde est remontée lentement (même vitesse). Elle est donc descendue et remontée lentement. Ce double profil permet de disposer d'un jeu de données fiable. Le profil ainsi mesuré est largement assez précis pour établir une structure de la colonne d'eau.

Les prélèvements d'eau sont réalisés à trois profondeurs : au fond, à mi-hauteur et en subsurface suivant les recommandations de prélèvements Aquaref. Les prélèvements d'eau se réalisent toujours en premier, avant la mise à l'eau de tout autre engin d'échantillonnage. Le navire se repositionne autant de fois que nécessaire au droit de la station. Les points GPS sont enregistrés à chaque échantillon et ces derniers peuvent servir au contrôle qualité.

L'échantillonnage est réalisé à l'aide d'une bouteille Niskin en téflon d'une contenance de 5 L fixée sur un cordage. Un plomb de 5 Kg, positionné sous la bouteille, assure la verticalité de la ligne. Cette ligne graduée permet de déterminer la profondeur de prélèvement au mètre près. La bouteille, s'ouvrant aux deux extrémités, est envoyée ouverte et descendue jusqu'à la profondeur souhaitée avant d'être fermée par l'intermédiaire d'un messenger envoyé depuis la surface.

Pour chaque prélèvement, des sous-échantillons sont soutirés des bouteilles à prélèvement et placés dans les flacons de stockage fournis par le laboratoire après trois rinçages avec l'eau échantillonnée. Toutes les manipulations du matériel sont faites avec des gants en polyéthylène et un maximum d'attention est porté pour éviter toute contamination de l'eau échantillonnée (contact entre le flaconnage et des surfaces contaminées, chute à terre d'un bouchon, mauvais rinçage).

Ces échantillons d'eau, une fois conditionnés, sont stockés dans une glacière, à 6-8°C puis livrés au laboratoire d'analyses après débarquement.

Les paramètres suivants ont été analysés lors de l'application des deux protocoles susmentionnés :

Tableau 14 : Paramètres mesurés pour l'évaluation de la qualité des eaux marines

Paramètres analysés par les mesures in situ à la sonde	Paramètres analysés par les prélèvements d'eau
Profondeur en temps réel Température Turbidité (NTU) Salinité Oxygène dissous Fluorescence (SINAY)	Paramètres physico-chimiques : salinité, matières en suspension, turbidité, chlorophylle a et phéopigments, calcium, sodium, sulfates, fluorures ; Les nutriments : carbone organique total, azote global, azote Kjeldahl, ammonium, nitrates, nitrites, orthophosphates, phosphore total, silicates ; Bactériologie : entérocoques intestinaux et Escherichia coli ; Métaux lourds : aluminium, chrome total, chlore total, cuivre, manganèse, nickel, plomb, zinc ; Polluants : hydrocarbures C10-C40, matières inhibitrices, organohalogénés absorbables dissous.

Les données acquises le long des raccordements sont comparées avec celles des stations REPHY les plus proches :

- la station des Gougins (station 015-P-031) du côté du raccordement CM1 avec des données acquises entre le 7 mars 2006 et le 21 décembre 2021,
- la station Ouistreham 1 mille (station 010-P-102) du côté du raccordement CM2 avec des données acquises entre le 14 janvier 2008 et le 8 décembre 2022.

II.4.1.3 CARACTERISATION DU BRUIT AMBIANT SOUS-MARIN

Douze stations de mesures acoustiques (carte 39 de l'atlas cartographique du chapitre 3), équipées chacune d'un enregistreur acoustique large bande et d'un hydrophone, ont été déployées entre 2022 et 2023 afin d'établir l'état initial acoustique (bruit ambiant) de l'aire d'étude rapprochée :

- 5 stations ont été déployées de mars 2022 à février 2023 dans la zone Centre Manche. Les instruments de mesure acoustique ont été principalement mis en œuvre sur des mouillages de subsurface (stations R1, R2, R3, R4 ; R7). Seule une station (R4) a été déployée sur un support posé sur le fond (R4) ;

- 4 stations ont été équipées de mai à décembre 2022 le long du raccordement CM1. Les instruments de mesure ont été fixés sous des bouées, à une profondeur égale à 1/3 de la hauteur d'eau ;
- 3 stations acoustiques, similaires à celles utilisées dans le long du raccordement CM1 (instrumentation sous bouée) ont été déployées le long du raccordement CM2 d'août 2023 à octobre 2023 et d'avril 2024 à septembre 2024.

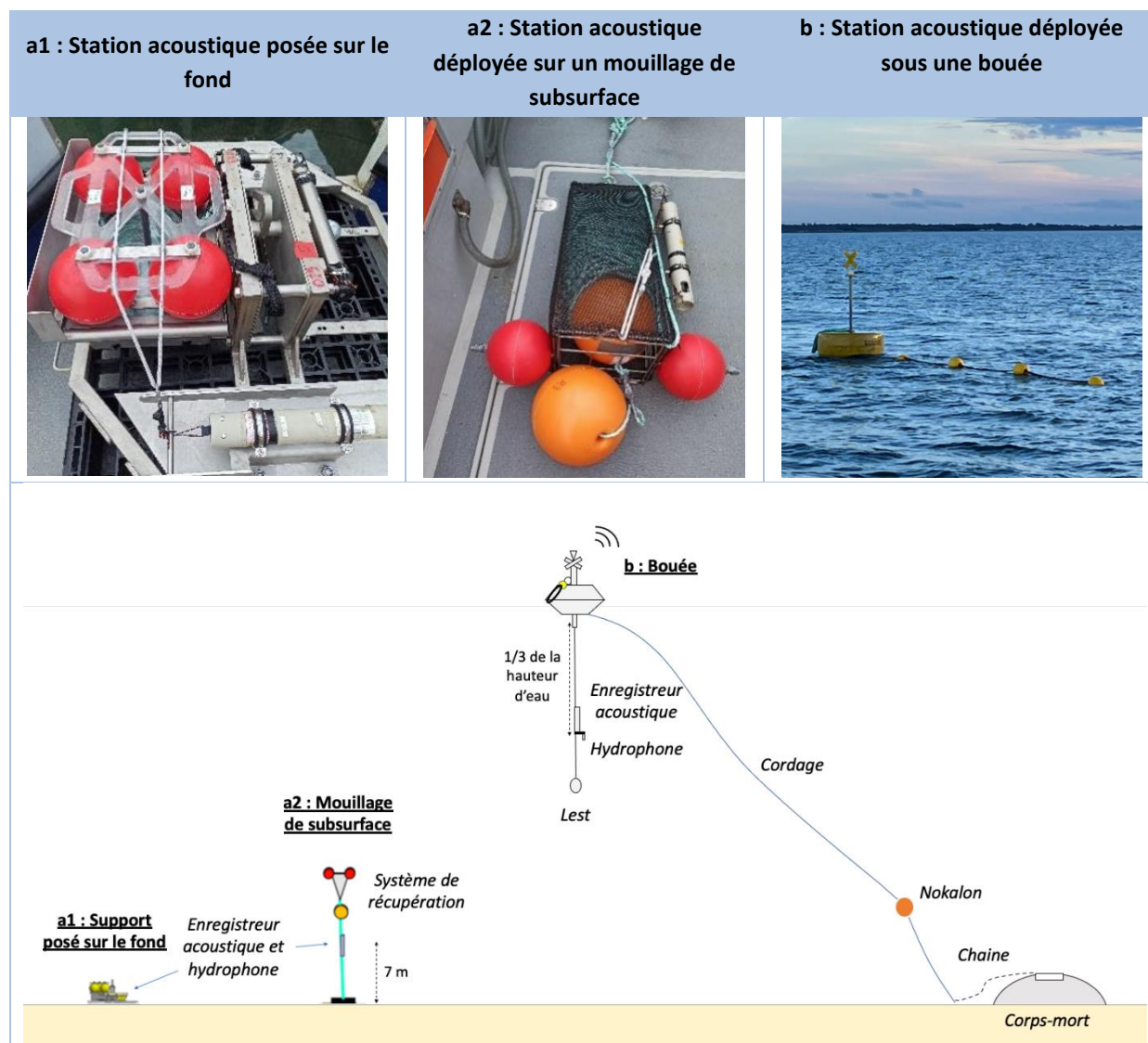


Figure 5 : Description des stations déployées dans le cadre de l'état initial de la zone Centre Manche (a1 et a2) et des raccordements (b). Source : Expertise SOMME 2023, Quiet Oceans 2023.

Tableau 15: Récapitulatif des stations acoustiques déployées pour les suivis du bruit ambiant réalisés dans le cadre de l'état de référence de la zone Centre Manche et des raccordements.

Station	Aire d'étude	Système acoustique	Fréquence d'échantillonnage	Cycle d'acquisition (enregistrement)	Mouillage
R1- zone Centre Manche	Rapprochée	Soundtrap HT 600 HF (Ocean Instruments)	384 kHz	30% (3 minutes ON / 7 minutes OFF)	Flotteur de subsurface
R2- zone Centre Manche	Immédiate	Soundtrap HT 600 HF (Ocean Instruments)	384 kHz	30% (3 minutes ON / 7 minutes OFF)	Flotteur de subsurface
R3- zone Centre Manche	Éloignée	Soundtrap HT 600 HF (Ocean Instruments)	384 kHz	30% (3 minutes ON / 7 minutes OFF)	Flotteur de subsurface
R4- zone Centre Manche	Immédiate	Soundtrap HT 600 HF (Ocean Instruments)	384 kHz	30% (3 minutes ON / 7 minutes OFF)	Support posé sur le fond
R7- zone Centre Manche	Éloignée	Soundtrap HT 600 HF (Ocean Instruments)	384 kHz	30% (3 minutes ON / 7 minutes OFF)	Flotteur de subsurface
S1-CM1	Éloignée	Sylence LP (RTSYS) - hydrophone HTI99	512 kHz	75% (15 minutes ON / 5 minutes OFF)	Bouée
S2-CM1	Immédiate	Sylence LP (RTSYS) - hydrophone HTI99	512 kHz	75% (15 minutes ON / 5 minutes OFF)	Bouée
S3-CM1	Éloignée	Sylence LP (RTSYS) - hydrophone HTI99	512 kHz	75% (15 minutes ON / 5 minutes OFF)	Bouée
S4-CM1	Rapprochée	Sylence LP (RTSYS) - hydrophone HTI99	512 kHz	75% (15 minutes ON / 5 minutes OFF)	Bouée
S1-CM2	Immédiate	Sylence LP (RTSYS) - hydrophone HTI99	512 kHz	75% (15 minutes ON / 5 minutes OFF)	Bouée
S2-CM2	Immédiate	Sylence LP (RTSYS) - hydrophone HTI99	512 kHz	75% (15 minutes ON / 5 minutes OFF)	Bouée
S3-CM2	Rapprochée	Sylence LP (RTSYS) - hydrophone HTI99	512 kHz	75% (15 minutes ON / 5 minutes OFF)	Bouée

Étant donnée la localisation du Projet, la majorité des stations acoustiques sont situées dans le secteur occidentale de la baie de Seine. Cinq stations sont localisées dans l'aire d'étude immédiate (R2, R4, S2-CM1, S1-CM2, S2-CM2), trois sont incluses dans l'aire d'étude rapprochée (R1-zone Centre Manche, S4-raccordement CM1, S2-raccordement CM2, et quatre dans l'aire d'étude éloignée (R3- zone Centre Manche, R7- zone Centre Manche S1-raccordement CM1, S3-raccordement CM1). Les stations situées dans l'aire d'étude immédiate et rapprochée fournissent une bonne couverture de la zone d'impact potentiel du Projet. Les stations localisées dans la zone d'étude éloignée sont considérées comme des témoins (zones de contrôles) et permettront d'évaluer les potentiels effets de l'implantation en appliquant une approche BACI (Before After Control Impact). Les stations les plus éloignées sont S1 et R7. La station S1 a été placée à proximité de la baie de Veys afin d'étudier le bruit ambiant avant-Projet de cette zone peu profonde, connue pour être fréquentée par des phoques (colonie de veaux-marins, passage de phoques gris). La station R7 est située en baie de Seine occidentale. Les stations R2, R1, et R7 forme un gradient de distance, s'éloignant du parc et de son raccordement vers l'est de la baie de Seine. Ces stations permettent d'appliquer une approche BAG (Before After Gradient) afin de mesurer un potentiel gradient d'effet.

II.4.1.3.1 Traitement et analyses des données le long des raccordements

Conversion des données

Les données brutes sont converties en données acoustiques (μPa) en prenant en compte le gain d'acquisition (0,78 dB) et la sensibilité des hydrophones (S_H : $-168 \text{ dB re } 1 \text{ V } \mu\text{Pa}^{-1}$).

Sélection des données

Les enregistrements acoustiques réalisés sous bouée peuvent être influencés par les conditions de courant induisant une potentielle mise en vibration de la ligne de mouillage. Afin de réduire ce phénomène, l'hydrophone est déporté de la ligne de mouillage. Ce phénomène est étudié en comparant le bruit reçu (SPL_{rms}) au niveau de chaque station avec les vitesses de courants de surface associées (Figure 6). Les données de courant sont obtenues à partir du modèle numérique IBI-MFC disponible sur la plateforme Copernicus Marine Service². Une corrélation positive est observée pour chaque station. Afin d'estimer de manière fiable les niveaux de bruit ambiant, les données sont sélectionnées avec un seuil de 0,2 m/s, correspondant à la vitesse de courant en dessous de laquelle le courant n'a plus d'influence sur le bruit ambiant (Figure 6). Ce seuil est commun à chaque station.

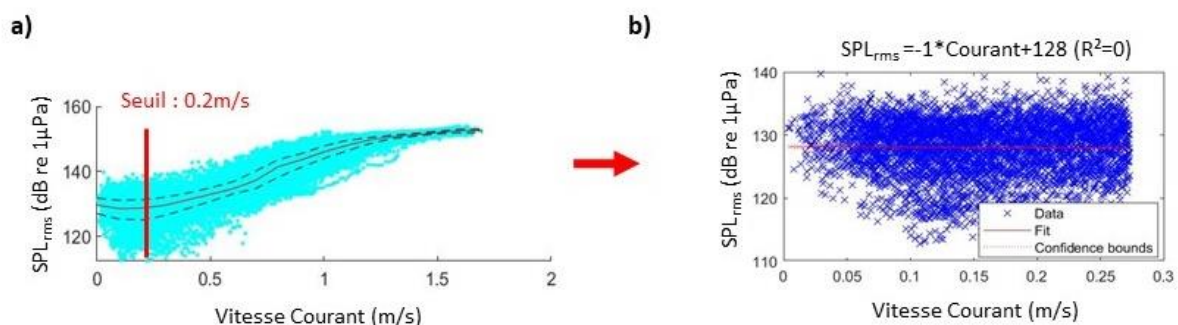


Figure 6 : Comparaison des niveaux de bruits reçus (SPL_{rms}) en fonction de la vitesse du courant de surface avant seuillage (a) et après sélection des données via l'application d'un seuil de 0,2m/s (b).

Estimation des niveaux de bruit ambiant

La sélection des données basées sur la vitesse de courant permet de réduire le biais associé aux bruits de mouillages, mais ne permet pas de les filtrer intégralement. Des bruits impulsifs sont notamment observés lors de fortes conditions de mer (Figure 7). Ainsi, une méthodologie basée sur une approche statistique descriptive et classiquement mise en œuvre par la communauté scientifique - dont des institutions de référence dans ce domaine, telle que le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine -SHOM- est appliquée afin d'estimer les niveaux de bruit ambiant (Kinda et al., 2013). Cette approche consiste à calculer des niveaux sonores sur une fenêtre temporelle fine et à conserver les valeurs basses de leur distribution statistique. Dans cette étude, les niveaux SPL_{rms} sont calculés sur une milliseconde (inférieur à l'ordre de grandeur des bruits de mouillage, cf. Figure 7) puis les niveaux correspondant au 5^{ème} centile de leur distribution statistique associée à chaque minute sont

² Atlantic Iberian Biscay Irish Ocean Physics Analysis and Forecast; DOI: 10.48670/moi-00027

conservés. Un niveau par minute sur la totalité de la durée du suivi est ainsi obtenu. En procédant ainsi, les bruits impulsifs de forte intensité (caractéristiques des bruits de mouillages) ne sont pas pris en compte dans l'estimation du bruit ambiant (Figure 7). Dans la suite de ce chapitre, ces niveaux sont notés SPL_{rms} (5%).

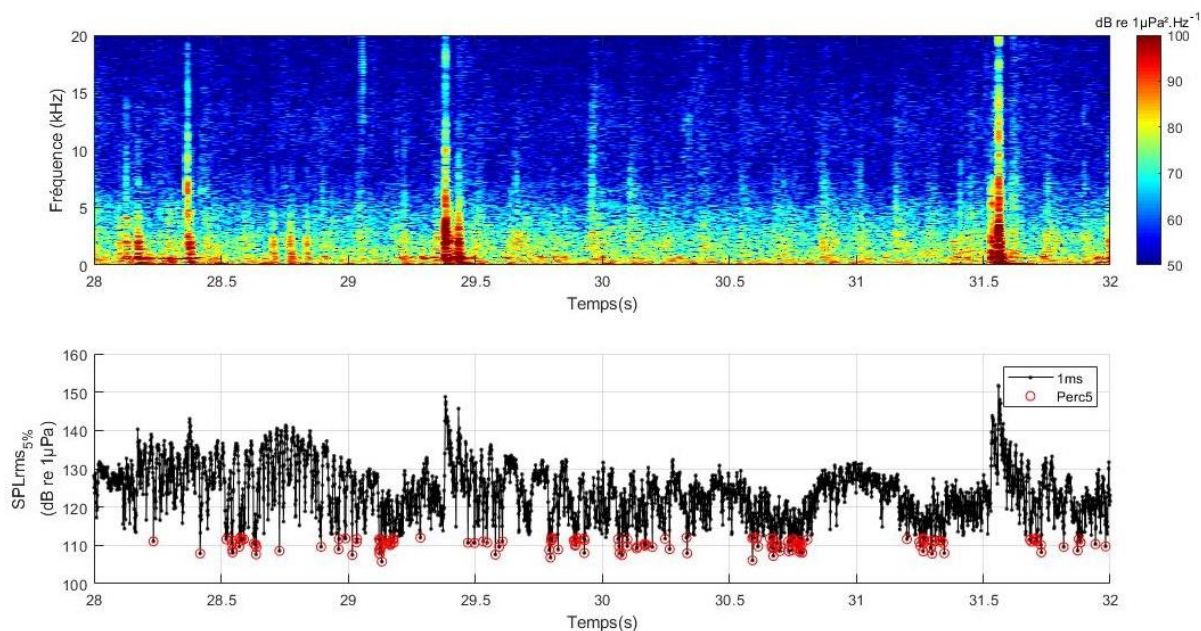


Figure 7. Discrimination des bruits de mouillages en gardant 5% des SPL_{rms} estimé à 1 ms.

Caractérisation des paysages sonores

Les séries temporelles des niveaux sonores précédemment calculées sont présentées par station. Ces représentations permettent d'observer l'évolution de ces niveaux au cours du temps. Les variations du bruit ambiant peuvent être engendrées par des sources sonores d'origine anthropique (anthropophonie), environnementale (géophonie) ou biologique (biophonie). Afin de d'étudier la contribution de ces différentes composantes au bruit ambiant, un filtre médian (cf. Figure 8) est appliqué sur les séries temporelles associées à chaque station. Cette approche permet d'apercevoir les variations long terme du bruit ambiant en écartant les événements acoustiques de forte intensité et de courte durée, comme des passages de navires (composante anthropophonique). La fenêtre du filtre médian a été fixée à 24h, en accord avec les ordres de grandeurs temporelles des variations environnementales (ex : pluie, coup de vent). Les durées des passages de navires sont généralement inférieures, de l'ordre de la dizaine de minutes. Des séries temporelles de bruit ambiant médian pour chaque station sont ainsi obtenues (Figure 8).

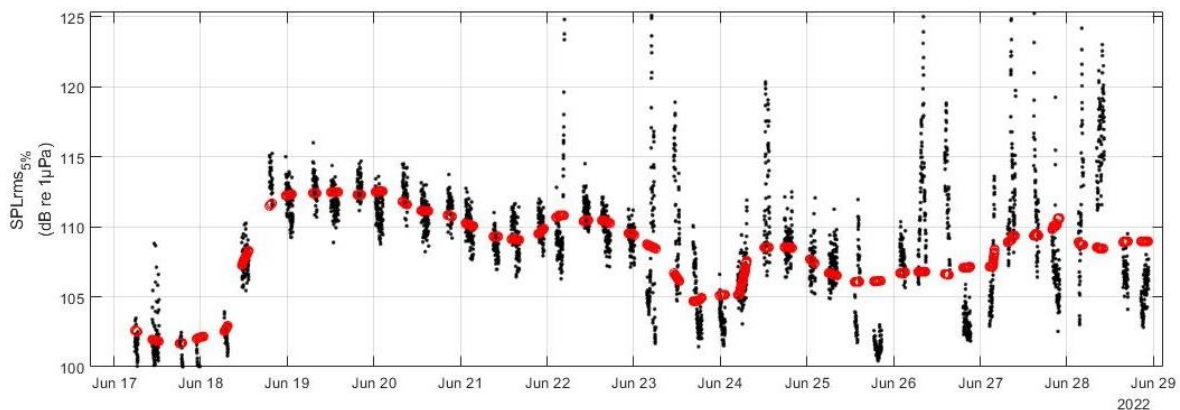


Figure 8. Série temporelle des niveaux $SPL_{rms(5\%)}$ (en noir) et des niveaux médians (rouge) estimés via application du filtre médian sur 24h.

Afin d'étudier la contribution des conditions environnementales au bruit ambiant, des régressions linéaires sont appliquées entre le bruit médian et la vitesse du vent et la hauteur de la houle.

Les navires passant à proximité des stations de mesure acoustiques génèrent des sons de durées relativement courtes (plusieurs minutes) et de forte intensité. Cela se traduit par une augmentation de l'écart à la médiane (Figure 8). Ils sont ainsi automatiquement détectés en observant les valeurs extrêmes de la distribution statistique des écarts à la médiane (sur-dispersion des valeurs sur la distribution).

II.4.1.3.2 Traitement et analyses des données en zone Centre Manche

Une analyse des niveaux sonores de l'état initial de la zone Centre Manche est établie à partir des données collectées par les enregistreurs acoustiques de chaque station et par saison.

► Interaction du courant de marnage avec les systèmes acoustiques subsurface

Les contributeurs prédominants dans l'évolution du bruit en zone côtière sont :

- les activités anthropiques, et plus particulièrement le trafic maritime (pêche, plaisance, commerce...);
- les sources de bruit météo-océaniques, à savoir majoritairement le vent ;
- l'activité des organismes benthiques évoluant sur le fond marin, selon la nature du substrat sur zone.

Après une analyse des niveaux sonores, il apparaît que les niveaux dans la bande filtrée [50 Hz-40 kHz] des systèmes acoustiques déployés dans cette zone sont significativement corrélés aux effets de marée (marnage, coefficient de marée, courants induits, déplacement sédimentaire). En effet, les niveaux dans la bande filtrée [50 Hz-40 kHz] sont impactés par des bruits très probablement engendrés par les courants sur zone. Les fréquences inférieures à 50 Hz sont notablement parasitées par ce phénomène, comme illustré dans la Figure 9. Ces bruits n'ont pas d'origine physique et ne sont pas représentatifs du paysage acoustique. Ils peuvent de surcroît masquer les potentielles émergences anthropiques pour les fréquences inférieures à 50 Hz.

Dans ce contexte, et afin de préserver la qualité et la représentativité des données mesurées, il est décidé :

- de réduire la bande de fréquence étudiée entre 50 Hz et 40 kHz ;
- d'appliquer un filtrage spécifique aux enregistreurs acoustiques déployés à une profondeur intermédiaire de la colonne d'eau via un flotteur subsurface (stations R2, R3 et R7).

L'enregistreur de la station R4, étant posé sur le fond, est moins soumis aux courants sur zone : il ne fait pas l'objet d'un filtrage spécifique.

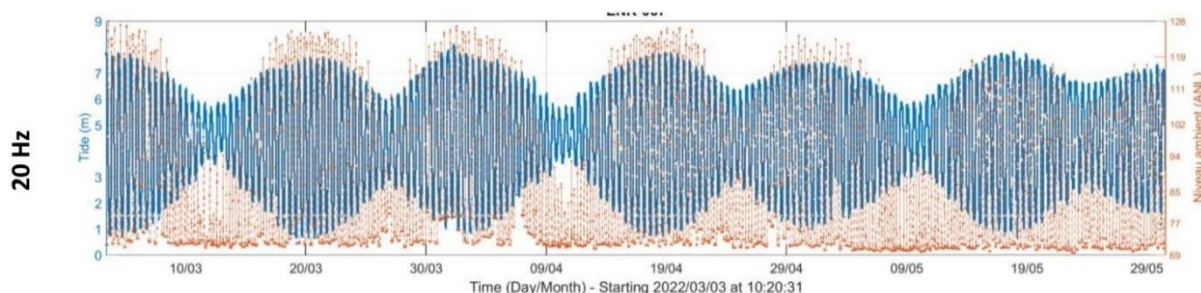


Figure 9 : Illustration de l'artéfact causé par le bruit de marnage, exemple de la station R3 pour la période de mars à mai 2022. Évolution du bruit permanent (orange) avec le marnage (bleu) pour la fréquence 20 Hz.

► Cartographie du bruit ambiant

● La plateforme de modélisation

L'estimation des champs sonores se fait par simulation numérique impliquant l'usage de modèles prenant en compte l'ensemble des paramètres précédemment évoqués (bathymétrie, profil de célérité, données météo-océaniques, sources de bruit, sédimentologie, données de mesure in situ...). La modélisation par équations paraboliques (Jensen, Kuperman, Porter, & Schmidt, 2000) (Collins M. D., 1994) (Collins, Cederberg, King, & Chin-Bing, 1996) traduit fidèlement la propagation du bruit dans la colonne d'eau en résolvant l'équation de Helmholtz.

Les profils de célérité du son dans l'eau sont proportionnels à la température de l'eau, la salinité et la pression (ou profondeur). Le principal effet de ces non-homogénéités dans les distributions de vitesse du son est de courber les rayons de propagation et de créer des chenaux de propagation. Ces phénomènes complexes sont toutefois prédictibles par simulation numérique. La modélisation de la propagation du son se fait par une succession de modélisations dans des plans verticaux interpolés de façon cylindrique.

Afin de produire ses résultats, Quiet-Oceans développe et opère Quonops®, un système opérationnel de surveillance et de prédiction du bruit anthropique en mer (European Union Brevet n° EP2488839, 2009). À l'instar des systèmes de prévision météorologique, cette plateforme brevetée produit une estimation de la distribution spatio-temporelle des niveaux de bruit générés par l'ensemble des activités humaines en mer. Les activités maritimes couvertes sont nombreuses parmi lesquelles le trafic maritime, les opérations de prospection pétrolière, la construction et l'exploitation des éoliennes en mer, etc. La donnée produite par Quonops® permet notamment de répondre aux besoins tels que définis dans les réglementations nationales et internationales, existantes et/ou émergentes,

concernant en particulier les niveaux de pollution, la préservation et la protection des écosystèmes marins (habitats et espèces, d'après Folegot & Clorennec, 2015).

La plateforme de modélisation Quonops© prend ainsi en compte l'essentiel des données qui conditionnent la propagation des bruits dans le milieu marin (Figure 10) :

- les données environnementales, à savoir la bathymétrie, la nature des fonds, la température et la salinité de l'eau, le marnage et l'état de mer ;
- les données anthropiques descriptives des activités humaines en mer qui génèrent des niveaux de bruits dans le milieu marin ;
- les données *in situ* le cas échéant afin de calibrer la cartographie.

Les résultats obtenus sous la forme de cartes sonores retranscrivent les caractéristiques propres de la propagation des bruits et des usages maritimes spécifiques au site d'étude.

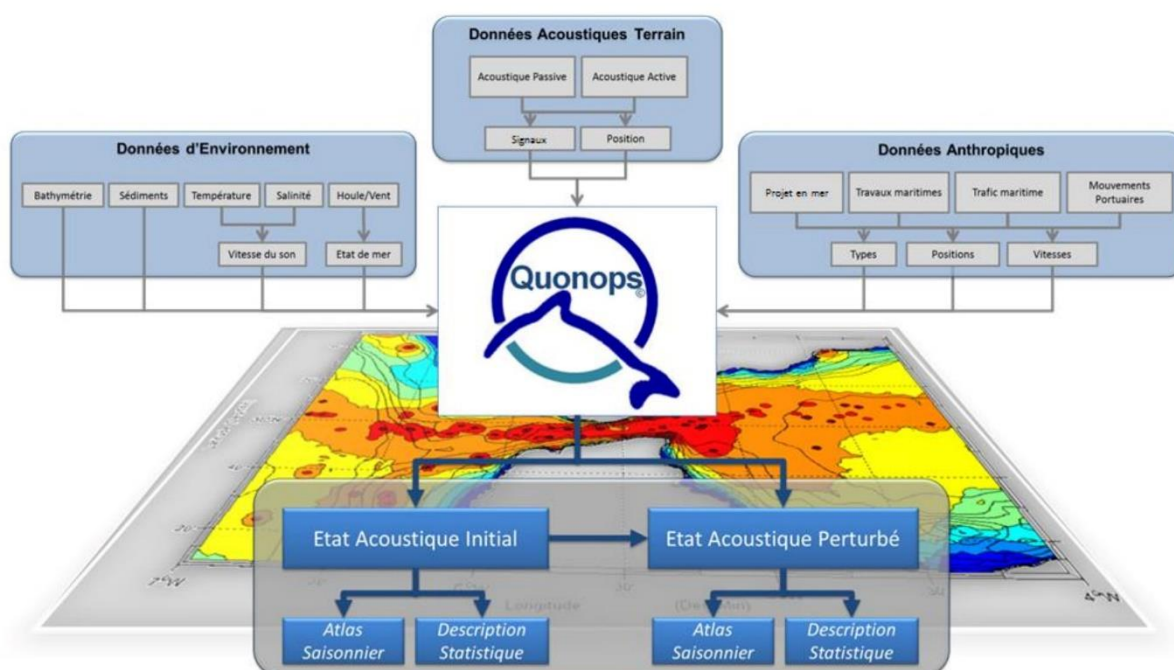


Figure 10 : Description schématique de la plateforme opérationnelle de prévision des bruits. (Source : Quiet-Oceans)

Le Tableau 16 présente les sources et les résolutions pour chaque donnée environnementale ayant servi à la modélisation acoustique et à l'élaboration des cartes de bruit relatives au Projet.

Tableau 16 : Synthèse des données environnementales utilisées pour la modélisation acoustique

Couche	Source	Résolution spatiale	Résolution Temporelle
Bathymétrie	Emodnet	lon 33.9 (m) lat 49.4 (m)	-
Profil de célérité	CMEMS	lon 2117.0 (m) lat 3088.0 (m)	24 h
Nature du fond	SHOM	lon 1325.9 (m) lat 1852.0 (m)	-
Hauteur de vague	CMEMS	lon 2117.0 (m) lat 3088.0 (m)	1 h
Vitesse du vent	CMEMS	lon 17.0 (km) lat 27.0 (km)	6h
Marée	COI (SHOM)	Le port le plus proche	5 min

La modélisation est effectuée à la fréquence centrale f_m de chaque octave dans la bande d'émission des sources acoustiques. Pour obtenir des niveaux dans un octave, il est supposé que l'énergie à la fréquence centrale est constante dans chaque octave.

Par conséquent, le niveau est donné par : $SPL_1 = SPL_{f_m} + 10 \cdot \log_{10}(f_2 - f_1)$

où SPL_1 est le niveau de pression acoustique dans l'octave compris entre f_1 et f_2 tel que défini par les standards (American National Standards Institute, 2004) et (IEC61260, 1995), et SPL_{f_m} est le niveau de pression acoustique modélisé à la fréquence centrale f_m .

• Cartographie statistique

Afin de prendre en compte la nature stochastique du bruit ambiant, les cartes sonores produites par la plateforme Quonops© sont réalisées selon toutes les combinaisons d'un ensemble de situations environnementales représentatives du site d'étude et de situations anthropiques représentatives des activités maritimes existantes au voisinage du site et générant du bruit. Une approche complémentaire par la méthode de Monte Carlo (Folegot, Thomas, 2013), (Guelton et al., 2014), (Sutton et al., 2013) permet de cartographier les statistiques des champs sonores et de décrire l'état sonore de l'aire d'étude. Cette description s'opère à la fois en termes de probabilité de niveau acoustique et de distribution spatiale.

Sources de bruit

Le vent – et indirectement les vagues –, ainsi que les activités maritimes existantes sont des sources de bruit. La méthodologie de cartographie du bruit existant exploite :

- les données de vent issues de Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) ;
- les données descriptives du trafic maritime issues de l'acquisition des données AIS (Automated Identification System). L'AIS est un système à bord des navires qui transmet à un réseau d'observation (par messages radio VHF et/ou satellites) leurs identifications et leurs localisations en quasi-temps-réel (International Maritime Organisation, 2004). Différentes stations réceptrices permettent ainsi de surveiller le trafic maritime. La couverture maximale peut atteindre 30 milles nautiques des côtes en fonction des conditions climatiques. Si l'équipement AIS est obligatoire pour la navigation commerciale, la plaisance n'est pas concernée par cette réglementation, et les plaisanciers ne font pas tous le choix de s'équiper. Aussi, les navires non équipés d'un système d'identification et de localisation AIS ne sont pas pris en compte dans cette étude.

D'autres sources peuvent intervenir de manière marginale, par exemple le bruit induit par le déplacement sédimentaire. Cependant aucun modèle n'existe à ce jour permettant de prédire les niveaux sonores engendrés.

Calibration

À partir des données mesurées sur chaque zone, un ajustement est effectué afin de calibrer les cartes de bruit de l'état initial. A titre d'illustration, la Figure 11 compare la distribution statistique des niveaux sonores mesurés (en bleu) avec celle des niveaux sonores dans la bande filtrée [50 Hz-40 kHz] prédits et corrigés pour la station R4. Pour chaque station, le Tableau 17 synthétise, pour chaque zone, l'erreur quadratique moyenne résiduelle (RMSE, exprimée en dB) entre le bruit modélisé et le bruit mesuré.

Le processus de calibration est conforme pour les stations R2, R3 et R4 avec des erreurs moyennes de l'ordre de 1dB. La zone R7 présente une erreur moyenne légèrement plus élevée (1,8 dB) et nécessitera une analyse complémentaire pour pouvoir être prise en compte dans le process de calibration.

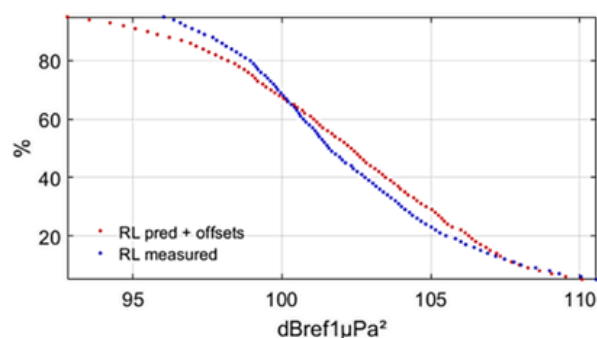


Figure 11 : Distribution des niveaux sonores dans la bande filtrée [50 Hz-40 kHz] (en rouge, courbe prédite avec offsets, en bleu, donnée mesurée) à la station R4, à l'issue du processus de calibration.

Station	Erreur moyenne (RMSE) sur le bruit dans la bande filtrée [50Hz-40kHz] (dB)
R2	1,1
R3	1,0
R4	0,9
R7	1,8

Tableau 17 : Erreur moyenne résiduelle sur le bruit dans la bande filtrée [50 Hz-40 kHz] en sortie du processus de calibration, par station.

II.4.1.4 CARACTERISATION DU BRUIT AERIEN

L'objectif est de capitaliser par la mesure des niveaux sonores initiaux avant construction du Projet durant une longue durée autour du Projet et de réaliser une analyse en corrélant les niveaux de bruits aux paramètres de vitesse et de direction du vent sur les périodes jour et nuit mais également pendant différentes saisons. Cette méthode d'analyse est employée notamment pour les projets de parcs éoliens terrestres.

Le compartiment « Bruit aérien » comporte 2 campagnes de mesure ayant pour objectif la caractérisation de l'état sonore initial autour du projet :

- une première campagne de mesure de 2 mois réalisée de début juillet 2022 à mi-septembre 2022, représentative de la période estivale ;
- une seconde campagne de mesure de 2 fois deux mois réalisée de mi-novembre 2022 à mi-mars 2023, représentative de la période hivernale.

II.4.1.4.1 Moyens matériels

Les appareils utilisés au cours des campagnes de mesure du compartiment « Bruit aérien » sont les suivants (Tableau 18) :

Tableau 18 : Liste des appareils de mesure utilisés pour le compartiment « Bruit aérien » (Source ORFEA).

Appareil	Marque	Type	N° de série des appareils	Type et n° de série	Type de n° de série du préamplification	Classe
Sonomètre	01 dB	FUSION	14 135	40 CD 428521	PRE 22 2113117	1
Sonomètre	01 dB	FUSION	14 136	40 CD 415854	PRE 22 2113203	1
Sonomètre	01 dB	FUSION	14 138	40 CD 466809	PRE 22 2113208	1

Ce matériel permet de :

- réaliser des mesures de niveau de pression et de niveau équivalent selon la pondération A ;
- réaliser des analyses temporelles de niveau équivalent ;
- réaliser des analyses spectrales ;
- la durée d'intégration du LAeq est d'une seconde.

Une station météorologique modèle WINDVISU-COMB de la marque NAVIS (Figure 12) est utilisée et installée à chaque point de mesure acoustique. Elle permet de relever la vitesse et la direction du vent à l'échelle de chaque point de mesure acoustique.



Figure 12 : Photographie d'une installation de station météorologique (site de Port-en-Bessin).

Les mesures sont réalisées simultanément et l'ensemble des appareils sont synchronisés. Les appareils de mesure sont :

- homologués et vérifiés tous les deux ans par le Laboratoire national d'essais ;
- calibrés, avant et après chaque série de mesurage, avec un calibreur acoustique de classe 1 (maîtrise de la dérive durant les mesures) ;
- autocontrôlés, tous les 6 mois, avec un contrôleur de la société Norsonic (maîtrise de la dérive dans le temps).

Les logiciels d'exploitation des mesures acoustiques permettent de caractériser les différentes sources de bruit particulières repérées lors des relevés (codage d'événements acoustiques particuliers et élimination des événements parasites), et de chiffrer leur contribution effective au niveau de bruit global.

II.4.1.4.2 Paramètres mesurés et analyse des données

Les éoliennes fonctionnent grâce au vent. Ce dernier fait varier le paysage sonore au niveau des habitations riveraines. Les analyses intègrent cette variabilité en effectuant une corrélation entre l'évolution du niveau sonore et l'augmentation de la vitesse du vent.

Les données transmises par Météo France sont horodatées par pas de six minutes et concernent la vitesse du vent en m/s et sa direction en degré. La mesure est assurée pour les classes de vitesses de vent de 3 à 8 m/s à 10 m de hauteur.

Les mesures acoustiques permettent de déterminer le niveau de bruit résiduel (BR) existant. Dans la méthodologie habituelle, l'indicateur acoustique retenu est le L_{50} .

Les mesures (Figure 13) sont décomposées en intervalles de six minutes auxquels est associée une vitesse de vent brute à 10 m de hauteur. 10 intervalles de base pour chaque classe de vitesse de vent sont réalisés pour assurer la représentativité de la mesure à cette vitesse et calculer la valeur médiane de cette classe.

Un traitement des mesures est effectué afin d'éliminer les bruits parasites. Ce traitement est réalisé grâce au constat *in situ* où certaines sources particulières ont pu être identifiées et supprimées de l'enregistrement. Il s'agit notamment des périodes de pluie. L'été, le réveil de la nature engendre une hausse du niveau sonore. Le lever du soleil apporte une hausse subite du niveau sonore qui n'est pas liée au vent mais au réveil de la nature (phénomène du chorus matinal) (Figure 13). Cette période charnière, entre 5h45 et 7h environ en cette saison, n'est pas représentative des périodes nocturne et diurne et est donc supprimée de l'analyse.

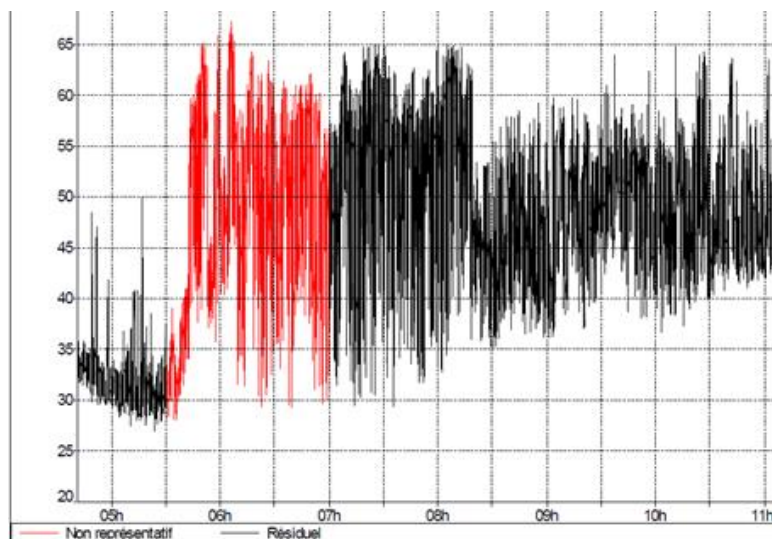


Figure 13 : Chorus matinal sur le site de Réville (50). Les données en rouge sont le bruit non représentatif et les données en noir le bruit représentatif.

Une analyse est réalisée avec comme référentiel les vitesses de vent 10 m brutes en m/s.

Les résultats des mesures du niveau sonore pour la période de jour (7h00 - 22h00) et la période de nuit (22h00 - 7h00) sont présentés sous forme de tableaux. Seules les vitesses de vent à partir de 3 m/s sont présentées dans les tableaux du fait de l'absence de fonctionnement des éoliennes pour des vitesses de vent inférieures.

II.4.2 MILIEU NATUREL

II.4.2.1 HABITATS ET ESPECES MARINES

II.4.2.1.1 Biocénoses planctoniques

► Phytoplancton

Prélèvements

Le compartiment « Phytoplancton » est étudié en zone Centre Manche pendant deux années (de l'été 2022 à l'été 2024). Les prélèvements de phytoplancton sont réalisés en mutualisation avec le compartiment « Qualité de l'eau ». La fréquence de mesure est mensuelle pour les stations (H01 à H08, Tableau 19).

Tableau 19 : Coordonnées géographiques des stations associées à l'échantillonnage du compartiment « Phytoplancton ». Le système de coordonnées est WGS 84 et les coordonnées présentées endegrés décimaux.

Stations « Communautés planctoniques »	Coordonnées décimales	
H01	49,88796233	-0,328629007
H02	49,85598954	-0,529913568
H03	49,77767321	-0,645924561
H04	49,69850483	-0,664656445
H05	49,84565791	-1,009366386
H06	49,98093563	-0,825260096
H07	49,92451866	-0,720033635
H08	49,84574053	-0,82080168

Les stations échantillonnées durant les missions de l'automne 2022 et de l'hiver 2022-2023 sont présentées dans le Tableau 20 et la carte 60 de l'atlas cartographique du chapitre 3.

Tableau 20 : Calendrier des missions d'échantillonnage à la bouteille Niskin de juillet 2022 à juin 2024 pour le compartiment « Communauté planctoniques ». Les stations signalées en vert ont été échantillonnées.

Stations	juil-22	août- 22	sept- 22	oct-22	nov- 22	déc- 22	janv- 23	févr- 23	mars- 23	avr-23	mai- 23	juin- 23
H01	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
H02	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
H03	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
H04	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
H05	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
H06	✓	✓	✓	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
H07	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
H08	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓

Stations	juil-23	août-23	sept-23	oct-23	nov-23	déc-22	janv-24	févr-24	mars-24	avr-24	mai-24	juin-24
H01	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
H02	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
H03	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓
H04	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	-	✓
H05	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓
H06	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓
H07	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓
H08	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓

Les prélèvements d'eau de mer pour l'analyse du phytoplancton sont effectués au moyen d'une bouteille de prélèvement de type Niskin d'une contenance de 5 L. Ce volume permet de collecter la quantité nécessaire aux différentes analyses physico-chimiques et biologiques. L'intérieur de la bouteille, ainsi que le ressort sont recouverts de téflon pour empêcher d'éventuelles contaminations avec le PVC, présent sur d'autres types de bouteilles dans le cadre des mesures de la qualité chimique de l'eau. La méthode de prélèvement mutualisée respecte les préconisations du Guide Aquaref *Opérations d'échantillonnage en milieu marin* (Amouroux & Claisse, 2016).

Pour chaque station, 3 prélèvements sont réalisés à 3 profondeurs choisies (subsurface, mi-profondeur et 1 mètre du fond). Cette méthode permet une analyse complète *in situ* des paramètres physico-chimiques de l'eau. La fréquence de mesure est mensuelle, en accord avec le protocole REPHY (Gailhard, 2003). À chaque profondeur, un volume d'eau de mer d'1 L est prélevé et conservé dans un flacon opaque afin d'éviter toute dégradation à la lumière. La détermination des espèces phytoplanctoniques et les mesures de leur abondance et de leur biomasse seront réalisées à partir de ce volume d'eau de mer prélevé. Par ailleurs, un volume supplémentaire de 500 mL d'eau, à partir duquel est réalisée la détermination des phéopigments, est prélevé à la profondeur de surface et conservé avec une solution de Lugol. Le Lugol est un agent fixateur préparé à partir d'acide acétique (10 %), d'iodure de potassium et d'eau distillée. La teneur finale dans l'échantillon ne doit pas dépasser les 2 %.

Analyses

L'ensemble des échantillons arrive au laboratoire du centre de recherches en environnement côtier (CREC) de l'université de Caen le jour des prélèvements. L'équipe du CREC de Luc-sur-mer envoie un de ses membres récupérer les échantillons au retour du bateau au port de Ouistreham. Ils sont conservés au frais (4°C à 10°C pour les échantillons non fixés et 1°C à 5°C pour ceux fixés au Lugol) jusqu'au début des analyses. Les échantillons non fixés sont ainsi analysés moins de 36 heures suivant le prélèvement. Les échantillons fixés sont analysés au plus tard 1 mois après le prélèvement. L'objectif des analyses décrites ci-dessus est de déterminer par échantillon :

- la teneur en chlorophylle a (échantillons non fixés) ;
- le nombre de cellules totales ainsi que les différents taxons et les abondances associées (échantillons fixés) ;
- la teneur en phéopigments (échantillons non fixés).

Les méthodes d'analyses décrites ci-dessous, sont basées sur :

- la fluorimétrie, issue du protocole SOMLIT, afin de déterminer les concentrations de chlorophylle a et de phéopigments par échantillon ;
- la technique de microscopie optique issue des protocoles PHYTOBS et REPHY. Cette méthode permet d'identifier et de dénombrer les différentes espèces phytoplanctoniques présentes par échantillon.

Analyse de la teneur en chlorophylle a et des phéopigments

Afin d'assurer la qualité du phytoplancton, les prélèvements d'eau de mer - 3 répliques pour chaque échantillon - non fixés sont filtrés en laboratoire le jour même. Les échantillons de microalgues sont ainsi collectés sur un filtre. La membrane filtrante est ensuite déposée dans l'acétone à 90 % pour en extraire la chlorophylle a et les phéopigments.

Les concentrations sont déterminées à l'aide d'un lecteur de microplaque en mesurant la fluorescence émise à la suite d'une excitation lumineuse. Tous les pigments chlorophylliens et leurs produits de dégradation ont leur propre spectre d'absorption et d'émission. En effet, les pigments émettent une fluorescence rouge lorsqu'ils sont excités par de la lumière bleue ou ultra-violet. Le fluorimètre est équipé d'une lampe émettant dans le bleu, d'un filtre d'excitation bleu (420-450 nm) et d'un filtre d'émission rouge (> 665 nm).

Détermination et dénombrement des espèces phytoplanctoniques

La première étape consiste à laisser les échantillons sédimenter dans une cuve. Un équilibre thermique doit pour cela être atteint entre les échantillons, le matériel de travail (chambre de sédimentation) et la pièce dans laquelle les analyses sont effectuées. La sédimentation se déroule sur une surface horizontale, à l'abri de la lumière directe, des vibrations, d'une source chaleur et à une température ambiante constante. À l'issue de l'étape d'homogénéisation, la chambre de sédimentation est directement remplie à partir du flacon d'échantillonnage, en évitant toute formation de bulles d'air. Le temps de sédimentation dépend du volume de la colonne et donc de la hauteur de la chambre.

La seconde étape correspond à l'identification et au dénombrement des cellules au microscope optique. Avant de commencer cette analyse, la distribution aléatoire des cellules dans la chambre de sédimentation est vérifiée avec le plus faible objectif. Une distribution est dite aléatoire lorsque la distribution des particules est irrégulière et, en fonction de la densité des particules, avec un grand nombre d'espaces vides. Si la distribution n'est pas homogène, il convient de procéder à la préparation d'un nouveau sous-échantillon. Un premier balayage à faible objectif permet également d'évaluer la densité en phytoplancton de l'échantillon pour confirmer ou infirmer le choix du volume sédimenté. La stratégie de dénombrement à adopter pour l'analyse d'une chambre de sédimentation est fonction de la densité de l'échantillon, des saisons, des taxons présents.

L'identification au microscope optique repose sur l'observation et la détermination de critères morphologiques, soit par comparaison avec les documents de référence soit à l'aide de clés d'identification. L'existence des espèces caractéristiques de la région échantillonnée, les variations morphologiques au sein d'une même espèce et les données environnementales liées à l'échantillon analysé facilitent l'analyse et les identifications. Une observation préliminaire du matériel vivant à

l'issue de l'échantillonnage, si elle est possible, s'avère être une aide précieuse pour les comptages ultérieurs.

L'effort de comptage pour un échantillon est fixé à 400 cellules de tailles supérieures à 10 µm, toutes espèces confondues. Ce seuil de 400 cellules correspond à une limite de confiance de 10 %. En période hivernale, les échantillons sont moins riches, les comptages peuvent difficilement atteindre le seuil de 400 cellules. Il est alors indispensable de compter les taxons présents dans la chambre entière ou d'augmenter le volume de la colonne de sédimentation pour atteindre ce seuil.

La concentration du phytoplancton pour les eaux marines est exprimée en nombre de cellules par litre :

$$N = X \frac{(At)d}{(Ac)v}$$

Dans cette formule :

- N correspond au nombre de cellules par unité de volume (L) ;
- X au nombre moyen de cellules par champ (ou nombre total pour la chambre entière) ;
- At à l'aire totale de la chambre (mm²) ou de la surface comptée ;
- v au volume de la chambre de sédimentation (mL) ;
- Ac à l'aire d'un champ ou d'une grille de comptage (mm²) ;
- d au facteur de dilution le cas échéant ;
- At à l'aire totale de la chambre calculé comme suit : $At = \pi(r)Z$, r correspondant au rayon de la chambre.

Les données recensées sont les suivantes :

- **chlorophylle a** : concentration exprimée en µg/L aux 3 profondeurs de prélèvements (surface, mi-profondeur et au fond) ainsi que la moyenne sur toute la colonne d'eau ;
- **espèces phytoplanctoniques** : abondance totale des cellules exprimée en cellules/L, abondance totale de Diatomées et de Dinoflagellés, détermination et abondance des espèces appartenant aux Diatomées et de Dinoflagellés ;
- **phéopigments** : concentration exprimée en µg/L aux 3 profondeurs de prélèvements (surface, mi-profondeur et au fond) ainsi que la moyenne sur toute la colonne d'eau.
- **part de phéopigments** : teneur en phéopigments par rapport à la chlorophylle a en pourcentage.

Analyses statistiques

Les résultats sont présentés sous forme de séries temporelles par station, pour ce qui concerne les abondances de diatomées et dinoflagellés (en cellules/L). Le rapport entre ces deux abondances est aussi obtenu et visualisé sous une échelle logarithmique (log10).

Les concentrations de chlorophylle a sont obtenues pour chaque station et visualisées séparément pour chaque niveau de profondeur (surface, mi-profondeur, fond). La moyenne entre ces valeurs est aussi calculée.

Pour étudier les variations de composition de la communauté phytoplanctonique entre les stations et les missions à différentes périodes de l'année, une analyse multivariée est réalisée en utilisant la méthode nMDS (non-metric Multi-Dimensional Scaling). Sur cette représentation, les vecteurs des variables environnementales significatives ($p < 0.05$) sont ajoutés : leur direction indique l'axe le long duquel la valeur de chaque variable augmente.

Tous les traitements de données et les analyses statistiques sont réalisés à l'aide du langage R.

► Ichtyoplancton / Zooplancton

Prélèvements

Le suivi du zooplancton et en particulier de l'ichtyoplancton a été réalisé une fois par mois simultanément et aux mêmes stations que pour le suivi de la qualité de l'eau (carte 60 de l'atlas cartographique du chapitre 3), soit 5 stations le long du raccordement CM1 entre mars 2022 et février 2023 (Tableau 10), 5 stations le long du raccordement CM2 entre mars 2023 et février 2024 (Tableau 11), et 8 stations dans la zone Centre Manche entre juillet 2022 et juin 2024 (Tableau 12).

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un double collecteur Bongo, d'un diamètre de 500 mm et avec une maille de 500 μm , équipé d'un débitmètre qui correspond au matériel préconisé par l'Ifremer dans le cadre du programme IGA (Impact des Grands aménagements), le long des côtes normandes et d'Opale (Figure 14). La vitesse du bateau était de 2 nœuds pendant 10 minutes pendant lequel le filet était maintenu dans la colonne d'eau entre 1 à 5 m sous la surface.

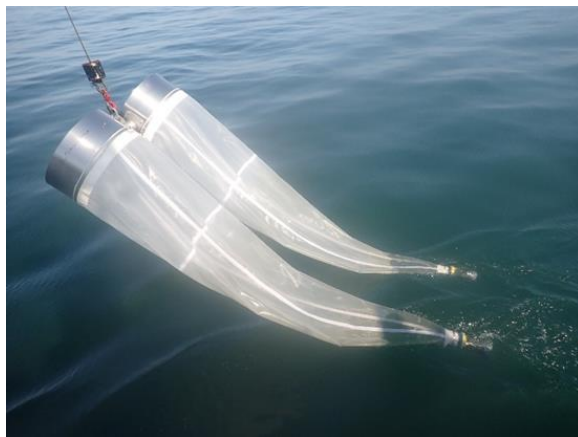


Figure 14 : Filets Bongo avec débitmètres

Après la collecte, le filet était remonté à bord et rincé (par l'extérieur). Le duplicata réalisé permettait de disposer de 2 échantillons comparables, fixés dans du formol (eau de mer avec solution formolée à 4-5 % tamponnée au pH de l'eau de mer par du tétraborate de sodium) pour détermination binoculaire. Les échantillons étaient ensuite livrés auprès des experts de la station du Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) de Concarneau qui ont réalisé la détermination et le comptage des œufs et des larves.



Figure 15 : Rinçage du filet Bongo (A) puis collecte du zooplancton dans le collecteur (B) et exemple du conditionnement (C)

Analyses

Une partie de l'échantillon est triée pour une analyse quantitative et qualitative. Le reste de l'échantillon est conservé pour référence future.

Avant l'identification et le comptage, les échantillons sont coulés à travers un tamis de 500 μm , puis placés dans un fluide de tri « sorting fluid » (Phenoxypropylene glycol). Les larves et les œufs de poissons sont triés dans chaque échantillon à l'aide d'une loupe binoculaire Zeiss-Stémi 2000C. Le reste du zooplancton est identifié au niveau de la sous-classe et l'abondance est établie. Pour la documentation occasionnelle, la loupe binoculaire était équipée d'un Canon 650D. Pour l'identification des larves et des œufs de poissons au niveau d'espèce (Ehrenbaum, 1905 ; Russell, 1976 ; Munk & Nielsen, 2005), une loupe binoculaire Zeiss SteREODiscovery.V20 a été utilisée. Les spécimens sont mesurés avec le logiciel Zeiss Zen.

La terminologie utilisée pour déterminer le degré de développement des œufs est précisée en

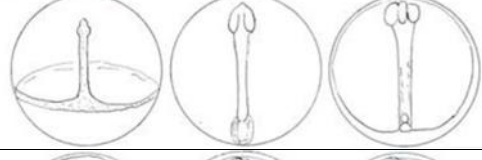
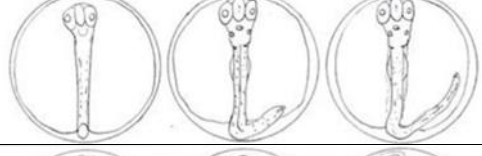
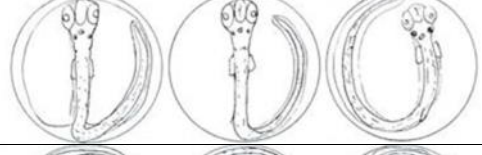
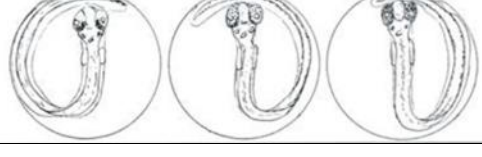
	Stade IA Le stade blastula débute par la fertilisation et se poursuit par une succession de divisions cellulaires qui aboutissent à la formation d'une masse cellulaire : la morula.
	Stade IB Durant cette phase, la morula se développe peu à peu et forme un anneau de cellules autour du blastocèle, devenant ainsi le blastocyste. Ce stade se poursuit jusqu'à ce qu'apparaisse la ligne primitive
	Stade II Le stade de la gastrulation débute dès que la ligne primitive apparaît, jusqu'à la formation des trois couches du tissu embryonnaire, parallèlement au rétrécissement du blastocèle.
	Stade III La croissance de la queue est visible, ce stade se poursuit jusqu'à ce que l'embryon occupe les trois quarts de la circonférence de l'œuf. Les yeux se développent.
	Stade IV La queue s'allonge jusqu'à ce que l'embryon occupe la totalité de l'œuf. La queue rentre alors en contact avec la tête.
	Stade V Durant ce stade, la queue poursuit la croissance au-delà de la tête de l'embryon et la pigmentation des yeux débute.
Stades de développement d'un œuf, exemple du <i>Pleuronectes platessa</i>. Les stades IA à V sont décrits par A.C. Simpson, B.M. Thompson and J.D. Riley illustrés par Apstein.	

Figure 16

, d'après Russel (1976) et Munk & Nilsen (2005). La terminologie pour les stades de développement est basée sur le degré de flexion de la section terminale de la notochorde, structure rigide dorsale présente dans l'embryon de tous les chordés, au cours du développement de la nageoire caudale (Richards, 2006 ; Ahlstrom & Ball, 1954) (Figure 17).

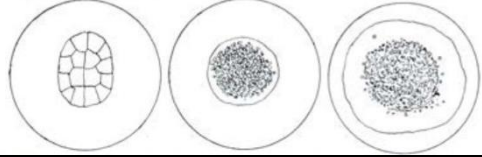
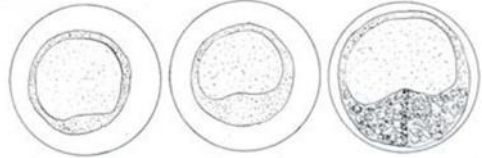
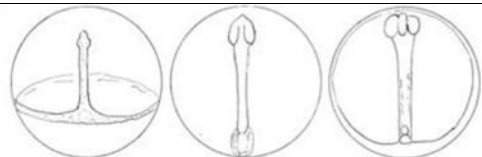
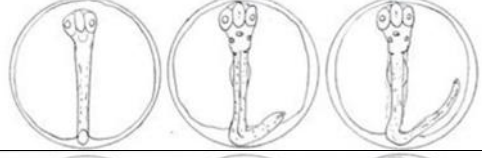
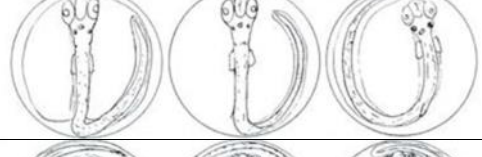
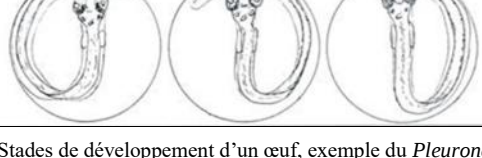
	Stade IA Le stade blastula débute par la fertilisation et se poursuit par une succession de divisions cellulaires qui aboutissent à la formation d'une masse cellulaire : la morula.
	Stade IB Durant cette phase, la morula se développe peu à peu et forme un anneau de cellules autour du blastocèle, devenant ainsi le blastocyste. Ce stade se poursuit jusqu'à ce qu'apparaisse la ligne primitive
	Stade II Le stade de la gastrulation débute dès que la ligne primitive apparaît, jusqu'à la formation des trois couches du tissu embryonnaire, parallèlement au rétrécissement du blastocèle.
	Stade III La croissance de la queue est visible, ce stade se poursuit jusqu'à ce que l'embryon occupe les trois quarts de la circonférence de l'œuf. Les yeux se développent.
	Stade IV La queue s'allonge jusqu'à ce que l'embryon occupe la totalité de l'œuf. La queue rentre alors en contact avec la tête.
	Stade V Durant ce stade, la queue poursuit la croissance au-delà de la tête de l'embryon et la pigmentation des yeux débute.
Stades de développement d'un œuf, exemple du <i>Pleuronectes platessa</i>. Les stades IA à V sont décrits par A.C. Simpson, B.M. Thompson and J.D. Riley illustrés par Apstein.	

Figure 16 : Terminologie pour la détermination des œufs

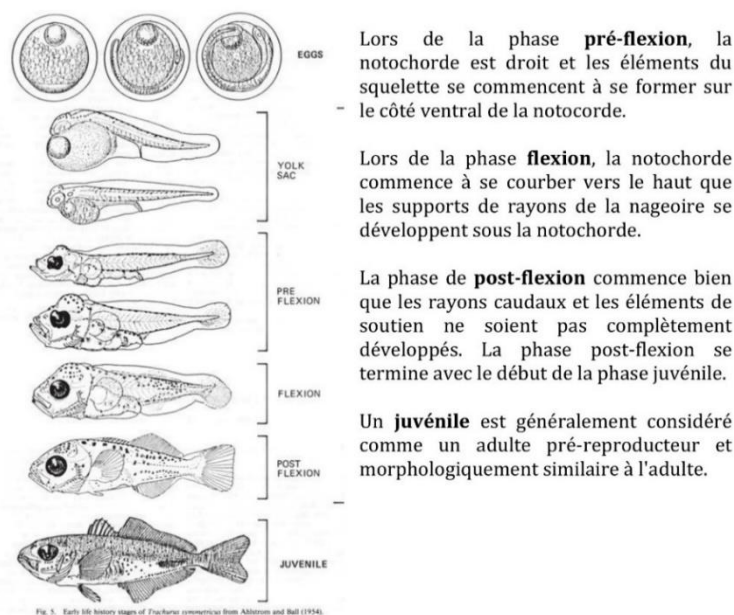
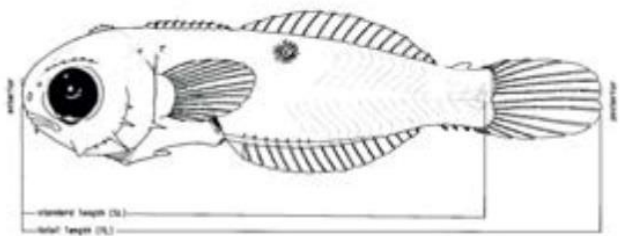
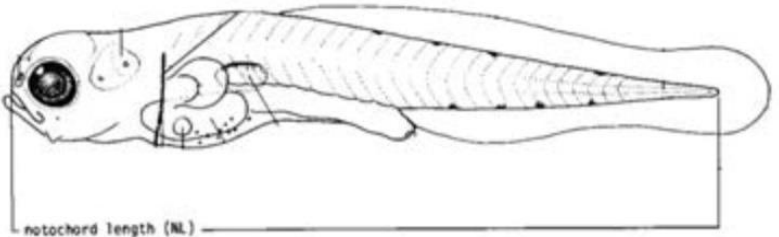


Figure 17 : Terminologie pour la détermination du stade de développement des larves

Les larves sont mesurées soit en « standard length » soit en « notochord length » d'après le Tableau 21.

Tableau 21 : Mesures prises pour caractériser les larves

Standard length	
Notochord length	

Le reste du zooplancton est identifié au niveau de précision de la Sous-Classe à la loupe binoculaire Zeiss SteREODiscovery.V20. Les images sont prises avec un AxioCam Zeiss attaché au Zeiss SteREO Discovery.V20. Les individus sont mesurés à l'aide du logiciel Zeiss Zen.

Les données collectées s'organisent en trois groupes :

- Larves de poisson : famille, espèce, abondance spécifique, stade larvaire et taille des individus ;
- Œufs de poisson : famille, espèce, abondance spécifique et stade larvaire ;
- Plancton autre que l'ichtyoplancton : sous classe, stade larvaire ou adulte et abondance.

Analyses statistiques

Les traitements sont réalisés séparément entre larves, œufs et le reste du zooplancton. Le traitement des données issues des captures est effectué par trois grandes catégories d'indicateurs biologiques : les indicateurs de diversité, d'abondance et de structure (Ifremer, 2011) :

- indicateurs de diversité : l'indice de diversité de Shannon-Wiener (H) et l'indice d'équitabilité de Piélou (J) ;
- indicateurs d'abondance : les données brutes obtenues sur un volume d'eau de mer correspondant à 1 000 m³ d'eau sont converties en captures par unité d'effort (CPUE) numériques par rapport au volume d'eau filtré par l'engin de pêche (*i.e.* le nombre d'individus pour un volume donné). Ces CPUE sont exprimées sur le total capturé par station échantillonnée ;

L'indice de diversité de (Shannon & Weaver, 1948) est calculé à partir d'un logarithme naturel selon la formule suivante :

$$H = - \sum_i^s \left(\frac{n_i}{N} \right) \cdot \log_e \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Dans la formule n_i est l'abondance du taxon i et N l'abondance totale dans la station considérée. L'indice d'équitabilité de (Piélou, 1966) (J) complète l'indice de diversité de Shannon-Wiener. Il permet d'appréhender la structure quantitative d'une communauté en termes de dominance d'une ou de plusieurs espèces. Il correspond au rapport entre la diversité (H) observée au sein d'une station et la diversité maximale, atteinte lorsque les espèces ont des effectifs identiques (Frontier, et al., 2004). Sa valeur varie de 0 (dominance complète d'une espèce) à 1 (équitartition des individus dans les espèces). Il se calcule selon la formule suivante :

$$J = \frac{H}{\log S}$$

II.4.2.1.2 Peuplements benthiques

► Suivi stationnel des peuplements benthiques intertidaux pour les raccordements

● Substrats meubles

Les inventaires quantitatifs permettent de caractériser les habitats biosédimentaires et leurs peuplements benthiques sur une zone d'étude. En effet, grâce à ces échantillons, il est possible de décrire la dynamique de la biodiversité des biocénoses à partir des peuplements de la macrofaune benthique. La stratégie générale et la méthode d'échantillonnage proposées visent à caractériser la variabilité intra-site, ainsi que les évolutions à long terme.

Les plages de Saint Marcouf et de Ouistreham font l'objet d'un suivi stationnel quantitatif des biocénoses de sables fins et hétérogènes envasés, en zone intertidale. La méthode d'échantillonnage est réalisée selon la norme AFNOR 16 665 et la méthodologie REBENT développée par l'Ifremer. Les prélèvements sont effectués à l'aide d'un carottier à main (tube en PVC de 19,22 cm de diamètre interne, surface d'environ 0,029 m²) pour l'étude de la macrofaune et l'analyse de la granulométrie (Figure 18).

Le suivi des peuplements benthiques sur substrats meubles a été réalisé en février 2022 avec 24 stations de prélèvements réparties sur la plage Saint Marcouf (Tableau 3 et carte 64 de l'atlas cartographique du chapitre 3). Pour le raccordement CM2, la campagne de prélèvements benthiques a eu lieu en février 2023 sur la plage de Ouistreham. Au total, 15 stations ont été échantillonnées (Tableau 4 et carte 65 de l'atlas cartographique du chapitre 3). L'ensemble de ces prélèvements permet de garantir une bonne représentativité dans les résultats obtenus.

Au sein de chacune des stations, 5 répliques sont prélevées à un minimum de 15 cm de profondeur. Les échantillons sont tamisés sur une maille de 1 mm puis mis en sac plastique et formolés (solution d'eau de mer à 6-8 % de formol). L'ensemble des précautions sanitaires requises pour la manipulation de formol est appliqué (masque facial intégral avec cartouches adaptées, gants en vinyle, formolage en lieu ventilé, etc.).



Figure 18 : Carottier à main et tamis pour l'échantillonnage des communautés benthiques des substrats meubles en zone intertidale

● Substrats rocheux

Un inventaire cartographique est également mené afin de décrire la composition des éventuelles laisses de mer d'une part, et, d'autre part, de caractériser les habitats des zones rocheuses présentes sur cet estran. Il a été réalisé en mars 2022 à l'atterrage du raccordement CM1 et en avril 2023 à l'atterrage du raccordement CM2 (cartes 67 et 68 de l'atlas cartographique du chapitre 3).

La méthode mise en œuvre combine analyse d'images, visite de terrain systématique, tracés sur tirage au 1 : 5000 et relevés GPS. Cette méthodologie d'inventaire prend comme référence la méthodologie développée par Ifremer (Bajjouk, 2009). La cartographie des habitats marins répond aux exigences de Natura 2000. La méthodologie développée dans le cadre de Natura 2000 étant une méthodologie de référence, cette approche est retenue. Ainsi, tous les habitats présents sont recensés et, dans le cas où ils occupent une surface significative (surface minimale de 25 m²), ils sont cartographiés avec une précision suffisante afin que des suivis (5-6 ans) puissent être envisagés. Les orthophotographies de l'IGN constituent la donnée initiale. Ces documents présentent une résolution au sol de 50 cm.

Les habitats de hauts de plages, notamment pour le suivi des paramètres des laisses de mer, les substrats rocheux et les substrats meubles sont précisément cartographiés. Tout comme en milieu terrestre, les cartes décrivant cet espace soient réalisées au 1 : 5000. Les habitats sont soumis à des fluctuations naturelles ou d'origine anthropique.

Pour assurer une cohérence et une comparaison des résultats entre les sites échantillonnés et les documents de référence sur ces aspects, la typologie retenue est identique à celle des cahiers d'habitats. Les habitats élémentaires associés aux fonds meubles sont définis à partir de leurs caractéristiques biosédimentaires et de leur localisation (estuaire, grandes criques et baies peu

profondes, etc.). Les récifs (rochers) se différencient en fonction de leur exposition aux vagues. Pour les substrats meubles, le principal critère permettant de différencier les habitats est la granulométrie.

Les inventaires cartographiques réalisés permettent de décrire les habitats à une échelle donnée. Comme pour les zones terrestres, des objets de très petites dimensions et/ou très intriqués peuvent ne pas être cartographiés, la surface minimale des polygones inventoriés étant de 25 m² (Bajjouk et al., 2010).

Les données sont ensuite saisies sur fond orthophotographique. Les relevés GPS réalisés sur le terrain sont exportés dans le Système d'information géographique (SIG) permettant de localiser et détourner des habitats. Des cartes sont ensuite produites sous SIG.

In fine, les différents faciès sont agrégés en habitats élémentaires. La carte finale présente donc une grande précision géographique et thématique. Le nombre d'habitats formant une mosaïque est limité à deux. Ceci reprend le cadre fixé par la méthodologie Ifremer (Bajjouk et al., 2010). Le fichier vecteur ainsi produit est compatible avec les principaux logiciels de gestion de SIG.

► Suivi stationnel des peuplements benthiques subtidaux le long des raccordements

● Substrats meubles

Le long du raccordement CM1, une campagne de prélèvements a été réalisée en mars 2022 sur 26 stations, conformément au protocole DCE Benthos – macro-invertébrés benthiques de substrat meuble, adapté aux masses d'eaux côtières. La saison d'échantillonnage, imposée par le protocole (mi-février à fin avril), cible la période de stabilité des peuplements benthiques. Les stations de prélèvement sont positionnées de la côte vers le large. En particulier, 14 stations ont été placées au sein de l'aire d'étude immédiate le long du raccordement CM1 et 12 stations en zone témoin, au sein de l'aire d'étude rapprochée. Les trois stations les plus côtières sont échantillonnées à la benne Day (surface unitaire de 0,1 m², Figure 19). Le reste des stations est échantillonné à la drague Rallier du Baty, selon un volume unitaire de 50 L (Figure 20). Le long du raccordement CM2, la campagne de prélèvements benthiques s'est déroulée en mars 2023. Sur un total de 30 stations, 23 stations sont échantillonnées à la drague Rallier du Baty et 7 stations à la benne Day (carte 66 de l'atlas cartographique du chapitre 3).



Figure 19: Benne Day

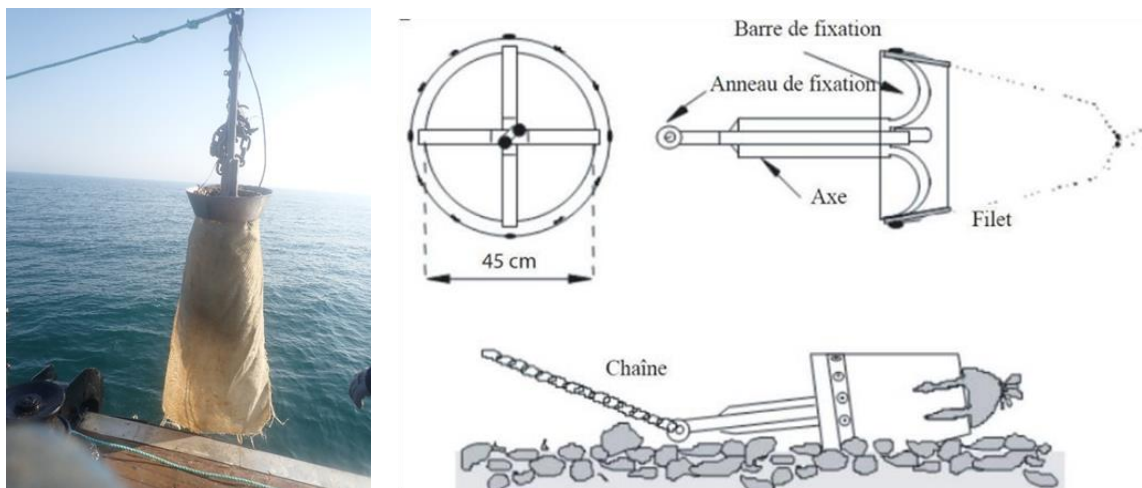


Figure 20 : Drague Rallier du Baty (à gauche) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)

Sur chaque station, les échantillons prélevés sont tamisés sur une maille de 1 mm à bord, puis mis en sac plastique et formolés (solution d'eau de mer à 10 % de formol). Toutes les précautions sanitaires requises pour la manipulation de formol sont prises (masque facial intégral avec cartouches adaptées, gants en vinyle, formolage en lieu ventilé, etc.).



Figure 21 : Exemple de photographie d'échantillons prélevés à la benne Day (Station N_PB_1 à gauche et N_PB_2 à droite).



Figure 22 : Exemple de photographie d'échantillons prélevés à la drague Rallier du Baty Day (Station N_PB_13 à gauche et N_PB_25 à droite).

© Substrats rocheux

La caractérisation et l'identification des habitats rocheux sont réalisées à partir de vidéos sous-marines. La campagne de terrain a eu lieu le 24 août 2022, sur près de 101 stations le long du raccordement CM1 et en août 2023 sur près de 50 stations le long du raccordement CM2 permettant de couvrir l'intégralité des zones rocheuses présentes.

Une caméra vidéo couleur est utilisée avec ou sans les LEDS incorporées (matériel conforme à la norme AFNOR NF-EN16260, décembre 2012). La caméra est fixée sur un bâti vertical (structure métallique conique) permettant des prises vidéo en point fixe ou à la dérive (suspension au-dessus du fond) (Figure 23). Les prises de vue sont doublées par une prise de vue à l'aide d'une GoPro Hero7, également fixée au bâti. Cette précaution sécurise la prise de vue et permet l'obtention d'images en haute définition.

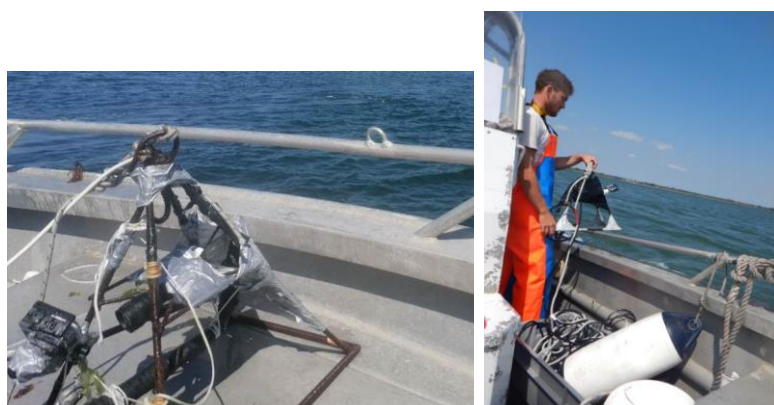


Figure 23 : Caméra vidéo sous-marine et son déploiement

Le long du raccordement CM2, une deuxième zone rocheuse nettement plus au large a également été investiguée. Pour cette zone, une campagne de terrain a été menée au ROV en juin 2023 sur 6 stations (Tableau 22).

Tableau 22 : Coordonnées des stations de suivi au ROV le long du raccordement CM2

Station	x_dmd	y_dmd
ST01	0° 29,611' O	49° 33,059' N
ST02	0° 26,571' O	49° 32,220' N
ST02BIS	0° 25,065' O	49° 31,871' N
ST03	0° 23,658' O	49° 30,503' N
ST03BIS	0° 23,196' O	49° 30,331' N
ST04	0° 21,838' O	49° 28,097' N

Les vidéos sont collectées sur l'aire d'étude par un robot sous-marin téléguidé (Figure 24), le *Deep Trekker Revolution*, déployé par la société H2DRONE (Le Havre, 76). L'engin sous-marin, appelé communément un ROV (Remotely Operated Vehicle), est doté d'une caméra UHD 4k et peut descendre jusqu'à 305 m de profondeur, sur une durée illimitée. Il capture des images de haute définition et permet un retour vidéo en direct sur un ordinateur, ce qui offre la possibilité d'adapter ses déplacements en fonction de l'environnement rencontré.



Figure 24. Le ROV Deep Trekker Revolution de la société H2DRONE (© H2DRONE).

Sur chaque site, des vidéos de 10 à 15 minutes sont collectées, alternant prises de vue rapprochées et panoramiques. Le robot sous-marin se déplace le long de plusieurs transects, dans un rayon de 100 m autour du site. La profondeur de déplacement du ROV est ajustée par rapport à la topographie de façon à obtenir un visuel du relief.

La description et la définition des habitats subtidaux sont effectuées sur la base de l'observation des vidéos.

► Suivi stationnel des peuplements benthiques subtidaux de la zone Centre Manche

Le compartiment « Habitats et peuplement benthiques » est étudié pendant 2 années sur les saisons de l'automne et de l'hiver (automne 2022, hiver 2023, automne 2023 et hiver 2024). Ce compartiment est dissociable en 2 parties selon le type de substrats étudiés : les substrats rocheux et les substrats meubles. Au total, 43 stations sont étudiées (Tableau 23) :

- 35 stations pour les peuplements benthiques de substrat meuble (B01 à B35) ;
- 4 stations pour les analyses physico-chimiques (S01 à S04) ;
- 5 stations pour les habitats benthiques de substrat rocheux (V01 à V05).

Tableau 23 : Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnage du compartiment « Habitats et peuplements benthiques ». Le système de coordonnées est WGS 84 et les coordonnées sont présentées endegrés décimaux. Les stations B01 à B35 et S01 à S04 sont des stations dédiées à l'échantillonnage des substrats meubles. Les stations V01 à V05 sont dédiées à l'échantillonnage des substrats rocheux.

Stations			Stations		
Coordonnées décimales			Coordonnées décimales		
B01	49,9831727	-0,84098131	B23	49,8587662	-0,71042072
B02	49,9404933	-1,0152342	B24	49,8479156	-0,6382353
B03	49,9229342	-0,80981213	B25	49,8193775	-0,61021954
B04	49,9241825	-0,7286844	B26	49,8276269	-0,54412671
B05	49,9284105	-0,65580127	B27	49,8118108	-0,39507461
B06	49,9447305	-0,60396265	B28	49,7886828	-0,86171069
B07	49,9216729	-0,54656658	B29	49,8095477	-0,80437171
B08	49,9511659	-0,50204846	B30	49,7765431	-0,63887027
B09	49,89898	-0,97050256	B31	49,788199	-0,56507479
B10	49,9042255	-0,90695544	B32	49,7603337	-0,53882636
B11	49,888207	-0,83325257	B33	49,7596949	-0,46767335
B12	49,8805203	-0,75379914	B34	49,7489723	-0,34827299
B13	49,9046747	-0,74567879	B35	49,6975903	-0,67510527
B14	49,8883767	-0,69100313	S01	49,8509503	-0,70961062

Stations	Coordonnées décimales		Stations	Coordonnées décimales	
B15	49,8882085	-0,63338441	S02	49,8162821	-0,75112887
B16	49,8803386	-0,5674118	S03	49,7809979	-0,70883589
B17	49,8627039	-0,52581312	S04	49,815903	-0,66526752
B18	49,8698653	-0,44875293	V01	49,94069	-0,59607
B19	49,8863322	-0,3422545	V02	49,92857	-0,82845
B20	49,8412567	-0,99784172	V03	49,89356	-0,882938
B21	49,8463781	-0,9076284	V04	49,83395	-0,796345
B22	49,8468505	-0,83187976	V05	49,753891	-0,625748

● Substrats meubles

Lors de chaque campagne, les habitats benthiques des substrats meubles sont étudiés par prélèvement au moyen de la drague Rallier du Baty à l'échelle de 35 stations (B01 à B35) afin d'analyser la faune, la granulométrie et la matière organique. Des prélèvements supplémentaires de sédiments meubles sont également réalisés à l'échelle des 4 stations de sédiments dans le but d'étudier la granulométrie et la matière organique (S01 à S04). 14 stations sont situées dans l'aire d'étude immédiate et 25 dans l'aire d'étude rapprochée. (Tableau 23). À l'échelle de chaque station, un trait de drague Rallier du Baty est réalisé durant 5 minutes afin d'obtenir un volume de sédiments de 40 L. Si au cours du premier trait le volume prélevé n'est pas suffisant, le navire se repositionne sur la station afin de réaliser un second trait.

Les échantillons de macrofaune, prélevés sur 35 stations, sont traités séparément. Le tamisage à bord est effectué sur des tamis à ouvertures circulaires de 2 et 1 mm (conformément à la norme ISO 16 665). Il s'agit du 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 uniquement des organismes de taille supérieure à 1,4 mm. Le choix du double tamisage permet d'une part de respecter les normes en vigueur (taille de maille de 1 mm) pour comparer les résultats produits avec ceux des autres études de référence et, d'autre part de comparer ces mêmes résultats à des données historiques en Manche (taille de maille de 2 mm).

La conservation des refus de tamis est réalisée après fixation au formol neutre à 10 % dans des bidons étanches de 20 L pour la fraction dont la taille des organismes est supérieure à 2 mm et des bidons de 3 L pour la fraction dont la taille des organismes est comprise entre 1 et 2 mm. Du rose Bengale est ajouté dans les échantillons pour permettre de repérer la fraction organique de l'échantillon (colorée en rose) et ainsi faciliter l'étape du tri au laboratoire. Cette étape consiste à séparer les individus des espèces de la macrofaune de la fraction minérale de l'échantillon.

Lors de chaque prélèvement, une photographie numérique est réalisée afin d'aider à rendre compte par la suite de la nature sédimentaire et des espèces remarquables de grande taille dans l'échantillon.



Figure 25 : Tamisage de sédiment fin de récupérer la faune sur des tamis à ouvertures circulaires de 2 et 1 mm dans le cadre du suivi du compartiment « Habitats benthiques ».

● Substrats rocheux

Les habitats benthiques des substrats rocheux ont été très récemment mis en évidence par les derniers travaux du SHOM à l'échelle de la zone. Ainsi, ces habitats sont explorés pour la première fois dans le cadre de cette étude d'impacts en vue de définir un état initial. Les stations d'échantillonnage (V01 à V05 sur la carte 70 de l'atlas cartographique du chapitre 3) couvrent uniquement ce type de nature des fonds. L'échantillonnage est unique mais peut éventuellement être reconduit si des incertitudes persistent quant à la détermination de la nature des habitats benthiques à la suite de la première campagne.

Le ROV utilisé pour les campagnes du compartiment « Habitats et peuplements benthiques » est le Deep Trekker Revolution (Figure 26). Cet appareil est adapté aux spécificités de la Manche avec une capacité de plongée maximale de 305 mètres et une vitesse de pointe de 3,5 nœuds lui permettant de résister à un courant de 2,5 nœuds. Les vidéos sont en qualité HD avec 30 images par seconde.



Figure 26 : Déploiement du Deep Tracker Revolution par le responsable de Irwaz Explorer (à gauche) et écran de contrôle en direct disponible pour l'expert de Sinay en cabine de pilotage (à droite) dans le cadre du suivi du compartiment « Habitats et peuplements benthiques ».

Les enregistrements vidéo durent de 10 à 20 minutes. Ils sont récupérés par Sinay afin d'effectuer le dénombrement et la détermination des espèces faunistiques et floristiques pouvant coloniser les substrats rocheux.

► Traitement des données biologiques

À l'issue des différentes campagnes de prélèvements, les macroinvertébrés benthiques d'une taille supérieure ou égale à 1 mm sont triés puis identifiés au niveau taxonomique le plus bas (c'est-à-dire espèce ou genre *a minima*).

© Abondance et richesse spécifique

L'abondance correspond au nombre d'individus d'une espèce. Face à une pollution, les espèces peuvent suivre 3 types de réaction selon leur sensibilité :

- disparaître, pour les plus sensibles ;
- se maintenir, pour les indifférentes ;
- profiter des nouvelles conditions mises en place et se développer, pour les tolérantes et les opportunistes.

La richesse spécifique correspond au nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface. Elle peut être utilisée pour analyser la structure taxonomique du peuplement (ex : nombre d'espèces de polychètes/mollusques, etc.).

ES (50) : Afin de pouvoir comparer la diversité des prélèvements effectués à la drague Rallier du Baty, les valeurs d'ES (50), abréviation de « Expected number of species among 50 individuals » - c'est-à-dire « nombre d'espèces attendues parmi 50 individus » - sont également calculées. C'est un indicateur de diversité basé sur la méthode de raréfaction qui se calcule selon la formule suivante faisant appel à des factoriels :

$$ES(50) = \sum_i \left[\frac{(N - n_i)! (N - 50)!}{(N - n_i - 50)! N!} \right]$$

avec n_i l'abondance du taxon i et N l'abondance totale dans la station considérée. Les valeurs d'ES(50) sont également calculées au niveau de chaque station. Seules les espèces dénombrables peuvent être prises en compte dans ce calcul.

La constance d'une espèce : c'est le rapport, en pourcentage, entre le nombre de stations (P_i) où l'espèce i est présente et le nombre total de stations (P_t) de l'unité biocénotique considérée (Dajoz, 1975). Elle s'exprime par la formule suivante :

$$C_i = \frac{P_i}{P_t} \times 100$$

Il en résulte quatre catégories :

- espèce rare, $C < 12,5\%$,
- espèce occasionnelle, $12,5 \leq C < 25\%$,
- espèce commune, $25 \leq C < 50\%$,
- espèce constante $C \geq 50\%$.

Diagramme Rang Fréquence (DRF) : il sera établi pour chaque communauté ou faciès. Il ne comporte que les espèces dont la fréquence dépasse le seuil de 1 %. Les espèces principales seront sélectionnées à partir de ces DRF.

● Indice de diversité

Les deux indices calculés, constituent ceux régulièrement utilisés pour l'évaluation de la diversité des peuplements :

- *l'indice de diversité de Shannon-Weaver* (le plus couramment utilisé dans la littérature) est calculé selon la formule :

$$H' = - \sum_s P_i \times \log_2(P_i)$$

Avec $P_i = N_i / N$ et S le nombre d'espèces contenues dans l'échantillon, P_i la dominance de l'espèce i dans l'échantillon, N_i l'effectif de l'espèce i dans l'échantillon, N l'effectif total de l'échantillon.

H' est minimal (= 0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce ; H' est également minimal si, dans un peuplement, chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis de façon égale sur toutes les espèces (Alzieu, 2003). La diversité de Shannon est considérée comme faible lorsque $H' < 1,5$.

- *l'indice d'équitabilité (E) de Pielou* accompagne souvent l'indice de Shannon. Il mesure le rapport de H' à l'indice maximal théorique dans le peuplement ($H_{\max}$) :

$$E = H' / H_{\max}$$

Avec $H_{\max} = \log_2(S)$, et S le nombre d'espèces contenues dans l'échantillon.

Cet indice peut varier de 0 à 1. Il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement, et minimal lorsqu'une seule espèce domine tout le peuplement. Une valeur élevée traduit donc un peuplement bien équilibré. Insensible à la richesse spécifique, cet indice est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage (Alzieu, 2003).

● Indice biotique pour les substrats meubles : AMBI

L'objectif de l'indice biotique est d'estimer l'état de santé du milieu et ses modifications éventuelles grâce à des groupes d'espèces dont la présence ou l'absence, l'abondance relative témoignent de déséquilibres au sein des peuplements (Alzieu, 2003). Cette méthode est donc uniquement basée sur des données biologiques et permet de mesurer l'état de santé des peuplements en lien avec un enrichissement en matière organique, et par la même occasion, du milieu sur une échelle d'indices.

Les deux avantages principaux de l'utilisation des indices biotiques sont, d'une part de révéler des anomalies environnementales non détectables par les autres méthodes, physico-chimiques notamment, d'autre part de visualiser d'une façon claire et rapide les progrès réalisés dans l'amélioration du milieu (politique de bassin versant, assainissement, etc.). L'emploi d'un indice permet donc de résumer en une valeur unique une somme importante d'informations écologiques.

Les espèces benthiques sont révélatrices d'un ensemble de conditions physico-chimiques de leurs habitats. Ainsi, il est possible de les classer selon leur réaction face à l'enrichissement du milieu en matière organique. L'indice de qualité du milieu se fonde sur la distinction, au sein de la macrofaune benthique, de cinq groupes écologiques regroupant des espèces ayant en commun une sensibilité similaire vis-à-vis de la matière organique en excès et face au déficit éventuel d'oxygène résultant de sa dégradation. Ces groupes écologiques de polluto-sensibilités ont été identifiés par Hily (1984) et complétés par de nombreux auteurs (Grall et Glémarec, 1997, Borja et al., 2000). Ils sont définis comme suit :

- **groupe écologique I** : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a hypertrophisation du milieu ;
- **groupe écologique II** : espèces indifférentes à une hypertrophisation. Ce sont des espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de la matière organique ;
- **groupe écologique III** : espèces tolérantes à une hypertrophisation. Elles sont naturellement présentes dans les vases ; comme leur prolifération est stimulée par un enrichissement du milieu, elles sont alors un indice du déséquilibre du système ;
- **groupe écologique IV** : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1 an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées ;
- **groupe écologique V** : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits.

La Figure 27 illustre l'évolution des groupes écologiques en fonction d'une perturbation croissante liée à un enrichissement en matière organique.

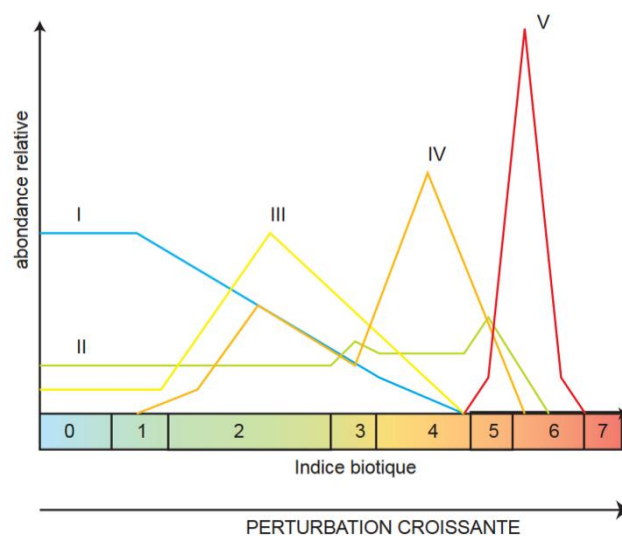


Figure 27 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).

Le Coefficient Benthique (CB ou AMBI) a été créé par Borja et al. (2000). Il consiste à pondérer le pourcentage de chaque groupe écologique présent par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation :

$$CB = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

Cette formule a l'avantage de transformer l'indice en variable continue, permettant l'utilisation de tests statistiques pour en vérifier la validité. De plus, il permet de s'affranchir de la subjectivité pour attribuer une valeur lorsque deux groupes écologiques sont en proportions équivalentes. Le Tableau 24 indique les correspondances entre les valeurs de l'indice AMBI et l'état de santé des communautés benthiques.

Tableau 24 : Valeurs d'AMBI et état de santé des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000)

Etat écologique	AMBI	Classification de la pollution
Très bon	$0 < \text{AMBI} \leq 1,2$	Normal
Bon	$1,2 < \text{AMBI} \leq 3,3$	Légèrement pollué, état transitoire
Moyen	$3,3 < \text{AMBI} \leq 4,3$	Modérément pollué
Médiocre	$4,3 < \text{AMBI} \leq 5,5$	Gravement pollué
Mauvais	$5,5 < \text{AMBI} \leq 7$	Azoïque

© Analyses multivariées

Des analyses multivariées sont réalisées à l'aide du logiciel PRIMER© (version 6). Les données sont, tout d'abord, transformées ($\log(X+1)$) afin de réduire l'asymétrie des distributions d'abondances des espèces, c'est-à-dire diminuer le poids des espèces fortement représentées. Les différences de composition spécifique entre stations, répliques, sont ensuite calculées au travers de l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957).

Des classifications ascendantes hiérarchiques (CAH) sont effectuées pour visualiser les regroupements de peuplements de nature similaire. Les regroupements sont interprétés selon les caractéristiques de ces peuplements et les paramètres environnementaux connus dans les différentes stations. Les CAH sont réalisées en prenant comme indice de similitude celui de Bray-Curtis.

La méthode du multidimensional scaling (MDS) est également utilisée afin de visualiser les différences d'assemblage entre stations et répliques. Cette méthode permet de projeter sur un plan de deux dimensions une matrice de distance (Clarke and Warwick, 2001).

La procédure SIMPER (SIMilarity PERcentage) est utilisée dans le but d'identifier les espèces discriminant les différents groupes (ici, les stations et les transects). Cette méthode donne la contribution moyenne d'une espèce à la distance de Bray-Curtis entre chaque paire d'unités d'échantillonnage de deux ensembles de communautés.

Des analyses de similarité (ANOSIM) développées par Clarke (1993) sont enfin utilisées afin de tester l'hypothèse nulle selon laquelle il n'existe aucune différence entre les assemblages. L'objectif est notamment de constater que si les groupes affectés sont significativement différents, ils tendent alors à montrer que des échantillons au sein des groupes devraient être plus semblables que des échantillons provenant de différents groupes.

La Figure 28 suivante résume la démarche mise en œuvre dans le cadre des analyses multivariées (Grall and Coïc, 2006 d'après Field et al., 1982).

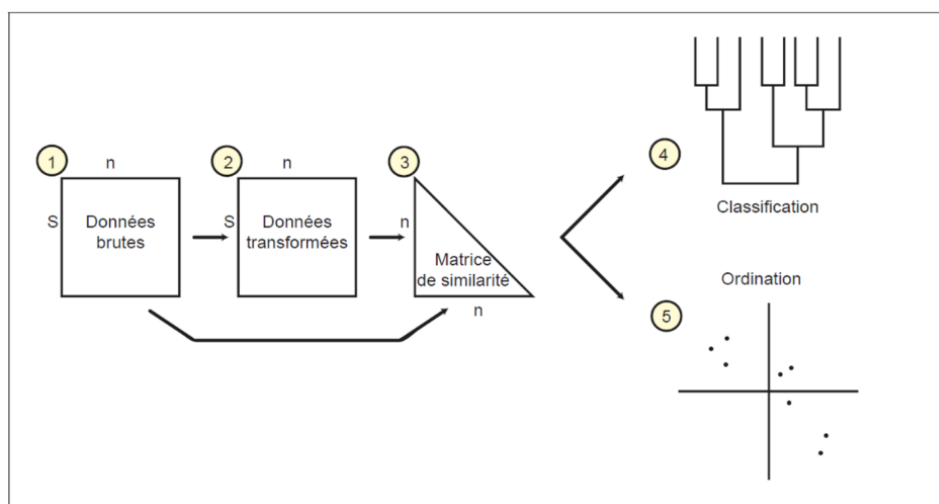


Figure 28 : Analyses multivariées : résumé des étapes conduisant à la classification ou à l'ordination, méthode normale (Source : Grall et Coïc, 2006 d'après Field et al., 1982)

● Typologie des habitats pour la cartographie

La *Typologie des habitats marins benthiques français de Manche, de mer du Nord et d'Atlantique* parue en 2019 (Michez et al., 2019) est utilisée. Cette typologie se base sur celle mise en place en Bretagne (Michez et al., 2013 ; Michez et al., 2015, Bajjouk et al., 2010 ; Bajjouk, 2009 ; Guillaumont et al., 2010). Elle repose sur trois grands ensembles de substrats (meubles, rocheux et habitats particuliers). Puis, en fonction de la précision recherchée, trois niveaux hiérarchiques peuvent être distingués pour chacun de ces trois ensembles. Le niveau 1 reste très général alors que les niveaux 2 et 3 apportent des précisions sur les populations animales et végétales ou encore le taux de recouvrement. Des correspondances sont également faites avec la typologie des Cahiers d'habitats et EUNIS. Pour les correspondances entre les différentes typologies, le référentiel national des habitats HABREF est utilisé.

II.4.2.1.3 Poissons, mollusques et crustacés

► Raccordements CM1 et CM2

Les protocoles sont élaborés à partir des connaissances du site (TBM environnement, 2021) et en concertation avec le comité des pêches. Ils visent à décrire les secteurs à enjeux écologiques mais aussi à enjeux pour les espèces commerciales. La diversité des engins utilisés est également fonction des pêcheurs volontaires pour réaliser ces opérations (carte 89 de l'atlas cartographique du chapitre 3).

Ainsi, pour l'établissement de l'état initial, les campagnes en mer sont réalisées comme décrites ci-après à l'aide d'engins traînants tels que le chalut de fond et la drague à coquilles Saint-Jacques permettant d'échantillonner en période diurne sur des temps de prises courts (20 minutes de trait). Un engin dormant tel que le casier à bulots est également utilisé. Du fait de la nature du sol (galets cailloutis), le chalut à perche n'est pas être utilisé. Pour les arts traînants (drague à coquilles Saint-Jacques et chalut canadien), les engins sont immergés durant 20 min par station à la vitesse de 2-3

nœuds contre le courant. Pour l'art dormant qu'est le casier à bulots, le temps d'immersion des filières est de 24 heures soit la durée d'immersion usuelle pour ce métier.

Au total, 15 stations de suivi sont positionnées le long du raccordement CM1 et 14 stations le long du raccordement CM2. Sur chaque station, les 3 métiers sont appliqués et les moyens nautiques entre les deux zones de raccordement sont identiques. Les stations sont positionnées afin d'avoir une bonne représentativité de la zone. Pour les échantillonnages le long du raccordement CM1, 15 stations sont situées au sein de l'aire d'étude rapprochée dont six dans l'aire d'étude immédiate (N_CHDG_01, N_CHDG_03, N_CHDG_05, N_CHDG_09, N_CHDG_10, N_CHDG_12). Les stations utilisées pour les arts trainants sont précisées dans le *Tableau 25*, et pour les arts dormants dans le *Tableau 26*.

Tableau 25 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes halieutiques au chalut canadien et à la drague le long du raccordement CM1(WGS84, dmd)

Station	Filage			Virage		
	Latitude		Longitude	Latitude		Longitude
N_CHDG_01	49° 32.229' N		1° 14.461' O	49° 32.287' N		1° 12.806' O
N_CHDG_02	49° 32.612' N		1° 10.203' O	49° 32.668' N		1° 08.548' O
N_CHDG_03	49° 34.893' N		1° 10.702' O	49° 34.949' N		1° 09.046' O
N_CHDG_04	49° 34.342' N		1° 07.737' O	49° 34.397' N		1° 06.080' O
N_CHDG_05	49° 36.742' N		1° 09.146' O	49° 36.830' N		1° 07.490' O
N_CHDG_06	49° 36.937' N		1° 03.955' O	49° 36.992' N		1° 02.296' O
N_CHDG_07	49° 40.615' N		1° 06.138' O	49° 40.700' N		1° 04.481' O
N_CHDG_08	49° 40.612' N		1° 00.419' O	49° 40.666' N		0° 58.758' O
N_CHDG_09	49° 42.665' N		1° 02.958' O	49° 42.719' N		1° 01.297' O
N_CHDG_10	49° 44.614' N		0° 59.546' O	49° 44.641' N		0° 57.883' O
N_CHDG_11	49° 43.237' N		0° 56.671' O	49° 43.290' N		0° 55.009' O
N_CHDG_12	49° 46.112' N		0° 56.304' O	49° 46.166' N		0° 54.642' O
N_CHDG_13	49° 47.429' N		1° 00.242' O	49° 47.513' N		0° 58.582' O
N_CHDG_14	49° 47.911' N		0° 52.282' O	49° 47.964' N		0° 50.619' O
N_CHDG_15	49° 49.169' N		0° 55.848' O	49° 49.223' N		0° 54.184' O
N_CHDG_01	49° 32.229' N		1° 14.461' O	49° 32.287' N		1° 12.806' O
N_CHDG_02	49° 32.612' N		1° 10.203' O	49° 32.668' N		1° 08.548' O
N_CHDG_03	49° 34.893' N		1° 10.702' O	49° 34.949' N		1° 09.046' O
N_CHDG_04	49° 34.342' N		1° 07.737' O	49° 34.397' N		1° 06.080' O

Tableau 26 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes aux arts dormants le long du raccordement CM1 (WGS84, dmd)

Station	Latitude	Longitude
N_CSFT_01	49°32.258'N	1°13.634'O
N_CSFT_02	49°32.640'N	1°09.376'O
N_CSFT_03	49°34.921'N	1°09.874'O
N_CSFT_04	49°34.370'N	1°06.908'O
N_CSFT_05	49°36.786'N	1°08.318'O
N_CSFT_06	49°36.965'N	1°03.125'O
N_CSFT_07	49°40.657'N	1°05.309'O
N_CSFT_08	49°40.639'N	0°59.588'O
N_CSFT_09	49°42.692'N	1°02.128'O
N_CSFT_10	49°44.628'N	0°58.714'O
N_CSFT_11	49°43.264'N	0°55.840'O
N_CSFT_12	49°46.139'N	0°55.473'O
N_CSFT_13	49°47.471'N	0°59.412'O
N_CSFT_14	49°47.937'N	0°51.451'O
N_CSFT_15	49°49.196'N	0°55.016'O

Le long du raccordement CM2, les 14 stations sont situées au sein de l'aire d'étude rapprochée dont six dans l'aire d'étude immédiate (T2, T4, T6, T8, T9, T11). Les tableaux suivants précisent les coordonnées des stations utilisées pour les arts traînants et les arts dormants.

Tableau 27 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes halieutiques au chalut canadien et à la drague le long du Raccordement CM2 (WGS84, dmd)

Station	Filage		Virage	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1	49°19,746'N	0°17,517'O	49°19,726'N	0°16,186'O
2	49°21,025'N	0°18,592'O	49°21,102'N	0°17,264'O
3	49°22,271'N	0°15,655'O	49°22,251'N	0°14,264'O
4	49°25,687'N	0°20,956'O	49°25,671'N	0°19,49'O
5	49°25,419'N	0°17,778'O	49°25,478'N	0°16,313'O
6	49°28,943'N	0°22,476'O	49°28,959'N	0°21,078'O
7	49°29,626'N	0°26,351'O	49°29,609'N	0°24,885'O
8	49°32,756'N	0°32,046'O	49°32,822'N	0°30,673'O
9	49°35,056'N	0°35,89'O	49°35,13'N	0°34,648'O
10	49°35,567'N	0°33,372'O	49°35,615'N	0°31,96'O
11	49°38,709'N	0°38,017'O	49°38,745'N	0°36,718'O
12	49°38,9'N	0°34,434'O	49°38,905'N	0°33,061'O
13	49°43,438'N	0°41,541'O	49°43,45'N	0°40,237'O
14	49°43,462'N	0°36,883'O	49°43,482'N	0°35,428'O
15	49°19,746'N	0°17,517'O	49°19,726'N	0°16,186'O
12	49°21,025'N	0°18,592'O	49°21,102'N	0°17,264'O
13	49°22,271'N	0°15,655'O	49°22,251'N	0°14,264'O
14	49°25,687'N	0°20,956'O	49°25,671'N	0°19,49'O
T1	49° 19,715' N	0° 18,754' O	49° 19,714' N	0° 16,840' O
T2	49° 21,081' N	0° 19,009' O	49° 21,080' N	0° 16,841' O
T3	49° 22,239' N	0° 15,761' O	49° 22,238' N	0° 14,044' O
T4	49° 25,674' N	0° 21,231' O	49° 25,675' N	0° 19,132' O
T5	49° 25,427' N	0° 17,923' O	49° 25,468' N	0° 16,078' O

Station	Filage		Virage	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
T6	49° 29,641' N	0° 26,585' O	49° 29,602' N	0° 24,611' O
T7	49° 28,942' N	0° 22,763' O	49° 28,943' N	0° 20,853' O
T8	49° 32,775' N	0° 32,269' O	49° 32,820' N	0° 30,484' O
T9	49° 35,083' N	0° 36,110' O	49° 35,129' N	0° 34,323' O
T10	49° 35,585' N	0° 33,560' O	49° 35,589' N	0° 31,773' O
T11	49° 38,722' N	0° 38,204' O	49° 38,723' N	0° 36,326' O
T12	49° 38,893' N	0° 34,601' O	49° 38,898' N	0° 32,492' O
T13	49° 43,469' N	0° 41,867' O	49° 43,433' N	0° 40,073' O
T14	49° 43,483' N	0° 36,871' O	49° 43,488' N	0° 34,822' O
T1	49° 19,715' N	0° 18,754' O	49° 19,714' N	0° 16,840' O
T2	49° 21,081' N	0° 19,009' O	49° 21,080' N	0° 16,841' O
T3	49° 22,239' N	0° 15,761' O	49° 22,238' N	0° 14,044' O
T4	49° 25,674' N	0° 21,231' O	49° 25,675' N	0° 19,132' O

Tableau 28 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes aux arts dormants le long du raccordement CM2 (WGS84, dmd)

Station	Latitude	Longitude
T1	49° 19,715' N	0° 18,754' O
T2	49° 21,081' N	0° 19,009' O
T3	49° 22,239' N	0° 15,761' O
T4	49° 25,674' N	0° 21,231' O
T5	49° 25,427' N	0° 17,923' O
T6	49° 29,641' N	0° 26,585' O
T7	49° 28,942' N	0° 22,763' O
T8	49° 32,775' N	0° 32,269' O
T9	49° 35,083' N	0° 36,110' O
T10	49° 35,585' N	0° 33,560' O
T11	49° 38,722' N	0° 38,204' O
T12	49° 38,893' N	0° 34,601' O
T13	49° 43,469' N	0° 41,867' O
T14	49° 43,483' N	0° 36,871' O

Les échantillonnages au chalut canadien sont réalisés à l'aide d'un chalutier coquillard de 16 mètres. La corde de dos du chalut utilisé mesure 18 m (ouverture moyenne). La taille des mailles à l'intérieur de la poche est de 20 mm de maille étirée. Du fait de la nature du fond, composé majoritairement de galets et de cailloutis le long du raccordement CM1, un bourrelet de type *diabolos* a été utilisé, sans toutefois y associer de racleur (synonymes de radar et de scoubidou). Le raccordement CM2 a été échantillonné avec un racleur associé au bourrelet car la nature du fond le permettait. Les premières stations échantillonnées au printemps 2023 (T14, T13, T12, T11, T9, T10, T2).

Les échantillonnages se sont déroulés le long du raccordement CM1 au printemps 2022 (avril), à l'automne 2022 (fin septembre) et en hiver 2023 (février).

Le long du raccordement CM2, les campagnes ont eu lieu au printemps 2023 (avril), en été 2023 (août), en automne 2023 (début décembre) et en hiver 2024 (mars).



Figure 29 : Chalut canadien utilisés pour l'échantillonnage le long des raccords par TBM.

Tableau 29 : Bilan des types de bourrelets (avec et sans radar) utilisés pour les échantillonnages au chalut canadien le long du raccordement CM1 entre le printemps 2022 et hiver 2023

Station	Raccordement CM1		
	Printemps 2022	Automne 2022	Hiver 2023
N_CHDG_01	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_02	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_03	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_04	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_05	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_06	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_07	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_08	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_09	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_10	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_11	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_12	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_13	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_14	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS
N_CHDG_15	DIABOLOS	DIABOLOS	DIABOLOS

Tableau 30 : Bilan des types de bourrelets (avec et sans radar) utilisés pour les échantillonnages au chalut canadien le long du raccordement CM2 entre le printemps 2023 et hiver 2024

Station	Raccordement CM2			
	Printemps 2023	Été 2023	Automne 2023	Hiver 2024
T1	-	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T2	DIABOLOS	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T3	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T4	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T5	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T6	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T7	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T8	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T9	DIABOLOS	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T10	DIABOLOS	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T11	DIABOLOS	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T12	DIABOLOS	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T13	DIABOLOS	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR
T14	DIABOLOS	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR	DIABOLOS+RADAR

L'échantillonnage à la drague à coquille est effectué sur un coquillard de 16 mètres, basé à Barfleur. 8 dragues à coquilles de type anglaise sont utilisées simultanément à chaque station. Les dragues utilisées possèdent une ouverture moyenne de 80 cm. Elles sont composées d'anneaux métalliques ventraux de 92 mm, ainsi que de mailles flexibles de 92 mm (Figure 30). Deux sessions d'échantillonnages ont été menées, au printemps 2022 (fin mars) et en automne 2022 (début octobre) le long du raccordement CM1 et au printemps et automne 2023 (mai et octobre) le long du raccordement CM2.



Figure 30 : Drague à coquilles utilisés pour les échantillonnages le long des raccordements par TBM.

Une filière de casiers à bulot est disposée sur chaque station à partir d'un bulotier de 15 mètres, basé à Barfleur. Chaque filière mesure 100 m de long et est composée de 10 casiers lestés à leur base par un disque en béton, et espacés de 10 mètres les uns des autres (Figure 31). Deux sessions d'échantillonnage ont été menées le long du raccordement CM1, à l'été 2022 (juin) et à l'été 2023 (juin). Le nombre de casiers levés par campagne était de 130 à l'été 2022 et de 150 casiers à l'été 2023. Le long du raccordement CM2, une première campagne a eu lieu en juillet 2023. Lors de la campagne d'été 2023, le nombre de casiers relevés était de 130.



Figure 31 : Filières de casiers à bulots utilisés pour les échantillonnages le long des raccordements par TBM.

► Zone Centre Manche

Dans la zone Centre Manche, 20 stations sont prospectées au chalut canadien. 10 d'entre elles sont localisées à l'intérieur de l'aire d'étude immédiate (stations E, F, G, H, I, J, L, M, N, P), et les 10 autres sont situées dans l'aire d'étude rapprochée (stations A, B, C, D, K, O, Q, R, S, T). Pour chaque station, le chalut canadien est traîné de jour pendant 20 minutes, à une vitesse de 2 – 3 nœuds contre le courant.

Le chalutier utilisé mesure 22 m de long et est basé à Cherbourg. Il est équipé d'un chalut de 16 m de corde de dos (ouverture moyenne). La taille des mailles à l'intérieur de la poche est de 20 mm de maille étirée.



Figure 32 : Chalut canadien utilisé pour l'échantillonnage de la zone du parc par SINAY.

Tableau 31 : Caractéristiques des stations d'échantillonnage des campagnes au chalut en zone Centre Manche (WGS84, dmd)

Stations « Chalut canadien »	Coordonnées décimales du filage		Coordonnées décimales du virage	
A	49,90031993	-0,916879126	49,90218948	-0,891740905
B	49,94770559	-0,610657837	49,94876839	-0,591649768
C	49,84413935	-0,838686242	49,84192926	-0,814017663
D	49,8852421	-0,762570457	49,88198998	-0,742661104
E	49,81651587	-0,617335311	49,81552983	-0,597845799
F	49,77770741	-0,655346206	49,77437349	-0,637018874
G	49,92655441	-0,735178742	49,92718026	-0,714816683
H	49,88479603	-0,636511426	49,884796	-0,620055003
I	49,87784526	-0,558458215	49,8775237	-0,572439094
J	49,85894731	-0,51848495	49,85949048	-0,534320201
K	49,88171124	-1,14121383	49,88136325	-1,117797062
L	49,98678338	-0,83591146	49,98345898	-0,813930641
M	49,69372159	-0,680605358	49,69617956	-0,658039819
N	49,85009729	-1,008665259	49,8433454	-0,988678469
O	49,7727191	-1,100421532	49,77153244	-1,079439192
P	-0,956544436	-0,964389302	49,7139117	-0,976943099
Q	49,95600708	-0,298292552	49,95430039	-0,275857534
R	49,88240253	-0,346926101	49,88511809	-0,321287098
S	49,80749295	-0,297013799	49,80687483	-0,273345743
T	49,74689676	-0,362108666	49,74467917	-0,341554951

À certaines stations ou campagnes, un bourrelet de type *diabolos* avec racleur/radar est mis en œuvre en présence de bancs d'*Ophiuroidea*. La fonction du radar consiste à remettre en suspension la partie supérieure du sédiment et les espèces qui y sont enfouies. Les échantillonnages se sont déroulés en été 2022 (septembre), en automne 2022 (octobre), en hiver 2023 (janvier) et au printemps 2023 (mai). Le Tableau 32 présente les informations relatives à l'utilisation du racleur en fonction des stations et des campagnes effectuées. Afin d'évaluer l'influence du racleur sur l'abondance, la biomasse et la diversité des échantillons, 4 stations (A, D, F, O) sont échantillonnées à 2 reprises (avec et sans racleur) à chaque campagne depuis le début de la seconde année de suivi du compartiment (été 2023 à printemps 2024).

Le choix de l'utilisation du racleur est associé à :

- une volonté d'évitement de certaines espèces présentes en abondance (*Ophiuroidea* nd.) : absence du racleur ;
- une volonté de cibler l'ensemble des espèces benthopélagiques et plus particulièrement les espèces benthiques sensibles aux effets du passage du chalut sur le fond : présence du racleur.

Les échantillonnages se sont déroulés en été 2022 (septembre) et 2023 (septembre-octobre), en automne 2022 (octobre) et 2023 (novembre), en hiver 2023 (janvier) et 2024 (février) et au printemps 2023 (mai) et 2024 (avril).

Tableau 32 : Bilan des types de bourrelets (avec et sans radar) utilisés pour les échantillonnages au chalut canadien dans la zone Centre Manche entre l'été 2022 et le printemps 2024

Station	Zone Centre Manche							
	Eté 2022	Automne 2022	Hiver 2023	Printemps 2023	Eté 2023	Automne 2023	Hiver 2024	Printemps 2024
A	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS
Ab is	-	-	-	-	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
B	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
C	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
D	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS
Db is	-	-	-	-	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
E	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
F	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS
Fbi s	-	-	-	-	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
G	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
H	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
I	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
J	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
K	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
L	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR

M	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
N	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
O	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS
Ob is	-	-	-	-	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
P	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS
Q	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
R	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
S	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS+R ADAR
T	DIABO LOS+R ADAR	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS	DIABO LOS

► Traitement des captures

Lors de l'échantillonnage, toutes les captures sont considérées : poissons, céphalopodes (mollusques) et invertébrés benthiques d'intérêt commercial ou non (mollusques, crustacés, échinodermes, annélides...). Les individus sont identifiés jusqu'au niveau taxonomique de l'espèce à bord ou sont ramenés au laboratoire quand un doute existe.

Tous les poissons et céphalopodes sont dénombrés et mesurés en considérant la longueur totale (en cm) dans un échantillon représentatif de 30 individus par espèce. Le poids total de chaque espèce est relevé (en kg). Les invertébrés d'intérêt commercial sont mesurés ou *a minima* classés par taille, les individus d'autres espèces d'invertébrés sont uniquement dénombrés et pesés.

Chaque individu est mesuré et pesé avec l'outil le plus adapté à sa taille et sa masse :

- pied à coulisse électronique : mesure de la longueur des crustacés (longueur céphalothoracique), des mollusques gastéropodes (longueur totale) et des mollusques bivalves (hauteur) en millimètres ;
- ichtyomètre : mesure de la taille des poissons (longueur totale) et mollusques céphalopodes (longueur du manteau) ;
- peson : mesure de la masse des petits individus ou des petites quantités ;
- balance marinisée : mesure de la masse des grands individus ou des grandes quantités

► Analyses

À l'issue de l'ensemble des campagnes, les données collectées permettent le calcul :

- de la richesse spécifique (nombre de taxons identifiés) ;
- de la fréquence d'occurrence (pour chaque taxon : le nombre de sorties de pêche avec capture du taxon par rapport au nombre total de sorties). Les espèces sont considérées constantes dans une zone si elles sont présentes sur au moins 80 % des stations, communes si elles sont présentes sur 50 à 80 % des stations, occasionnelles si elles sont présentes sur 10 à 49 % des stations, et rares si elles sont présentes sur moins de 10 % des stations ;
- des captures par unités d'effort : correspondant à la quantité d'une espèce, décrite en poids (biomasse) ou en nombre (abondance), pondérée par l'effort de pêche. Son calcul permet de comparer des quantités provenant d'un effort de pêche différent. L'ouverture moyenne du chalut par la distance ainsi que le temps d'immersion sont considérées comme de bons facteurs d'approximation de cet effort. Ces quantités sont reportées en hectares pour les engins traînants (distance parcourue au chalut ou à la drague) et en jour pour les arts dormants (24 heures de temps de pose des 10 casiers à chaque station).

Une approche mono-spécifique est réalisée suivant l'abondance, l'intérêt commercial ou le statut d'une espèce en prenant en compte l'ensemble des engins analysés.

II.4.2.1.4 Mammifères marins, mégafaune marine, avifaune en mer, chiroptères

Les expertises mises en œuvre dans le cadre du projet éolien en mer Centre Manche incluent :

- des expertises nautiques visuelles (avifaune et mammifères marins) : 27 campagnes nautiques réalisées entre septembre 2021 et septembre 2024. Les transects réalisés couvrent l'ensemble de la zone Centre Manche ;
- des expertises visuelles aériennes (avifaune et mammifères marins) : 27 campagnes nautiques réalisées entre septembre 2021 et septembre 2024. Les transects réalisés couvrent l'ensemble de la Zone Centre Manche ;
- des expertises digitales aériennes (avifaune et mammifères marins) : quatre campagnes effectuées en 2022 (1 par saison) ;
- des expertises visuelles à la côte (avifaune et mammifères marins) : des observations visuelles réalisées 2 fois par mois de janvier 2022 à décembre 2022 depuis la côte au niveau du phare de Gatteville et de la pointe du Saire ;
- des suivis télémétriques de Goëlands argentés : 2 campagnes de captures au nid effectuées en mai 2022 et mai 2023 sur l'île de Tatihou ;
- des suivis télémétriques de phoques gris : 2 campagnes de captures effectuées en juillet 2022 et en juillet 2023 dans l'estuaire de Seine, sur leurs reposoirs localisés autour de l'îlot du Ratier
- de l'acoustique sous-marine passive (mammifères marins et bruit ambiant) : 14 stations acoustiques déployées pendant 6 à 12 mois entre mars 2022 et septembre 2024 équipées d'enregistreurs acoustiques large bande et/ou de systèmes de détection automatique de clics de cétacés (CPODs) ;
- des enregistreurs acoustiques (chiroptères) : 2 navires réalisant la liaison Ouistreham-Portsmouth équipés d'une station d'enregistrement de mars à novembre 2022 et d'avril à novembre 2023.

► Expertises nautiques visuelles

Le protocole mis en œuvre est conforme aux recommandations issues du protocole European Seabirds At Sea (ESAS) (Joint Nature Conservation Committee, Royaume-Uni³), aux recommandations du Muséum national d'histoire naturelle (Valéry, 2010) ainsi qu'aux recommandations du guide *Éolien en mer* (ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, 2017).

Le principe des campagnes nautiques repose sur la technique d'observation le long de transects linéaires préalablement définis. L'objectif de ces campagnes est de relever toutes les observations de mégafaune marine (oiseaux, mammifères marins, tortues, grands poissons pélagiques), d'oiseaux côtiers et terrestres qui fréquentent ponctuellement le milieu marin, ainsi que les activités humaines. Les expertises visuelles par bateau sont réalisées à l'intérieur de l'ensemble de la zone Centre Manche (Figure 33).

L'échantillonnage est basé sur 10 transects orientés nord-ouest/sud-est avec une inter-distance de 2,5 km qui constitue le maximum envisageable en termes d'expertises sur cette zone. La longueur totale des transects et inter-transects parcourus est d'environ 250 km dont 219 km de transects. L'orientation des transects a été choisie pour maximiser les longueurs parcourues en deux journées en mer, en limitant les transits. Il s'agit d'une orientation adaptée aux expertises et aux analyses réalisées (calculs de densités notamment).

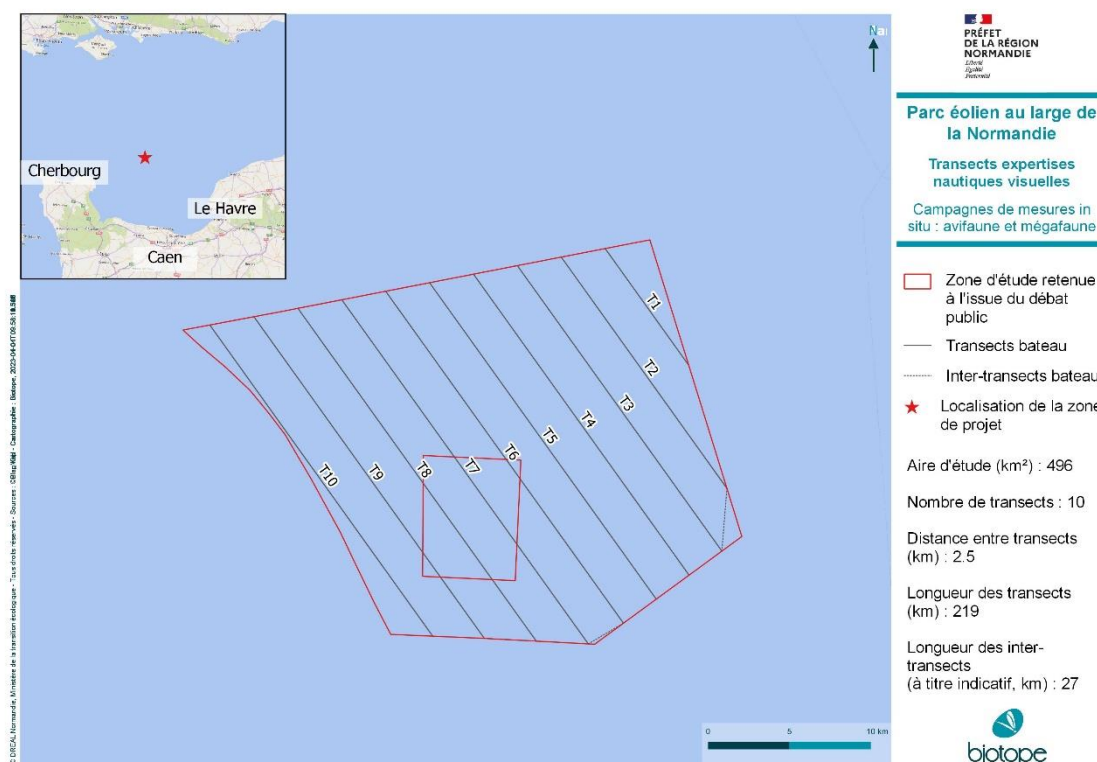


Figure 33 : Plan d'échantillonnage pour les expertises nautiques visuelles : distance entre transects de 2,5 km. (BIOTOPE, 2023)

³ <https://jncc.gov.uk/our-work/monitoring-seabirds-at-sea/>

Pour les expertises, les équipes embarquées sont généralement constituées de cinq personnes : trois observateurs (deux observateurs Biotope et un observateur du GONm), le commandant de bord et le second :

- le commandant de bord est le garant de la sécurité à bord. C'est lui qui prend la décision de maintenir ou reporter une sortie en fonction des conditions océano-météorologiques. Il a en charge l'obtention des autorisations nécessaires. Le commandant de bord annonce le début, la fin ainsi que le numéro de chaque transect. Il maintient le cap et la vitesse constante (10-12 nœuds sur les transects), ne s'écartant du trajet défini uniquement pour des raisons de sécurité (e.g. trafic maritime). Les transects sont entrés dans un GPS de bord servant uniquement à la navigation. Cette méthode garantit la bonne réalisation des transects et des suivis par bateau ;
- les 3 observateurs prennent place sur la plateforme d'observation surélevée, deux d'entre eux réalisent les observations de chaque côté du bateau et les annoncent au 3^{ème} observateur qui exerce donc plutôt un rôle de « secrétaire » ;
- le « secrétaire » saisit les observations annoncées par les 2 observateurs, ainsi que les conditions d'effort (i.e. les conditions environnementales telles que l'état de la mer, la houle, la turbidité, la couverture nuageuse, etc.), et vérifie le plan d'échantillonnage.

À intervalles réguliers (d'1h à 2h), le secrétaire change et les observateurs tournent (pour limiter la fatigue des yeux et augmenter les capacités de détection). Les inventaires par bateau sont réalisés sous réserve de conditions de mer favorables (généralement moins de 3-4 Beaufort, train de houle inférieur à 1 m, conditions de lumière satisfaisante, pas de brouillard, pas de pluie). Le secrétaire note à chaque début de transect ou dès lors que les conditions changent, les données météorologiques (données d'effort). Toutes les données (effort et observations) sont saisies sur une tablette de terrain grâce à un formulaire spécialement conçu pour l'application QField (basée sur le logiciel QGis) (Figure 34).

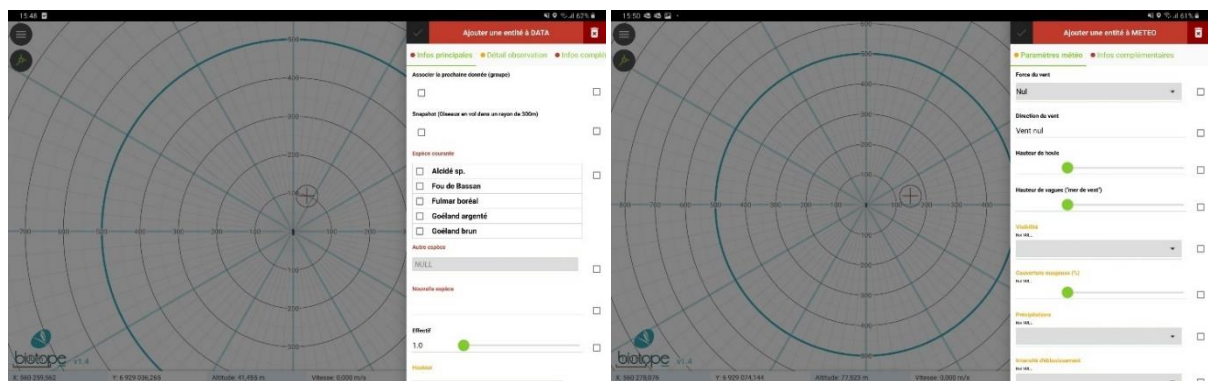


Figure 34 : Application numérique de terrain (BIOTOPE, 2023)

Deux observateurs, ornithologues et formés aux exigences du protocole, couvrent chacun un champ visuel complémentaire de 90° sur le quart avant du bateau en mouvement (Komdeur et al., 1992) (Figure 35). Les oiseaux sont détectés visuellement à l'œil nu ou auditivement et sont ensuite identifiés si nécessaire à l'aide de jumelles (Camphuysen et al., 2004). Aucune limite de distance de détection n'est fixée mais l'attention est principalement portée sur une bande de 0 à 300 mètres. Cette distance de 300 mètres est la valeur recommandée dans les études internationales (Banks et al., 2006) ; (Camphuysen et al., 2004).

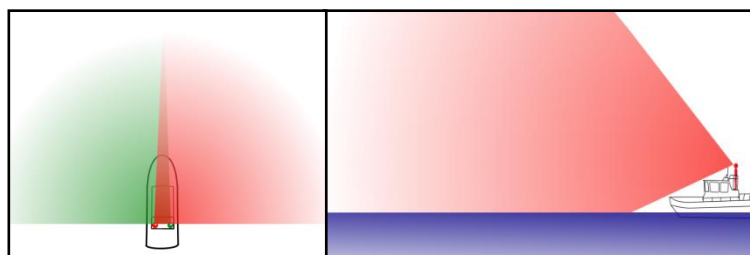


Figure 35 : Principe de l'observation en mer sur la zone d'échantillonnage (Source : Bretagne vivante & Biotope, 2018).

Les oiseaux posés et en vol sont comptés en permanence durant les transects. En complément, les oiseaux en vol sont comptés en utilisant la technique du « Snapshot » ou comptage instantané (Camphuysen et al., 2004) qui consiste à comptabiliser tous les individus à intervalles réguliers (intervalle envisagé : tous les 500 m). Cette technique permet de s'affranchir du biais de détectabilité des individus en fonction de leur axe et leur vitesse de vol relative au bateau. Les oiseaux en vol observés entre les snapshots sont également comptabilisés pour caractériser le flux d'oiseaux. Ces comptages dédiés des oiseaux en vol sont particulièrement importants pour détecter les oiseaux en altitude.

Une rotation des observateurs est assurée toutes les 2 heures, au maximum, afin de garantir une attention optimale durant toute la période d'échantillonnage. Ceci est d'autant plus important que les comptages visuels ont lieu en continu en période diurne, sur les transects et inter transects. Les mammifères marins, tortues, grands poissons pélagiques, ainsi que les positions des bateaux (et leur activité : pêche, plaisance, transit, etc.), des déchets, des pollutions et des bouées de pêche sont également notées dans une bande de 300 m.

Au cours des transects, les observations (Tableau 33) et les conditions d'effort sont saisies instantanément par le secrétaire dans le formulaire QField. Les informations collectées sur l'avifaune, la mégafaune marine (mammifères marins, requins, grands poissons, tortues) et les activités humaines (bateaux, déchets, etc.) suivent les recommandations des protocoles préalablement cités. Les informations suivantes sont notées (certaines informations sont dédiées à l'avifaune ou aux mammifères marins uniquement) :

Tableau 33. Informations récoltées sur les individus par observation. (BIOTOPE, 2023)

Informations	Description
Point GPS	Coordonnées GPS du point d'observation en degrés décimaux – WGS 84
Transect	Numéro de transect
Sens	Vers la côte ou vers le large
Date	JJ/MM/AAAA
Espèce	Le nom français de l'espèce identifiée
Nombre	Le nombre d'individus observés
Observateur	Le nom de l'observateur
Angle d'observation	Angle d'observation de l'individu en degré
Distance	L'estimation de la distance de l'individu en mètres
Comportement	Le comportement de l'oiseau (en vol, posé, sur un reposoir ou suivant un bateau) ou du mammifère marin (en déplacement, en alimentation, etc.)
Alimentation	L'activité de pêche de l'oiseau : en recherche alimentaire ou non

Informations	Description
Réaction	La réaction de l'individu au bateau d'observation : neutre, attraction, répulsion, fuite ou suit le bateau
Âge	L'âge de l'individu observé si possible : juvénile, immature, adulte ou le code d'âge recommandé par le CRBPO (centre de recherche par le baguage des populations d'oiseaux) ; Présence de jeunes pour les mammifères marins
Plumage	Le stade du plumage si possible : nuptial ou inter-nuptial
Mue	Le stade de mue si celui-ci est observé
Hauteur de vol	La hauteur de vol moyenne estimée de l'individu en mètre
Direction de déplacement	L'axe de vol ou la direction de nage de l'individu exprimé en degrés
Snapshot	Individu observé pendant un snapshot ou non

NB : les **mesures des distances** sont réalisées « à l'estime » pour les oiseaux en vol (distance estimée en mètre) et les oiseaux posés. Les **hauteurs de vol** lors des expertises par bateau sont estimées à dire d'expert, le plus précisément possible entre 0 et 5 m, puis par classes d'intervalle de 5 m. Les estimations visuelles des hauteurs de vol lors des expertises par bateau sont fiabilisées par la réalisation de snapshot (expertise dédiée des oiseaux en vol), mais restent soumises à des biais d'observation importants (absence de structure haute en mer pouvant servir de référence). Un taux de détermination maximal à l'espèce sera visé lors des expertises (utilisation des jumelles si besoin pour aider à la détermination).

Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques des expertises visuelles par bateau.

Tableau 34. Principales caractéristiques des expertises visuelles par bateau. (BIOTOPE, 2023)

Caractéristiques	Expertises visuelles par bateau
Protocole	Observations selon des parcours linéaires en bateau
Vitesse de déplacement lors des expertises	Environ 20 km/h
Distances maximales couvertes en transects par jour	130/140 km (2 jours nécessaires pour réaliser le plan d'échantillonnage)
Conditions de mise en œuvre	Bonnes conditions météorologiques (pas de pluie, vent inférieur à 4 bft) et bonnes conditions de mer (pas de train de houle marqué, ni vagues > 1m, ni fréquence de vagues trop courtes < 10 s)
Perturbations des oiseaux engendrés par l'expertise	Forte perturbation de certaines espèces d'oiseaux par le bateau (plongeurs, alcidés, grèbes voire macreuses et cormorans) : fuite et plongée des oiseaux posés. Possible attraction de certaines espèces d'oiseaux (laridés).
Fauchée (bande de détection efficace)	600 m (300 m de part et d'autre)
Détection des oiseaux	Taux de détection décroissante entre la proximité du bateau et 300 m, nécessitant des corrections statistiques (Distance sampling). Bonne par bonnes conditions de mer (pas ou peu de houle et vagues) et pour les oiseaux à fort contraste (oiseaux blancs). Médiocre en cas de mer formée ou forte houle ainsi que pour les petits oiseaux à distance (océanites à plus de 100 m, alcidés posés à plus de 150 m).

Caractéristiques	Expertises visuelles par bateau
Détection à l'espèce des oiseaux	Bonne à médiocre, selon les conditions d'expertise (conditions de mer) et les compétences de l'observateur. Certaines observations d'oiseaux posés, plongeurs, peuvent être très brèves. Les meilleurs observateurs peuvent, avec des plateformes à 5 m, dépasser 90% de détermination à l'espèce. En pratique, les retours d'expérience donnent des taux de détermination de 50 à 90% selon les groupes d'espèces. Aucune possibilité de préciser / confirmer une détermination <i>a posteriori</i> .
Dénombrement et détermination des groupes d'oiseaux	Dénombrement généralement précis pour les oiseaux posés, sauf en cas de train de houle / vagues et/ou très grands groupes. Taux de détermination à l'espèce des groupes généralement faibles (moins de 60%) par absence de bonnes conditions d'observation à l'individu et de temps d'observation suffisant.
Détection des mammifères marins et grands pélagiques	Très variable, selon conditions de mer et comportements des animaux. Marsouin mal détecté, grands groupes de dauphins actifs en surface généralement bien détectés. Dénombrement impossible : nécessité d'appliquer des corrections des données.
Principaux avantages de la méthode	Temps d'observations longs (identification plus aisée et étude des comportements) Estimation des hauteurs de vol (mais souvent complexe en mer) Bonne détection de petites espèces (type océanites) mais uniquement par beau temps (bonnes conditions météorologiques et mer calme)
Limites de la méthode	Coûts assez élevés (rapportés au km d'expertise). Qualité des observations très dépendante des conditions météorologiques, des conditions de mer Faible couverture géographique en une journée. Influence du bateau sur le comportement de certaines espèces. Planification complexe des expertises en période automnale, hivernale et printemps. Difficultés pour trouver des créneaux de deux jours consécutifs de bonnes conditions (grands transects). Forte dépendance aux compétences des observateurs et à leur vigilance (pas de vérification / contrôle des observations) (biais observateur).

► Expertises aériennes visuelles

Les campagnes visuelles aériennes ont pour objectif de recenser la mégafaune marine (oiseaux et mammifères marins, grands poissons pélagiques) et les activités humaines (pêche, trafic maritime, déchets) au sein de la zone Centre Manche.

Les survols suivent un plan d'échantillonnage (transects linéaires) défini au sein de la zone d'étude éloignée (Figure 36). La zone tampon proposée autour de la zone de projet est de 20 km. Avec une zone tampon de 20 km autour de la zone de projet, l'aire d'étude est de 3 697 km². Les transects sont au nombre de 15 avec une longueur totale des transects de 750 km. Les transects sont orientés nord/sud. Une journée est nécessaire pour parcourir l'ensemble des transects.

À noter : les aires d'étude et design de transects pour les expertises aériennes visuelles sont les mêmes que celles des expertises aériennes digitales.

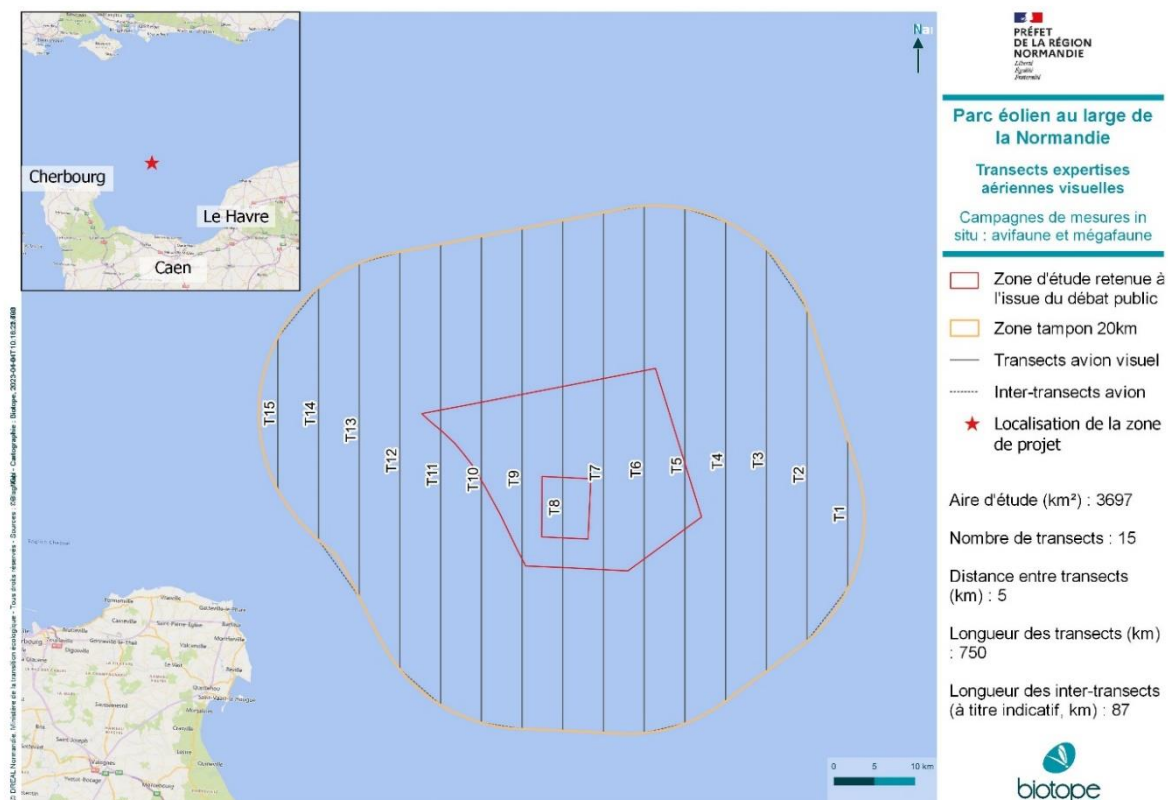


Figure 36 : Plan d'échantillonnage pour les expertises aériennes : tampon de 20 km, distance entre transects de 5 km. (BIOTOPE, 2023)

Le principe des campagnes aériennes visuelles repose sur l'observation depuis un avion équipé de hublots-bulle, le long de transects linéaires préalablement définis. Cette méthode permet de couvrir une vaste surface en peu de temps, et avec un coût moindre que les expertises nautiques visuelles qui sont mises en œuvre à bord de navires dédiés.

L'avion utilisé pour les présents suivis est un Britten-Norman 2 (BN2) équipé d'ailes hautes avec des hublots-bulle permettant une observation à la verticale du transect (Figure 37) de Pixair Survey (prestataire aérien basé à Boos (76)). L'avion vole à 180 m environ (600 ft) et à environ 90 nœuds, soit le plus bas et le plus lentement possible avec ce type d'appareil.

Pour les expertises, les équipes embarquées sont généralement constituées de quatre personnes : trois observateurs (2 représentants de Biotope, 1 représentant de la Ligue de Protection des Oiseaux) et un pilote :

- le pilote suit les transects définis et assure la navigation (sécurité, autorités) ;
- 2 observateurs prennent place à l'arrière de l'appareil et réalisent les observations de chaque côté de l'avion (un observateur à gauche et un observateur à droite) et les annoncent au navigateur ;
- 1 navigateur s'occupe de la navigation, annonce le début et la fin de chaque transect, il saisit les observations annoncées par les 2 observateurs, ainsi que les conditions d'effort, et suit le plan de vol.

D'octobre 2021 à mai 2022, chaque observation était positionnée à l'aide d'un GPS (différent de celui servant à la navigation de l'avion) et les informations notées sur des bordereaux papier dédiés aux suivis aériens. Les données étaient ensuite saisies dans une base de données dédiée. Depuis juin 2022, le protocole mis en œuvre suit les recommandations du guide méthodologique des campagnes d'observations aériennes de la mégafaune marine⁴ de l'Observatoire Pelagis (université de la Rochelle – CNRS) et les informations sont saisies en vol directement sur ordinateur grâce à l'interface SAMMOA, qui a été spécialement conçue pour ce type de campagnes par l'Observatoire Pelagis. Un enregistrement sonore des observations est également réalisé pendant le vol, il permet la validation des données une fois le suivi terminé.

À intervalles réguliers (d'1h à 2h), le secrétaire change et les observateurs tournent afin de limiter la fatigue des yeux et ainsi augmenter les capacités de détection.

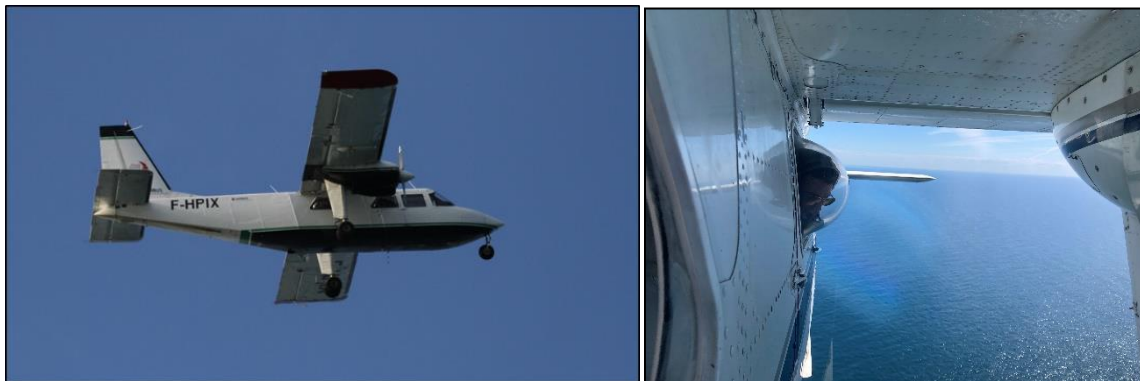


Figure 37 : Briston-Norman Islander (BN2) équipé de hublots-bulle (BIOTOPE, 2023)

Les observations sont réalisées à l'œil nu. Les observateurs sont munis d'un inclinomètre – permettant la détermination de l'angle d'observation des mammifères marins - et d'une rose des vents permettant de déterminer les angles d'éblouissement. Depuis l'utilisation de l'interface SAMMOA, les conditions d'observations (effort) sont relevées par les observateurs à chaque début de transect et à chaque fois que les conditions changent au cours du transect.

L'effort d'observation est concentré dans une bande de 200 m (sous l'avion) pour les oiseaux marins (protocole de transect en bande ou strip transect) et dans une bande de 500 m (soit 90° à 20° avec l'inclinomètre) pour les mammifères marins et les grands poissons pélagiques (protocole d'échantillonnage par distance de détection) (Figure 38). Les stationnements sur l'estran et les milieux terrestres ne sont pas comptabilisés.

En cas d'observation particulière (e.g. rassemblement important de macreuses, mammifères marins, etc.), les observateurs peuvent demander si besoin au pilote de réaliser une manœuvre de « circle-back » (l'altitude et la vitesse restent constantes). Les observations remarquables sont photographiées, dans la mesure du possible.

Depuis la mise en œuvre du protocole développé par l'Observatoire Pelagis, les positions des bateaux ainsi que leur activité (pêche, plaisance, transit, etc.) sont également notées dans une bande de 500 m

⁴ <https://www.observatoire-pelagis.cnrs.fr/wp-content/uploads/2021/08/GuideMethodoAerien2020.pdf>

de part et d'autre de l'avion. Les positions des déchets, pollutions et bouées de pêche sont quant à elles notées dans une bande de 200 m de part et d'autre de l'avion.

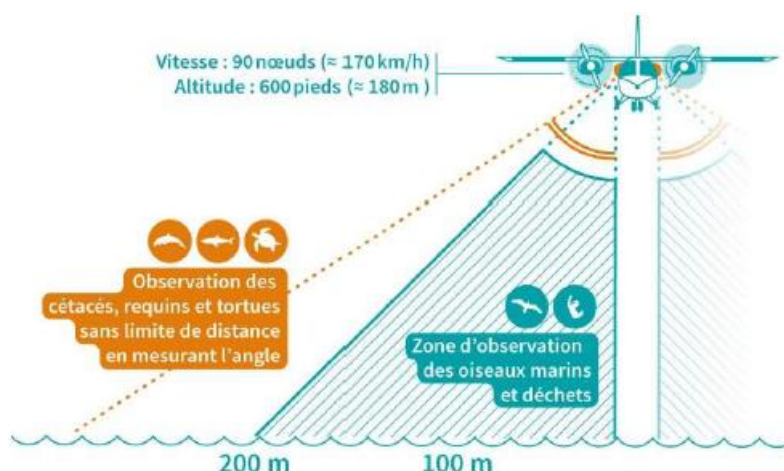


Figure 38 : Effort d'observation lors des expertises visuelles aériennes (d'après le « Guide méthodologique des campagnes d'observation aérienne de la mégafaune marine », PELAGIS).

Les données collectées et analysées dans le présent rapport (campagnes de septembre 2021 à octobre 2022) sont saisies manuellement à bord de l'avion (avant l'utilisation du logiciel SAMMOA). Elles sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 35. Informations récoltées sur les individus par observation. (BIOTOPE, 2023)

Informations	Description
Point GPS	Coordonnées GPS du point d'observation en degrés décimaux – WGS 84
Transect	Numéro de transect
Date	JJ/MM/AAAA
Espèce	Le nom français de l'espèce identifiée
Nombre	Le nombre d'individus observés
Observateur	Le nom de l'observateur
Comportement	Le comportement de l'oiseau (en vol, posé, sur un reposoir ou suivant un bateau) ou du mammifère marin
Alimentation	L'activité de pêche de l'oiseau : en recherche alimentaire ou non
Réaction	La réaction de l'oiseau à l'avion : répulsion, fuite si observée
Âge	L'âge de l'individu observé si possible : juvénile, immature, adulte ou le code d'âge recommandé par le CRBPO (centre de recherche par le baguage des populations d'oiseaux).

Informations	Description
Présence de jeune	Ne concerne que les mammifères marins, sert à préciser alors le nombre de jeunes figurant dans un groupe
Plumage	Le stade du plumage si possible : nuptial ou inter-nuptial
Mue	Le stade de mue si celui-ci est observé
Hauteur de vol	L'altitude de vol ne peut pas être précisément exprimée lors d'inventaires par avion. Toutefois, il est possible de préciser les informations suivantes : « au ras de l'eau », « de 5m jusqu'à 180 m » (i.e. La hauteur de l'avion), « > 180 m » (i.e. au-dessus de l'avion)
Direction de vol	Direction de vol de l'individu (rose des vents en 8)
Conditions météorologiques	Couverture nuageuse, état de la mer, houle, turbidité/transparence, éblouissement (à chaque début de transect)

Depuis juin 2022, les observations (Tableau 36) et les conditions d'effort sont saisies instantanément par le secrétaire dans le logiciel SAMMOA. Les informations collectées sur la mégafaune marine (mammifères marins, oiseaux, requins, grands poissons, tortues) et les activités humaines (bateaux, déchets, etc.) suivent les recommandations du guide méthodologique des campagnes d'observation aérienne de la mégafaune marine (cahier technique de l'Observatoire Pelagis⁵). Les informations suivantes sont notées (certaines informations sont dédiées à l'avifaune ou aux mammifères marins uniquement) :

Tableau 36. Informations récoltées sur les individus par observation. (BIOTOPE, 2023)

Informations	Description
Point GPS	Donnée complétée de manière automatisée sur le logiciel SAMMOA
Transect	Donnée complétée de manière automatisée sur le logiciel SAMMOA
Date	Donnée complétée de manière automatisée sur le logiciel SAMMOA
Espèce	Le nom latin de l'espèce identifiée ou le code du taxon
Famille	Laridés, Alcidés, Sternidés par exemple
Groupe taxonomique	Oiseaux, Mammifères marins, Tortues marines, Grands pélagiques (requins, thon, poisson-lune) par exemple
Nombre	Le nombre d'individus observés

⁵ <https://www.observatoire-pelagis.cnrs.fr/wp-content/uploads/2021/08/GuideMethodoAerien2020.pdf>

Informations		Description
Observateur		Le nom de l'observateur
Distance ou angle		Pour les oiseaux marins, estimation de la distance de l'individu en deux classes (0 à 200 ; au-delà de 200m lorsque les densités sont faibles) ; lorsqu'il est dans la bande, en vol ou posé Pour les mammifères marins, les tortues et les grands pélagiques : angle relevé à l'aide d'un inclinomètre dans la bande des 500m
Comportement		Le comportement de l'oiseau (suivant un bateau, en alimentation, réactions à l'avion) ou du mammifère marin (direction de nage (champ Swim dir) si en déplacement, alimentation etc.)
Alimentation		L'activité de pêche de l'oiseau : en recherche alimentaire ou non (champ Behaviour)
Réaction		La réaction de l'oiseau à l'avion : répulsion, fuite si observée (champ Behaviour)
Âge		L'âge de l'individu observé si possible : juvénile, immature, adulte ou le code d'âge recommandé par le CRBPO (centre de recherche par le baguage des populations d'oiseaux).
Présence de jeune	de	Ne concerne que les mammifères marins, sert à préciser alors le nombre de jeunes figurant dans un groupe
Signal de détection	de	Concerne les mammifères marins. Il traduit l'évènement qui a permis de détecter les animaux en premier lieu.
Plumage		Le stade du plumage si possible : nuptial ou inter-nuptial (Commentaire)
Mue		Le stade de mue si celui-ci est observé
Hauteur de vol		La hauteur de vol en trois classes (détailler les 3 classes) L'altitude de vol ne peut pas être précisément exprimée lors d'inventaires par avion
Direction de vol/direction de nage	de	Direction de vol de l'individu (rose des vents en 8), direction de nage pour les cétacés (4 directions) Certains paramètres peuvent ne pas être notés selon la densité d'oiseaux en présence
Status et Circle-back		À n'utiliser que pour les opérations de Circle-Back afin de préciser s'il y a eu recapture visuelle ou non
Observations complémentaires		Activités humaines : bateaux de pêche, bouées, casiers, bateaux de plaisance à moteur ou à voile, bateaux commerciaux, déchets, pollutions, etc. (ajouter aussi la bande : 500 m pour les bateaux / 200 m pour les déchets)

Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques des expertises visuelles par avion.

Tableau 37. Principales caractéristiques des expertises visuelles par avion. (BIOTOPE, 2023)

Caractéristiques	Expertises aériennes visuelles
Protocole	Observations selon des parcours linéaires en avion
Mutualisable observateurs	/
Vitesse de déplacement lors des expertises	Environ 180 km/h (90 nœuds)
Distances maximales couvertes en transects par jour	Environ 800 km
Conditions de mise en œuvre	Vent inférieur ou égal à 3 Bft. Pas de pluie, pas de brouillard. Plafond nuageux > 600 pieds. Vagues inférieures à 1 voire 1,25 m
Perturbations des oiseaux engendrés par l'expertise	Perturbation possible mais limitée d'oiseaux sensibles (plongeurs, anatidés) lors du passage de l'avion à basse altitude.
Fauchée (bande de détection efficace)	400 m (200 m de part et d'autre) pour les oiseaux Davantage pour les mammifères marins (selon conditions météo et état de mer)
Détection des oiseaux	Bonne par bonnes conditions de mer (pas ou peu de houle et vagues) et pour les oiseaux à fort contraste (oiseaux blancs). Médiocre en cas de mer formée ou forte houle ainsi que pour les petits oiseaux à distance (océanites à plus de 100 m, alcidés à plus de 150 m).
Détection à l'espèce des oiseaux	Bonne à médiocre, selon les conditions d'expertise (conditions de mer) et les compétences de l'observateur. Les observations sont toujours très brèves. En pratique, les retours d'expérience donnent des taux de détermination de <10% à 70% selon les groupes d'espèces. Aucune possibilité de préciser / confirmer une détermination <i>a posteriori</i> .
Dénombrement et détermination des groupes d'oiseaux	Très bonne détection des groupes en surplomb. Dénombrement assez précis par observateurs expérimentés. Taux de détermination à l'espèce des groupes généralement faibles (moins de 60/70%) par absence de bonnes conditions d'observation à l'individu et de temps d'observation suffisant.

Caractéristiques	Expertises aériennes visuelles
Détection des mammifères marins, grands pélagiques et tortues	Détection généralement bonne pour les animaux en surface.
Principaux avantages de la méthode	Couverture surfacique relativement importante. Détection en surplomb facilitant le repérage des mammifères marins et des groupes d'oiseaux Impact limité sur le comportement des oiseaux (vol à plus de 150 m). Coûts modérés (rapportés au km d'expertise).
Limites de la méthode	Qualité des observations très dépendante des conditions d'observation et de l'expérience des observateurs (biais observateur) Forte dépendance aux compétences des observateurs et à leur vigilance (pas de vérification / contrôle des observations). Taux de détermination à l'espèce pouvant être assez faibles pour des groupes difficiles (alcidés, plongeurs, laridés, sternes). Détection limitée des plus petites espèces (océanites).

► Expertises aériennes digitales

Afin d'établir l'état initial de l'environnement pour le compartiment de la mégafaune marine (oiseaux et mammifères marins, grands poissons pélagiques), des campagnes aériennes visuelles avec observateurs embarqués sont menées au sein de la zone Centre Manche. Cette méthodologie peut être mise en œuvre du fait de l'absence d'éoliennes en mer. Avec la construction des parcs, les survols à moins de 200 m d'altitude ne pourront plus être opérés, pour des raisons de sécurité. En conséquence, la hauteur minimale des survols ne permettra plus de mettre en œuvre des observations visuelles. Les suivis aériens digitaux seront donc nécessaires pour continuer les suivis pendant les phases de construction et d'exploitation du parc. C'est une technique validée et utilisée depuis plusieurs années dans le cadre des états initiaux et des suivis de parcs en mer, mais aussi dans le cadre d'acquisition de connaissances (Royaume-Uni, Allemagne, Danemark, Etats-Unis, etc.). A noter par ailleurs que l'Office français de la biodiversité a déjà eu recours à ce type de survols en Atlantique, notamment sur la Zone de Protection Spéciale FR5212015, du secteur marin de l'Île d'Yeu jusqu'au continent » (Biotop & HiDef, 2016 et 2017). Afin d'étudier la comparabilité des données acquises lors d'observations aériennes visuelles et aériennes digitales, France Energies Marines a mené le projet OWFSOMM entre 2020 et 2023. Ainsi, une collecte de données couplant suivis aériens visuels et digitaux a été mise en œuvre sur la zone Centre Manche. Il s'agissait de mener 4 campagnes (1 par saison) comprenant chacune deux survols en simultané et respectant le même plan de vol :

- un premier survol aérien à 180 m d'altitude avec observateur(s) embarqué(s) (*i.e.* protocole des campagnes SAMM) et acquisition d'images digitales,
- un deuxième survol aérien à haute altitude (soit plus de 300 m d'altitude) avec acquisition d'images digitales.

Les survols suivaient un plan d'échantillonnage (transects linéaires) défini au sein de la zone d'étude éloignée. La zone tampon proposée autour de la zone de projet était de 20 km. Avec une zone tampon de 20 km autour de la zone Centre Manche, l'aire d'étude était de 3697 km². Les transects étaient au nombre de 15 avec une longueur totale des transects de 750 km. Les transects étaient orientés nord/sud. Une journée a été nécessaire pour parcourir l'ensemble des transects.

À noter : les aires d'étude et design de transects pour les expertises aériennes digitales ont été les mêmes que celles des expertises aériennes visuelles.

● Protocole des expertises aériennes digitales haute altitude

Le principe des campagnes aériennes digitales repose sur un suivi réalisé par une technique de vidéo numérique haute définition à 4 caméras installées dans un avion volant à environ 500 m d'altitude. À cette altitude, seules les caméras digitales sont capables d'effectuer un tel suivi (impossible à l'œil nu). Cette altitude de vol n'engendre pas de perturbation des oiseaux (en conformité avec les recommandations du British Trust for Ornithology - (Thaxter et al., 2015). De part et d'autre de l'axe du transect, quatre bandes d'environ 125 m de largeur chacune sont suivies avec un espacement de 20 m entre chaque bande (Figure 39). Ce sont ainsi 500 m de largeur qui sont suivis (250 m de chaque côté du transect).

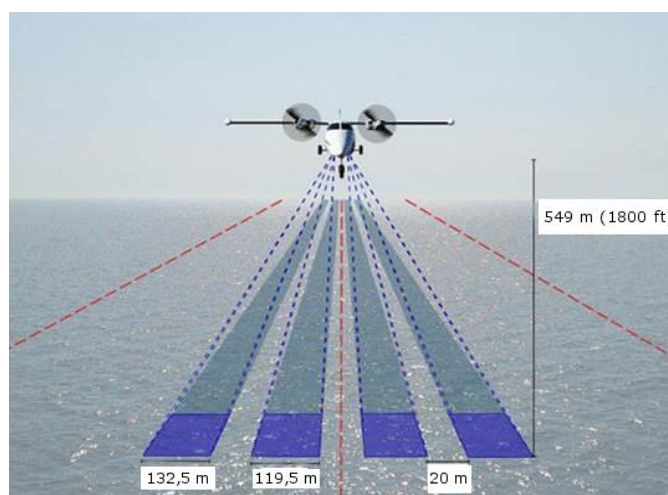


Figure 39 : Représentation schématique des distances et aires couvertes lors des survols aériens digitaux (source : BioConsult SH).

Caractéristiques techniques des survols aériens digitaux :

- 4 caméras vidéo ultra haute résolution GEN II 2.5 ;
- précision de 2 cm à hauteur de l'eau ;
- largeur de suivi totale de 500 m (4 bandes de 125 m) ;
- caractéristiques du survol : altitude d'environ 500m, vitesse d'environ 220 km/h.

La position de l'avion est enregistrée en temps réel à l'aide d'un GPS Garmin (GPSMap 296) associé à plusieurs GPS, offrant une précision d'environ 1 m en latitude et longitude. Les positions sont enregistrées toutes les secondes, ce qui permet un positionnement extrêmement précis des oiseaux et mammifères marins détectés sur les enregistrements.

La technologie HiDef GEN II 2.5 permet d'adapter, au cours de la session d'expertise, l'orientation des caméras à chaque transect, notamment en fonction de l'ensoleillement. Ces ajustements, réalisés en temps réel par un opérateur présent au sein de l'avion, permettent de limiter drastiquement les phénomènes d'éblouissement sur les enregistrements (meilleure qualité des images et analyses, pas de perte de données). Lors du survol, un double enregistrement des données est réalisé directement dans l'avion.

Les informations collectées concernent la mégafaune marine (mammifères marins, oiseaux, requins, grands poissons et tortues) et les objets liés aux activités humaines (bateaux, bouées, casiers, etc.).

Les informations suivantes sont notées :

Tableau 38 : Informations récoltées sur les individus par observation.

Informations	Description
Coordonnées géographiques de l'objet (Lat/Lon en WGS84)	Donnée complétée de manière automatisée
Transect ID	Identifiant unique du transect (donnée complétée de manière automatisée)
Survey ID	Identifiant de la campagne
Flight ID	Identifiant du vol
Plane	Identifiant de l'avion utilisé
Date	Donnée complétée de manière automatisée (au format AAAA-MM-JJ)
Heure	Donnée complétée de manière automatisée
Altitude	Altitude en m
Vitesse	Vitesse en m/s
Numéro de la caméra	Donnée complétée de manière automatisée
Nb images	Nombre total d'images réalisées sur le transect
Catégorie de l'objet	Oiseaux, mammifère marin, poisson, bateau de pêche, autre bateau, déchet flottant, etc.
Famille	Exemple : plongeurs, grands laridés, grands alcidés, cétacés, phocidés, etc.
Certitude de la détermination de la famille	Possible, probable ou certain

Informations	Description
Espèce	Le nom anglais de l'espèce ou du taxon identifié
Certitude de la détermination de l'espèce	Possible, probable ou certain
Comportement	Le comportement de l'oiseau (en vol et quand quelle direction, posé, sur un reposoir) ou du mammifère marin [quel comportement ?]
Alimentation	L'activité de pêche de l'oiseau : en recherche alimentaire ou non
Âge	L'âge de l'individu observé si possible : juvénile, immature, adulte ou inconnu
Sexe	Le sexe de l'individu : mâle, femelle, inconnu
Comportements alimentaires	Description détaillée du comportement observé (s'alimentant de restes de pêche, plongeant, cleptoparasitisme, etc.)
Note	Remarques complémentaires

L'effectif n'est pas noté car **1 objet = 1 donnée** donc l'effectif est toujours de 1. Les groupes d'individus sont rattachés entre eux par un code de groupe. Le tableau ci-dessous synthétise les principales caractéristiques des expertises aériennes digitales haute altitude (technologie HiDef).

Tableau 39 : Principales caractéristiques des expertises aériennes digitales haute altitude (technologie HiDef).

Caractéristiques	Expertises aériennes digitales vidéo haute altitude HiDef
Protocole	Enregistrement de données digitales sans observateur. Analyses ultérieures (bureau)
Mutualisable observateurs	Non (haute altitude)
Vitesse de déplacement lors des expertises	Environ 220 km/h Couverture géographique importante et rapidité de la couverture surfacique (vision « instantanée » = limitation des risques de double comptage).
Distances maximales couvertes en transects par jour	> 1000 km
Conditions de mise en œuvre	Vent inférieur ou égal à 3 Bft Pas de pluie, pas de brouillard. Plafond nuageux > 1700 pieds.

Caractéristiques	Expertises aériennes digitales vidéo haute altitude HiDef
Perturbations des oiseaux engendrés par l'expertise	Aucune perturbation des oiseaux posés ou en vol
Fauchée (bande de détection efficace)	500 m (4 bandes d'environ 125 m de large)
Détection des oiseaux	Détection homogène des individus dans une bande d'expertise de 500m. Très bonne détection des animaux (modulation du contraste des images, vision en surplomb, plusieurs images séquencées des objets disponibles grâce à la vidéo) Process d'analyse d'images garantissant un haut niveau de détection des objets (double vérification de 20% des analyses)
Détection à l'espèce des oiseaux	Très bonne détermination à l'espèce, analyse a posteriori des images. HiDef / BioConsult et Biotope s'engagent à viser un taux minimum de 80% pour la majorité des groupes d'espèces. Pas de biais observateur (pas d'effet de la fatigue d'expertise ni de compétences). Possibilité de vérifier autant de fois que nécessaire les enregistrements et de les faire analyser par plusieurs experts.
Dénombrement et détermination des groupes d'oiseaux	Très bonnes capacités de dénombrement (comptage à l'individu, en surplomb)
Détection des mammifères marins et grands pélagiques	Très bonnes capacités de détection et de dénombrement, y compris pour des animaux immergés (si eau claire)
Principaux avantages de la méthode	Couverture géographique importante et rapidité de la couverture surfacique (vision « instantanée »). Détection théoriquement possible de tous les animaux en vol, en surface ou immergés à faible profondeur. Pas de biais observateurs. Excellent dénombrement des groupes d'oiseaux posés et mammifères marins. Contrôle des données a posteriori, permanence des enregistrements, possibilité de réexploiter les données. Impact nul sur le comportement des oiseaux (vol à plus de 500 m). Très haut niveau de détermination spécifique (pouvant atteindre 90% pour de nombreux groupes). Calculs de densités fiables et précis (oiseaux et mammifères marins).

Caractéristiques	Expertises aériennes digitales vidéo haute altitude HiDef
Limites de la méthode	Coûts assez élevés (rapportés au km d'expertise). Temps d'analyse <i>a posteriori</i> relativement important. Pas de pré-traitement automatique des données mais logiciel d'aide à l'analyse des images et identification. Détection limitée des plus petites espèces (océanites), biais similaire aux expertises aériennes visuelles. Dépendant de l'expérience et des compétences des analystes d'images.

Les enregistrements collectés sont analysés en deux étapes, menées conjointement par Biotope et BioConsult SH :

- une première étape de « Review » qui correspond à la détection des oiseaux et mammifères marins sur les enregistrements vidéo, en utilisant un logiciel spécialement conçu et une équipe dédiée ;
- une seconde étape d'identification des objets : détermination de l'espèce, informations sur les comportements (en vol, posés), prise de mesures, localisation.

Première étape d'analyse des images : Review (localisation des objets)

Les données vidéo brutes sont converties en un format permettant une analyse plus poussée sur les postes informatiques dédiées à l'analyse des images. Les images du survol sont visualisées par des opérateurs expérimentés et formés, qui utilisent des écrans de visualisation haute résolution et un logiciel de gestion des images qui permet à l'opérateur de régler et de contrôler l'aspect des images. Lors de cette étape, les opérateurs n'ont pas pour objectif d'identifier les objets mais simplement de déterminer les images nécessitant une analyse plus approfondie.

L'identification des objets consiste à créer un point sur l'objet dans le logiciel d'analyse des images. Ce premier pointage permet de créer une série de données attributaires sur l'objet localisé : coordonnées géographique (latitude, longitude), type d'objet, etc. Lors de cette première étape d'analyse, l'opérateur indique si l'objet est un oiseau (posé ou en vol), un mammifère marin, un grand poisson pélagique ou bien encore un bateau, une bouée, etc. Les objets ne sont marqués que s'ils traversent une ligne de référence (nommée « ligne rouge »). Cette ligne rouge matérialise sur la séquence d'enregistrement vidéo la largeur réelle de 125 m de chaque caméra. En excluant les objets qui ne traversent pas cette ligne, les biais d'abondance éventuels, dus à des mouvements d'oiseaux, sont évités.

Dans un second temps, 20% des enregistrements font l'objet d'une double vérification par un second opérateur. Aucune information sur la première analyse n'est communiquée à cet opérateur. Les résultats des deux analyses sur cet échantillon sont comparés. Une marge d'erreur maximale de 10% est tolérée. Si elle est supérieure, le processus de review est recommencé depuis le début.

Seconde étape d'analyse des images : identification des objets

La seconde étape, menée conjointement par Biotope et HiDef, consiste en l'identification des objets préalablement repérés : détermination de l'espèce, informations sur les comportements (en vol, posé), mesures de l'objet, localisation.

Les images pointées comme nécessitant une analyse plus poussée sont transmises à des ornithologues marins expérimentés, dont la plupart travaillent avec HiDef depuis plusieurs années et ont été formés à l'analyse d'images vidéo haute définition d'oiseaux, de mammifères marins et d'autres vertébrés. Les images peuvent être analysées à l'aide d'un logiciel pour améliorer leur aspect (lumière/contrastes etc.) et faciliter l'identification de l'objet. Dans le cadre de la présente mission, les experts naturalistes identifieront si possible au niveau de l'espèce et enregistreront toute autre information disponible (comportement, direction du vol ou de la nage, sexe, âge, etc.).

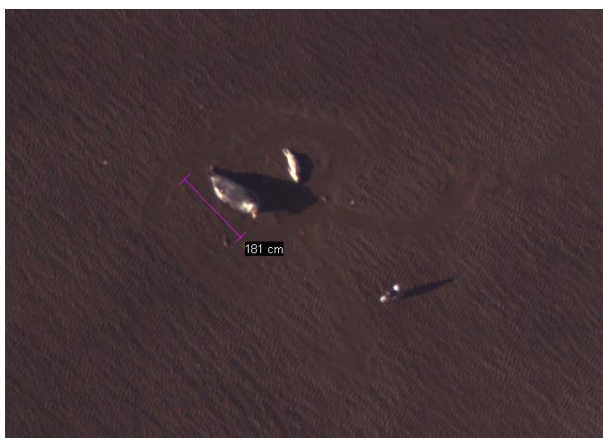


Fou de Bassan (source : BioConsult SH / HiDef)



*Mouette tridactyle et Labbe parasite
(source : BioConsult SH / HiDef)*

Pour tous les mammifères marins et autres pélagiques identifiés, leur comportement est également noté, qu'il ait lieu à la surface ou en subsurface, ainsi que la direction de déplacement entre la première et la dernière image dans laquelle ils apparaissent.



Phoque gris (source : BioConsult SH / HiDef)



Requin pèlerin (source: BioConsult SH / HiDef)

Un échantillon d'au moins 20% d'images sélectionnées aléatoirement est identifié indépendamment par un groupe indépendant d'experts. Une marge d'erreur maximale de 10% est tolérée entre les deux groupes d'experts. En cas de divergences significatives (c'est-à-dire plus de 10% de désaccord pour l'ensemble des images comparées), les images sont ensuite réexaminées par un troisième ornithologue qui joue le rôle d'arbitre dans le processus pour décider de l'identification retenue. Bien que des outils d'aide à l'identification des objets soient utilisés, l'identification des espèces n'est pas automatisée.

Toutes les données sont géoréférencées et compilées dans une base de données unique. Les fichiers de données géoréférencés (Système d'Information Géographique) pour les observations et le survol sont fournis sous format ArcGIS shapefile, suivant les spécifications du maître d'ouvrage.

● Protocole des expertises aériennes digitales basse altitude

Le principe des campagnes aériennes digitales basses altitude repose sur l'utilisation du système d'acquisition d'images numériques à très haute résolution STORMM[®] (système de télédétection optique aéroporté d'aide au recensement de la mégafaune marine). Ce dernier a été mis en œuvre sur 4 campagnes aériennes en mode « OBS » à une altitude de 600 pieds, conjointement à des observations visuelles réalisées selon le protocole SAMM / PELAGIS. Lors des campagnes deux types d'aéronefs bimoteurs non pressurisés ont été utilisés. Un aéronef de type BN-2 ou Partenavia 68, tous deux équipés de « bubble windows » et embarquant les observateurs ainsi que le système STORMM[®]-OBS.

Le système STORMM[®] comporte 4 têtes capteurs CMOS à haute résolution de 50 mégapixels, assurant une fauchée de 400 mètres et une résolution spatiale centimétrique au nadir et meilleure que 2 cm sur l'ensemble de la fauchée. Les capteurs peuvent être munis d'optiques pour pouvoir être opérés dans les deux configurations requises :

- à 600 pieds (182 m, configuration STORMM[®]-OBS) ;
- à 1150 pieds (350 m, configuration STORMM[®]-EMR).

Il est doté d'un GPS permettant de géolocaliser et dater précisément les photos.

Le système STORMM[®] intègre un système automatique d'évitement du « sunglint » (réflexion spéculaire du soleil sur l'eau), qui modifie automatiquement l'inclinaison longitudinale (angle de tilt) des têtes capteurs afin de viser la zone la moins polluée par le « sunglint » et d'optimiser ainsi la qualité des images. Une illustration de la configuration d'acquisition mise en œuvre est présentée en Figure 40. Le détail des paramètres d'acquisition et physiques du système est donné dans le Tableau 40.



Figure 40 : Configuration du système d'acquisition STORMM®.

Tableau 40 : Paramètres d'acquisition du système STORMM ®.

Informations	STORMM [®] -OBS	STORMM [®] -EMR
Altitude d'acquisition nominale	600 pieds / 182 m	1150 pieds / 350 m
Vitesse au sol nominale	90 kts / 167 km/h	100 kts / 185 km/h
Fauchée transversale (en m au nadir à l'altitude nominale)	400 m	
Fauchée longitudinale (en m au nadir à l'altitude nominale)	50 m	
Résolution spatiale bord de fauchée visée longitudinale nadir	1 cm	
Résolution spatiale bord de fauchée visée longitudinale 25°	2 cm	
Amplitude du système d'évitement de glint along track	+/- 25°	
Fréquence d'acquisition en continu	1 à 1.25 Hz	
Fréquence d'acquisition en mode rafale	3 Hz	
Capacité de stockage en continu	8 h	
Format des images	JPEG	
	Paramètres physiques	
Dimension	53 cm x 55 cm x 23 cm	
Poids	40 kg	
Consommation	< 250 W	

Le déclenchement de la mission d'acquisition est effectué par Biotope en fonction notamment des conditions météorologiques après concertation avec Hytech-imaging afin d'être en conformité avec les recommandations du protocole SAMM/PELAGIS1 tout en respectant les contraintes de calendrier projet. L'équipage est constitué de 5 personnes : 1 pilote, 1 opérateur STORMM, 2 observateurs et 1 navigateur SAMMOA. L'acquisition des données visuelles est réalisée par les 2 observateurs et le navigateur selon le protocole SAMM/PELAGIS à l'aide du logiciel SAMMOA.

Le système STORMM est quant à lui mis en route par l'opérateur à une fréquence d'acquisition de 1,1 Hz sur les transects lorsque l'observation visuelle est « ON EFFORT ». S'agissant de vols couplés avec des acquisitions digitales effectuées à plus haute altitude par Biotope, les deux vols sont coordonnés de façon à assurer un écart maximum entre les heures de passage des deux avions de 1 h, mais en conditions nominales de l'ordre de 5 min.

Sauvegarde des données digitales

Chaque session d'acquisition génère plus de 50 000 photos ainsi que des fichiers de log STORMM® pour un volume de données brutes supérieur à 1 To. Afin d'éviter toute perte accidentelle de données, ces dernières sont immédiatement dupliquées en 2 exemplaires pour archivage.

Import et contrôle de l'intégrité et de la qualité des données digitales

La première phase de traitement consiste à importer les photos dans l'outil STORMM-GS. Cette étape permet de contrôler l'intégrité des données et permet notamment de visualiser la position des photos au regard du plan de vol. Un contrôle qualité de l'ensemble des photos est ensuite réalisé par un opérateur permettant de renseigner les champs « Image_Quality », « Glare » et « Turbidity ».

Détection

La détection des individus de la mégafaune marine est ensuite réalisée via l'outil STORMMGS. Toutes les détections sont contrôlées et ajustées de manière exhaustive par un premier opérateur grâce aux fonctionnalités de navigation/zoom prévues à cet effet. Un second contrôle qualité est ensuite effectué de manière aléatoire sur au moins 3 % du jeu de photos afin de s'assurer de l'absence d'anomalies lors du premier contrôle. Les détections se présentent sous la forme d'une couche vectorielle de détournages rectangulaires dans l'interface de STORMM-GS (Figure 41).



Figure 41 : Exemples de détection sur oiseau (à gauche) et requin (à droite) réalisée via STORMM-GS.

Export des données digitales

À la suite de l'étape de détection, les données sont exportées grâce à STORMM-GS dans les formats définis pour le projet OWFSOMM. Afin de permettre l'étape d'identification à l'aide d'outils indépendants de STORMM-GS, un export des imagerie détournée et des images entières dont elles sont issues, est réalisé et fourni à l'équipe en charge de l'identification.

► Expertises visuelles depuis la côte

Les expertises visuelles depuis la côte sont complémentaires des expertises visuelles aérienne et nautique car elles permettent d'appréhender le déplacement des oiseaux lors de conditions météorologiques plus venteuses. Tous les oiseaux - qu'ils soient en mer, le long des côtes ou à l'intérieur des terres - et la mégafaune marine observés depuis les points d'observation sont pris en compte.

Lieux des expertises dans le département de la Manche (Figure 42) :

- le phare de Gatteville (commune de Gatteville-le-Phare) permet l'observation des espèces pélagiques migratrices (entre le nord du Cotentin et le sud de l'Angleterre) ;
- la pointe de Saire (commune de Reville) offre une vue à 270° vers l'intérieur de la baie de Seine et permet d'observer les espèces qui se rapprochent de la baie des Veys du fait des conditions météorologiques ou de la saison (stationnements hivernaux de certaines espèces dans la baie, passage migratoire d'oiseaux de printemps et d'automne et utilisation de la zone pour le nourrissage lors de la période de reproduction).

La mise en place de points d'observations depuis deux zones à terre permet d'augmenter considérablement le nombre de données disponibles, le nombre de suivis étant en effet plus important et d'observer et de suivre les espèces fréquentant la zone d'étude au niveau du littoral et jusqu'à 3 milles en mer. Ces deux sites sont situés en face de la zone Centre Manche sur la même longitude.

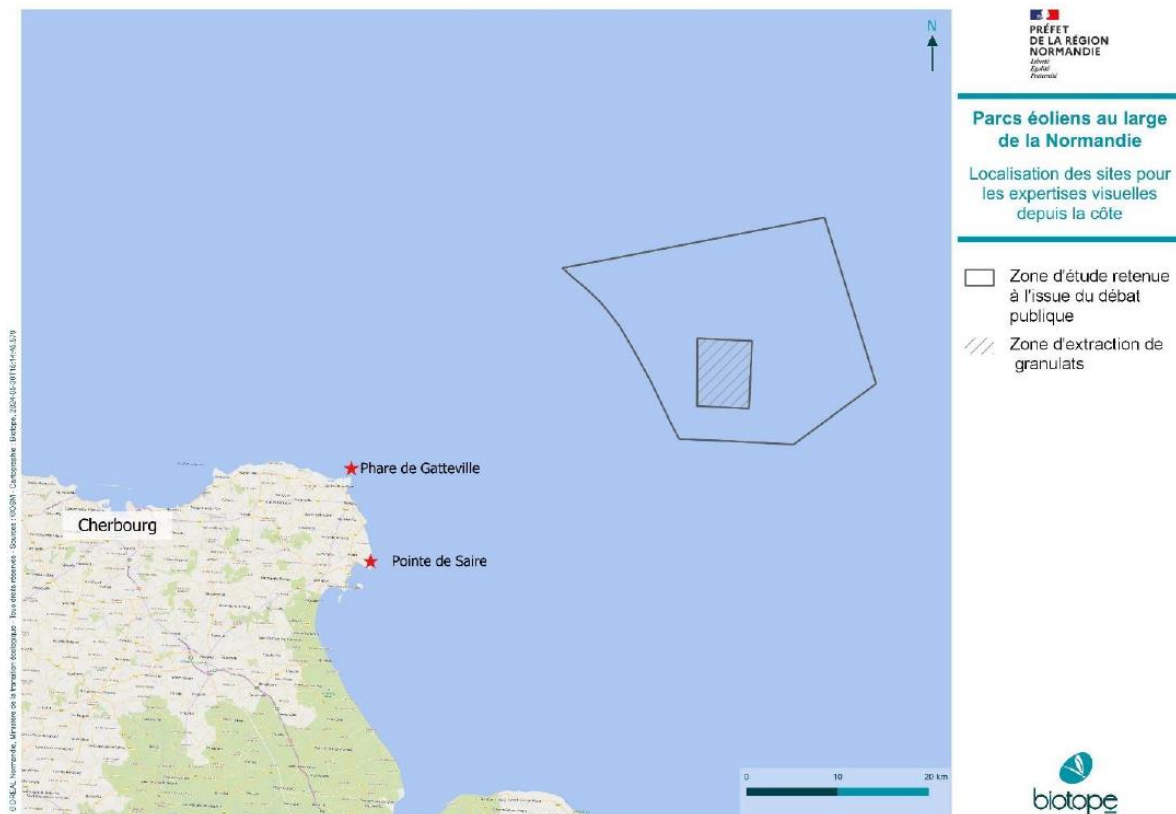


Figure 42 : Localisation des sites pour les expertises visuelles depuis la côte. Source : Biotope.

Espèces concernées par les suivis

Les espèces concernées par les suivis réalisés depuis la côte sont :

- les oiseaux vus depuis le site du comptage en particulier les oiseaux passant en mer et le long des côtes ;
- les principales espèces de la mégafaune marine en particulier les mammifères marins.

Sur le terrain sont utilisés des guides de reconnaissance standard pour l'identification à vue.

Fréquence des suivis et conditions d'observation

Les comptages ont eu lieu 2 fois par mois pendant 12 mois entre janvier et décembre 2022 :

- saison hivernale : sorties de janvier et décembre ;
- migration prénuptiale : sorties de février et mars ;
- période de reproduction : sorties d'avril à juin ;
- migration postnuptiale : sorties de juillet à novembre.

Sur la zone du phare de Gatteville, le sens et la force du vent importent peu car le mur de protection de l'enceinte du phare permet de se protéger du vent. Ces conditions météorologiques favorables permettent ainsi l'observation d'un plus grand nombre d'oiseaux passant au large (absence de brouillard) et de mammifères marins (faible houle afin de repérer les nageoires dorsales). Chaque suivi débute dès que la luminosité est suffisante, le lever civil du soleil à Cherbourg (www.ephemeride.com)

donne une bonne indication de l'horaire, et s'étale sur une durée d'au moins quatre heures. Les observations sont notées à la minute du passage. En cas d'effectifs importants, les données peuvent être compilées par tranche de 15 minutes maximum.

Le tableau ci-dessous compile les informations notées lors des suivis :

Tableau 41 : Informations récoltées lors des expertises.

Informations	Description
Observateur	Le nom de l'observateur
Date	JJ/MM/AAAA
Lieu	Le lieu des observations
Marée	L'heure de la dernière marée basse avant le début du suivi
Conditions météorologiques	Couverture nuageuse, état de la mer, force et direction du vent, visibilité
Heure	L'heure de l'observation
Espèce	Le nom latin de l'espèce identifiée ou le code du taxon
Nombre	Le nombre d'individus observés
Comportement	En vol, posé, direction de déplacement, stationnaire, suivi bateau, chasse, radeau...
Âge	L'âge de l'individu observé si possible : juvénile, immature, adulte ou le code d'âge recommandé par le CRBPO (centre de recherche par le baguage des populations d'oiseaux)
Plumage	Le stade du plumage si possible : nuptial ou inter-nuptial
Sexe	Sexe de l'individu si possible

► Suivi des colonies d'oiseaux marins nicheurs

L'objectif de ce suivi consiste à évaluer l'abondance des oiseaux marins nicheurs de la pointe Cotentin jusqu'au littoral du Calvados, en se basant sur le nombre de couples d'oiseaux marins nicheurs pour chaque colonie échantillonnée. Ces données permettent notamment d'évaluer les tendances démographiques, de mettre en évidence des changements majeurs (ex : variation d'abondance de la ressource en mer) ou encore de définir des priorités en termes de conservation. Les populations reproductrices de sept espèces d'oiseaux marins nicheurs ont été dénombrées du nord à l'est Cotentin dans le département de la Manche, jusqu'au Bessin occidental dans le Calvados (Figure 43).

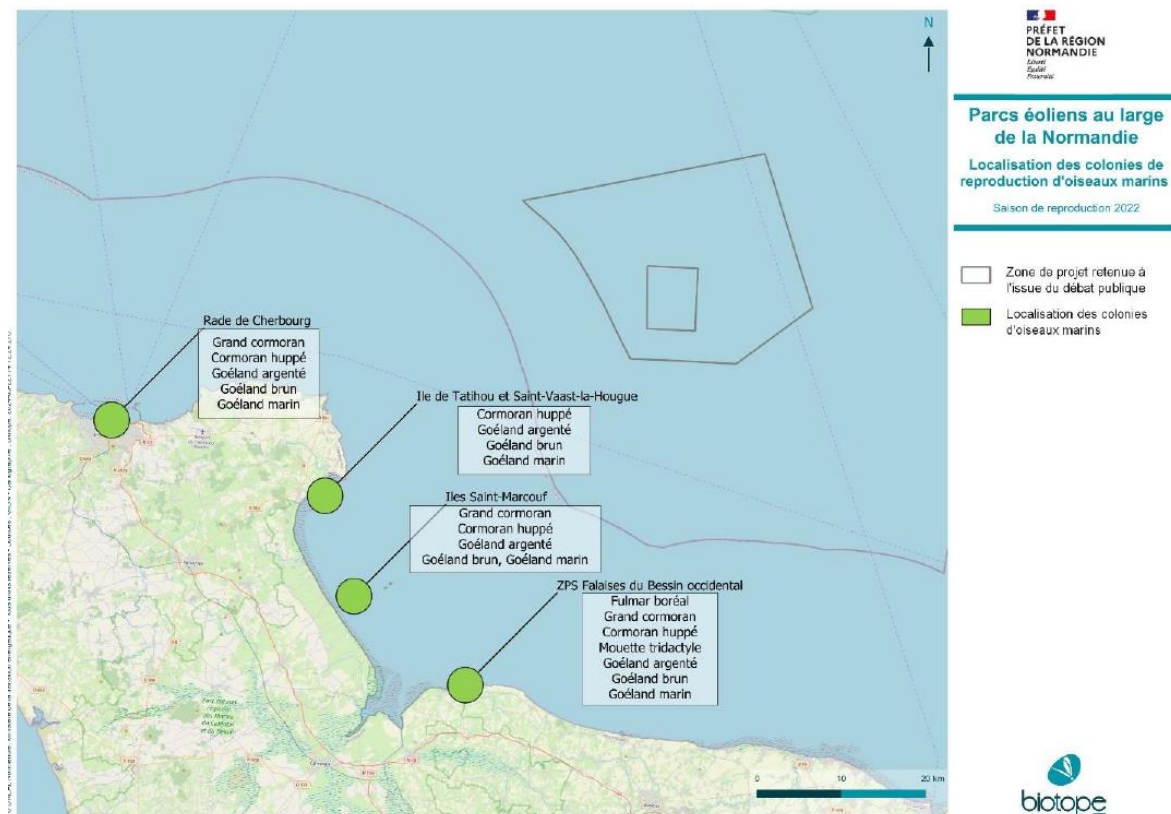


Figure 43 : Localisation des colonies de reproduction d'oiseaux marins dénombrées pendant la saison de reproduction 2022. Source : Biotope.

Pour dénombrer l'effectif nicheur des différentes espèces, et afin de garantir la cohérence et la comparaison des données acquises avec celles existantes par ailleurs, les méthodes synthétisées et préconisées par le groupement d'intérêt scientifique sur les oiseaux marins ont été appliquées. Ces méthodes sont par ailleurs mises en œuvre par le groupe ornithologique normand depuis plusieurs décennies. Les méthodes de dénombrement par groupe d'espèces sont présentées ci-dessous :

Le Fulmar boréal

C'est l'une des espèces d'oiseaux marins dont le recensement des couples nicheurs présente le plus de difficultés. Il est en effet difficile de contrôler le contenu des nids, et de nombreux oiseaux non reproducteurs fréquentent les colonies et sont parfois posés sur des sites en position d'incubation. Le recensement du Fulmar boréal est donc basé sur l'identification des sites apparemment occupés (SAO), unité définie selon des critères précis (comportement de l'oiseau et caractéristiques physiques du site). Un SAO est identifié par la présence d'un individu en position d'incubation sur un site jugé assez large et horizontal pour recevoir un œuf. Ce comptage, même s'il ne donne pas un nombre de reproducteurs effectifs, fournit un indice fiable de la taille de la population ainsi qu'un élément de comparaison interannuel. Pour réaliser le décompte, une visite est réalisée à la mi-juin. Les suivis sont réalisés depuis l'estran à partir duquel les oiseaux nicheurs sont recherchés aux jumelles.



Figure 44 : Dénombrement des oiseaux marins nicheurs sur les falaises du Bessin (Source : GONm, Robert Guégan).

La Mouette tridactyle

Le recensement des mouettes tridactyles est basé sur l'identification des nids apparemment occupés, c'est-à-dire les nids complètement construits avec une coupe bien nette, que celle-ci reçoive ou non une ponte par la suite. Ces nids apparemment occupés sont dénombrés par observation à distance sur l'ensemble de la falaise lors d'une visite unique ou de quelques visites en répétant plusieurs fois le comptage (dans ce cas, il est pris l'effectif global le plus élevé d'un jour donné).



Figure 45 : Colonie de Mouettes tridactyles sur les falaises du Bessin (Source : GONm, Régis Purenne).

Le Grand cormoran et le Cormoran huppé

La période optimale pour le recensement des colonies est la période à laquelle on rencontre le maximum de nids construits, qu'ils soient encore vides, avec des pontes ou des jeunes, ou qui ont eu des jeunes qui se sont déjà envolés. Les deux espèces ayant des phénologies légèrement décalées, il y a généralement deux recensements dans la saison de reproduction entre début avril et fin mai au plus tard. Cependant, en cas de recensement unique, la période la plus favorable (pic de la reproduction des deux espèces) se situe approximativement de la dernière décade d'avril à la mi-mai. Sur les sites insulaires, les Goélands étant alors recensés simultanément à cette période, c'est la première quinzaine de mai qui est privilégiée. Lors des dénombrements, l'unité de recensement est le nid apparemment occupé, c'est-à-dire un nid élaboré (plate-forme de matériaux avec coupe nette), vide ou contenant des œufs ou des poussins ou avec un adulte en position apparente d'incubation. Les dénombrements se font par prospection directe pour les colonies insulaires (cas des Îles Saint-Marcouf, des forts de la rade de Cherbourg et de Tatihou) ou par observation à distance depuis l'estran pour les colonies rupestres (cas des falaises du Bessin occidental).



Figure 46 : Cormoran huppé sur l'île du large de Saint-Marcouf (Source : GONm, Régis Purenne).

Les Goélands argentés, bruns et marins

La période optimale pour le recensement des colonies se situe à la mi-mai. Lors des dénombrements, l'unité de recensement est le nid apparemment occupé, c'est-à-dire un nid élaboré (plate-forme de matériaux avec coupe nette), vide ou contenant des œufs ou des poussins ou avec un adulte en position apparente d'incubation. Les dénombrements se font par prospection directe dans les colonies insulaires (cas de la rade de Cherbourg, des Îles Saint-Marcouf et de l'île de Tatihou) ou par observation à distance pour les colonies en falaise ou sur les toits (cas des falaises du Bessin occidental et des colonies urbaines de l'agglomération de Saint-Vaast-la-Hougue).

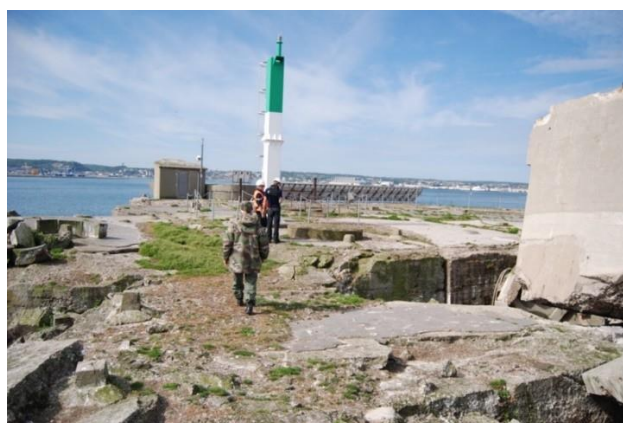


Figure 47 : Dénombrement des oiseaux marins nicheurs dans la rade de Cherbourg (Source : GONm, Régis Purenne).

Le tableau ci-dessous compile les informations notées lors des suivis :

Tableau 42 : Informations récoltées lors des suivis des colonies.

Informations	Description
Date	JJ/MM/AAAA
Lieu	Le lieu des observations
Observateur	Nom de l'observateur

Informations	Description
Heure	Heure de début / heure de fin de la période d'observation
Espèce	Le nom de l'espèce observée
Nombre	Nb de nids occupés ou de nids apparemment occupés ou de sites apparemment occupés

► Etude par télémétrie spatiale du goéland argenté

L'île de Tatihou, éloignée d'une cinquantaine de kilomètres de la zone Centre Manche, a été choisie afin d'équiper des Goélands argentés. L'objectif du travail mis en œuvre est d'étudier la répartition spatiale en mer et sur le littoral des Goélands argentés se reproduisant sur l'île de Tatihou, afin d'évaluer si l'installation de parcs éoliens en mer pourrait représenter un risque pour cette population.

La répartition spatiale du Goéland argenté a été déterminée à partir de balises GPS fournies par Ornitela, et en particulier le modèle OrniTrack20 – Solar powered GPS-GSM/GPRS tracker (<https://www.ornitela.com/20g-transmitter>). Les caractéristiques sont les suivantes :

- boîtier : design sac à dos, aérodynamique, solide et étanche et de différents colories (blanc, noir, gris, marron), dimensions ; 61 mm x 25 mm x 20 mm ;
- panneau solaire surélevé ;
- poids : 17-20g ;
- pas d'antenne externe ;
- durée moyenne de fonctionnement de plus d'un an (jusqu'à 3 ans pour certaines).

Le travail de déploiement des balises GPS sur le Goéland argenté reproducteur de l'île de Tatihou a fait l'objet d'une demande d'autorisation auprès du Centre de recherche sur la biologie et les populations d'oiseaux (CRBPO) du Muséum national d'Histoire naturelle. Cette autorisation a été délivrée le 8 avril 2022.

Capture des oiseaux :

Les oiseaux ont été capturés à l'aide de cage-piège, un dispositif placé sur les nids et dans lesquels les oiseaux entrent pour couvrir. Lorsqu'ils s'installent sur le nid, un système provoque la fermeture de la porte, empêchant l'oiseau de sortir. Une fois capturés, les oiseaux sont maintenus dans des pochons opaques, l'obscurité permettant aux oiseaux de se calmer. Une attention particulière est portée sur l'état de santé de l'oiseau.



Figure 48 : Pose d'une cage-piège et Goéland argenté sur son nid dans le piège (Source : GONm, Jean-Pierre Clave).

Pose des balises :

Les balises sont fixées sur le dos de l'oiseau à l'aide d'un harnais en téflon tubulé marron de 4,5 mm de large et de 0,5 mm d'épaisseur. La balise est alors portée comme un petit sac à dos. Un petit point de faiblesse créé sur le harnais permet un relargage de ce dernier pour que les oiseaux ne le gardent pas toute leur vie. Le poids de l'ensemble du dispositif (harnais, bague métal et bague couleur), représente au maximum 3% du poids moyen des Goélands argentés adultes.



Figure 49 : Pose d'une balise GPS sur un Goéland argenté à Tatihou (Source : GONm, Jean-Pierre Clave).

Les balises GPS sont programmées pour enregistrer la position géographique des individus et envoyer ces positions à une plateforme de téléchargement via le réseau GSM. Grâce aux panneaux solaires et au téléchargement régulier des données, les balises rendent possible l'acquisition de données pendant toute une année. Cela permet ainsi de connaître la distribution spatiale des oiseaux reproducteurs pendant, notamment, deux périodes essentielles de leur cycle annuel : la période de reproduction et celle de la dispersion postnuptiale.

► Suivi télémétrique du phoque gris

Afin d'améliorer les connaissances sur leur comportement en mer, un suivi télémétrique a été mis en œuvre sur des Phoques gris. Celui-ci a permis notamment de déterminer la distribution spatiale des Phoques gris, les zones de prospection alimentaire et leur utilisation potentielle de l'aire d'étude rapprochée. Les balises utilisées sont des balises GPS/GSM⁶ développées par le Sea Mammal Research Unit (SMRU - Université de St Andrews, Ecosse). Elles comprennent à la fois un GPS (de type « Fastloc GPS ») permettant l'acquisition rapide d'une localisation lorsque la balise émerge succinctement de l'eau, et un enregistreur de pression permettant de connaître la profondeur, la durée et la forme des plongées (Photopoulou et al., 2015)).

Les données enregistrées en continu sont stockées et en partie traitées à bord de la balise, puis transmises lorsque le phoque se trouve en zone de réception GSM, soit près des côtes. Les données d'accéléromètres sont traitées à bord de la balise afin de calculer quelques paramètres représentatifs du comportement de l'animal, qui sont ensuite transmises avec les autres données via le réseau GSM (les données brutes d'accélération sont trop lourdes pour être transmises en continu). En particulier, 3 paramètres sont estimés, pour chacune des trois phases de plongée (descente, phase de fond puis remontée) : les accélérations soudaines caractéristiques des tentatives de captures de proies (Ydesen et al., 2014), l'effort de nage, et l'orientation de la tête du phoque. Ces paramètres sont particulièrement utilisés pour connaître le comportement des phoques et donc identifier les zones de chasse de ces animaux.

Les opérations de captures se sont déroulées en juillet 2022 dans l'estuaire de Seine, avec la collaboration des agents de la Réserve naturelle Estuaire de la Seine. Les phoques sont capturés dans l'eau grâce à des filets droits conçus spécialement pour la capture de cette espèce (tailles de maille et mèche adaptées). Ils sont capturés individuellement, dans un bras d'eau longeant l'îlot du Ratier, en baie de Seine. La pesée, manipulation et pose de balise sont ensuite effectuées sur le banc de sable émergé le plus proche, hors de portée de la marée montante pour toute la durée de l'opération.

Une fois pesés, les phoques sont tranquilisés par injection de Zoletil 100 (Virbac France, 100 mg/ml). Les animaux sont surveillés (rythme de la respiration, couleur des muqueuses buccales le cas échéant, réponse au stimulus visuel en cas d'inquiétude) pendant toute la durée de l'anesthésie. Cette anesthésie est motivée par trois raisons : d'une part, elle permet de tranquilliser l'animal, d'autre part, elle apporte une sécurité pour les personnes manipulant les phoques (risque de morsure), et enfin l'absence de mouvement est très importante au moment du collage de la balise sur le poil. Le poil à l'arrière de la tête est alors séché et dégraissé de façon à coller la balise grâce à une colle époxy à prise rapide. Des prélèvements biologiques sont également effectués pour étudier divers traceurs écologiques et génétiques (Tableau 43). Enfin une bague numérotée à l'adresse de l'université de La Rochelle est insérée dans la palmure arrière des phoques pour rendre possible identification ultérieure.

L'objectif de l'opération était de capturer des Phoques gris de plus de 45 kg pour les équiper de balises GPS/GSM. L'opération de captures se déroulait pour la première fois en baie de Seine. 4 phoques ont été momentanément capturés pendant la durée de l'opération, mais deux d'entre eux ont réussi à

⁶ <http://www.smrु.st-andrews.ac.uk/Instrumentation/GPSPhoneTag/>

s'échapper des mailles des filets avant qu'ils ne soient ramenés à terre. 2 phoques gris, ont donc été équipés lors de cette opération.

Les caractéristiques des 2 phoques capturés et équipés de balises GPS/GSM sont résumées dans le (Tableau 43). Aucun incident d'anesthésie ou blessure n'ont été à déplorer, les deux phoques étaient en bon état de santé apparent.

Tableau 43 : Détails des 2 Phoques gris capturés en baie de Seine et équipés de balises GPS/GSM en juillet 2022.

N° phoque	Date capture	Sexe	Masse corporelle (kg)	Longueur corporelle (cm)	Périmètre thoracique (cm)	Bague numérotée	N° balise GPS/GSM	Prélèvements biologiques
N01	19/07/2022	F	92	145	106	928 blanc	hg77-15716-22	sang, poil, lard, vibrisses (2)
N02	20/07/2022	M	52	136	93	933 blanc	hg77-15717-22	sang, poil, lard, vibrisse (1)

La balise du phoque N01 a cessé de transmettre des données le 17/01/2023, tandis que celle du phoque N02 a transmis pour la dernière fois le 26/11/2022. A noter que le jeune mâle a été revu les jours suivants en baie de Seine sans sa balise, en bonne santé.

► Campagnes acoustiques

● Le long des raccordements

L'acquisition des données acoustiques est comparable au protocole décrit pour le bruit ambiant sous-marin. Les traitements spécifiques à cette analyse sont détaillés en suivant.

Détection automatique des signaux

La détection des signaux de cétacés est automatisée *via* le logiciel d'analyse bioacoustique PAMGuard (Passive Acoustic Monitoring | PAM Open Source Software - PAMGuard⁷). Deux fonctionnalités (modules) de ce logiciel sont utilisées simultanément :

- le « Whistle and Moan Detector » (WMD) pour détecter les signaux à modulation de fréquence (sifflements de delphinidés ; Figure 50)
- le « Click Detector » (CD) pour détecter les sons impulsifs (clics d'écholocalisation). Ce dernier est paramétré pour détecter les clics de marsouins. Afin d'éviter les fausses détections associées à d'autres bruits impulsifs (ex : bruit de mouillage), ce détecteur est couplé avec un module de détection de train de clics.

⁷ <https://www.pamguard.org>

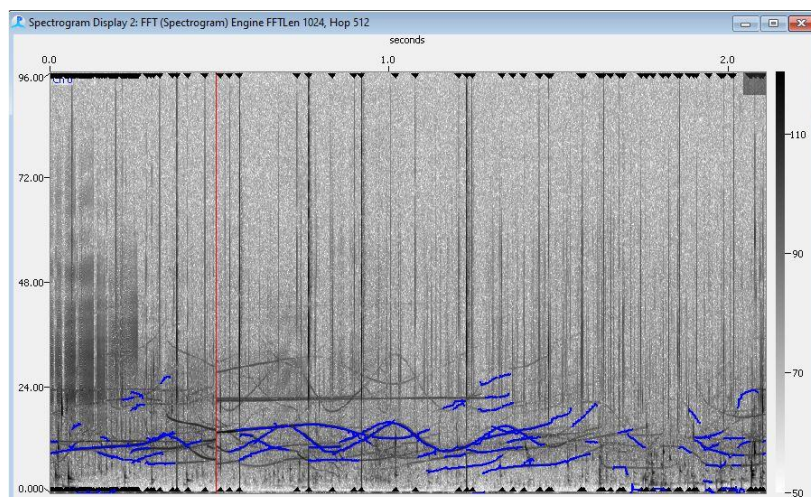


Figure 50 : Capture d'écran de l'interface PAMGuard incluant les modules de détection de clics (flèches noires) et de sifflements (WMD ; courbes bleues).

Les détecteurs utilisés sont paramétrés en fonction des caractéristiques des signaux des groupes d'espèces cibles de mammifères marins (Grands dauphins, Dauphins communs et Marsouins) issues de la littérature scientifique (Tableau 44 ; Tableau 45).

Tableau 44. Paramètres utilisés pour les détecteurs de sifflement des delphinidés.

Bande de fréquences de recherche des signaux	10-30 kHz
Durée min	30 ms

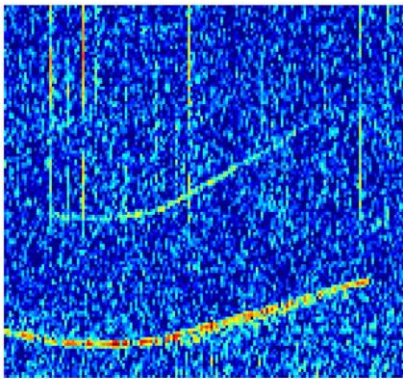
Tableau 45. Paramètres utilisés pour les détecteurs de clics de marsouins.

Bande de fréquences de recherche des signaux	110-150 kHz
Intervalle Inter-Clics min	20 ms (10240 points)
Durée max	0.3 ms (154 points)

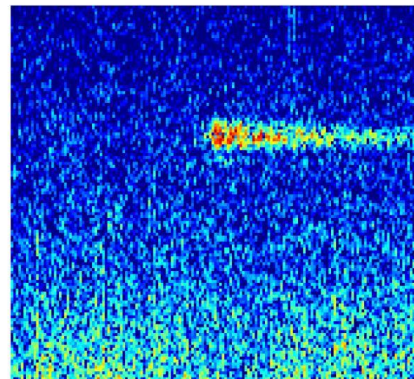
Vérification et traitement des détections

Un spectrogramme haute résolution est réalisé pour chaque détection. Ces spectrogrammes sont ensuite classés sous les catégories « bonnes » ou « fausses détections » par un algorithme de classification d'image basé sur de l'intelligence artificielle (Figure 51). Les sorties de l'algorithme sont ensuite vérifiées par un acousticien de l'équipe SOMME. Ce procédé assure qu'aucune fausse détection n'est incluse dans les résultats.

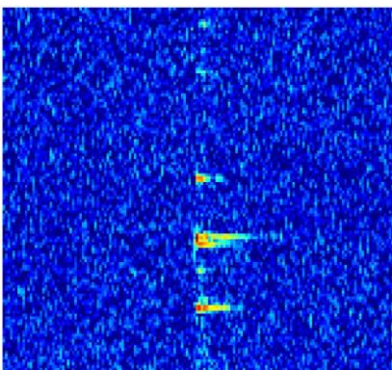
Bonne détection (sifflement de delphinidé)



Fausse détection (sonar)



Fausse détection (bruit de mouillage)



Fausse détection (sonar)

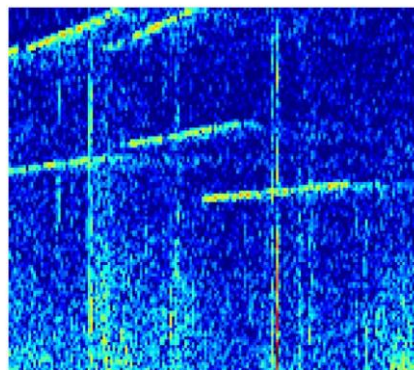


Figure 51 : Exemples de bonne et fausses détections classées par l'algorithme d'intelligence artificielle puis vérifiées par un acousticien SOMME

Analyse des données de détection

Les données de détection sont converties en heures positives, c'est-à-dire des heures comprenant au moins une détection. Des diagrammes en barre sont produits pour présenter le nombre d'heures positives par jour et par station sur la totalité du suivi. Des diagrammes en rosace sont également générés pour décrire de manière relative les heures de la journée durant lesquelles ces vocalises sont enregistrées pour chaque mois du suivi. Finalement, des pourcentages de fréquentation mensuelle des différentes stations acoustiques par les delphinidés sont calculés par le ratio entre le nombre de jours positifs (avec au moins une heure positive) et le nombre de jours de suivis.

● **En zone Centre Manche**

La caractérisation de la fréquentation de la zone Centre Manche par les mammifères marins a été établie à partir des enregistrements faits pour le bruit ambiant ainsi que grâce au déploiement de système POD (C-POD ou F-POD) immergés aux stations R3, R5 et R6.

Le détecteur POD (C-POD ou son successeur F-POD, fabriqué par Chelonia Limited) est un instrument spécialisé pour la détection automatique des clics de Marsouins communs (*Phocoena phocoena*) et des clics de Delphinidés dans la bande de fréquence allant de 9 à 170 kHz. Il détecte également les signaux des SONARs opérants dans cette gamme de fréquence.

Cet instrument comprend un hydrophone omnidirectionnel, un système embarqué de traitement du signal et une carte mémoire insérés dans un tube étanche. Constitué d'un capteur qui enregistre les sons du milieu marin et d'un algorithme de détection interne, son fonctionnement repose sur la comparaison directe de l'énergie présente entre une bande de fréquence de référence et celle des signaux d'intérêts. Lorsqu'un bruit est en phase avec ces critères, alors l'instant auquel le signal d'intérêt recherché a eu lieu et sa durée sont enregistrés, dans un fichier, comme un évènement.

Les paramètres utilisés pour les différentes campagnes réalisées sont les suivants :

- une fréquence de coupure du filtre passe-haut à 40 kHz ;
- un maximum de 4096 clics/min.

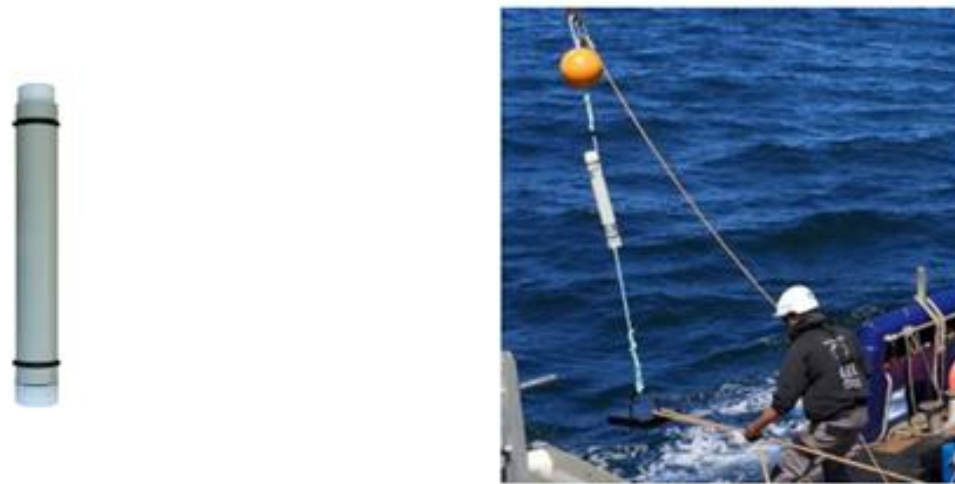


Figure 52 : Illustration d'un système POD (Quiet Oceans, 2023)

Détection des signaux biologiques

Le traitement bioacoustique analyse indépendamment d'une part, les données collectées par les enregistreurs acoustiques et d'autre part, les données collectées par les systèmes autonomes POD (C-POD ou F-POD).

À noter, chaque enregistreur permet la détection des signatures acoustiques des mammifères marins dans un périmètre plus ou moins étendu, en fonction de l'espèce présente autour du capteur. Toutefois, étant donné le dispositif, il n'est pas possible de localiser l'espèce détectée.

Données issues de l'enregistreur acoustique

Le traitement bioacoustique de la donnée recueillie par les enregistreurs acoustiques consiste à détecter les signaux biologiques dans les données acoustiques brutes (au format audio FLAC) à l'aide d'un logiciel dédié, puis à réaliser le contrôle et l'analyse des résultats obtenus via une validation manuelle des évènements sonores détectés (Figure 53).

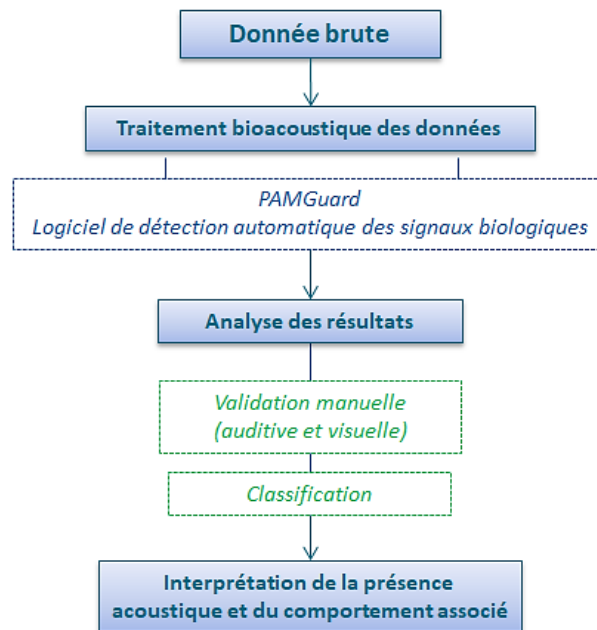


Figure 53 : Procédure générale appliquée à la donnée brute pour le traitement bioacoustique des enregistrements sonores (Quiet Oceans, 2023)

La détection automatique des signaux biologiques dans les enregistrements sonores est réalisée par le logiciel PAMGuard développé par le laboratoire *Sea Mammal Research Unit* (SMRU) de l'université de Saint-Andrews en Ecosse. Il s'agit d'un logiciel libre d'utilisation qui a été développé dans le but de fournir une interface universelle pour la détection, la classification et la localisation des signaux émis par les mammifères marins. Bien qu'ayant une portée biologique, un détecteur tel que celui proposé par PAMGuard appuie sa recherche sur des signaux physiques, spécifiques au type de signal à détecter.

Deux détecteurs de signaux transitoires sont créés et calibrés afin de permettre la détection de signaux de type « sifflements » émis par les Delphinidés entre 2 kHz et 20 kHz et de type « grognements » émis par les Phocidés entre 80 Hz et 1 500 Hz.

La détection automatique des signaux impulsifs se base sur l'émergence de leur énergie sonore dans la bande d'émission préférentielle de chaque famille de mammifères marins. Deux détecteurs spécifiques sont créés et calibrés afin d'obtenir une détection optimale des signaux de type « clics » émis par les Delphinidés entre 25 et 85 kHz, et les Phocoenidés entre 110 et 150 kHz.

Afin de mesurer la justesse et la cohérence des résultats issus des algorithmes de détection automatique, une validation manuelle, à la fois visuelle et auditive est réalisée par les experts bioacoustiques de Quiet-Oceans et Biotope. Cette validation permet d'une part de qualifier l'ensemble des résultats de la détection automatique et d'autre part d'analyser finement le comportement des espèces détectées. La procédure de validation manuelle consiste à discrétiser la donnée sur une durée de trois minutes pour obtenir des quartiles. Afin d'allier temps de validation et représentativité des résultats, une proportion de ces quartiles est soumise à la validation manuelle.

À la suite de la validation des événements sonores présents dans chacun de ces quartiles, ces derniers sont classifiés en tant que :

- « vrai-positifs », lorsqu'au moins une détection de signatures acoustiques de mammifères marins est confirmée ;
- « faux-positifs », lorsque qu'aucune détection de signatures acoustiques de mammifères marins n'a été confirmée.

Cette validation des quartiles est complétée par la réalisation d'une classification. Cette classification, ou reconnaissance taxonomique, fait intervenir des critères portant sur la gamme fréquentielle (fréquence de début et de fin des signaux, fréquences minimum et maximum, etc...) et la durée des vocalises, ainsi que sur le nombre de points d'inflexion et d'harmoniques permettant d'identifier le cétacé à l'origine des émissions transitoires.

Les analyses des données acoustiques permettent de définir :

1) Le taux journalier de présence

Afin d'analyser la fréquentation des mammifères marins susceptibles d'être présents aux alentours du Projet, un taux journalier de présence acoustique a été mesuré sur la zone Centre Manche. Ce taux correspond à la proportion de quartile « vrais-positifs » par jour, j , parmi tous les quartiles validés visuellement le jour j :

$$\frac{((\text{Nombres de quartiles vrais_positifs}))_j}{(\text{Nombres de quartiles vrais_positifs})_j}$$

La moyenne de ce taux journalier a été calculée pour chaque station (R1 à R7), pour chaque saison et pour chaque famille de mammifères marins.

2) La phénologie mensuelle des détections

La phénologie des détections est représentée en utilisant un indice mensuel de présence. Cet indice mesure la proportion de jour dans un mois ayant au moins un quartile « vrai-positif » :

$$\frac{((\text{Nombre de jours avec au moins un quartile vrais_positifs}))_m}{(\text{Nombres de quartiles validés})_m}$$

Cet indice mensuel de présence est calculé pour chaque station (R1 à R7) et pour chaque espèce de mammifères marins. Lorsque cet indice est regroupé par famille, il correspond à la somme des indices pour chaque espèce.

3) Une analyse des comportements

L'analyse des différents comportements dans le temps et dans l'espace d'une espèce apporte des informations sur les rôles exercés par ces habitats selon la période du cycle de vie de l'espèce. Ces informations permettent d'identifier, en particulier, les zones et périodes d'alimentation et/ou de reproduction.

Pour chaque quartile « vrai-positif », les vocalisations observées ont été notées et répertoriées parmi 17 catégories reprenant différentes combinaisons possibles des types de vocalisation observés chez ces espèces. Afin de faciliter l'analyse, ces catégories ont été associées à :

- 4 comportements pour les Delphinidés :
 - **chasse**, à partir du moment où des « buzzs » sont présents dans les quartiles « vrais-positifs » ;
 - **social**, si des sifflements, des clics sociaux (émis entre 10 et 80 kHz) et/ou des « cris pulsés » sont présents dans les quartiles ;
 - **mixte**, quand tous les types de vocalisations sont présents dans un quartile « vrai-positif » ;
 - **indéterminé**, lorsqu'il y a peu d'informations sur les vocalisations. Par exemple, en présence de clics d'écholocation uniquement, il est difficile d'établir le comportement des Delphinidés.
- 3 comportements pour le Marsouin commun (*Phocoena phocoena*) qui produit uniquement des clics en hautes fréquences :
 - **écholocation**, lorsqu'il y a uniquement des trains de clics réguliers ;
 - **chasse**, lorsqu'il y a uniquement des « buzzs » ou des trains de clics dont l'ICI (Intervalle Inter-Clic) se réduit jusqu'à former un « buzz » ;
 - **mixte**, lorsqu'il y a uniquement des trains de clics d'écholocation, des trains de clics dont l'ICI (Intervalle Inter-Clic) se réduit jusqu'à former un « buzz », et/ou uniquement des « buzz ».

Cette classification simplifie la réalité complexe des vocalisations et leur signification réelle reste une interprétation.

Afin d'appréhender cette distribution, la répartition temporelle des détections est représentée sur un graphique de type actogramme (représentation de la rythmicité d'une variable). Les détections sont distribuées en fonction de l'heure de la journée et de leur date. Chaque espèce est identifiée avec un symbole différent et chaque comportement avec une couleur différente. Afin de mieux visualiser la densité des détections dans cet espace temporel, une estimation par la méthode du noyau (dite « kernel »), méthode non-paramétrique d'estimation de la densité de probabilité d'une variable aléatoire, est appliquée sur les données. La répartition des différents comportements est aussi représentée dans une figure par station et par espèce.

Données issues d'un système POD

Un détecteur POD (C-POD ou F-POD) est un système autonome enregistrant les signaux impulsifs présents dans la colonne d'eau et pouvant procéder à la classification de ces derniers grâce à un algorithme interne comparant directement l'énergie présente entre une bande de fréquence de référence et celle des signaux d'intérêts. Le système POD permet donc une analyse de la fréquentation des zones d'étude par les Delphinidés et Phocoenidés.

Les fichiers bruts obtenus en sortie d'instrument sont traités via un logiciel spécifique fourni par le constructeur Chelonia Limited. Ce logiciel permet d'une part d'analyser la durée et la fréquence des événements détectés et d'autre part, d'identifier la source des événements selon quatre catégories :

- cétacés Haute Fréquence (NBHF), pour les Phocoenidés ;
- delphinidés ;
- SONAR ;
- autres signaux impulsifs.

Un indice de confiance est attribué à chaque classification réalisée par le logiciel : élevé, modéré, faible ou très faible. L'analyse des résultats bioacoustiques a été réalisée sur les détectations ayant un indice de confiance élevé à modéré, comme préconisé dans le document de référence sur l'évaluation des impacts des parcs éoliens offshore allemands (Aumüller et al., 2013). Il est important de préciser que le système autonome POD ne conserve pas de fichier audio brut et ne permet donc pas la vérification manuelle des détectations.

L'analyse des résultats bioacoustiques du système POD est réalisée uniquement sur les détectations ayant un indice de confiance élevé à modéré.

À noter que le travail d'inter-comparaison réalisé permet d'établir à la fois la proportion des quartiles confirmés, soit « vrais-positifs », et la proportion de contacts acoustiques non détectés par le système POD. À la suite de ce travail, il est possible de corriger le nombre réel de détectations réalisées par le POD.

Les paramètres extraits sont :

1) Proportion des détectations par jour

Le système POD ne conserve pas de fichier audio brut et ne permet donc pas la vérification manuelle des détectations. Dans ce contexte, l'analyse bioacoustique de la donnée diffère de celle mise en œuvre pour la donnée de l'enregistreur. En effet, en l'absence de qualification des quartiles (« vrais-positifs » ou « faux-positifs »), la proportion journalière des détectations par espèce est déterminée afin d'analyser la fréquentation du site via les systèmes PODs :

$$\frac{((\text{Nombre de détectations}))_{j,\text{espèce}}}{(\text{Nombres de détectations total})_j}$$

2) Phénologie mensuelle des détectations

L'indice mensuel calculé dans le cadre de la donnée de l'enregistreur acoustique intègre à la fois les données des enregistreurs et celle des systèmes PODs. En effet, à partir du moment où il y a un quartile « vrai-positif » ou une détection réalisée par le POD dans une journée, cette journée est considérée comme positive.

3) Analyse des comportements

La donnée du système POD permet d'avoir un accès à des informations sur le comportement de l'animal détecté acoustiquement. En effet, les activités de chasse peuvent être déterminées via un post-traitement sur la durée de l'intervalle inter-clic (ICI) de chaque train de clics détectés.

Inter-comparaison des systèmes

Afin de pouvoir qualifier les résultats de fréquentation obtenue via la donnée du système POD, des déploiements simultanés de ce système et d'un enregistreur acoustique sont réalisés au niveau des zones proche (R1) et intermédiaire (R3) du Projet. Cette qualification permet de statuer sur la pertinence de déployer un système POD seul dans la colonne d'eau.

Ces déploiements consistent en un flotteur subsurface équipé à la fois d'un enregistreur acoustique autonome et d'un système POD immergé à une profondeur intermédiaire de la colonne d'eau, et espacés d'un à deux mètres sur la ligne de mouillage. Les deux systèmes sont soumis aux mêmes conditions environnementales et permettent la réalisation d'une inter-comparaison des résultats bioacoustiques.

Pour rappel, le système autonome POD (C-POD ou son successeur F-POD) enregistre en continu, soit 100% du temps, et attribue un indice de confiance à chaque détection réalisée (élevée, modérée, faible ou très faible). Dans ce contexte, la procédure d'inter-comparaison requiert (1) la discrétisation de la donnée afin de travailler sur des périodes d'acquisition comparable aux deux systèmes, soit sur 3 minutes d'acquisition toutes les 10 minutes (30% du temps) et, (2) la prise en compte des détections avec indice de confiance élevé à modéré comme préconisé dans le rapport de synthèse de l'étude MARSAC (Samaran et al., 2015).

À la suite de la discrétisation de la donnée, les quartiles avec présence d'une (ou plusieurs) détection(s) de signaux impulsifs réalisés par le POD sont dénombrés puis manuellement validés via la donnée audio de l'enregistreur acoustique positionné sur la même ligne de mouillage (Figure 54). Cette validation manuelle permet de déterminer les quartiles « vrais-positifs », c'est-à-dire avec une présence confirmée de signaux impulsifs biologiques, et donc de pallier l'absence de conservation des fichiers audio bruts par le système POD. L'origine des détections est donc vérifiée pour la totalité des quartiles avec présence de détections dont l'indice de confiance est élevé à modéré.

L'analyse des résultats obtenus pour l'inter-comparaison consiste à déterminer (1) le pourcentage de « vrais-positifs » du système POD, (2) les périodes communes aux deux systèmes acoustiques et (3) à mettre ces informations en regard du paysage acoustique et des conditions environnementales.

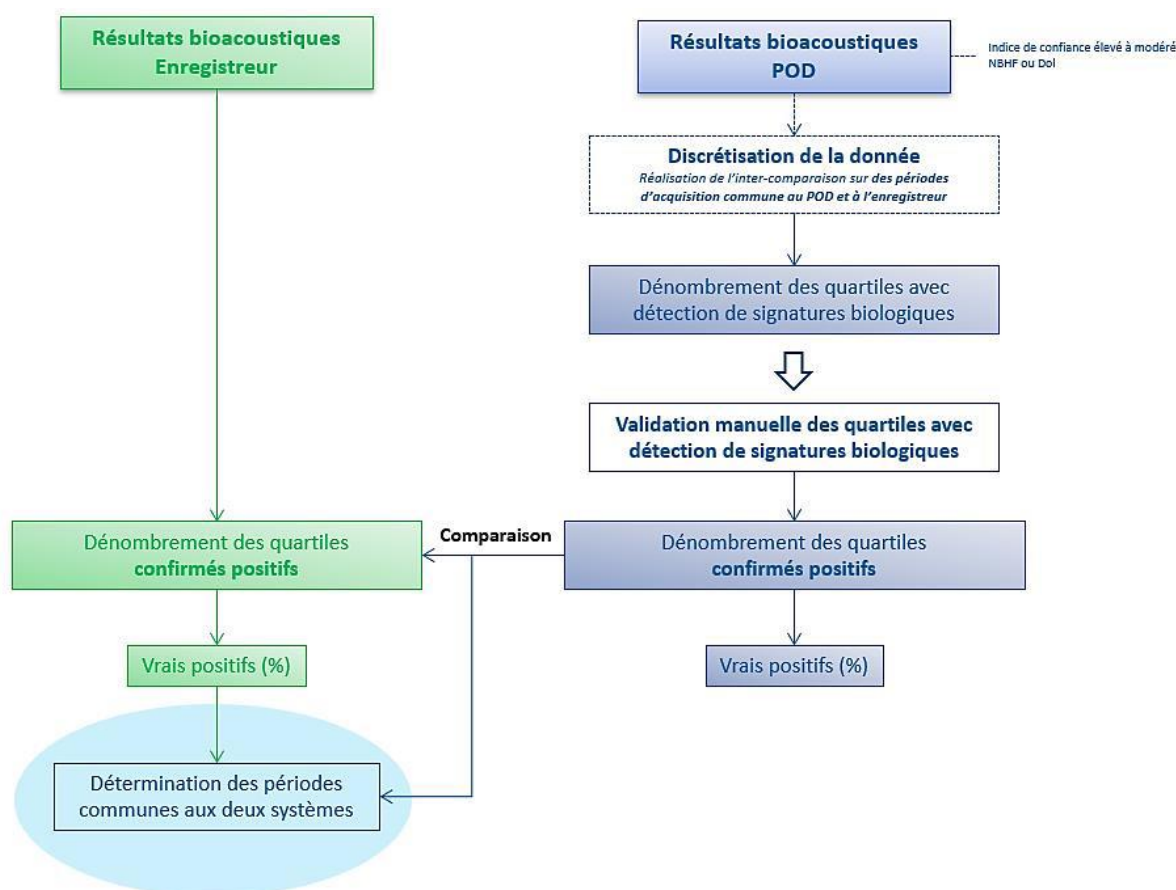


Figure 54 : Procédure appliquée pour la réalisation de l'inter-comparaison de l'enregistreur acoustique et du système POD. (Quiet Oceans, 2023)

► Expertise acoustique des chiroptères

Dans le cadre de ce Projet, il a été choisi de mettre en place un protocole novateur de collecte de données chiroptérologiques en mer, via l'utilisation de bateaux de transports de passagers avec 1 microphone placé sur un des points hauts du bateau, au-dessus de la cabine principale. Plusieurs contraintes techniques ont dirigé le choix concernant les navires à équiper. Les stations mobiles marines, qui collectent les données, ont été placées loin des côtes, à la fois au sein de zones de fortes perturbations sonores (zones de forte activité humaine) mais aussi au sein de zones non contraintes par des perturbations électromagnétiques et ondes radars. Les détecteurs sont donc placés sur le pont supérieur, au-dessus de la cabine des officiers sur la partie supérieure de la zone abritant les différents éléments permettant la navigation. Ces deux navires empruntent la même ligne reliant Ouistreham à Portsmouth et traversent, en partie de nuit, la zone du Projet.

Les suivis se sont déroulés sur une période de 7 à 8 mois (de mars à octobre 2022 pour le « Mont-Saint-Michel » et d'avril à octobre 2022 pour le « Normandie »). Les bateaux suivent un parcours prédéfini (ligne Ouistreham – Portsmouth, Figure 55) à vitesse moyenne (moyenne de 15 à 20 nœuds). Les stations d'enregistrement sont déployées en continu en période migratoire, soit au printemps (de mi-mars à mi-mai environ) et à l'automne (de septembre à fin octobre) afin d'identifier la présence d'espèces migratrices (principalement la Pipistrelle de Nathusius, la Noctule commune et la Noctule

de Leisler). En Normandie, la migration automnale de la Pipistrelle de Nathusius, principale espèce susceptible d'utiliser la zone de projet, intervient principalement entre mi-septembre et mi-octobre. Le suivi est également continu pendant la période de mise-bas et d'estivage (mai à août) afin d'identifier des échanges entre les colonies de chauves-souris anglaises et les colonies françaises.

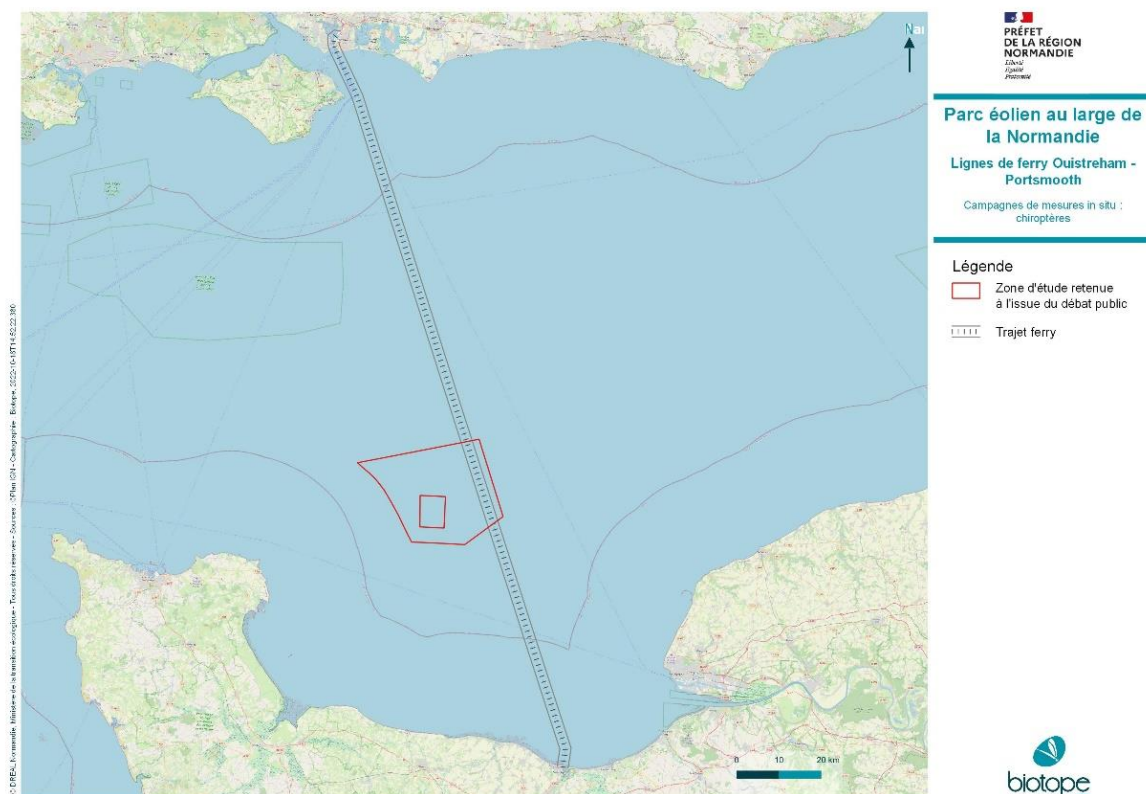


Figure 55 : Localisation des expertises chiroptères le long de la ligne de ferry Ouistreham-Portsmouth.

L'étude du comportement des chauves-souris se fait grâce à la détermination de leur indice d'activité basé sur la détection des ultrasons émis par ces animaux pour se repérer et localiser leurs proies. Le système utilisé est basé sur un enregistreur d'ultrasons SM4BAT-FS (Wildlife Acoustics) (enregistreur large bande 2 x 192 KHz effectifs) déclenchant les enregistrements grâce à un trigger de 12 dB au-delà de 14 KHz. L'ensemble est alimenté par batterie connectée à un panneau solaire afin de garantir l'autonomie électrique du dispositif. Le système est équipé d'une protection contre les signaux parasites (ondes radio par exemple). Le microphone est inclus au sein d'une potence, le protégeant des intempéries et des embruns.

Le microphone est installé à environ 30 m de hauteur vis-à-vis de la ligne de flottaison des navires.

Les paramètres d'enregistrement du SM4BAT sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 46 : Paramètres d'enregistrement du SM4BAT.

Paramètres d'enregistrement	
Filtre Pass Haut	1 KHz
Fréquence d'échantillonnage	192 KHz
Fréquence minimale	14 KHz
Fréquence maximale	100 KHz
Durée minimale de déclenchement	1,5 ms
Niveau du trigger	12 dB
Trigger maximale	5 sec.
Déclenchement avant le coucher du soleil	120 min.
Arrêt après le lever du soleil	120 min.

Les ultrasons enregistrés sont horodatés et identifiés grâce au programme Sonochiro® développé par Biotope en partenariat avec le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN, Yves Bas, 2011). Cet outil permet un traitement automatique et rapide d'importants volumes d'enregistrements. Sonochiro® utilise un algorithme permettant un tri et une identification automatique des contacts réalisés sur la base des critères suivants : 1 contact = 5 secondes de séquence d'une espèce.

Les identifications sont ensuite contrôlées visuellement sous le logiciel Batsound Pro (Pettersson). Ce logiciel permet l'affichage des sonagrammes - représentations graphiques des ultrasons émis par les chiroptères - qui sont attribués à l'espèce ou au groupe d'espèces selon les méthodes d'identification acoustique de Michel BARATAUD (1996, 2002, 2007 et 2012) et du MHNH dans le cadre du programme de suivi temporel des chauves-souris communes. Les contacts sont ensuite dénombrés de façon spécifique sur des nuits entières, ce qui permet, premièrement de disposer de données quantitatives beaucoup plus importantes qu'avec des détecteurs d'ultrasons classiques, et, deuxièmement, d'établir des phénologies d'activité (évolution du nombre de contacts par heure au cours d'une nuit).

En l'état actuel des connaissances, les méthodes acoustiques permettent d'identifier la majorité des espèces présentes sur le territoire français. Néanmoins, les cris sonar de certaines espèces sont parfois très proches, voire identiques dans certaines circonstances de vol. C'est pourquoi les déterminations litigieuses sont parfois rassemblées en groupes d'espèces. Ici, les petits murins sont inclus dans le groupe des Petits Myotis. Les limites de cette méthode - utilisant des enregistreurs automatiques - sont essentiellement dues à la détectabilité des différentes espèces et au caractère « fixe » du dispositif dont la pertinence de positionnement ne peut être confirmée qu'a posteriori. La distance à partir de laquelle les ultrasons des chauves-souris sont enregistrés par les détecteurs varie très fortement en fonction de l'espèce concernée. Les Noctules et Sérotines émettent des cris relativement

graves audibles jusqu'à une centaine de mètres. À l'inverse, les cris des Rhinolophes ont une très faible portée et sont inaudibles au-delà de 5 à 10 m. La grande majorité des chauves-souris (Myotis, Pipistrelles, etc.) sont détectables entre 10 et 30 m. Les Noctules sont détectables à plus grande distance, entre 80 et 100 m.

Le suivi réalisé permet d'obtenir des résultats exploitables sur 477 nuits, cumulées sur les deux navires. Les inventaires sont exhaustifs. En effet, pour garantir un échantillonnage suffisamment représentatif et robuste, une quinzaine de nuits d'enregistrements est suffisant pour pouvoir contacter 90 % des espèces (sur une maille 5x5km – Matutini, 2014). L'étude réalisée en altitude en 2022 a atteint ce seuil et est représentative (Figure 56 et Figure 57).

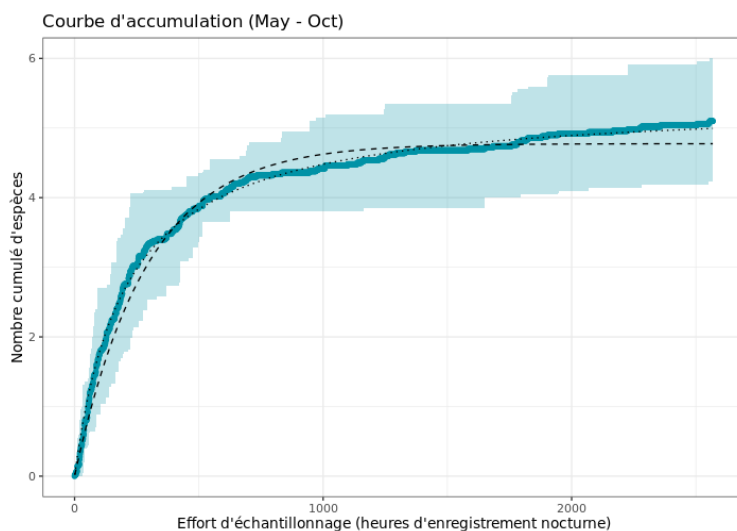


Figure 56 : Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur le « Mont-Saint-Michel » (BIOTOPE, 2023)

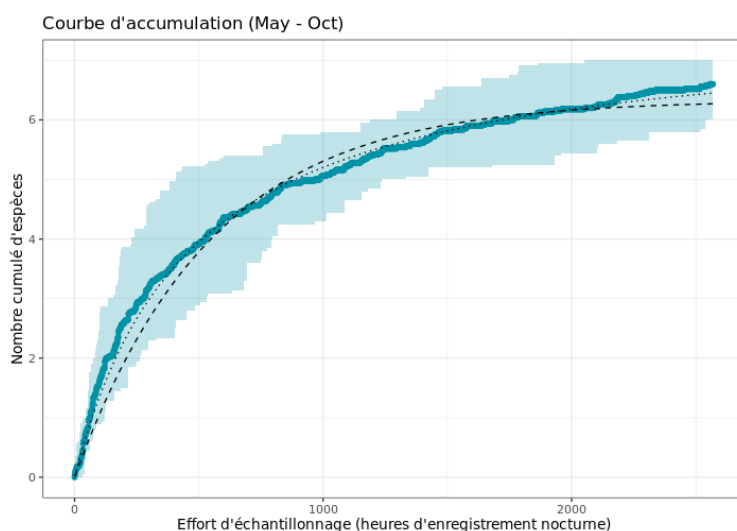


Figure 57 : Cumul des nouvelles espèces à partir de l'effort d'échantillonnage sur le « Normandie » (BIOTOPE, 2023)

Cette courbe d'accumulation représente le cumul des nouvelles espèces avec l'effort d'échantillonnage. La construction de la courbe prend en compte la saisonnalité. Ici, l'échantillonnage est réparti uniformément entre les mois (les mois incomplets sont extraits de cette analyse).

Tableau 47 : Informations collectées pendant les expertises et lors de la phase d'identification.

Informations	Description
Point GPS	Coordonnées GPS du point d'observation en degrés décimaux – WGS 84
Transect	Transect fixe – ligne Ouistreham >< Portsmouth
Direction du bateau	Nord ou sud
Sens	Vers la côte ou vers le large
Date	JJ/MM/AAAA
Espèce	Le nom latin de l'espèce identifiée ou le code du taxon
Nombre	Le nombre d'individus observés
Observateur	Le nom de la personne identifiant la donnée
Comportement	Le comportement de la chauve-souris (transit actif, attraction, etc.)
Conditions météorologiques	Vitesse, direction et force du vent, visibilité, houle, hauteur des vagues, etc.

À l'issue de l'identification acoustique, une liste d'espèces est déterminée avec, pour chacune, un niveau d'activité associé. L'activité est analysée pour toutes les espèces enregistrées.

Comportement des chauves-souris et analyse de la photo-attraction

Afin de mieux comprendre le phénomène de photo-attraction des chauves-souris vis-à-vis des lumières pendant la phase de chantier et d'exploitation en milieu marin, il convient d'étudier le comportement acoustique des individus enregistrés, en complément de l'identification de la présence/absence.

Le comportement acoustique observé fait à la fois référence :

- aux activités de prospection active (signaux en fréquence modulée aplanie FMa) – les individus sont identifiés comme « **actifs** » : ils adaptent leur sonar pour affiner la définition d'un obstacle qui a été perçu et sont parfois attirés temporairement par la structure ;
- aux individus en transit (signaux en quasi-fréquence constante QFC) – les individus sont identifiés comme en « **transit** » : ils continuent leur route ;
- à la durée de présence à proximité de la structure qui comporte le microphone ;
- et à la mise en place de « buzz » de chasse, adaptation du signal de la chauve-souris visible en cas de comportement de chasse (alimentation).

Les signaux sont parfois mélangés avec des signaux typiques de transit et des signaux de prospection de leur environnement (identifiés comme « actif / transit »).

Rayon de détection

La détectabilité diffère en fonction des espèces (Barataud, 2012). Chaque espèce de chiroptère possède un sonar dont les caractéristiques sont propres à leur habitat et à leur type de vol. La portée d'un signal acoustique dépend principalement de sa durée et de la largeur de sa bande de fréquences. Par exemple, une espèce de haut vol utilise généralement des signaux d'une durée importante avec une faible largeur de fréquences, ce qui lui permet de sonder loin son environnement. De même,

l'intensité d'émission d'un individu est fonction de son comportement de vol : plus un individu sera loin des obstacles et plus il émettra des signaux de forte intensité. Ainsi, certaines espèces sont audibles à plusieurs centaines de mètres tandis que d'autres sont inaudibles à plus de 5 mètres (Tableau 48). Le pourcentage de détectabilité d'un détecteur d'ultrasons est en grande partie fonction du matériel utilisé et notamment de la sensibilité et de la directivité du microphone. Ainsi, le volume moyen de détection du matériel installé sur les bateaux permet d'enregistrer les individus entre 25 et 100 m autour du micro.

Tableau 48 : Distance de détection, en milieux ouverts et semi-ouverts, des principales espèces détectables sur la zone du Projet Centre Manche.

Intensité d'émission	Espèce	Distance de détection	Probabilité de présence
Moyenne	Pipistrelle pygmée (<i>Pipistrellus pygmaeus</i>)	25 m	-
	Pipistrelle commune (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>)	25 m	+
	Pipistrelle de Kuhl (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	25 m	-
	Pipistrelle de Nathusius (<i>Pipistrellus nathusii</i>)	25 m	++
Forte	Sérotine commune (<i>Eptesicus serotinus</i>)	40 m	-
Très forte	Noctule de Leisler (<i>Nyctalus leisleri</i>)	80 m	+
	Noctule commune (<i>Nyctalus noctula</i>)	100 m	+

Le Tableau 49 ci-dessous synthétise les principales caractéristiques des expertises acoustiques pour les chiroptères.

Tableau 49 : Principales caractéristiques des expertises acoustiques pour les chiroptères.

Caractéristiques	Expertises visuelles par bateau
Protocole	Observations selon des parcours linéaires effectués en bateau
Vitesse de déplacement lors des expertises	Environ 18 nœuds
Distances maximales couvertes sur la ligne d'échantillonnage	Environ 175 km (2 fois par jour)
Conditions de mise en œuvre	Station d'enregistrement automatisée fixe – conditions d'enregistrements variables en continu
Perturbations des chiroptères engendrées par l'expertise	Phénomène d'attraction possible

Caractéristiques	Expertises visuelles par bateau
Fauchée (bande de détection efficace)	Sphère de détection de 30 à 100 m autour du microphone en fonction des espèce
Détection des chauves-souris	Taux de détection acoustique quasi fixe en tout temps (légère diminution avec forte hygrométrie dans l'air)
Détection à l'espèce des chauves-souris	Identification des espèces en post-traitement informatisée. Bonne à médiocre en fonction de la qualité des signaux obtenus (baisse de la qualité du signal possible en fonction de la distance de l'animal au micro ou de perturbation sonore externe). Aucune possibilité de préciser / confirmer une détermination <i>a posteriori</i>.
Dénombrement et détermination des espèces et groupes d'espèces	Dénombrement au contact de 5 secondes ou minute positive. Taux de détermination à l'espèce des groupes généralement élevé.
Principaux avantages de la méthode	Temps d'observation très longs – écoute en continu sur 7 à 8 mois. Bonne couverture nocturne en lien avec les transits des bateaux. Coûts modérés (rapportés à la durée de collecte des données).
Limites de la méthode	Qualité des observations très dépendante des conditions météorologiques, des conditions de mer et des parasites extérieurs. Influence du bateau sur le comportement de certaines espèces (photo attraction possible).

II.4.2.2 HABITATS ET ESPECES TERRESTRES

II.4.2.2.1 Définition des zones d'inventaires

La zone d'inventaire écologique correspond à l'aire d'influence du Projet et ses alentours, à l'intérieur de laquelle les habitats et les espèces de faune et de flore ont été inventoriés. Elle s'appuie sur l'aire d'étude immédiate, élargie au droit de milieux naturels particuliers (par exemple les réseaux de mares) afin de prendre en compte les déplacements des espèces au sein des continuums écologiques.

II.4.2.2.2 Pressions d'inventaires et conditions d'observation

Les prospections réalisées dans le cadre de la présente étude sont détaillées dans les tableaux ci-après.

► Passages dans la Manche

Tableau 50 : Périodes d'inventaires et conditions d'observations en Manche- Source : TBM environnement

Date de passage	Conditions météorologiques	Intervenants	Groupes prospectés	Limites
12-13/05/2022	Ciel dégagé, vent 10-25 km/h, 09/17°C	Michaël ROCHE	Entomofaune, Chiroptères (Données opportunistes : amphibiens, reptiles, mammifères terrestres et aquatiques, avifaune)	Conditions optimales
20/06/2022	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
21/06/2022	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
22/06/2022	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
22/06/2022	Ciel dégagé, vent S modéré 20-25 km/h, 18/24°C	Jean COURTIN Michaël ROCHE	Entomofaune, Chiroptères (Données opportunistes : amphibiens, reptiles, mammifères terrestres et aquatiques, avifaune)	Conditions optimales
23/06/2022	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
23/06/2022	Ciel couvert avec pluie intermittente, vent S faible 10-15 km/h, 16/18°C	Jean COURTIN Michaël ROCHE	Entomofaune, Chiroptères (Données opportunistes : amphibiens, reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, avifaune)	Conditions optimales
24/06/2022	Ciel couvert avec éclaircies, vent S 10-30 km/h, 15/19°C	Jean COURTIN Michaël ROCHE	Entomofaune, Chiroptères (Données opportunistes : amphibiens, reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, avifaune)	Conditions médiocres (une seule journée sur le passage avec des conditions médiocres)
04/07/2022	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales

<i>Date de passage</i>	<i>Conditions météorologiques</i>	<i>Intervenants</i>	<i>Groupes prospectés</i>	<i>Limites</i>
05/07/2022	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
06/07/2022	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
19/07/2022	Ciel dégagé, vent S 15-40 km/h, 16/33°C	Jean COURTIN Michaël ROCHE	Entomofaune (Données opportunistes : amphibiens, reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, avifaune)	Conditions médiocres (une seule journée sur le passage avec des conditions médiocres)
20/07/2022	Ciel nuageux a dégagé, vent O faible 10-20 km/h, 24°C	Jean COURTIN Michaël ROCHE	Entomofaune (Données opportunistes : amphibiens, pose des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, avifaune)	Conditions optimales
21/07/2022	Ciel nuageux, vent NO 0-10 km/h, 21°C	Jean COURTIN Michaël ROCHE	Entomofaune (Données opportunistes : amphibiens, pose des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, avifaune)	Conditions optimales
08/08/2022	-	Maxime LE ROY	Flore/Habitats	Conditions optimales
09/08/2022	-	Maxime LE ROY	Flore/Habitats	Conditions optimales
10/08/2022	-	Maxime LE ROY	Flore/Habitats	Conditions optimales
11/08/2022	-	Maxime LE ROY	Flore/Habitats	Conditions optimales
24/08/2022	-	Maxime LE ROY	Flore/Habitats	Conditions optimales
13/09/2022	Ciel voilé, passage orageux, vent ENE 10-35 km/h, 17/22°C	Michaël ROCHE	Chiroptères (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions correctes
14/09/2022	Ciel voilé, passage orageux, vent ENE 10-20 km/h, 16/22°C	Michaël ROCHE	Chiroptères (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
15/09/2022	Ciel dégagé, vent ENE 10-20 km/h, 16/22°C	Michaël ROCHE	Chiroptères (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-	Conditions optimales

<i>Date de passage</i>	<i>Conditions météorologiques</i>	<i>Intervenants</i>	<i>Groupes prospectés</i>	<i>Limites</i>
			aquatiques, entomofaune)	
16/09/2022	Ciel dégagé, vent 10-25 km/h, 12/17°C	Michaël ROCHE	Chiroptères (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
12/10/2022	Ciel dégagé avec passage nuageux, vent S faible 10-15 km/h, 7-18°C	Jean COURTIN	Avifaune migratrice (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
13/10/2022	Pluie faible, ciel couvert, vent S 10-20 km/h, 13°C	Jean COURTIN	Avifaune migratrice (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions correctes
14/10/2022	Ciel couvert avec bruine, vent S <10 km/h, 12°C	Jean COURTIN	Avifaune migratrice (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
10/01/2023	Ciel couvert avec bruine, vent SO 30-50 km/h, 11°C	Jean COURTIN	Avifaune hivernante et diagnostic arboricole (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
11/01/2023	Ciel dégagé avec averses intermittentes, vent SO 30 km/h, 12 °C	Jean COURTIN	Avifaune hivernante et diagnostic arboricole (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification	Conditions correctes

<i>Date de passage</i>	<i>Conditions météorologiques</i>	<i>Intervenants</i>	<i>Groupes prospectés</i>	<i>Limites</i>
			des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi- aquatiques, entomofaune)	
12/01/2023	Ciel couvert, vent SO 30-50 km/h, 12°C	Jean COURTIN	Avifaune hivernante et diagnostic arboricole (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi- aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
13/01/2023	Ciel couvert avec bruine, vent SO 25- 30 km/h, 10°C	Jean COURTIN	Avifaune hivernante et diagnostic arboricole (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi- aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
01/02/2023	Ciel couvert, vent 25 km/h NE, 12°C	Jean COURTIN	Avifaune nicheuse (Données opportunistes : amphibiens, reptiles + vérification des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi- aquatiques, entomofaune)	Conditions correctes
28/02/2023	19h : Ciel couvert avec pluie battante, vent nord-est modéré à fort 40-50 km/h, 4°C 20h : Ciel couvert, vent nord-est faible à modéré 15-20 km/h, 6°C	Jean COURTIN Michaël ROCHE	Amphibiens (Données opportunistes : avifaune, reptiles + vérification des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi- aquatiques, entomofaune)	Conditions médiocres et optimales
16/03/2023	Ciel dégagé, vent S 0- 10 km/h, 12/14°C	Jean COURTIN Michaël ROCHE	Amphibiens (Données opportunistes : avifaune, reptiles + vérification des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi- aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
12/04/2023	Ciel couvert avec pluie intermittente, vent OSO	Jean COURTIN	Avifaune migratrice et nicheurs précoces	Conditions correctes

Date de passage	Conditions météorologiques	Intervenants	Groupes prospectés	Limites
	20-30 km/h, 6°C (à partir de 8h ciel couvert, vent 10-20 km/h, 8/11°C)		(Données opportunistes : amphibiens, reptiles + vérification des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	
13/04/2023	(Journée) Ciel dégagé, vent faible 10-15 km/h, 6/12°C (Soirée) Ciel dégagé, vent faible à nul, 13°C	Jean COURTIN	Avifaune migratrice et nicheurs précoces (Données opportunistes : amphibiens, reptiles + vérification des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions correctes
14/04/2023	Ciel couvert + pluie faible et intense à partir de 9h, vent SO 10-20 km/h, T°C 11°C	Jean COURTIN	Avifaune migratrice et nicheurs précoces (Données opportunistes : amphibiens, reptiles + vérification des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions correctes
08/05/2023	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
09/05/2023	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
10/05/2023	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
11/05/2023	-	Charlotte DEMARTINI	Flore/Habitats	Conditions optimales
31/05/2023	Ciel couvert, vent 20-30 km/h NE, 12°C	Jean COURTIN	Avifaune nicheuse (Données opportunistes : amphibiens, reptiles + vérification des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions correctes
02/06/2023	Ciel couvert, vent 20-30 km/h NE, 12°C	Jean COURTIN	Avifaune nicheuse (Données opportunistes : amphibiens, reptiles + vérification des plaques reptiles, mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions correctes
13/06/2023	(Soirée) Ciel dégagé, vent NE faible 10-15 km/h, 19/22°C	Jean COURTIN	Avifaune nicheuse compléments d'inventaire sur le marais des Eperts diurne et nocturne	Conditions optimales

<i>Date de passage</i>	<i>Conditions météorologiques</i>	<i>Intervenants</i>	<i>Groupes prospectés</i>	<i>Limites</i>
			(Données opportunistes le long de la zone d'inventaire écologique : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	
14/06/2023	Ciel dégagé, vent NE 10-20 km/h, 18/26°C	Jean COURTIN	Avifaune nicheuse compléments d'inventaire sur le marais des Eperts (Données opportunistes le long de la zone d'inventaire écologique : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
03/07/2023	Ciel voilé avec passages pluvieux, vent faible à modéré 15-40 km/h, 15/19°C	Michaël ROCHE	Mollusques aquatiques (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques, entomofaune)	Conditions optimales
04/07/2023	Ciel voilé avec passages pluvieux, vent faible à modéré 15-40 km/h, 15/19°C	Michaël ROCHE	Mollusques aquatiques (Données opportunistes : amphibiens, reptiles (pas de vérification des plaques reptiles), mammifères terrestres et semi-aquatiques entomofaune)	Conditions optimales
20/07/2023	Ciel couvert, vent faible 10-20 km/h, 19/22°C	Jean COURTIN	Prélèvements ADN environnemental	Conditions optimales

► Passages dans le Calvados

Tableau 51 : Périodes d'inventaires et conditions d'observations en Calvados- Source : TBM environnement

Date de passage	Conditions météorologiques	Intervenants	Groupes prospectés	Limites
27/02/2023	Ciel voilé, vent faible à modéré 15-40km/h, 7-4°C ; Détail des conditions météorologiques en soirée (inventaire amphibiens) : 19h : Ciel dégagé, vent nord-est faible à modéré 25-40km/h, 4°C ; 22h : Ciel dégagé avec passage nuageux, vent nord-est faible à modéré 25-40km/h, 4°C ;	Michaël ROCHE	Amphibiens, mammifères hors chiroptères	Conditions optimales
28/02/2023	Ciel dégagé, ensoleillé, vent faible à modéré 15-35km/h, 6-7°C	Michaël ROCHE	Amphibiens, mammifères hors chiroptères	Conditions optimales
15/03/2023	Ciel voilé, vent faible à modéré 5-40km/h, 10-9°C ; Détail des conditions météorologiques en soirée (inventaire amphibiens) : 19h : Ciel voilé, vent faible 10-15km/h, 9°C ; 22h : Ciel voilé, vent faible à modéré 25-40 km/h, 9°C ;	Michaël ROCHE	Amphibiens, mammifères hors chiroptères	Conditions optimales
16/03/2023	Ciel dégagé, ensoleillé, vent faible à modéré 20-40 km/h, 7-16°C	Michaël ROCHE	Amphibiens, mammifères hors chiroptères	Conditions optimales
11/04/2023	Ciel voilé, vent faible à modéré 20-40km/h, 13-9°C ; Détail des conditions météorologiques en soirée (inventaire amphibiens) : 19h : Ciel voilé, pluie éparse, vent faible à modéré 25-40km/h, 9°C ; 22h : Ciel voilé, vent faible à modéré 25-40 km/h, 10°C ;	Michaël ROCHE	Amphibiens, mammifères hors chiroptères	Conditions optimal
12/04/2023	Ciel voilé, ensoleillé, vent faible à modéré 20-40 km/h, 8-12°C	Michaël ROCHE	Amphibiens, mammifères hors chiroptères	Conditions optimales
19/04/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
19/04/2023	Ciel dégagé, vent faible, 12/17°C	Quentin LE BAYON	Avifaune nicheuse et migratrice (Données opportunistes : mammifère, amphibien, reptiles, entomofaune)	Conditions optimales
24/04/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
24/04/2023	Ciel mitigé, vent faible, 8/14°C	Quentin LE BAYON	Avifaune nicheuse et migratrice (Données opportunistes : mammifère, amphibien, reptiles, entomofaune)	Conditions optimales

Date de passage	Conditions météorologiques	Intervenants	Groupes prospectés	Limites
25/04/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
25/04/2023	Ciel mitigé, vent faible, 8/11°C	Quentin LE BAYON	Avifaune nicheuse et migratrice (Données opportunistes : mammifère, amphibien, reptiles, entomofaune)	Conditions optimales
26/04/2023	Ciel mitigé, vent faible, 8/13°C	Quentin LE BAYON	Avifaune nicheuse et migratrice (Données opportunistes : mammifère, amphibien, reptiles, entomofaune)	Conditions optimales
09/05/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
10/05/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
11/05/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
12/05/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
05/06/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
06/06/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
07/06/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
07/06/2023	Ensoleillé, vent faible à modéré 15-30km/h, 14-22°C	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
08/06/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
08/06/2023	Ensoleillé avec passages nuageux, vent faible à modéré 15-30km/h, 14-21°C	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
09/06/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
09/06/2023	Ensoleillé avec passages nuageux, vent faible 5-20km/h, 14-20°C	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
14/06/2023	Ciel mitigé, vent faible, 16/26°C	Quentin LE BAYON	Avifaune nicheuse (Données opportunistes : mammifère, amphibien, reptiles, entomofaune)	Conditions optimales
15/06/2023	Ciel mitigé, vent faible, 12/15°C	Quentin LE BAYON	Avifaune nicheuse (Données opportunistes : mammifère, amphibien, reptiles, entomofaune)	Conditions optimales
16/06/2023	Ciel mitigé, vent faible, 15/26°C	Quentin LE BAYON	Avifaune nicheuse (Données opportunistes : mammifère, amphibien, reptiles, entomofaune)	Conditions optimales
11/07/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
12/07/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales
13/07/2023	-	Sissilia DE PARSCAU	Flore/Habitats	Conditions optimales

Date de passage	Conditions météorologiques	Intervenants	Groupes prospectés	Limites
19/07/2023	Ciel dégagé avec passage nuageux, vent faible 10-25km/h, 14-24°C ; Détail des conditions météorologiques en soirée (inventaire chiroptères) : 22h30 : Ciel voilé, vent faible 10-15km/h, 15°C ; 00h00 : Ciel voilé, vent faible 10-15km/h, 14°C ;	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
20/07/2023	Ciel dégagé avec passage nuageux, vent faible 10-20km/h, 14-24°C ; Détail des conditions météorologiques en soirée (inventaire chiroptères) : 22h30 : Ciel voilé, vent faible 10-15km/h, 16°C ; 00h00 : Ciel voilé, vent faible 10-15km/h, 15°C ;	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
21/07/2023	Ciel voilé, ensoleillé, vent faible 5-15 km/h, 15-22°C	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
12/09/2023	Ciel dégagé avec passage nuageux, vent faible 5-10km/h, 20-22°C ;	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
13/09/2023	Ciel dégagé avec passage nuageux, vent faible 5-10km/h, 14-20°C ;	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
14/09/2023	Ciel dégagé avec passage nuageux, vent faible 5-10km/h, 15-21°C ;	Michaël ROCHE	Entomofaune, reptiles, mammifères dont chiroptères	Conditions optimales
17/10/2023	Ciel mitigé, vent faible, 6/16°C	Quentin LE BAYON	Avifaune migratrice (Données opportunistes : mammifère, amphibien)	Conditions optimales
18/10/2023	Ciel nuageux, vent moyen, 12/20°C	Quentin LE BAYON	Avifaune migratrice (Données opportunistes : mammifère, amphibien)	Conditions optimales
19/10/2023	Ciel nuageux, vent faible, 15/19°C	Quentin LE BAYON	Avifaune migratrice et prélèvements ADN environnemental (Données opportunistes : mammifère, amphibien)	Conditions optimales
20/10/2023	Ciel nuageux, vent faible, 10/18°C	Quentin LE BAYON	Avifaune migratrice et prélèvements ADN environnemental (Données opportunistes : mammifère, amphibien)	Conditions optimales
13/12/2023	Ciel nuageux, vent faible, 8/10°C	Quentin LE BAYON	Avifaune hivernante (Données opportunistes : mammifère)	Conditions optimales
14/12/2023	Ciel mitigé, vent faible, 6/8°C	Quentin LE BAYON	Avifaune hivernante (Données opportunistes : mammifère)	Conditions optimales
15/12/2023	Ciel nuageux, vent faible, 8/11°C	Quentin LE BAYON	Avifaune hivernante (Données opportunistes : mammifère)	Conditions optimales

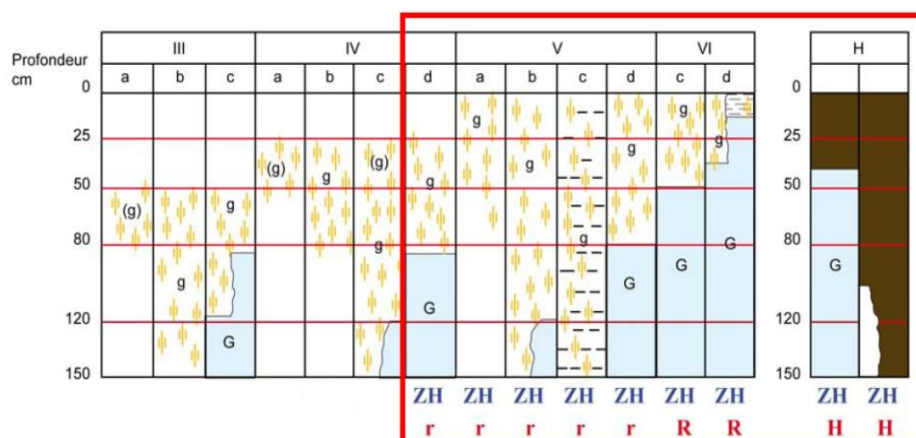
II.4.2.2.3 Méthodologies utilisées pour les inventaires de terrain

► Zones humides

● Inventaires

L'identification des zones humides se base sur les deux critères suivants :

- La végétation : présence d'habitats caractéristiques de zones humides selon les rattachements de la typologie des habitats avec les la classification Corine Biotope (listés à l'annexe II.B. de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié) et présence d'espèces indicatrices de zones humides, espèces dites hygrophiles et présentes dans « la liste des espèces indicatrices de zones humides inscrites » (annexe II.A. du même arrêté) ;
- La pédologie : présence de sols caractéristiques de zones humides. La liste de ces sols indicateurs de zones humides est présente en annexe I de l'arrêté du 24 juin 2008 modifié. La figure ci-après présente les différents types de classes d'hydromorphologie établies d'après le Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA) et référencés à l'arrêté. Ainsi, un sol est considéré humide dès lors qu'il appartient aux catégories de sols hydromorphes, selon le classement du Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA) ou après expertise sur la base de critères hydrogéomorphologiques ou pédologiques particuliers (cas des sols hydromorphes particuliers). Les sols identifiés comme humides sont classés IV. d., V. a. à d., VI. c. à d. et H.



Morphologie des sols correspondant à des "zones humides" (ZH)

(g)	caractère rédoxique peu marqué	(pseudogley peu marqué)
g	caractère rédoxique marqué	(pseudogley marqué)
G	horizon réductique	(gley)
H	Histosols	R Réductisols
r	Rédoxisols (rattachements simples et rattachements doubles)	

Figure 58 : Critères d'hydromorphie des sols de zones humides (GEPPA, 1981 : modifié)

● Cartographie

La cartographie a consisté dans un premier temps à identifier les habitats caractéristiques puis à sonder les autres habitats dits *pro parte* (c'est-à-dire non considérés comme caractéristiques) à l'aide de sondages pédologiques. Le plan d'échantillonnage pédologique a consisté à réaliser un sondage au point le plus bas pour chaque habitat *pro parte*.

L'ensemble des zones humides identifiées ont été localisées et catégorisées selon la nature de leur identification (zones humides selon les habitats, la pédologie ou les deux critères réunis).

► Flore

● Inventaires

Les inventaires botaniques concernent la flore vasculaire.

L'étude a consisté à dresser une liste générale des espèces végétales présentes au sein de la zone d'inventaire écologique, celle-ci étant parcourue à pied. Le niveau taxonomique retenu est celui de la sous-espèce (subsp.), quand il existe.

Le référentiel taxonomique utilisé pour nommer les espèces est celui élaboré par le Conservatoire botanique national de Brest. Il s'agit du Référentiel Nomenclatural de la Flore de l'Ouest de la France (R.N.F.O.). Ce référentiel rassemble tous les noms de plantes vasculaires citées en Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire, que ce soit lors des inventaires de terrain ou dans les différentes flores et références bibliographiques relatives à ces régions.

● Cartographie

L'ensemble des espèces végétales présentant un enjeu patrimonial et/ou bénéficiant d'un statut de protection ont été localisées précisément sur le site et leur population a été évaluée.

De la même manière, les espèces exotiques envahissantes ont été localisées et leur population estimée. La liste de ces espèces est définie d'après la liste des plantes vasculaires invasives de Bretagne (Douville & Waymel, 2019⁸).

● Habitats

L'inventaire des habitats et la cartographie associée portent sur l'ensemble des milieux présents au sein de la zone d'inventaires écologiques.

● Typologie

Les végétations identifiées sont décrites sous forme d'un tableau synthétique comprenant les informations suivantes :

- habitat naturel : nom français de l'habitat identifié ;
- code Natura 2000 générique / code Natura 2000 élémentaire : codes des habitats inscrits à l'annexe I de la Directive « Habitats Faune Flore » 92/43/CEE ;
- rattachement phytosociologique : Correspondance phytosociologique de la végétation observée. Cette information permet d'évaluer la rareté de la végétation et d'identifier l'habitat correspondant ;
- code EUNIS : typologie des habitats selon la nomenclature EUNIS de 2012, nomenclature devenue aujourd'hui une classification de référence au niveau européen ;
- code Corine Biotopes : typologie des habitats selon la nomenclature Corine Biotopes. Cette classification européenne des habitats est utilisée notamment pour caractériser les habitats humides selon l'arrêté du 24 juin 2008 précisant les critères de définition et de délimitation des zones humides ;
- description de l'habitat : description succincte de l'habitat ;
- espèces : liste non exhaustive des espèces caractéristiques de l'habitat.

⁸ DOUVILLE C., WAYMEL J., 2019 – Observatoire des plantes vasculaires exotiques envahissantes de Normandie. Liste des plantes vasculaires exotiques envahissantes de Normandie pour la priorisation des actions de contrôle, de connaissance et d'information/sensibilisation & bilan des actions 2018. DREAL Normandie / Région Normandie. Conservatoire botanique national de Bailleul / Conservatoire botanique national de Brest, 20p + annexes.

● Cartographie

La méthode couple l'analyse d'images aériennes et les relevés de terrains. Les contours des habitats identifiés sont reportés directement sur une orthophotographie sur tablette de terrain. Chaque polygone est caractérisé par un ou plusieurs habitats dans le cas de mosaïques.

► Faune

● Avifaune

L'objectif des inventaires de l'avifaune est d'aboutir à une analyse fine de l'utilisation du site et de ses abords par les oiseaux, aussi bien au niveau du sol que dans les airs : déterminer les zones de nidification, les zones de chasse, d'hivernage, les liens et les échanges entre les différents habitats. Cette analyse demande de réaliser des inventaires sur des périodes clés du cycle biologique de l'avifaune. Les passages suivants, ainsi que des observations opportunistes ont été réalisés :

- passages pour l'avifaune nicheuse jumelés avec un passage pour l'avifaune migratrice (dont un passage complémentaire pour l'avifaune nicheuse réalisé compte tenu des conditions météorologiques défavorables lors d'un précédent passage sur le secteur du marais des Eperts) ;
- passage en migration prénuptiale ;
- passage en migration postnuptiale ;
- passage en hivernage.

L'ensemble des passages spécifiques à l'avifaune s'est déroulé sur plusieurs journées et sur l'ensemble de la zone d'inventaire écologique.

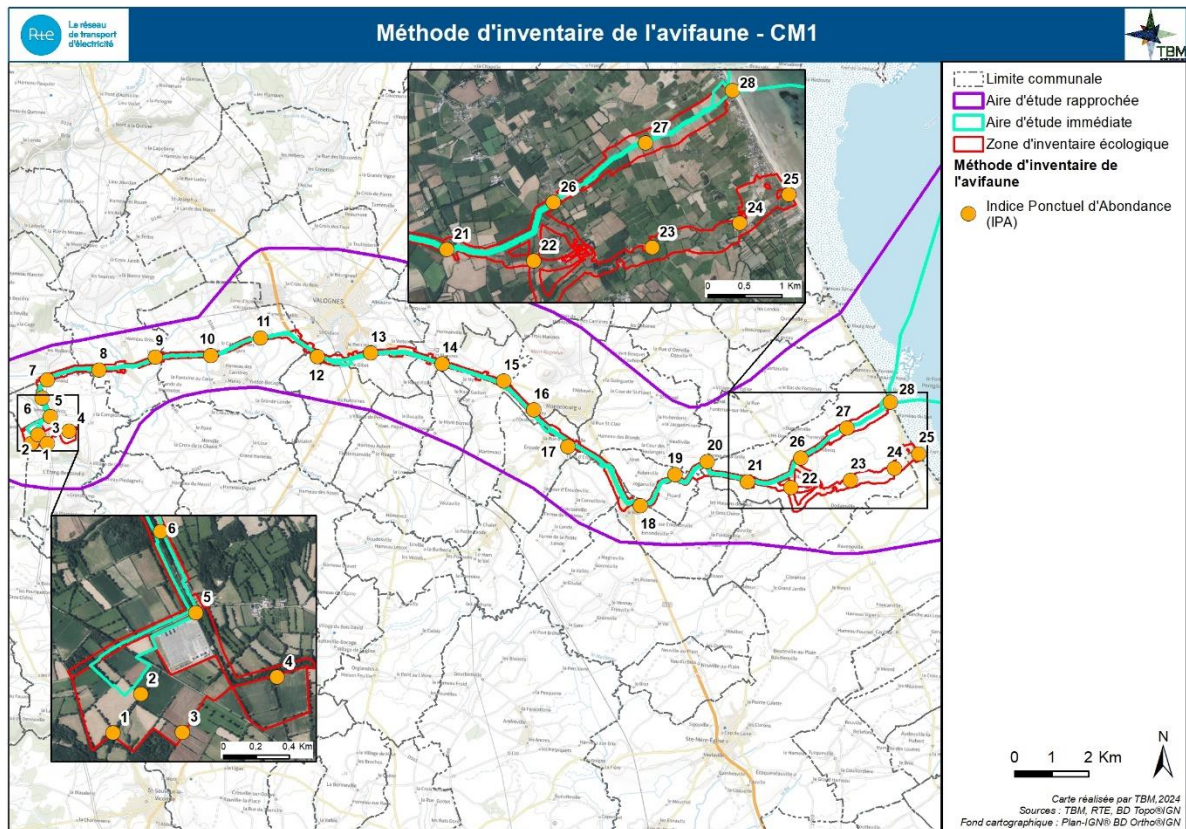
Étude de l'avifaune

L'inventaire ornithologique vise à recenser les espèces qui fréquentent les différents milieux de la zone d'inventaire écologique par observation directe (espèce vue et/ou entendue) ou via la recherche d'indice de présence (nid, pelote de réjection, traces, etc.). Il vise également à qualifier les comportements des différentes espèces au cours de leur cycle de vie (nidification, halte migratoire, hivernage, zone d'alimentation, de repos, etc.). Cet inventaire repose sur des protocoles standardisés nationaux (périodes, durée, horaires, méthodes), adaptés aux statuts biologiques des espèces (code atlas).

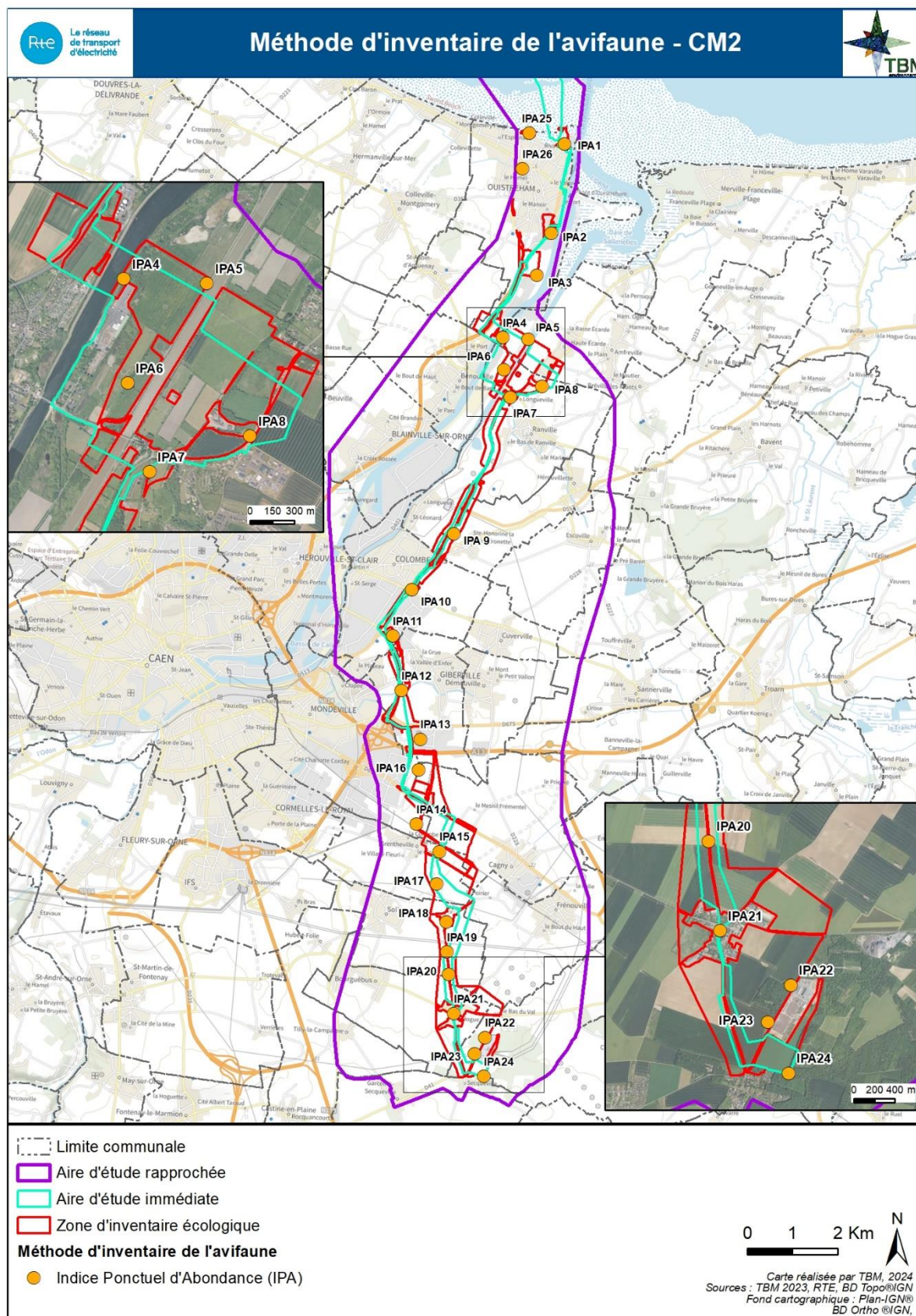
Avifaune nicheuse

Concernant les oiseaux nicheurs, l'inventaire vise à relever, par l'ouïe et la vue, l'ensemble des espèces qui fréquentent la zone d'inventaire écologique, via notamment la réalisation de 28 points d'écoute (IPA) de 20 minutes répartis sur les différents milieux. L'ensemble des cortèges est inventorié.

La répartition de ces points d'écoute est établie afin d'échantillonner tous les habitats, avec une distance d'environ 150 mètres entre les points. Pour intégrer la richesse potentielle notée lors des passages, un nombre plus important de points IPA est effectué sur les extrémités des linéaires (postes électriques et marais). Le long des routes à forte fréquentation routière, moins attractives pour la plupart des espèces, les points d'écoute sont répartis tous les 1 km environ.



Carte 1 : Localisation des points IPA dans la Manche



Carte 2 : Localisation des points IPA dans le Calvados

Un premier passage est réalisé permettant de relever plus particulièrement les espèces nicheuses précoces et les espèces en migration prénuptiale. Un second passage est effectué permettant de contacter l'ensemble des espèces nicheuses (notamment les plus tardives) et de relever les indices liés aux comportements permettant de préciser leur statut biologique au sein de la zone d'inventaire écologique. A cette période, l'activité avifaunistique est à son maximum. En effet, pour certaines espèces, la deuxième nichée est en cours, pour d'autres le nourrissage débute et enfin certaines espèces confectionnent et/ou consolident le nid pour la prochaine nichée. Les conditions météorologiques du second passage nicheurs n'étant pas optimales, un passage complémentaire a été effectué dans la Manche au sein des marais des Eperts, au vu des enjeux plus conséquents sur ce secteur plutôt que sur le reste de la zone d'inventaire écologique.

Les indices utilisés afin de caractériser le statut biologique des espèces sont ceux définis dans l'atlas des oiseaux de la France métropolitaine dont, la LPO et MNHN sont notamment conjointement à l'initiative :

- indices de présence ;
- indices de nidification possible ;
- indices de nidification probable ;
- indices de nidification certaine.

Toutes les espèces rencontrées sont notées. Le statut de nidification est évalué en fonction des comportements observés, des habitats, et des données existantes sur l'écologie de l'espèce concernée.

Tableau 52 : Utilisation des codes atlas relatifs à l'avifaune nicheuse - Source : TBM environnement

Statut de nidification	Intitulé
Nicheur possible	Présence dans son habitat durant sa période de nidification.
	Mâle chanteur présent en période de nidification.
Nicheur probable	Couple présent dans son habitat durant sa période de nidification.
	Comportement territorial (chant, querelles avec des voisins, etc.) observé sur un même territoire.
	Comportement nuptial : parades, copulation ou échange de nourriture entre adultes.
	Visite d'un site de nidification probable. Distinct d'un site de repos.
	Cri d'alarme ou tout autre comportement agité indiquant la présence d'un nid ou de jeunes aux alentours.
	Preuve physiologique : plaque incubatrice très vascularisée ou œuf présent dans l'oviducte.
	Observation sur un oiseau en main.
	Transport de matériel ou construction d'un nid ; forage d'une cavité (pics).
Nicheur certain	Oiseau simulant une blessure ou détournant l'attention, tels les canards, gallinacés, oiseaux de rivage, etc.
	Nid vide ayant été utilisé ou coquilles d'œufs de la présente saison.
	Jeunes en duvet ou jeunes venant de quitter le nid et incapables de soutenir le vol sur de longues distances.
	Adulte gagnant, occupant ou quittant le site d'un nid ; comportement révélateur d'un nid occupé dont le contenu ne peut être vérifié (trop haut ou dans une cavité).
	Adulte transportant un sac fécal.
	Adulte transportant de la nourriture pour les jeunes durant sa période de nidification.
	Coquilles d'œufs éclos.
	Nid vu avec un adulte couvant.
	Nid contenant des œufs ou des jeunes (vus ou entendus).

Les informations recueillies au cours des sorties de terrain permettent d'évaluer l'importance du site pour l'avifaune, de lister les espèces patrimoniales et d'évaluer leur statut local.

Les recherches spécifiques pour ce groupe taxonomique se déroulent principalement durant les premières heures du jour, au moment du pic d'activité de la plupart des espèces de passereaux notamment (Robbins, 1981). Les inventaires se déroulent ainsi entre une et quatre heures après le lever du soleil. Le relevé commence à l'aube vers 6 ou 7 heures du matin, et est terminé avant 10 heures dans des conditions météorologiques favorables (absence de pluie et de fort vent).

Avifaune hivernante

En période de migration postnuptiale et prénuptiale, une recherche systématique des espèces d'oiseaux sur l'ensemble de la zone d'inventaire écologique est réalisée. En période hivernale, l'ensemble de la zone d'inventaire écologique est également prospecté mais la recherche de stationnement est privilégiée afin de dénombrer les espèces hivernantes comme les anatidés, les limicoles et les laridés qui représentent à cette période et sur ce secteur géographique les plus fortes proportions du peuplement aviaire. Pour ces deux périodes aucun temps d'écoute à proprement parler n'est alors imposé et l'ensemble des observations est prise en compte. La localisation des espèces patrimoniales à enjeu est reprise sur cartographie afin de cerner les habitats les plus utilisés et démontrer les éventuelles précautions à prendre vis-à-vis du projet en étude.

● Amphibiens

L'ensemble de la zone d'inventaire écologique a fait l'objet d'inventaires pour ce groupe en phase terrestre et en phase reproduction avec une recherche spécifique sur les zones humides. Un ensemble d'habitats humides se trouve sur la zone d'inventaire écologique en particulier dans la Manche au sein du marais des Eperts (mares, fossés, marais, étang) et le long du réseau routier (fossés, mares).

Ces différents habitats ont fait l'objet de prospections. Les amphibiens sont recherchés de différentes manières pouvant être combinées :

- **détection visuelle** : cette recherche est essentiellement crépusculaire et nocturne (à la lampe). Elle concerne les espèces actives et vagabondes en phase terrestre comme les espèces de crapauds, l'ensemble des espèces en reproduction, y compris les tritons, les pontes d'Anoures, les larves d'Anoures et Tritons (urodèles) ;
- **détection auditive** : cela concerne les espèces d'amphibiens dont les mâles chanteurs possèdent un chant puissant (comme la Rainette verte ou la Grenouille de type « verte »). Comme la détection visuelle à laquelle elle a été associée, cette recherche est essentiellement crépusculaire.

Les inventaires nocturnes ont eu lieu au printemps avec des données opportunistes récoltées au cours de l'ensemble des visites sur site, y compris les sessions d'inventaires nocturnes des chauves-souris. Toutes les données d'amphibiens sont géolocalisées dans une base de données SIG.



Figure 59 : Inventaires batrachologiques nocturnes - Source : TBM environnement

● Reptiles

La discrétion de ce groupe d'espèces rend généralement très difficile son inventaire et l'évaluation de ses densités de population. En effet, hormis les lézards qui sont assez facilement détectés, les serpents restent bien souvent discrets. De ce fait, une méthode adaptée du protocole POPreptiles⁹ (de la Société herpétologique de France) a été mise en place, en combinant l'utilisation de plaques à reptiles et les prospections à vue.

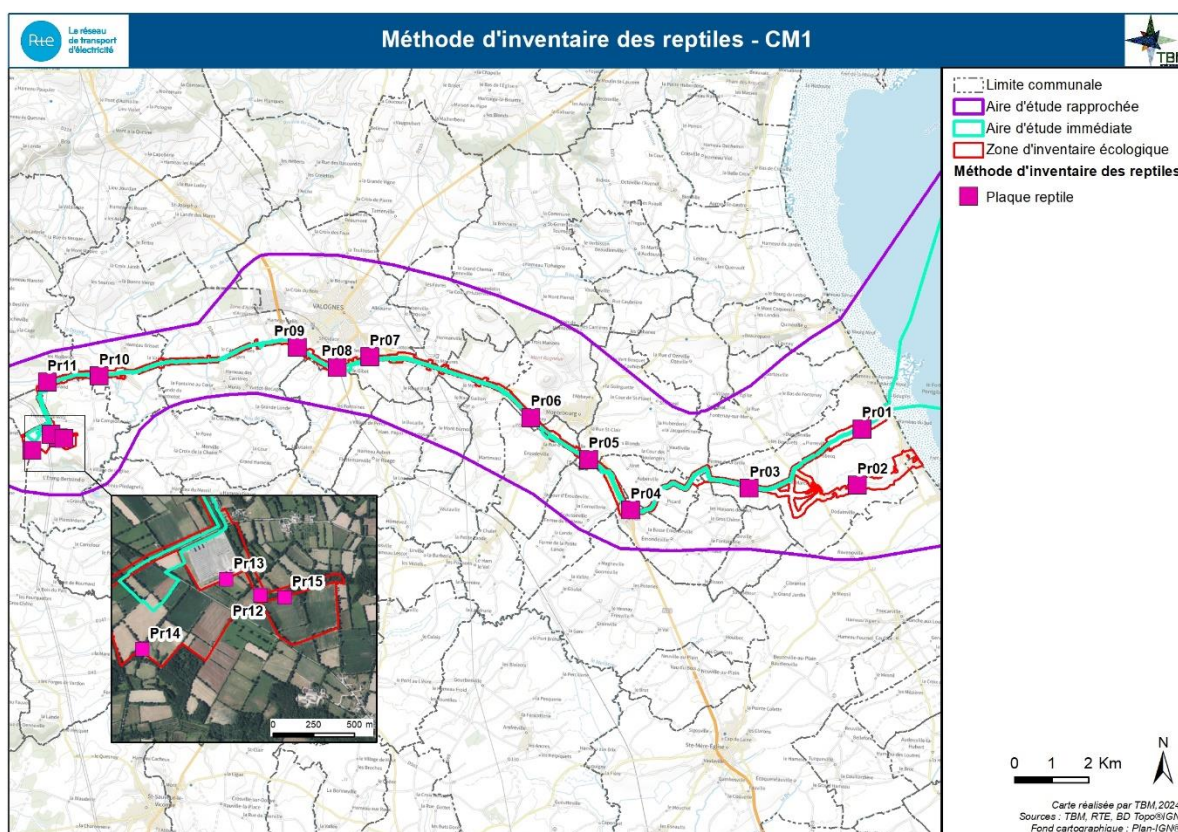
Un repérage lors des premières visites permet de définir des milieux potentiellement favorables pour ce groupe d'espèces. Des contacts ont été pris avec les propriétaires des parcelles concernées, afin de les informer et d'obtenir leur accord avant d'y déposer des plaques reptiles de 50x100 cm. Ces plaques sont placées dans des secteurs favorables aux serpents (zones herbacées, lisières, bords de ronciers, etc.). Elles constituent des abris qui sont utilisés notamment pour la thermorégulation, c'est-à-dire que les reptiles s'abritent dessous pour se réchauffer lorsque la température extérieure est fraîche (la plaque noire de caoutchouc concentrant la chaleur). Toutes les plaques ont été relevées 5 fois entre février et juin 2023.

D'autre part, les reptiles sont recherchés activement lors des investigations de terrain menées pour les autres taxons. Une attention particulière est portée à ce groupe lors du réchauffement printanier (mars-juin) et des périodes de températures douces de fin d'été/début d'automne (août-octobre), les plus favorables pour l'observation d'individus dont l'attrait pour les zones chaudes dans ces conditions facilite l'échantillonnage.

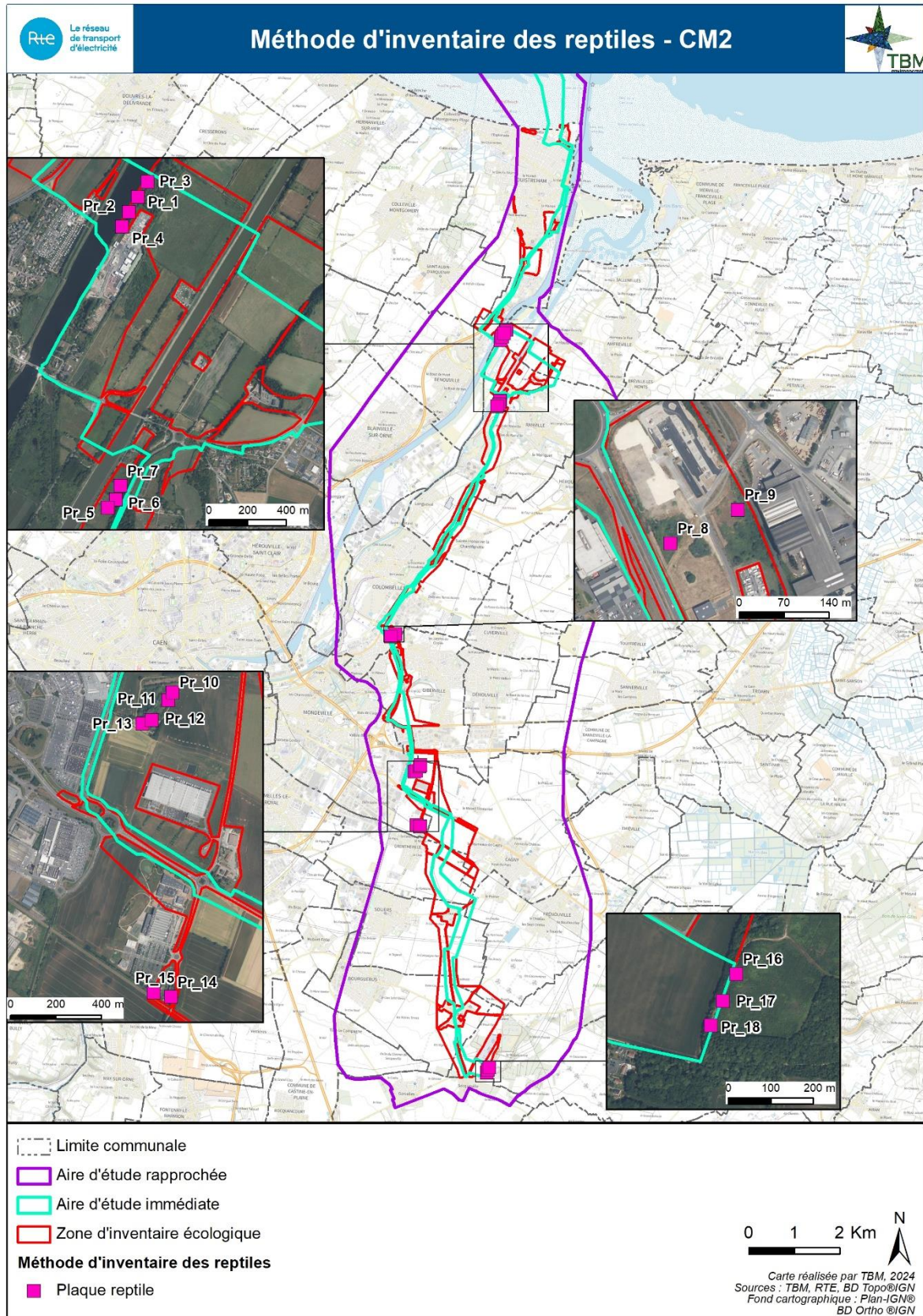
⁹ <http://lashf.org/popreptile/>



Figure 60 : Plaque pour le suivi des reptiles - Source : TBM environnement



Carte 3 : Localisation des plaques reptiles dans la Manche



Carte 4 : Localisation des plaques reptiles dans le Calvados

● Mammifères terrestres et semi-aquatiques

L'observation directe, surtout à l'aube et au crépuscule, ainsi que la recherche de traces et autres indices de présence, permettent l'identification d'une grande partie des mammifères terrestres et semi-aquatiques fréquentant un secteur d'étude donné.

Les recherches sont effectuées au sein de l'ensemble des différents milieux en vue d'observer des indices de présence (empreintes, fèces, restes de repas, etc.), et en particulier au niveau des habitats humides (mares, fossés, canaux, marais, etc.) afin de relever la présence/absence de mammifères semi-aquatiques présentant un enjeu de conservation comme la Loutre d'Europe ou le Campagnol amphibie.

L'inventaire des espèces de mammifères terrestres, semi-aquatiques est couplé aux prospections menées pour les autres inventaires faunistiques, auxquelles s'ajoutent des observations opportunistes.

Au cours des inventaires naturalistes, un site de repos d'Effraie des clochers a été mis en évidence grâce à la présence de pelotes de réjection¹⁰. En raison de son large spectre alimentaire, cette espèce est la plus adaptée pour affiner la liste des mammifères terrestres sur un site et ses abords. Espèce sédentaire, l'Effraie des clochers chasse à partir de son gîte et ce, dans un rayon d'environ 2,5 km (secteur relativement restreint pour permettre un échantillonnage robuste). Avec un faible lot de pelotes (± 10), il est possible d'obtenir une liste des espèces les plus courantes, soit entre 5 et 10 espèces selon le contexte environnemental. Il faut noter que cette méthode ne permet pas d'affirmer que les espèces fréquentent la zone d'inventaire.



Figure 61 : Analyse morphométrique des restes alimentaires d'Effraie des clochers (à gauche) et pelotes décortiquées une fois identifiées (à droite) - Source : TBM environnement

¹⁰ Restes alimentaires non digérés par les sucs digestifs des prédateurs, ici : l'Effraie des clochers (poils, ossements).

● Chiroptères

Les différentes méthodes décrites ci-après sont mises en œuvre pour apprécier l'utilisation de la zone d'inventaire écologique par les chiroptères.

Recherche de gîtes

La recherche de gîtes consiste à prospector les habitats favorables aux chiroptères en essayant de déceler des indices de présence (guano, traces d'urine, coulure, etc.) ou d'observer directement des individus en repos diurne ou en hibernation. Ces prospections portent sur quatre principaux types d'habitats. La recherche de gîtes est ici principalement effectuée en milieu arboricole (fissures, fentes, décollement d'écorces, etc.).

La période ciblée pour ces recherches est l'hibernation (décembre-mi-mars). Cela permet de garantir des dénombrements robustes, à la fois à partir d'indicateurs fiables de la présence des espèces, comme l'existence et la quantité de guano notamment, compte tenu de la quasi-inactivité des individus à cette période, mais aussi par l'absence de feuilles qui facilite le repérage des gîtes potentiels.

La recherche de gîte à chauves-souris a été effectuée lors des diagnostics arboricoles. Le diagnostic arboricole concerne des arbres favorables ayant une circonférence supérieure à 40 cm de DHP (Diamètre Hauteur Poitrine) ainsi que des sujets plus petits présentant des anfractuosités favorables à l'accueil des chiroptères comme gîte secondaire et/ou d'hivernage.

Etude acoustique

Plusieurs nuits d'enregistrement ont été effectuées, correspondant à :

- des sessions d'écoute suivant le cycle biologique des chiroptères à l'aide d'enregistreurs « passifs » de type SM4BAT (enregistrement sur toute la durée de la nuit) ;
- des nuits d'écoute active à l'aide d'enregistreurs manuels (Pettersson D240x).

Ces méthodes complémentaires permettent d'identifier les chiroptères à l'aide de leurs émissions ultrasonores. Le principe de l'écoute des ultra-sons repose sur l'identification des chauves-souris en utilisant des appareils (détecteurs), qui permettent de transcrire les ultrasons en sons audibles :

- **écoute « active »** : Les écoutes actives au sol ont pour objectif de caractériser le peuplement local en fonction des différents espaces/milieus présents au sein de la zone d'étude. Ces écoutes nocturnes sont réalisées par un binôme d'intervenants (pour des raisons de sécurité notamment).



*Figure 62 : Inventaires chiroptérologiques écoute « active »
- Source : TBM environnement*

L'inventaire est réalisé lors de soirées d'écoute active sur le terrain, en période de parturition et en migration et transit automnal. Les prospections commencent dès le coucher du soleil et pendant les 3 heures suivantes.

Cette période d'inventaire se caractérise par un pic d'activité de la plupart des espèces de chiroptères car elle correspond également à une augmentation d'activité des diptères nématocères -dont font partie les moustiques- qui constituent la principale ressource alimentaire disponible pour les chauves-souris.

Les emplacements sont choisis de manière à apprécier l'utilisation du site par les chauves-souris (zone de chasse, colonie de reproduction, corridor écologique, liens fonctionnels éventuels avec d'autres sites attractifs à proximité...).

Ces prospections sont réalisées à l'aide de détecteurs à ultrasons fonctionnant en hétérodyne et en expansion de temps (D240X Pettersson Elektronik avec enregistreur Zoom H2) par points d'écoute de 10 minutes. Le cas échéant, certains sons non identifiables sur le terrain sont enregistrés et analysés a posteriori à l'aide d'un logiciel d'analyse spécifique (Batsound).

La méthode d'identification acoustique retenue est celle mise au point par Michel Barataud sur la base de critères testés par l'intermédiaire des informations apportées par l'écoute des signaux en mode hétérodyne et expansion de temps (Barataud, 2012). Cette méthode quantitative permet d'obtenir une appréciation de la capacité d'accueil des différents habitats du site d'étude. Un indice d'activité (nombre de contacts acoustiques par unité de temps) est ainsi obtenu.

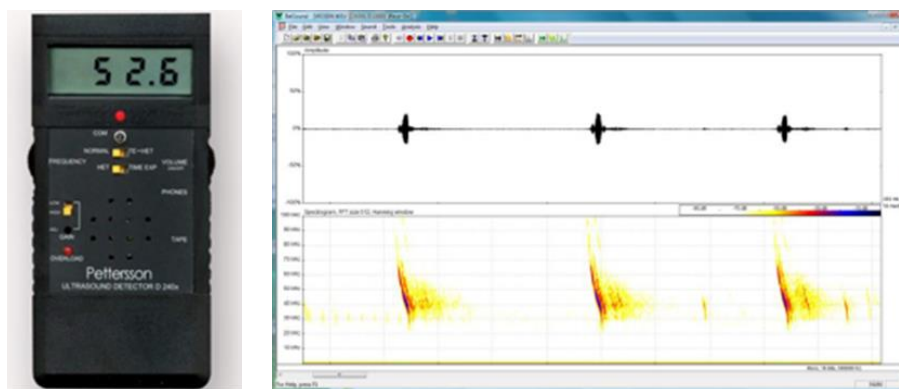


Figure 63 : Détecteur à ultrasons Peterson D240X (à gauche) et sonagramme sur le logiciel Batsound permettant l'identification des espèces de chiroptères (à droite) - Sources : TBM environnement/Ecosphère

Lors des inventaires, le nombre de contacts est noté. De fait, la mesure de l'activité des chiroptères repose sur la métrique du contact : un contact correspond à l'occurrence acoustique d'une espèce par tranche de cinq secondes (cf. Méthode Barataud, 2012), multipliée par le nombre d'individus (de cette même espèce) audibles en simultané. Le nombre de contacts peut ensuite être cumulé par espèce ou groupe d'espèces au cours du point d'écoute en cours. Ces résultats expriment le taux de fréquentation des chauves-souris ;

- **écoutes « passives »** : en complément de l'écoute active, 12 enregistreurs passifs de type SM4Bat sont posés durant 36 nuits complètes. Ces détecteurs à ultrasons automatiques permettent d'obtenir des données spécifiques et quantitatives (nombre de contacts par unité de temps). Cet outil enregistre automatiquement l'ensemble des contacts de chauves-souris détectés et permet une identification des périodes et des taux d'activité de l'espèce considérée sur l'ensemble de la nuit.

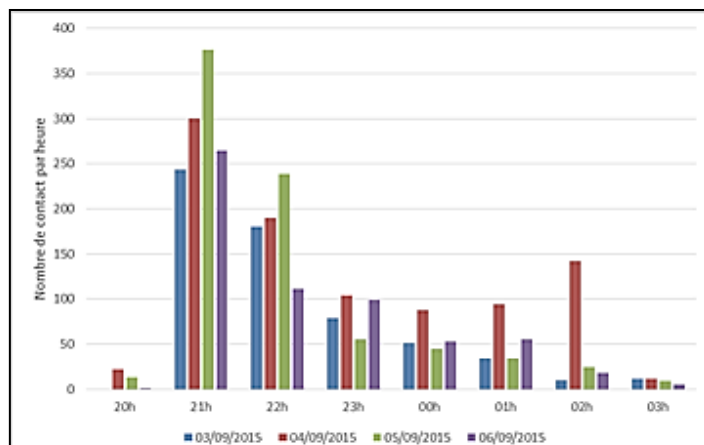


Figure 64 : Enregistreur automatique « passif » de type SM4BAT (à gauche) et exemple de résultats obtenus toutes espèces confondues (à droite) - Sources : TBM environnement/Ecosphère

Une mesure du taux de fréquentation est élaborée à dire d'expert à partir des données bancarisées en interne. Cette échelle est subjective mais permet néanmoins d'interpréter les usages du site en comparant les points d'écoute sur une même nuit et dans le temps.

Un faible taux n'est cependant pas forcément représentatif de l'usage réel du site. Il peut être expliqué par des conditions extérieures plus ou moins favorables au moment de l'enregistrement (bien que l'organisation en amont des soirées d'écoute tente d'approcher un optimum). En effet, l'activité des chiroptères fluctue significativement en fonction de nombreux paramètres (météorologie, saison, heure de la nuit, etc.).

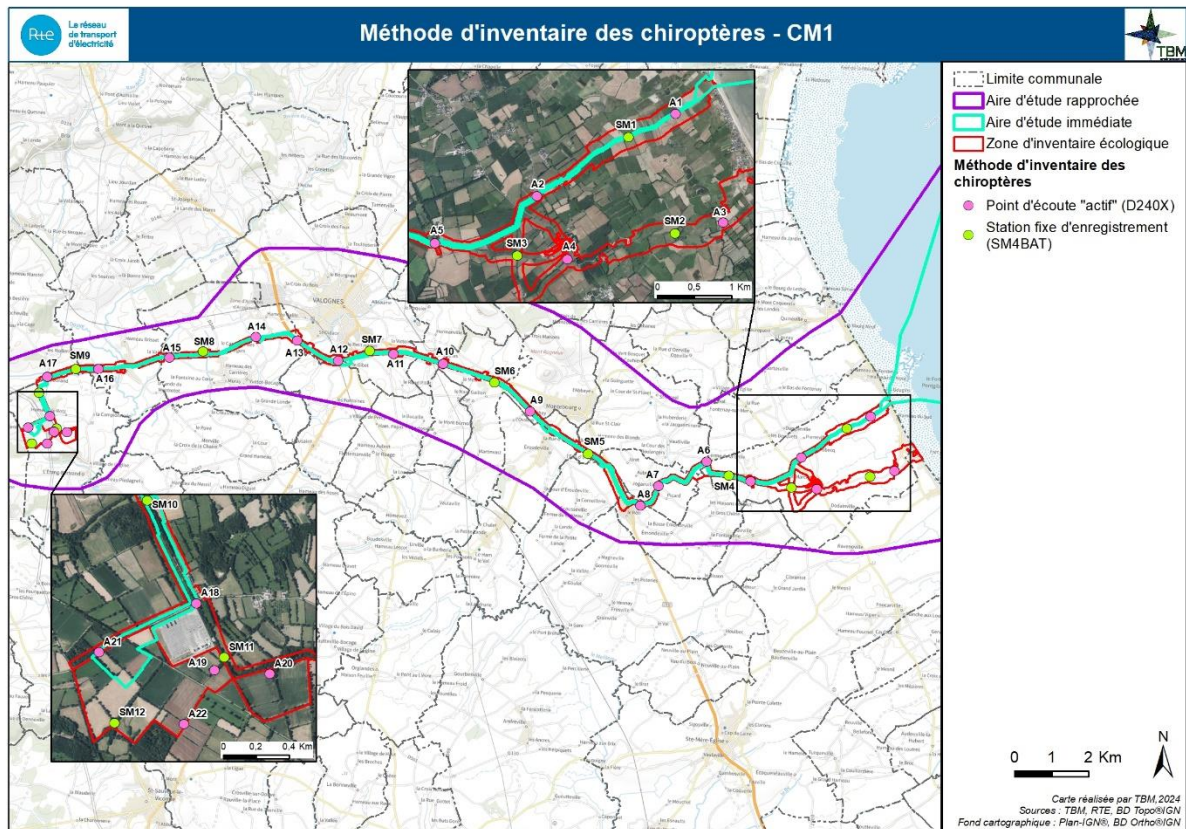
Tableau 53 : Echelle de l'activité chiroptérologique globale - Source : Ecosphère

Taux de fréquentation (temps de présence de chiroptères lors de la meilleure heure)	Nombre de contacts par heure si 1 contact = 5 s
Quasi permanent : > 40 min/h	>480
Très important : 20 à 40 min/h	241 à 480
Important : 10 à 20 min/h	121 à 240
Moyen : 5 à 10 min/h	61 à 120
Faible : 1 à 5 min/h	12 à 60
Très faible : < 1 min/h	1 à 11

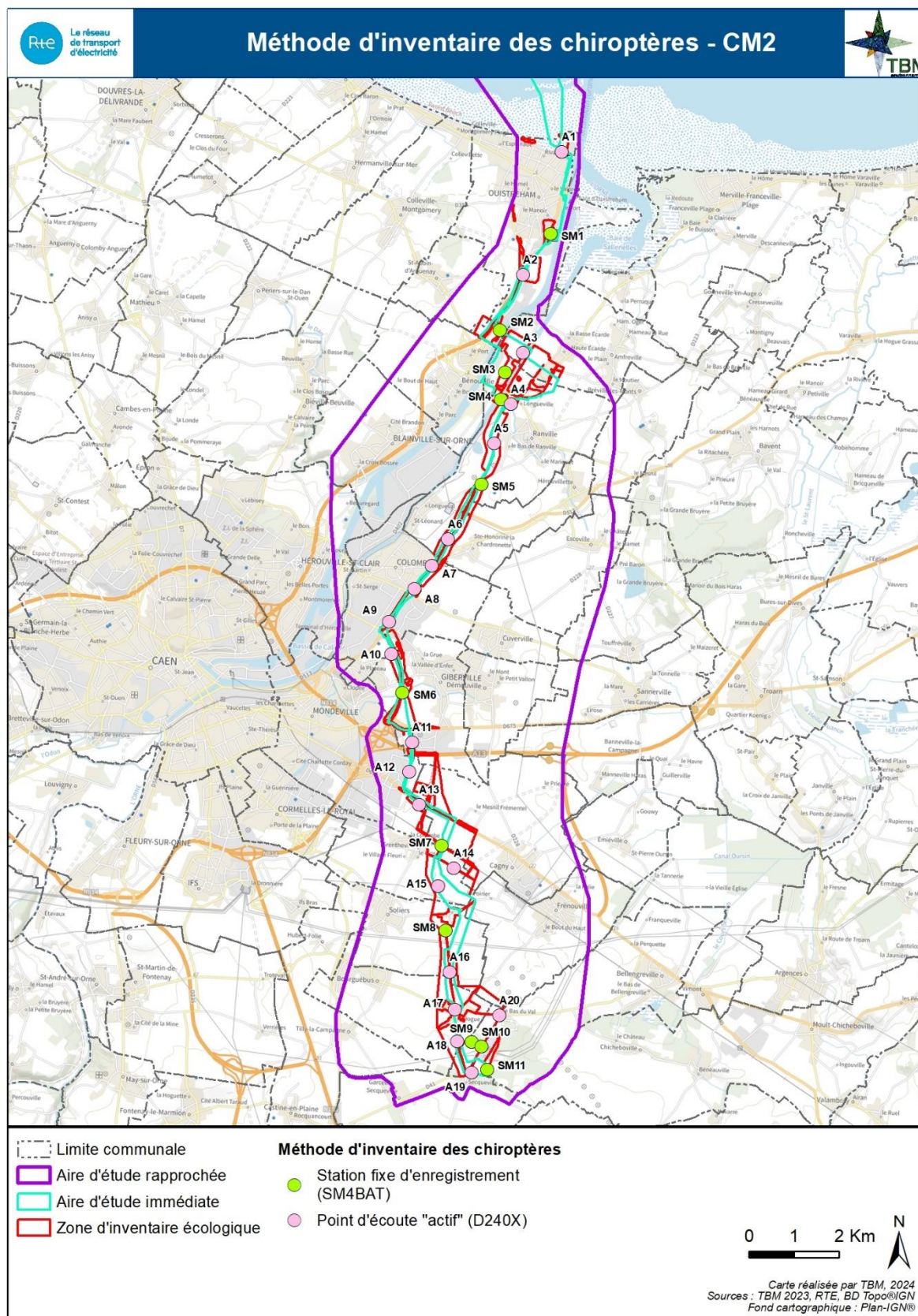
À noter également qu'au vu de la variabilité des rayons de détection pour chaque espèce (de cinq à 150 mètres toutes espèces européennes confondues, et de 5 à 100 m pour les espèces contactées dans la cadre de la présente étude), un coefficient de détectabilité est appliqué afin de corriger les indices d'activité (cf. Méthode Barataud).

L'emplacement des enregistreurs automatiques est adapté au regard de la zone du Projet. L'ensemble de ces stations, points d'écoute active, est localisé et cartographié.

Ces deux méthodes complémentaires sont appliquées en période de parturition et de migration/transit automnal des chiroptères, au cours de nuits aux conditions météorologiques favorables : absence de précipitations, peu ou pas de vent et une température relativement clémente ($T^{\circ}\text{C} \geq 10^{\circ}\text{C}$).



Carte 5 : Localisation des points d'écoute et d'enregistrement des chiroptères dans la Manche



Carte 6 : Localisation des points d'écoute et d'enregistrement des chiroptères dans le Calvados

● Invertébrés (hors mollusques)

Les odonates (libellules), les lépidoptères rhopalocères (« papillons de jour ») et les orthoptéroïdes (criquets, sauterelles, grillons et espèces apparentées comme les mantes) font l'objet de recherches spécifiques, en ciblant plus particulièrement les milieux susceptibles d'abriter des espèces patrimoniales (marais, prairies humides ou non, etc.).

Les inventaires sont ciblés sur la recherche d'imagos (individus adultes) :

- **à vue à l'aide de jumelles**, et, si besoin, avec capture au filet pour les espèces d'identification plus difficile (et au filet fauchoir pour les orthoptères ou encore le parapluie japonais pour les espèces plus arboricoles) ;
- **à l'oreille** pour certains orthoptères, et à l'aide d'un détecteur à ultrasons manuel (lors des écoutes nocturnes pour les chauves-souris) pour les espèces inaudibles (cas de la Léptophye ponctuée ou du Méconème tambourinaire par exemple).

Les inventaires sont réalisés dans des conditions météorologiques favorables (temps ensoleillé, vent faible à nul) et au sein de l'ensemble des habitats occupant la zone d'inventaire écologique.

Les odonates ont été recherchés notamment à proximité des milieux humides et aquatiques (mares, plan d'eau, marais et prairie humide), mais aussi au sein des milieux ouverts qui servent de zones de maturation et/ou de chasse (prairies mésophiles notamment).

De plus, la recherche d'exuvies permet de compléter les observations sur les adultes et, le cas échéant, d'établir le caractère reproducteur sur le site. Leur identification requiert un examen précis à l'aide d'une loupe binoculaire et de documents scientifiques adéquats (Doucet, 2010).



Figure 65 : Inventaires entomologiques - Source : TBM environnement

● Mollusques

Les investigations menées les 3 et 4 juillet 2023 au sein de la zone d'inventaire écologique avaient pour objectif la recherche de la Planorbe naine *Anisus vorticulus*, espèce protégée (Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des mollusques protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection) et du Vertigo de Des Moulins *Vertigo moulinsiana*, espèce inscrite à l'Annexe II de la directive habitat-faune-flore.

La cartographie des habitats réalisée dans le cadre de la présente étude au sein de la zone d'inventaire écologique est utilisée pour cibler les milieux potentiellement favorables à ces deux espèces. Dans les deux cas, les investigations ont ciblé dans la Manche le marais des Eperts, le reste de la zone d'inventaire écologique n'apparaissant pas favorable à ces deux mollusques.

Planorbe naine Anisus vorticulus

Pour cette espèce, les prospections se sont concentrées du côté de la Manche sur la Taret du Nord qui longe la route de Crisbecq mais aussi au niveau des fossés végétalisés en eau périphérique.

Dans un premier temps et lorsque cela était possible (accessibilité), une recherche à vue a permis de rechercher spécifiquement la Planorbe naine en examinant la végétation aquatique. Ensuite, un passage au troubleau est effectué dans la végétation puis au fond de l'eau et le contenu ainsi prélevé est versé dans un bac de tri. Le contenu du bac de tri est directement trié sur place avec recherche de la Planorbe naine. Une fois l'examen de l'échantillon terminé, l'ensemble du contenu est remis à l'eau.



Figure 66 : Vues sur un des points de prélèvement et le matériel associé - Source : TBM environnement

Les huit points de prélèvements sont réalisés dans des fossés permanents, plus ou moins riches en végétation et notamment la Lentille d'eau à trois lobes *Lemna trisulca*.

Vertigo de Des Moulins Vertigo moulinsiana

Pour cette espèce, les habitats favorables (cariçaies et mégaphorbiaies des bords de canaux/fossés) sont recherchés dans la Manche dans le marais des Eperts, au sein de la zone d'inventaire écologique.

Les prospections sont, dans un premier temps, réalisées par recherche à vue puis par battage de la végétation, méthode complémentaire et particulièrement efficace.

© ADN environnemental

Dans certains cas, l'inventaire de la faune peut s'effectuer en utilisant l'ADN environnemental. Cette méthode est utilisée ici pour détecter des mammifères et de l'ichtyofaune. Tous les organismes vivants, quelle que soit leur taille ou leur écologie, laissent dans les milieux qu'ils fréquentent des traces d'ADN qui témoignent de leur présence. Cet ADN peut être libéré dans l'environnement par l'intermédiaire de fèces, d'urine, de gamètes, de mucus, de salive, de peau, etc.

À noter qu'en milieu aquatique, l'ADN libéré par un organisme peut être détecté pendant seulement quelques jours (SPYGEN). Il s'agit donc là d'un bon indicateur de la fréquentation d'un site par une espèce.

Ainsi, à partir d'échantillons d'eau prélevés dans les milieux favorables (mares, fossés, plans d'eau), l'ADN libéré par les organismes dans l'environnement peut être analysé en laboratoire, en l'occurrence le laboratoire SPYGEN spécialisé dans l'inventaire de la biodiversité aquatique et terrestre grâce à l'ADN environnemental (ADNe). Les résultats permettent de détecter la présence de l'ensemble des espèces ciblées dans ces deux groupes d'espèces au sein du site étudié.

Au total, les points de prélèvements sont réalisés au sein de la zone d'inventaire écologique avec pour chacun 2 répliques respectant le protocole SPYGEN. L'échantillonnage est réalisé au droit des secteurs présentant le plus de potentialités pour les espèces visées et au droit des différents cours d'eau traversés.



Figure 67 : Matériels de prélèvement ADNe SPYGEN (à gauche) & Capsule de prélèvement ADNe (à droite) - Source : TBM environnement

II.4.3 ACTIVITE DE PECHE PROFESSIONNELLE

Les CRPM Normandie et Hauts-de-France ont réalisé les états initiaux : la présence et l'activité des bateaux de pêche dans la zone du Projet ont été ainsi estimés. L'obtention de ces données s'est faite de deux manières : les fichiers flottes issus du CRPMEM de Normandie et du CRPMEM des Hauts-de-France et les données VALPENA issus de 2020.

Le fichier flotte du CRPMEM de Normandie comprend la liste exhaustive des couples navire-armateur normands et des informations associées à ces couples. Ce fichier est mis à jour en routine, notamment par échange avec les antennes du CRPMEM de Normandie et à l'occasion des rencontres avec les professionnels lors des enquêtes VALPENA.

Les informations renseignées comprennent entre autres :

- le quartier maritime d'immatriculation, l'immatriculation, le nom, et les caractéristiques techniques (longueur, puissance, tonnage, année de construction) des navires ;
- les coordonnées des armateurs ;

- le port d'attache, le port d'exploitation, le regroupement de ports d'exploitations (selon le tableau référentiel en Annexe 1), le type de métier et le type de flottille (selon la typologie du CRPMEM de Normandie) des couples navire-armateur.

Le fichier flotte du CRPMEM des Hauts-de-France est construit de la même façon. Il a été créé à partir du croisement du fichier Flotte de Pêche Communautaire (FPC) et des bases de données du CRPMEM des Hauts-de-France. Ce fichier est mis à jour en routine, notamment à l'occasion des rencontres avec les professionnels lors des enquêtes VALPENA.

Les informations renseignées sont les suivantes :

- le quartier maritime d'immatriculation, l'immatriculation, le nom, et les caractéristiques techniques (longueur, puissance, tonnage, année de construction) des navires ;
- les coordonnées des armateurs ;
- le port d'attache, le port d'exploitation, le type de métier, le type d'art, et le type de flottille (selon la typologie du CRPMEM des Hauts-de-France) des couples navires-armateur.

Au titre de leur mission de défense des intérêts des pêcheurs professionnels, les comités des pêches ont besoin de disposer de connaissances relatives aux activités de leurs navires à une échelle cohérente avec celle des projets de nouvelles activités en mer. Cela permet de mobiliser ces connaissances dans le cadre de différents projets et/ou études essentiellement liés au partage de l'espace maritime.

Les données relatives à la spatialisation des activités de pêche professionnelle actuellement disponibles (déclaration de captures et d'effort de pêche issues des fiches de pêches ou Logbook, données VMS, « enquêtes Activité » du SIH-Ifremer) sont imprécises et/ou incomplètes. En effet, les données Logbook ne sont pas collectées par les comités, les données VMS et AIS ne couvrent pas l'entièreté de la flotte, les données du SIH sont représentées à plus large échelle impliquant une approximation trop forte dans le cadre d'enjeux industriels. Un nouvel outil s'est donc avéré nécessaire. VALPENA pour éVALuation des activités de PEche au regard des Nouvelles Activités a ainsi pour origine une volonté commune des comités des pêches d'apporter une donnée géographique normalisée et des éléments quantifiés selon une méthode scientifiquement établie permettant de caractériser l'activité des navires de pêche professionnelle à une échelle spatio-temporelle fine (maillage d'environ 3 milles nautiques de côté). La démarche scientifique sous-tendant l'ensemble de la méthodologie VALPENA s'appuie sur l'activité du Groupement d'Intérêt Scientifique (GIS) VALPENA et du laboratoire Géolittomer de l'UMR-LETG de Nantes, garants de l'intégrité des protocoles d'enquêtes et des modalités d'exploitation des données produites.

Les données VALPENA sont collectées par enquêtes individuelles directes auprès des pêcheurs pour l'année n-1 (dernière année complète). Chaque pêcheur déclare l'activité de son ou ses navires par mois, par engin et par espèce cible à l'échelle d'un maillage d'environ 3 milles nautiques de côté.

Ce maillage correspond à des subdivisions des rectangles statistiques CIEM : 13 en latitude et 10 en longitude, soit 130 mailles par rectangle statistique. Les données relatives aux engins et aux espèces sont formatées de manière à être compatibles avec les autres bases de données sur la pêche. Les nomenclatures employées sont donc normalisées, pour les engins selon la Data Collection Framework (DCF) définie par le règlement 199/2008 du Conseil Européen, et pour les espèces selon la base Aquatic Sciences and Fisheries Information System (ASFIS) de la Food and Agriculture Organization (FAO).

En ce qui concerne les données sur la fréquentation des navires étrangers, ont été exploitées les données les plus récentes dont dispose les services de l'Etat. Les CRPMEM ont aussi transmis les dernières données consolidées dont ils disposaient.

Les données relatives aux navires étrangers sont celles de l'étude CEREMA de 2022 : elles sont établies sur les données 2016-2020. Pour les données large échelle, les données d'IFREMER de l'année 2021 sont intégrées à l'étude. Les données fournies par les comités des pêches sont de 2020.

II.5 EVALUATION DES INCIDENCES

La méthodologie d'évaluation des incidences est présentée à la partie II du chapitre 5 de l'étude d'impact.

II.6 DEFINITION DES MESURES

La méthodologie de définition des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement est présentée à la partie II du chapitre 8.

