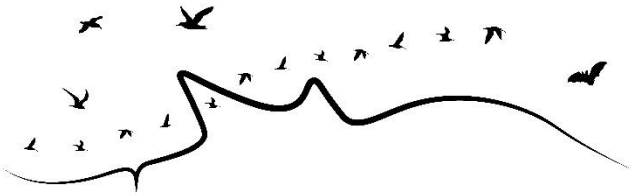
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

OFB
OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ



MIGRATLANE

Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique-Nord-Est par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires

Rapport de lancement du programme

LOT 1

Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme

Octobre 2023

Office français de la biodiversité
Pole « mer » de Brest
Service ECUMM
16 quai de la Douane
29229 Brest cedex 2

MIGRATLANE

Rapport de lancement du programme

Livrable 1.3

LOT 1

Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme

Titulaires du lot

France Energies Marines, Muséum National d'Histoire Naturelle

Auteurs

PLANQUE Yann[1]*, CHABROLLE Antoine[2*b], BON Cécile[1]*, ASSALI Camille[3c], BARON Juliette[2b], BESNARD Aurélien[4e], DE GRISSAC Sophie[2a], DELCOURT Vincent[3c], DESERT Thibault[5c], HUCHIN François[6d], JIGUET Frédéric[2a], JOUET Alban[3c], KERBIRIOU Christian[2b], KOVACS Jean-Christophe[6d], PESSATO Anaïs[2b], QUEROUE Maud[4e], ROQUES Sébastien[4e], TREYVAUD Cassandre[2b], VACHER Anouk[7d]

** Coordination scientifique du programme (lot 1) / Coordination de la rédaction générale du rapport de lancement*

Rapport de synthèse rédigé sur la base des livrables LX.1 écrits par ces coauteurs : [a] lot 2, [b] lot 3, [c] lot 4, [d] lot 5, [e] lot 6.

[1] France Energies Marines, Le Havre, France

[2] Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), MNHN, Paris, France

[3] Biotope, Mèze, France

[4] Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (UMR 5175 CEFE - CNRS), Montpellier, France

[5] Météo-France, Toulouse, France

[6] Ecosphère, Saint Maurice, France

[7] TBM environnement, Auray, France.

Partenaires scientifiques et techniques du lot 1

FRANCE ENERGIES MARINES — MUSÉUM NAT HIST NATURELLE — CESCO Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation — GROUPEMENT D'INTÉRÊT SCIENTIFIQUE OISEAUX MARINS

Citation du document

PLANQUE, Y., CHABROLLE, A., BON, C. , ASSALI C., BARON J., BESNARD A., DE GRISSAC S., DELCOURT V., DESERT T., HUCHIN F., JIGUET F., JOUET A., KERBIRIOU C., KOVACS J., PESSATO A., QUEROUE M., ROQUES S., TREYVAUD C., VACHER A. 2023. MIGRATLANE - Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique Nord-Est par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : rapport de lancement du programme. Lot 1 – Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme. *Rapport pour l'OFB*. 104 PP.

Crédit de la photographie en page de garde : Yann Planque.

SUIVI DU DOCUMENT

Maître d'œuvre du projet	Nina Cudennec Florian Le Bail	Office français de la biodiversité
Coordinateurs scientifiques et techniques du projet	Yann Planque Antoine Chabrolle	France Energies Marines MNHN
Auteur.e.s	Yann Planque (YP), Antoine Chabrolle (AC), Cécile Bon (CB) et co-auteur.e.s lots 2 à 6	France Énergies Marines, MNHN
Titre du document	Rapport de lancement du programme MIGRATLANE	
Statut du document	Version finale, validée	
Date de sauvegarde	12/03/2024	
Date de diffusion	12/03/2024	
Version du document	V2, finale	
Nom du fichier	20231015_MIGRATLANE_Lot1_L.1.3_Rapport-de-lancement_VF.pdf	
Nombre de pages	104	
Niveau de diffusion	Consortium / Gouvernance/ Public	

HISTORIQUE DES CHANGEMENTS

Version	Date	Modifié par	Modifications / Sections
1	16/01/2024	YP, AC, CB	Réalisation de corrections/modifications sur la base des retours de l'OFB (sur la version initiale, remise le 13/10/2023).

APPROBATION

Version	Date	Approuvé par	Titre
Finale	11/03/2024	Yann Planque, FEM Antoine Chabrolle, MNHN/CESCO	Coordinateurs scientifiques
Signatures :			
Finale	12/03/2024	Nina Cudennec, OFB Florian Le Bail, OFB	Pilotage du projet
Signature :			

Table des matières

Table des matières 5
Table des figures 7
Table des tableaux 8
Objectifs du rapport de lancement 10
Le programme MIGRATLANE 11
Composition du consortium 12
Calendrier du programme 13
Lot 1 Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme 14
1.1 Consortium du lot 1 14
1.2 Rappel des objectifs 14
1.3 Coordination administrative et financière 14
1.4 Pilotage scientifique et technique du programme 15
1.5 Dissémination des connaissances 16
1.6 Calendrier du lot 1 19
Lot 2 Télémétrie sur les migrateurs terrestres et oiseaux marins 21
2.1 Consortium du lot 2 21
2.2 Rappel des objectifs 21
2.3 Synthèse des données existantes 22
2.3.1 Oiseaux marins ou aquatiques (synthèse des données télémétriques existantes) 23
2.3.2 Oiseaux terrestres migrateurs (synthèse des données télémétriques existantes) 28
2.3.3 Identification des lacunes de connaissances 31
2.3.4 Mise en perspectives pour MIGRATLANE 32
2.4 Protocoles d'acquisition de données 32
2.4.1 Méthodes de capture 32
2.4.2 Types de balises choisies pour le déploiement 33
2.4.3 Méthodes d'équipement des balises 34
2.4.4 Éthique 35
2.5 Plan d'échantillonnage 35
2.5.1 Nombre et espèces ciblées 35
2.5.2 Secteurs d'études 39
2.6 Calendrier du lot 2 40
Lot 3 Suivis acoustiques et visuels (par stations à la côte, en mer et sur navires d'opportunité) 41
3.1 Consortium du lot 3 41
3.2 Rappel des objectifs 41
3.3 Synthèse des données existantes 42
3.3.1 Chiroptères 42
3.3.2 Oiseaux 44
3.3.2.1 Suivi acoustique 45
3.3.2.2 Suivi visuel 46
3.3.2.2.1 Données visuelles à la côte 46
3.3.2.2.2 Données visuelles à la côte 48
3.3.2.2.3 Données visuelles depuis des avions (passereaux et limicoles) 49
3.3.2.3 Connaissances acquises et lacunes 49
3.4 Protocoles d'acquisition de données 50

3.4.1 Technologies employées 50
3.4.1.1 Oiseaux 50
3.4.1.2 Chiroptères 51
3.4.2 Acquisition des données 51
3.4.2.1 Réseau acoustique 51
3.4.2.2 Réseau visuel 51
3.5 Plan d'échantillonnage 51
3.5.1 Nombre et espèces ciblées 51
3.5.2 Secteurs d'études 52
3.5.2.1 Réseau acoustique 52
3.5.2.2 Réseau visuel 53
3.5.3 Fréquence de déploiement 54
3.6 Calendrier du lot 3 55
Lot 4 Suivis par radar (stations à la côte) 56
4.1 Consortium du lot 4 56
4.2 Rappel des objectifs 56
4.3 Synthèse des données existantes 58
4.4 Plan d'échantillonnage 61
4.4.1 Nombre et espèces ciblées 61
4.4.2 Secteurs d'études 61
4.4.3 Fréquence de déploiement 63
4.5 Calendrier du lot 4 64
Lot 5 Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune 65
5.1 Consortium du lot 5 65
5.2 Rappel des objectifs 65
5.3 Synthèse des données existantes 66
5.3.1 Campagnes aériennes antérieurs à 2018 66
5.3.2 Campagnes aériennes réalisées depuis 2018 66
5.4 Protocoles d'acquisition de données 71
5.4.1 Technologies employées 71
5.4.2 Protocoles d'acquisition des données lors des survols 72
5.5 Plan d'échantillonnage 76
5.5.1 Nombre et espèces ciblées 76
5.5.2 Proposition de plan d'échantillonnage sur le secteur d'étude 76
5.5.3 Calendrier et fréquence des survols 78
5.6 Calendrier du lot 5 79
Lot 6 Analyse combinée des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets 80
6.1 Consortium du lot 6 80
6.2 Rappel des objectifs 80
6.3 Méthodes d'analyses prévues 80
6.4 Calendrier du lot 6 84
Références bibliographiques 85
Annexes 88

Office français de la biodiversité
Pole « mer » de Brest
Service ECUMM
16 quai de la Douane
29229 Brest cedex 2

Table des figures

Figure 1 : Répartition des rôles au sein des six lots du programme MIGRATLANE. Les logos des structures titulaires de chacun des six lots et des sous-traitants sont présentés. Les entités indiquées sont soit mandataires ou cotraitantes des lots (logos sans sous-titre) soit en sous-traitance pour ce lot (cf. sous-titre associé). 12
Figure 2 : les deux versions des logos créés pour communiquer sur le programme MIGRATLANE. 17
Figure 3 : Fiche projet créée pour le programme MIGRATLANE. Cette fiche est disponible ici. 18
Figure 4 : Calendrier prévisionnel du lot 1 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (cf. numéros L1.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. **C.** : réunion du Comité de Pilotage élargi. **C.r** : réunion du Comité de Pilotage restreint. **Res** : réunion de restitution. Les numéros indiqués correspondent aux numéros des livrables. 20
Figure 5 : Calendrier prévisionnel du lot 2 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L2.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. 40
Figure 6 : Nombre d'enregistrements à la côte répertoriés dans le programme Vigie-Chiro, points fixes à la côte. Ces données sont basées sur les sciences participatives mais comprennent aussi les participations du projet Piaff&Co, campagne MEGASCOPE (points en Atlantique et en Manche) et certaines données d'associations et bureaux d'études. 43
Figure 7 : Périodes d'échantillonnages des différentes études d'impacts et d'autres études publiées. 44
Figure 8 : Carte des oiseaux détectés au sud du Golfe de Gascogne au cours de la nuit (PELGAS, leg 1, 2022). Les tracés noirs correspondent aux transects échantillonnés par le capteur acoustique, les symboles au groupe d'oiseaux et les couleurs aux espèces d'oiseaux (Dorémus et al. 2023). 46
Figure 9 : Représentation de l'effort d'échantillonnage du suivi standardisé en mer et du détail en rouge de la zone de test méthodologique (CMB 2016). 48
Figure 10 : Présentation du matériel utilisé pour le suivi acoustique passif des oiseaux et des chiroptères. 50
Figure 11 : Plan d'échantillonnage acoustique passif (tous les points dans les zones ou on peut observer des agglomérats de points ne seront pas forcément pris en compte, un ou plusieurs sites seront alors sélectionnés dans la zone). 52
Figure 12 : Lignes de la Brittany Ferries (https://corporate.brittany-ferries.com/lignes-destinations.aspx, consulté en juillet 2023) 53
Figure 13 : Répartition des sites sélectionnés pour le volet visuel. Cette carte est provisoire et reflète une situation idéale. La mise en place d'un appui technique et financier sera dépendant du budget. 54
Figure 14 : Calendrier prévisionnel du lot 3 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L3.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. 55
Figure 15 : Visualisation de la classification du PPI (scan radar) au scan le plus bas (0.4°) sur le radar de Bordeaux une nuit de forte migration (10/04/22 à 22h40). La classification des échos d'oiseaux (orange) est faite à l'aide d'un algorithme d'apprentissage supervisé de logique floue 57
Figure 16 : Répartition en altitude des densités d'oiseaux, au cours du temps. 57
Figure 17 : Radar BirdScan installé à Arcachon dans le cadre du programme MIGRATLANE. 60
Figure 18 : Installation du radar météorologique de Nancy - visualisation de l'antenne et du radôme qui la recouvre (crédits : CMR/IMI). 61
Figure 19 : Localisation des radars ornithologiques installés au cours de la première année d'acquisition des données du programme MIGRATLANE (à gauche) et photographie d'un radar ornithologique (ici installé en Baie de Somme) (à droite). 62
Figure 20 : Localisation des radars météorologiques du réseau ARAMIS. 62
Figure 21 : Calendrier prévisionnel du lot 4 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L4.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. 64
Figure 22 : Couverture spatiale des suivis aériens de la mégafaune marine réalisés au niveau de l'arc Manche-Atlantique depuis 2018, ou prévus jusqu'en 2026. Les transects (ou à défaut les emprises spatiales échantillonnées) sont représentés par nom de campagne (**A**) et par pression d'observation en nombre de passages (**B**). 67

Figure 23 : Pression d'observation des suivis aériens de la mégafaune marine réalisés au niveau de l'arc Manche-Atlantique depuis 2018 et/ou prévus jusqu'en 2026 (gradients de violet), et identification des secteurs de lacunes de connaissances (cercles bleus). 71
Figure 24 : Représentation schématique du protocole d'acquisition de données d'observations visuelles lors de suivis aériens de la mégafaune marine. Source de l'image : Observatoire Pelagis. 73
Figure 25 : Comparaison des méthodes de transect en bande *Strip transect* et de transect en ligne *Line transect*. Le transect en bande repose sur l'idée que tous les objets présents dans une bande de largeur prédéfinie sont vus (représentés par des points noirs). Le transect en ligne prend en compte la part d'observations manquées (représentées par des points blancs). 74
Figure 26 : Zone d'observation et distances considérées à la surface pour le relevé des différents types de mégafaune marine et fauchée du système d'acquisition digital embarqué STORMM – Hytech-Imaging / Observatoire Pelagis. 75
Figure 27 : Plan d'échantillonnage proposé pour les suivis aériens de la mégafaune marine qui seront réalisés dans le cadre du lot 5 de MIGRATLANE. Les secteurs les mieux connus sont représentés en gradients de rouge (cf. identification des pressions d'observation en Figure 23), et les secteurs d'exclusion réglementaire sont en gris foncé. 77
Figure 28 : Proposition de plan de vol, incluant les transects de vols au niveau des six secteurs d'échantillonnage retenus pour effectuer les suivis aériens de la mégafaune marine dans le cadre du lot 5 de MIGRATLANE. Les estimations de distance et de temps associés à ces survols sont indiquées 78
Figure 29 : Calendrier prévisionnel du lot 5 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L5.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. Mise à jour : les livrables L5.6, L5.9 et L5.12 sont finalement attendus respectivement pour les 15 mars 2024, 2025 et 2026 ; décision validée en Comité de Pilotage (17/11/2023) suite à l'identification d'une incohérence de calendrier lié à la réalisation de survols en période d'hivernage (décembre-janvier). 79
Figure 30 : Calendrier prévisionnel du lot 6 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L6.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. Le lot 6 a officiellement commencé le 15/07/2023, soit six mois après la date de début de mise en œuvre des actions des autres lots. 84

Table des tableaux

Tableau 1 : Espèces d'oiseaux considérées comme marines dans la directive « oiseaux », pour lesquelles une présence en mer est avérée en France le long des façades Atlantique et Manche-mer du Nord, et récapitulatif des données télémétriques existantes recensées par le lot 2 sur l'aire d'étude MIGRATLANE. Voir les légendes de phénologie et de tendances populationnelles en dernière page du tableau. Présence de données existantes: 0 : pas de données, 1 : peu de données / données uniquement récoltées à l'étranger, 2 : données existantes directement récoltées sur l'aire d'étude, 3 : beaucoup de données sur l'aire d'étude. Tableau adapté de Poupart et de Bettignies 2022 et du livrable L2.1. 24
Tableau 2 : Espèces d'oiseaux terrestres migratrices pour lesquelles des données de suivis télémétriques acquises sur l'aire d'étude MIGRATLANE ont été identifiées (qu'elles soient acquises depuis la France ou d'autres pays). Voir les légendes de tendances populationnelles en dernière page du tableau. Tableau construit sur la base des informations issues du livrable L2.1, et suivant la forme du Tableau 1. 29
Tableau 3 : Liste des espèces sélectionnées pour les suivis télémétriques du lot 2 du programme MIGRATLANE. Les traits d'histoire de vie, l'inscription dans les Annexes de la Directive « Oiseaux », le statut de conservation (UICN), le nombre d'individus envisagés pour l'étude, les zones de capture envisagées et le type d'instrument à utiliser sont présentés dans ce tableau. Toutes les informations sont sujettes à des changements, à la marge, au cours de l'étude. * ou **: espèces non incluses dans le programme personnel validé par le CRBPO car équipées exclusivement à l'étranger (*) ou car équipées en partenariat avec le programme LIMITRACK du LIENSs (**). 37

Tableau 4 : Résumé des informations obtenues sur l'échantillonnage de différents sites de suivi de migration. Sont incluses les années, avec en mauve les observations qui semblent opportunistes et en rose les observations qui semblent standardisées, les mois, le type d'observateurs (bénévole, salarié ou pas d'information) et enfin les horaires (à confirmer). 46
Tableau 5 : Présentation à travers plusieurs descripteurs, des données des sites de suivis visuels sélectionnés sur la plateforme Migraction. Les tonalités de vert indiquent les valeurs les plus élevées et inversement pour les tons de rouge. 47
Tableau 6 : Bilan des projets de parcs éoliens incluant des suivis visuels en mer. 49
Tableau 7 : Données existantes issues de suivis radars ornithologiques réalisés sur la zone d'étude MIGRATLANE, et recensées par le lot 4 dans le cadre du travail de synthèse bibliographique. 59
Tableau 8 : Analyse des paramètres des campagnes de suivi aérien de la mégafaune marine postérieures à 2018. Ces campagnes sont quantifiées en *"années de suivi"*, c'est-à-dire par le nombre de campagnes individualisées par années suivies (une année incluant 4 saisons ou moins). 70
Tableau 9 : Informations relevées pour chaque observation effectuée lors d'un survol, selon différents groupes d'espèces ou d'objets observés. 74

Objectifs du rapport de lancement

Le rapport du lancement du programme MIGRATLANE (livrable L1.3) a été présenté le 15 octobre 2023, soit neuf mois après la date du début de « mise en œuvre des actions » du programme (15 janvier 2023). La réalisation de ce document a été pilotée par le lot 1 « Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme », dont les partenaires impliqués sont France Energies Marines (FEM) et le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN).

Ce rapport vise à :

- Rappeler la composition du consortium du programme MIGRATLANE, les objectifs des six lots du programme et les moyens techniques mis en œuvre pour les atteindre, et le calendrier du programme (général et par lot) ;
- Décrire les choix technologiques initiaux et les prestataires sélectionnés par les titulaires du marché, validés par le comité de pilotage ;
- Effectuer une synthèse des états de l'art sur les données existantes, pour chacune des technologies d'acquisition à déployer ;
- Décrire les protocoles d'acquisition de données retenus ;
- Décrire les plans d'échantillonnage et fournir les listes d'espèces ciblées définitives (notamment la liste des espèces retenues pour l'équipement par balises géolocalisées, et descriptif justifiant ces choix ; cf. Lot 2).

Ce document a été rédigé sur la base de précédents livrables réalisés par les lots 2 à 5, et de documents complémentaires écrits par tous les lots. Les sections propres aux lots effectuant l'acquisition des données (lots 2 à 5) reposent donc sur une synthèse, rédigée par le lot 1 et relue par les autres lots, des livrables suivants :

- **Synthèse bibliographique** des travaux publiés sur la faune volante dans l'Arc Atlantique-Manche, basés sur les mêmes modalités d'acquisition que le lot concerné, et modalités d'accès aux publications et données utilisées :
    - Livrable L2.1 réalisé par le lot 2 (De Grissac Sophie et Jiguet 2023)
    - Livrable L3.1 réalisé par le lot 3 (Baron et al. 2023)
    - Livrable L4.1 réalisé par le lot 4 (Assa et al. 2023)
    - Livrable L5.1 réalisé par le lot 5 (Huchin et al. 2023)
- **Liste initiale des données déjà existantes**, incluant un recensement et une analyse des données existantes traitées (ou non) et publiées (ou non) sur la faune volante migratrice de l'Arc Atlantique-Manche, et une description des conditions d'accès à ces données et d'utilisation associée : Livrables L2.2 (lot 2), L3.2 (lot 3), L4.2 (lot 4), L5.2 (lot 5).

La section propre au lot 6 « Traitement multi-sources et analyses combinées » a quant à elle été rédigée par les personnes impliquées dans ce lot, afin de rappeler les objectifs de ce lot, et a été partagée au lot 1 ; le premier livrable du lot 6 (L6.1) est attendu pour mars 2024, soit après le rapport de lancement.

Ce rapport présente exclusivement les moyens techniques mis en œuvre au sein du programme MIGRATLANE, le planning, et l'organisation du consortium. Les premiers résultats obtenus à l'issue de la première année d'acquisition des données (2023) seront présentés dans un livrable ultérieur (L1.6 : Premier rapport intermédiaire d'avancement du programme, attendu en janvier 2024).

Le programme MIGRATLANE

La mise en place du programme MIGRATLANE par l'OFB en 2022 repose sur l'identification de très fortes lacunes de connaissances sur l'utilisation de l'espace en mer par l'avifaune et les chiroptères sur l'Arc Atlantique Nord-Est français, c'est-à-dire au niveau des sous-régions marines Manche-mer du Nord, mers Celtiques et golfe de Gascogne. Ces lacunes de connaissances concernent à la fois l'avifaune terrestre migratrice (cf. passages en mer notamment pendant les périodes de migration prénuptiale puis postnuptiale), l'avifaune marine (cf. zones fonctionnelles en mer) et les chiroptères (cf. utilisation de l'espace marin). Le programme MIGRATLANE se déroule de 2023 à 2027, et l'acquisition des données est réalisée de 2023 à 2026.

Le secteur maritime de l'Arc Atlantique Nord-Est est marqué par de multiples projets d'usage, dont des projets de développement de parcs éoliens en mer. Ainsi, l'État français prévoit, dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), d'arriver à une puissance installée d'éoliennes en mer (posées et flottantes) d'environ 5 GW en 2028 et d'environ 40 GW à l'horizon 2050. Il est ainsi apparu essentiel d'acquérir des connaissances permettant de caractériser les flux migratoires et les fonctionnalités des zones en mer pour l'avifaune et les chiroptères, à l'échelle de l'Arc Atlantique Nord-Est, que ce soit pour des espèces résidentes, de passage, présentes au cours d'une partie du cycle biologique annuel ou ponctuellement présentes.

L'OFB a ainsi lancé en 2022 le programme MIGRATLANE qui vise à acquérir des connaissances de base sur les migrations, les comportements de vol et les zones fonctionnelles en mer de l'avifaune terrestre migratrice, l'avifaune marine et les chiroptères, en considérant leurs interactions potentielles avec les projets de parcs éoliens. Une hiérarchisation des enjeux a été réalisée par un groupe d'experts rassemblés par l'OFB, afin d'identifier les questions scientifiques, les moyens et approches à prioriser pour atteindre cet objectif d'acquisition de connaissances. Ces enjeux de connaissance sont :

- Enjeux de connaissance prioritaires : les voies de migration, le flux des migrateurs dans le golfe de Gascogne et la Manche, les zones fonctionnelles des espèces marines, les trajets non migratoires des espèces marines.
- Enjeux de connaissance importants : la phénologie des migrations en mer, les caractéristiques de vol des oiseaux terrestres et marins en mer, la distribution spatiale des espèces marines.
- Enjeux de connaissance secondaires : les trajets non migratoires des espèces terrestres, les caractéristiques de vol des chiroptères en mer.

Ce programme apportera des éléments de connaissance sur la faune volante terrestre et marine avec des données inédites sur la spatio-temporalité des déplacements locaux et les migrations des espèces au niveau de l'Arc Atlantique Nord-Est. L'acquisition de ces connaissances vise alors à éclairer la mise en œuvre des politiques publiques de préservation de ces espèces et de leurs habitats naturels, et ainsi à mieux évaluer et réguler les interactions de ces espèces avec les activités anthropiques.

Le programme s'articule autour de six lots, mettant en œuvre un ensemble de techniques et de méthodes complémentaires afin d'acquérir des connaissances sur l'avifaune et les chiroptères :

- **Lot n°1** : Coordination, synthèse et dissémination des résultats du programme.
- **Lot n°2** : Télémétrie sur les migrateurs terrestres et oiseaux marins.
- **Lot n°3** : Suivis acoustiques ornithologiques et à ultrasons, observations visuelles (sur des stations à la côte ou des points fixes en mer, sur des navires d'opportunité).
- **Lot n°4** : Radars installés à terre, à la côte ou en mer (radars ornithologiques dédiés ou exploitation de radars météorologiques).
- **Lot n°5** : Campagnes aériennes en mer (par observations visuelles et/ou digitales).
- **Lot n°6** : Application de méthodes d'analyse multimodale des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets.

Le programme a officiellement commencé le 15 novembre 2022, suite à la notification des lots du marché de MIGRATLANE, et la date de début de la « mise en œuvre des actions du programme » a été actée au 15 janvier 2023 (cf. section *« Calendrier du programme »* ci-après). Le lot 6 a quant à lui commencé en décalé par rapport aux autres lots du programme (le 15 juillet 2023). La clôture du projet est prévue pour avril 2027.

Composition du consortium

Le consortium du programme MIGRATLANE regroupe 13 entités ayant des domaines d'expertises diversifiés et complémentaires : Biophonia, Biotope, le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE, UMR 5175 CNRS), Ecosphère, France Energies Marines, le Groupement d'Intérêt Scientifique Oiseaux Marins (GISOM), Hytech Imaging, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), le laboratoire LIttoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs, UMR 7266 La Rochelle Université – CNRS), Météo-France, le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), TBM Environnement, et la station ornithologique suisse Vogelwarte. L'implication de chacune de ces entités au sein des six lots du programme est schématisée en Figure 1.

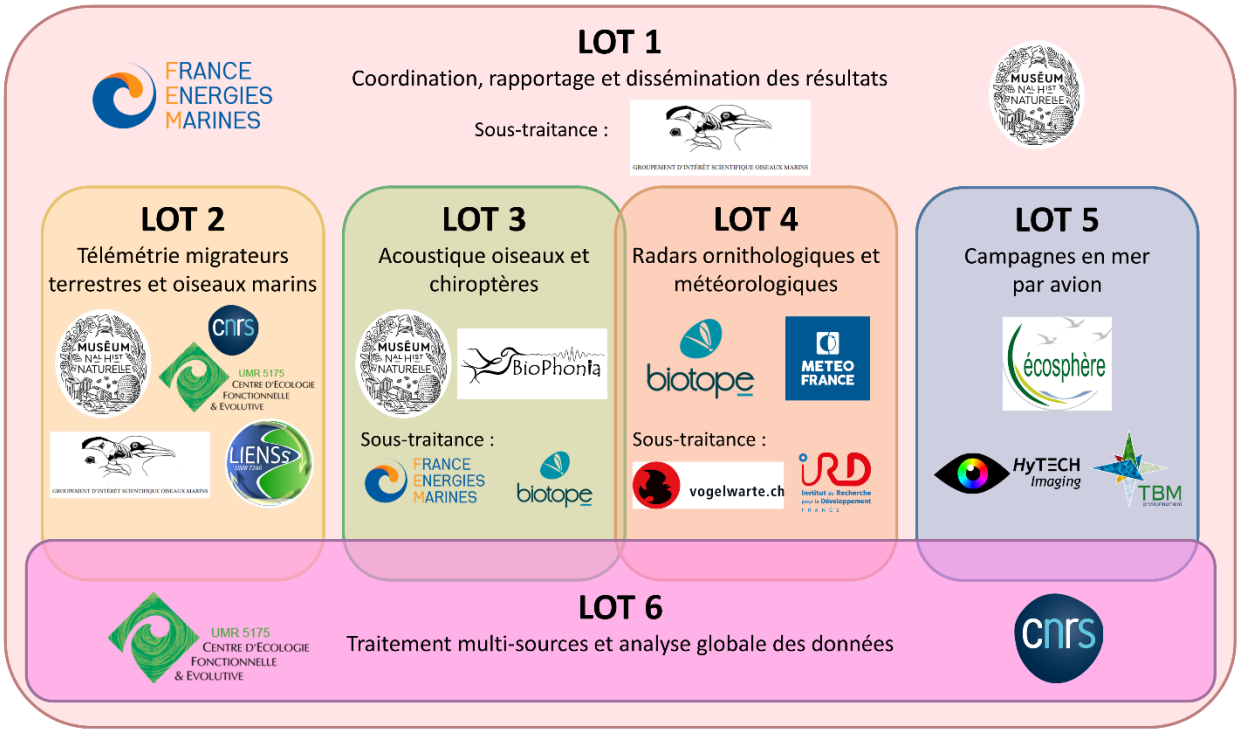


Figure 1 : Répartition des rôles au sein des six lots du programme MIGRATLANE. Les logos des structures titulaires de chacun des six lots et des sous-traitants sont présentés. Les entités indiquées sont soit mandataires ou cotraitantes des lots (logos sans sous-titre) soit en sous-traitance pour ce lot (cf. sous-titre associé).

Pour chacun des lots, les mandataires, co-traitants et sous-traitants des lots sont :

- **Lot n°1** : France Energies Marines (mandataire), le MNHN (co-traitant), le GISOM (sous-traitant)
- **Lot n°2** : MNHN (mandataire), le CEFE, le LIENSs et le GISOM (co-traitants)
- **Lot n°3** : MNHN (mandataire), Biophonia (co-traitant), France Energies Marines et Biotope (sous-traitants)
- **Lot n°4** : Biotope (mandataire), Météo-France (co-traitant), Vogelwarte et l'IRD (sous-traitants)
- **Lot n°5** : Ecosphère (mandataire), TBM Environnement (co-traitant), Hytech Imaging (sous-traitant)
- **Lot n°6** : le CEFE (mandataire).

Calendrier du programme

Lancement du programme et dates des livrables

Le programme a officiellement commencé le 15 novembre 2022, suite à la notification des lots du marché de MIGRATLANE. Cependant, suite à quelques délais, il a été acté que la « mise en œuvre des actions du programme » a commencé le 15 janvier 2023 (cf. réunion du Comité de Pilotage du 30 janvier 2023). L'ensemble des dates de rendu des livrables du programme, pour les lots 1 à 5, ont ainsi été calculées sur la base de cette date (15/01/2023) et des délais indiqués en mois dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP). Le lot 6 a quant à lui commencé en décalé par rapport aux autres lots du programme, et l'ensemble des dates de rendu des livrables de ce lot ont ainsi été calculées sur cette date de commencement : le 15 juillet 2023. Les calendriers prévisionnels de chacun des lots du programme sont présentés dans ce rapport (cf. ci-dessous). La clôture du projet est prévue pour avril 2027.

Calendrier par lot

Le calendrier prévisionnel propre à chaque lot est présenté en sections 1.6 (lot1), 2.6 (lot 2), 3.6 (lot 3), 4.5 (lot 4), 5.6 (lot 5) et 6.4 (lot 6). Les périodes prévisionnelles de réunions du comité de pilotage sont indiquées dans le calendrier propre au lot 1 de coordination (cf. section 1.6).

État des livrables au 15/10/2023

Les livrables qui ont déjà été remis sont :

- **Lot n°1** : les premiers livrables L1.1 *Comptes-rendus réunions préparatoires aux COPIL* et L1.2 *Comptes-rendus COPIL* qui font suite aux deux premières réunions du Comité de Pilotage (N°0, le 30/01/2023, installation du consortium ; N°1, le 20/06/2023 à Brest) ont été remis. Le lot 1 a également réalisé et mis à disposition des premiers outils de communication (logo, page sur le site web de France Energies Marines, fiche projet). Une première version du livrable L1.4 *Conception cahier des charges pour un « teaser » vidéo* a également été remise, et ce livrable est en cours de modification par le lot 1, en prenant en compte les demandes de compléments de l'OFB.
- **Lots n°2 à 5** : les livrables Lx.1 *Synthèse bibliographique* et Lx.2 *Liste initiale des données* ont été remis.

Lot 1 Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme

1.1 Consortium du lot 1

La structure titulaire du lot 1 « Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme » du programme MIGRATLANE est France Energies Marines. Le travail de coordination du programme est réalisé en collaboration avec le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), comme cotraitant. Le Groupe d'Intérêt Scientifique sur les Oiseaux Marins (GISOM) est sous-traitant de ce lot.

La coordination scientifique et technique du projet est réalisée par France Energies Marines en collaboration avec le MNHN et avec l'appui du GISOM, et la coordination administrative du programme est réalisée par France Energies Marines.

Les personnes en charge de la coordination scientifique et technique au lancement de MIGRATLANE sont : Yann Planque (France Energies Marines) (yann.planque@france-energies-marines.org) et Antoine Chabrolle (MNHN) (antoine.chabrolle@mnhn.fr). La coordination administrative est réalisée avec l'appui de Margaux Pinel (France Energies Marines) (margaux.pinel@france-energies-marines.org), et la coordination scientifique avec l'appui de Cécile Bon (France Energies Marines) (cecile.bon@france-energies-marines.org).

1.2 Rappel des objectifs

L'objectif général du lot 1 du programme MIGRATLANE est d'assurer la coordination administrative et financière, ainsi que le pilotage scientifique et technique du programme. Ce lot assure également le suivi de la performance globale du programme et la dissémination des connaissances acquises. La mise en œuvre de ce lot repose sur des interactions de qualité entre les partenaires des différents lots et avec l'OFB.

Les trois principales tâches du lot 1 « Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme » sont d'effectuer :

- **la coordination administrative et financière**
- **la coordination technique et scientifique**
- **la dissémination des connaissances**

Les objectifs spécifiques associés à chacune de ces tâches sont présentés respectivement en sections 1.3, 1.4 et 1.5.

1.3 Coordination administrative et financière

La coordination administrative et financière est étroitement liée à la coordination technique et scientifique (cf. section 1.4), et passe par les mêmes canaux, afin d'optimiser la mise en place des tâches du lot 1.

Les différentes tâches propres à la coordination administrative et financière sont :

- Piloter les interactions avec l'OFB pour l'ensemble du programme divisé en lots ;
- Assurer le lien avec la gouvernance du projet proposée par l'OFB ;
- Veiller au respect des engagements contractuels tant en termes de délai que de qualité ;
- Veiller au respect des délais et des budgets des différents lots tout au long du programme ;
- Organiser et animer les réunions d'avancement régulières de suivi intra-consortium ;
- Organiser et animer des réunions de pilotage scientifique et technique ;
- Organiser et animer les réunions du Comité de Pilotage (CoPil) avec l'OFB ;

- Effectuer un rapportage des discussions et décisions prises en réunions à travers divers comptes-rendus (*e.g*. réunions du consortium, comités de pilotage) ;
- Remonter des difficultés techniques, administratives, financières ou en lien avec le déroulé du planning prévisionnel ;
- Relayer des informations entre les différents partenaires, entre eux et avec le maitre d'œuvre.

Les coordinateurs de MIGRATLANE sont les garants de la fluidité des interactions entre les mandataires et partenaires des différents lots.

Différents outils et méthodes de travails ont été mis en place pour faciliter le pilotage du projet et à la bonne communication entre les mandataires des différents lots. Ces différents outils, déjà mis en place par le lot 1, sont :

- Une plateforme de partage « SharePoint » permettant l'échange des documents entre le consortium et l'OFB (*e.g*. livrables, documents administratifs et financiers, comptes-rendus de réunions, stockage des données par lot) ;
- Un calendrier des différentes réunions et livrables, créé sur la base du cahier des clauses techniques particulières (CCTP) ;
- Des documents administratifs modèles utiles au consortium (*e.g*. comptes-rendus de réunions, tableurs de suivi des paiements des facturations) mis à disposition sur le SharePoint ;
- Des documents modèles types pour les livrables (*e.g*. rapports, supports de présentation pour les réunions) ;
- Des procédures de relecture et de validation des livrables.

Il est prévu que le Comité de Pilotage (CoPil) du programme MIGRATLANE se réunisse au moins quatre fois par an pendant les trois années d'acquisition de données. Il a été acté (cf. réunion du Comité de Pilotage du 30 janvier 2023) que ces réunions seraient réalisées sous deux formats : les réunions du CoPil élargi regroupant tous les membres du CoPil et du consortium (deux fois par an ; hiver et été, *i.e*. après les migrations prénuptiales et postnuptiales de l'avifaune), et les réunions du CoPil restreint regroupant les membres du CoPil et le lot 1 du consortium (deux fois par an ; automne et printemps). Le lot 1 est chargé de préparer, en lien avec l'OFB, les éléments scientifiques, techniques, administratifs et financiers à présenter lors des réunions du comité de pilotage (livrable L1.1 ; comptes-rendus des réunions préparatoires). Le lot 1 doit finalement rédiger les comptes-rendus à l'issu de ces de ces réunions du CoPil (livrable L1.2).

1.4 Pilotage scientifique et technique du programme

Le pilotage scientifique et technique de MIGRATLANE est réalisé par le lot 1 du programme (France Energies Marines et le MNHN, en partenariat avec le GISOM). L'objectif de cette tâche est d'assurer le pilotage et la coordination des questions scientifiques et techniques du programme afin de s'assurer de l'atteinte des objectifs, et de faciliter les échanges entre les partenaires et experts. Il s'agit également de s'assurer de la qualité et de l'homogénéité des livrables scientifiques et techniques, et de coordonner les échanges d'ordre scientifique et technique du programme, tout au long de sa réalisation.

Les différents objectifs du lot 1 sur la coordination scientifique et technique du programme sont donc de :

- Assurer le suivi et la qualité d'avancement du programme selon le calendrier prévu grâce à la coordination entre les lots et la communication avec et entre les différents mandataires et partenaires ;
- Organiser des échanges constructifs entre les partenaires pour optimiser et adapter au besoin les plans d'échantillonnage des lots, dans un souci de cohérence générale ;
- Veiller à la bonne atteinte des objectifs scientifiques et techniques du programme ;
- Assurer le traitement des points durs, participer à chercher des solutions aux difficultés rencontrées par les mandataires des lots.

Le suivi de cette coordination scientifique est assuré par un comité de suivi, composé de représentants des conseils scientifiques éoliens de chaque façade concernée, ou du conseil scientifique de l'Observatoire national de l'éolien en mer.

Le titulaire du lot 1 a pour rôle de présenter les résultats et l'avancement du programme aux membres de ce comité scientifique au minimum une fois par année d'acquisition de données.

Le lot 1 a également pour rôle d'effectuer le rapportage scientifique des techniques utilisées et des résultats obtenus au cours du programme, notamment à travers ces différents livrables :

- **Rapport de lancement**, à l'issue de la période préparatoire (suite à la rédaction des synthèses bibliographiques par lots 2 à 5, et suite à la préparation des premières campagnes) (livrable L1.3 ; présent livrable) ;
- **Posters des méthodes/technologies employées** (un par méthode) et d'un **poster de synthèse** présentant le programme (en français et en anglais) (livrable L1.5) ;
- **Rapport intermédiaire d'avancement du programme** MIGRATLANE et diaporama de présentation au comité scientifique, à l'issue des première et deuxième années d'acquisition des données (livrables L1.6 et L1.7) ;
- **Rapport final d'avancement du programme** et diaporama de présentation au comité scientifique, à l'issue de la troisième année d'acquisition des données (livrable L1.8) ;
- **Participation à une réunion de restitution des résultats du programme** auprès des acteurs intéressés et diaporama de présentation des résultats (livrable L1.9) ;
- **Valorisation scientifique des résultats du programme MIGRATLANE** à travers la programmation d'un **colloque international** (livrable L1.10) ;
- **Posters scientifiques** (en français et en anglais) présentant les moyens déployés et les résultats du programme (livrable L1.12).

Durant toute la durée du programme, et notamment lors de la première année du programme, les coordinateurs scientifiques du lot 1 veillent à la bonne préparation et mise en place technique des différents protocoles. Ils aident à débloquer certaines difficultés techniques et/ou administratives rencontrées par les titulaires des lots 2 à 5. Pour cela, ils échangent régulièrement et directement avec les responsables de ces lots lors des réunions d'avancement du consortium (cf. section 1.3). Ces réunions permettent de croiser les regards et avis scientifiques sur les plans d'échantillonnages prévus avant chacune des campagnes et de remonter les difficultés techniques à l'ensemble des partenaires afin de s'assurer d'une prise en compte réciproque dans chacun des lots.

Enfin, la coordination scientifique du lot 1 peut proposer des solutions pour mettre en place ou suivre les démarches permettant une bonne réalisation de tâches des différents lots.

1.5 Dissémination des connaissances

Des actions de communication et de diffusion sont prévues tout au long du programme MIGRATLANE, afin de disséminer les connaissances acquises, et d'informer sur les objectifs du programme. Différents types de publics seront visés, en fonction des livrables ou outils de communication : les citoyens « grand public » y compris le jeune public, les acteurs institutionnels, industriels et associatifs ainsi que la communauté scientifique.

Les objectifs du lot 1 sont ici de :

- Assurer une bonne communication externe et une diffusion efficace des résultats en coordonnant les actions de communication et de diffusion des résultats ;
- Proposer du contenu de communication adapté aux différents publics ciblés (acteurs institutionnels, associatifs et industriels, communauté scientifique et grand public) ;
- Veiller à la qualité, à la validité et modalités des communications externes sur les réseaux sociaux ;
- Interagir avec le pilote et/ou les chargés de communication de l'OFB.

• **Outils de communication déjà mis en place**

Des outils de communication ont été réalisés par le lot 1 au cours des premiers mois du programme, et ont été mis à disposition du consortium afin de communiquer sur MIGRATLANE.

○ Page web sur le site web de France Energies Marines

Une page web présentant le programme MIGRATLANE, les partenaires impliqués et les financements du programme, a été créée et mise en place sur le site web de France Energies Marines :

https://www.france-energies-marines.org/projets/migratlane/

○ Logo du programme

Un logo propre au programme MIGRATLANE a été créé afin de l'utiliser sur l'ensemble des supports de communication du programme. Les deux versions du logo sont présentées en Figure 2.

Figure 2 : les deux versions des logos créés pour communiquer sur le programme MIGRATLANE.

○ Fiche projet

Une fiche projet a été créée au cours des premiers mois du projet, afin d'être utilisée comme outil de communication du programme par l'ensemble du consortium (cf. Figure 3) .

Cette fiche projet est mise à disposition depuis la page web du programme sur le site web de France Energies Marines, et peut être téléchargée depuis ce lien : https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/07/230607-fiche-projet-MIGRATLANE-FR.pdf.

○ Autres supports de communication

Comme détaillé précédemment (cf. section 1.3), différents documents modèles (*e.g*. modèles de rapports, modèles de présentation) ont été mis à disposition du consortium de MIGRATLANE, et serviront à garder une homogénéité de forme entre tous les livrables et divers supports de communication.

Figure 3 : Fiche projet créée pour le programme MIGRATLANE. Cette fiche est disponible ici.

• **<u>Outils de communication complémentaires</u>**

○ <u>Teaser vidéo de présentation du programme et film de présentation du programme et de ses résultats</u>

La réalisation d'un teaser vidéo de présentation du programme (vers le début du programme) et d'un film de présentation du programme et de ses résultats (à la fin du programme) sont deux objectifs de communication du programme MIGRATLANE. Le lot 1 a alors eu la charge de réaliser un cahier des charges pour la communication sur le programme MIGRATLANE à travers un teaser vidéo (livrable L1.4 et L1.11 ; livrables en cours de modifications par le lot 1).

L'objectif de ces deux outils de communication sera ainsi de présenter les objectifs du programme, les messages clés, les résultats essentiels, et une information scientifique générale, accessible au grand public. L'objectif serait alors que ces réalisations soient dynamiques, pédagogiques et esthétiques, pour valoriser les points clés du programme.

La rédaction de ces cahiers des charges vise alors à lancer un appel d'offre pour trouver un prestataire.

○ <u>Site web dédié</u>

La création d'un site web mutualisé entre les deux programmes MIGRATLANE et MIGRALION est actuellement en projet, et permettrait de mieux communiquer autour des deux programmes. Ce projet n'était pas prévu initialement dans le cadre de MIGRATLANE, et reste donc à confirmer. Il ferait office d'une prestation complémentaire. Un tel site web permettrait de présenter les deux programmes (contexte du projet, objectifs généraux, objectifs de chacun des lots, technologies employées), les partenaires impliqués dans chacun de ces programmes (*e.g.* OFB, titulaires/cotraitant/sous-traitants des

lots, Observatoire national de l'éolien en mer), et de partager des éléments de communication divers (*e.g*. fiche projet, posters, potentiels communiqués de presse, actualités diverses), les livrables validés (*e.g*. rapports, posters), et les potentielles productions complémentaires du consortium (*e.g*. articles scientifiques, présentations/posters en conférences internationales).

Mise à jour au 05/12/2023 : après concertation du COPIL de l'Observatoire national de l'éolien en mer, des coordinateurs OFB des différents lots de MIGRATLANE, du CEREMA (chargé de la mise à jour et de l'hébergement du site www.eoliennesenmer.fr et de la DGEC), des pages web dédiées aux projets MIGRALION et MIGRATLANE seront hébergées sur le site internet www.eoliennesenmer.fr. La création du contenu sera réalisé par l'OFB. L'intégration sur le site internet sera réalisé par le CEREMA. Ces pages web auront vocation à présenter les projets MIGRALION et MIGRATLANE (contexte, objectifs, méthodes), et permettront la mise à disposition des différents livrables prévus dans les différents lots.

- Communications complémentaires possibles, en fonction des opportunités

Des communications complémentaires seront potentiellement accompagnées par le lot 1. Celles-ci pourront être :

- **Accompagner l'OFB pour la publication de communiqués de presse** ciblant les médias locaux et spécialisés, préparés en amont avec l'OFB (*e.g*. lancement du programme, lancement des premières campagnes d'acquisition de données, atelier de restitution des résultats, colloque scientifique).
- **Participation à des festivals, animations, ateliers sur les thématiques de l'environnement** *via* l'utilisation des posters et/ou des diaporamas et du teaser/film. Certains déploiements d'instruments étant prévus en Europe du Nord (en particulier pour le lot 2), ces actions de communication pourraient avoir lieu à l'étranger.

• **Mise en œuvre de la dissémination des connaissances**

La dissémination des connaissances acquises dans le cadre de MIGRATLANE est notamment mise en place par la rédaction et la communication autour des différents livrables prévus pour ce lot, qui sont présentés en section 1.3. Cela inclut la réalisation de rapports intermédiaires ou finaux de l'avancement du programme, la réalisation de posters des méthodes/technologiques, de posters scientifiques, la participation à une réunion de restitution des résultats du programme, et la valorisation scientifique des résultats du programme en colloque international.

Cette dissémination des connaissances permettra ainsi de faire connaître le programme à tous les publics ciblés, et de favoriser la valorisation des résultats issus du programme.

1.6 Calendrier du lot 1

Le calendrier prévisionnel propre au lot 1 « Coordination, rapportage et dissémination des résultats du programme » est présenté en Figure 4.

LOT 1 - Coordination et dissémination	2023												2024											
	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc
Tâches	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1.1 Coordination administrative et financière	KOM					C.					C.r		C.			C.r			C.				C.r		
1.2 Pilotage scientifique et technique	1.2					1.2				1.3			1.4			1.5			1.6					
1.3 Dissemination				logo	4			web								5								
Rapportage										3									6					

LOT 1 - Coordination et dissémination	2025												2026												2027			
	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr
Tâches	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
1.1 Coordination administrative et financière	C.		C.r			C.				C.r				C.				C.									Res	Clotûre
1.2 Pilotage scientifique et technique							1.7												1.8			L1.9			L1.10			L1.11 et 12
1.3 Dissemination																												L1.12
Rapportage							7												8									

Figure 4 : Calendrier prévisionnel du lot 1 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (cf. numéros L1.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. **C.** : réunion du Comité de Pilotage élargi. **C.r** : réunion du Comité de Pilotage restreint. **Res** : réunion de restitution. Les numéros indiqués correspondent aux numéros des livrables.

Lot 2 Télémétrie sur les migrateurs terrestres et oiseaux marins

2.1 Consortium du lot 2

La structure titulaire du lot 2 « Télémétrie sur les migrateurs terrestres et oiseaux marins » du programme MIGRATLANE est le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN). Le travail du lot 2 est réalisé par le MNHN avec trois structures cotraitantes : le Groupe d'Intérêt Scientifique sur les Oiseaux Marins (GISOM), La Rochelle Université (pour l'UMR 7266 LIENSs CNRS/LRUniv), et le CNRS Occitanie (pour l'UMR 5175 CEFE).

Les personnes en charge du pilotage du lot 2 MIGRATLANE au lancement du projet sont : Frédéric Jiguet (MNHN) (frederic.jiguet@mnhn.fr) et Sophie De Grissac (MNHN) (sophie.degrissac@mnhn.fr) respectivement responsable et coordinatrice de ce lot.

2.2 Rappel des objectifs

Le suivi télémétrique d'oiseaux marins et d'oiseaux terrestres migrateurs consiste à équiper des individus de balises GPS ou de photomètres-géolocalisateurs (GLS) associés à différents capteurs (pression, température, accéléromètre et magnétomètre). Ces technologies permettent de visualiser en direct ou en différé les trajets des oiseaux, et ont pour objectif d'améliorer les connaissances sur la répartition spatio-temporelle des espèces et leur comportement à plus ou moins fine échelle (selon les instruments). Les instruments embarqués permettent également d'inférer les altitudes de vol.

Pour les espèces marines, il s'agit d'évaluer les zones utilisées en mer (alimentation, repos), aussi bien en période de reproduction qu'en période de dispersion hivernale, et d'évaluer leurs altitudes de vol. Pour les espèces terrestres, il s'agit d'évaluer les voies de passage et les altitudes de vol lors des trajets migratoires.

La télémétrie est un suivi individuel parfois difficile à généraliser à une espèce. Néanmoins avec un nombre d'individus suivis suffisant, sur un site ou une région donnée, il est possible d'extrapoler la distribution spatiale et les comportements de recherche alimentaire ou de migration à l'échelle des populations locales.

Le lot 2 du programme MIGRATLANE a pour objectif d'acquérir de nouvelles connaissances sur les déplacements et comportements des oiseaux susceptibles de fréquenter ou traverser les espaces maritimes, le long du littoral Atlantique Nord-Est, de la côte jusqu'à l'isobathe d'environ 100 m (*i.e*. sur le secteur où des futures installations d'éoliennes en mer sont prévues, envisagées ou possibles). Pour les espèces marines, l'objectif est d'évaluer les zones utilisées en mer (zones d'alimentation et zones de repos), aussi bien en période de reproduction qu'en dispersion hivernale, ainsi que leurs altitudes de vol et leurs vitesses de vol en mer. Pour les espèces terrestres, l'objectif est de déterminer les voies de passage, les altitudes de vol et les vitesses de vol, de ces espèces lors de leurs trajets migratoires sur l'aire d'étude. Les possibles variations interindividuelles, interannuelles, saisonnières et nycthémérales de ces comportements/localisations en mer seront également étudiées.

Il est ainsi prévu de déployer des balises de géolocalisation sur une diversité d'espèces représentative des différents types d'oiseaux connus pour fréquenter l'arc Atlantique-Manche.

Le nombre d'individus capturés et équipés par espèce doit aussi être suffisant pour que les données puissent être représentatives, localement, du comportement de l'espèce (*e.g*. Lindberg et Walker 2007). Tous les individus d'une même espèce ne migreront pas forcément au-dessus de la mer (certains suivront les côtes) ; il est ainsi prévu d'équiper un nombre suffisant d'individus pour détecter des trajectoires maritimes : 20 individus minimum par espèce. Les suivis de chaque espèce seront autant que possible répartis sur deux années différentes et sur plusieurs sites, le long du littoral Manche-mer du Nord et Atlantique, afin d'avoir des informations homogènes/répliquées.

Les données recueillies seront analysées par un.e postdoctorant.e (recrutement prévu en septembre 2022) en vue d'estimer la répartition spatiale et la hauteur de vol des différentes espèces suivies. Les analyses seront menées à l'échelle de l'espèce, et les résultats serviront ensuite de base pour la réalisation des travaux de modélisation spatiale prévus dans le cadre du lot 6 (analyse combinée/intégrée, cf. section Lot 6).

Le choix des espèces suivies par télémétrie est un élément crucial du plan d'échantillonnage du lot 2 de MIGRATLANE. En effet, les espèces choisies doivent constituer un sous-échantillon le plus représentatif possible des espèces et populations types d'oiseaux marins et d'oiseaux migrateurs terrestres qui fréquentent l'arc Atlantique-Manche en France, que ce soit dans leur diversité de comportements, de distribution spatiale, ou de schémas de migration. Ces choix ont été présentés dans le mémoire technique initial retenu pour le marché MIGRATLANE, qui a été fait par les candidats ornithologues experts. Ces choix ont été affinés à la lumière des connaissances déjà acquises, grâce à un travail de synthèse bibliographique réalisé par les titulaires du lot 2 (cf. livrable L2.1). Ce travail d'inventaire a permis d'affiner la liste des espèces cibles, les choix technologiques ainsi que le plan d'échantillonnage spatial et temporel. Il sera également utile pour l'analyse des données du lot 2 puis pour l'analyse des données combinées du lot 6.

L'état de l'art réalisé par le lot 2 (cf. livrable L2.1) apporte une vision globale des connaissances existantes et des données télémétriques historiques acquises sur les espèces d'intérêt, le long des façades maritimes françaises de la mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique. Il se structure sous la forme d'un inventaire de ces espèces clés (classés en « oiseaux marins ou aquatiques » et « oiseaux terrestres migrateurs »), en rappelant leur phénologie, les principales informations biologiques et leur statut de conservation, et en présentant les données télémétriques géoréférencées existantes (*e.g*. localisations GPS, GLS) sous forme de cartes (issues de la littérature ou générées sur Movebank par exemple).

Une synthèse de cet état de l'art a été réalisée (section 2.3) afin d'extraire les informations essentielles à l'élaboration des choix de protocole et l'établissement du plan d'échantillonnage (sections 2.4 et 2.5). L'ensemble des informations sont donc issue du rapport de synthèse bibliographique (livrable MIGRATLANE L2.1 ; De Grissac Sophie et Jiguet 2023) et de la base de données existantes associée (livrable L2.2).

2.3 Synthèse des données existantes

Les données existantes de suivis télémétriques de l'avifaune, acquises au niveau de l'arc Manche-Atlantique français, ont été recensées dans la littérature blanche (articles scientifiques) et dans la littérature grises (*e.g*. rapports, atlas, bases de données en ligne). Dans ce second cas, les données ont été essentiellement recensées dans ces types de sources :

- Atlas des oiseaux migrateurs de France (Dupuy et Sallé 2022).
- Site web et données INPN : https://inpn.mnhn.fr
- Movebank : https://www.movebank.org
- SeaTrack : https://seapop.no/en/seatrack/
- Seabird Tracking Database (Birdlife International) : https://data.seabirdtracking.org/
- Inventaire des données mené par l'UAR Patrinat (OFB-MNHN-CNRS-IRD) pour le compte de la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB), collectées pour un travail d'évaluation de la suffisance du réseau Natura 2000 pour les oiseaux marins.

Une part conséquente des données recensées ont été acquises par l'équipement d'individus depuis d'autres pays européens (Europe du Nord, centrale et de l'Est) mais qui ont fréquenté l'aire d'étude (*i.e*. la frange littorale française mer du Nord – Manche – Atlantique, de la côte jusqu'à l'isobathe 100 m environ).

Similairement aux états de l'art des lots 3, 4 et 5, celui réalisé pour le lot 2 repose sur un état des connaissances au début de MIGRATLANE, mais est voué à être mis à jour tout au long du programme sur la base des futures nouvelles données qui seront acquises et/ou présentées dans de nouveaux articles scientifiques.

L'état de l'art réalisé par le lot 2 repose sur les espèces pour lesquelles des données existent et dont la fréquentation sur l'aire d'étude MIGRATLANE a été confirmée par ces données. Deux grands groupes d'oiseaux ont été retenus dans cette synthèse :

1) les oiseaux marins ou aquatiques utilisant ou stationnant sur l'aire d'étude, c'est-à-dire les espèces qui utilisent le milieu marin pour s'alimenter ou se reposer en reproduction, en hivernage et/ou en migration, et les espèces terrestres ou dulcicoles qui utilisent ponctuellement le milieu marin durant leur période d'hivernage (cf. catégorie de la directive « oiseaux » ; Comolet-Tirman et al. 2007).

2) les oiseaux terrestres migrateurs de passage sur l'aire d'étude, c'est-à-dire les espèces qui n'utilisent pas le milieu marin pour s'alimenter, mais qui y passent en vol en transit (durant leur migration).

Le travail de recensement des données télémétriques existantes sur l'arc Manche-Atlantique français effectué par le lot 5 est ici synthétisé sous forme de tableaux (un par groupe d'oiseaux retenus) afin de mettre en évidence les connaissances déjà acquises et les lacunes existantes.

2.3.1 Oiseaux marins ou aquatiques (synthèse des données télémétriques existantes)

La liste d'espèces d'oiseaux qui utilisent le milieu marin sur l'aire d'étude de MIGRATLANE (façades Manche-mer du Nord et Atlantique françaises) a été établie par le lot 2 sur la base de la directive « oiseaux » (Tableau 1). Cette liste inclut un total de 54 espèces d'oiseaux qui fréquentent et utilisent le milieu marin (oiseaux marins ou oiseaux aquatiques), en écartant les espèces très rares ou non pertinentes sur l'aire d'étude.

Un total de 58 études intégrant des données télémétriques de ces espèces sur l'arc Manche-Atlantique français ont été recensées. Certaines de ces études ont été réalisées sur des espèces en France, alors que d'autres ont été réalisées depuis des pays étrangers (essentiellement européens), mais pour lesquelles au moins un individu suivi est passé sur l'aire d'étude.

Le travail de recensement des données existantes a permis de constater que sur ces 54 espèces, seules 19 ont déjà fait l'objet de suivis télémétriques ayant permis d'acquérir des localisations en mer au sein de l'aire d'étude. Parmi les espèces d'oiseaux aquatiques possiblement présentes en mer sur l'aire d'étude (N = 18), seules trois espèces ont déjà été suivies sur ce secteur, mais essentiellement depuis d'autres pays européens et dans des effectifs individuels restreints. Les connaissances associées sont donc très limitées sur ce secteur, avec les outils de suivis télémétriques exclusivement. Parmi les espèces d'oiseaux marins fréquentant l'aire d'étude (N = 36), 17 d'entre elles ont fait l'objet de suivis télémétriques permettant d'acquérir des données sur ce secteur.

Tableau 1 : Espèces d'oiseaux considérées comme marines dans la directive « oiseaux », pour lesquelles une présence en mer est avérée en France le long des façades Atlantique et Manche-mer du Nord, et récapitulatif des données télémétriques existantes recensées par le lot 2 sur l'aire d'étude MIGRATLANE. Voir les légendes de phénologie et de tendances populationnelles en dernière page du tableau. Présence de données existantes: 0 : pas de données, 1 : peu de données / données uniquement récoltées à l'étranger, 2 : données existantes directement récoltées sur l'aire d'étude, 3 : beaucoup de données sur l'aire d'étude. Tableau adapté de Poupart et de Bettignies 2022 et du livrable L2.1.

Type	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence en mer par façade			Statut IUCN		Tendance nationale à court terme	Données télémétriques en France ATL-NE					
			Atlantique	Manche	Mer du Nord	Europe	France		Présence de données	Nombre d'études	Référence de l'étude	Années de suivi	Pays de capture/ équipement	Nombre d'individus
Oiseaux aquatiques	Bernache cravant à ventre sombre	*Branta bernicla bernicla*				LC	LC	→	1	1	1	2012-2013	Pays-Bas	1
	Bernache cravant à ventre pâle	*Branta bernicla hrota*				LC	LC	↗	0					
	Tadorne de Belon	*Tadorna tadorna*				LC	LC	?	0					
	Fuligule milouinan	*Aythya marila*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	NT	↘	0					
	Eider à duvet	*Somateria mollissima*				EN	CR	↗↘↗	0					
	Harelde boréale	*Clangula hyemalis*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	na	?	0					
	Macreuse noire	*Melanitta nigra*				LC	LC	inc.	2	1	2	2011-2012	France - Manche O.	NI
	Macreuse brune	*Melanitta fusca*				VU	EN	inc.	0					
	Garrot à œil d'or	*Bucephala clangula*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	na	↘	0					
	Harle huppé	*Mergus serrator*				NT	CR	↘	0					
	Phalarope à bec large	*Phalaropus fulicarius*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	na	ne.	0					
	Plongeon catmarin	*Gavia stellata*				LC	na	↗↘↗	1	1	3	2013-2017	Danemark, Lituanie	3 dans la zone d'étude (sur 79 suivis)
	Plongeon arctique	*Gavia arctica*				LC	na	inc.	0					
	Plongeon imbrin	*Gavia immer*				LC	VU	?	0					
	Grèbe huppé	*Podiceps cristatus*				LC	LC	?	0					
	Grèbe jougris	*Podiceps grisegena*				VU	CR	↗↘↗	0					
	Grèbe esclavon	*Podiceps auritus*				VU	VU	→	0					
	Grèbe à cou noir	*Podiceps nigricollis*				VU	LC	↘	0					
Oiseaux marins	Fulmar boréal	*Fulmarus glacialis*				VU	NT	→	1	3	39–41	2006-2019	Arctique, Europe du Nord (e.g. Écosse, Irlande)	> 100 (quelques individus sur les côtes françaises)
	Puffin de Scopoli	*Calonectris diomedea*		*rare*	*rare*	LC	VU	→	2					

Type	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence en mer par façade			Statut IUCN		Tendance nationale à court terme	Données télémétriques en France ATL-NE					
			Atlantique	Manche	Mer du Nord	Europe	France		Présence de données	Nombre d'études	Référence de l'étude	Années de suivi	Pays de capture/ équipement	Nombre d'individus
Oiseaux marins	Puffin cendré	*Calonectris borealis*		*rare*	*rare*	LC	-	?	0					
	Puffin majeur	*Puffinus gravis*		*rare*	*rare*	LC	na	ne.	0					
	Puffin fuligineux	*Puffinus griseus*	*rare*			NT	na	ne.	0					
	Puffin des Anglais	*Puffinus puffinus*				LC	EN	↗	1	4	42–45	2008-2017 & NC	Royaume-Uni	> 100 (quelques individus ponctuellement sur les côtes françaises)
	Puffin des Baléares	*Puffinus mauretanicus*		*rare*	*rare*	CR	VU	?	2	4	46–49	2012-2013, 2022-2023 & 2010-2011	France - Atlantique & autres pays	6, 30 & NI
	Océanite tempête	*Hydrobates pelagicus pelagicus*				LC	VU	↗	2	1	38	2020-2021	France - Atlantique	NI
	Océanite cul-blanc	*Oceanodroma leucorhoa*		*rare?*	*rare?*	NT	na	?	0					
	Fou de Bassan	*Morus bassanus*				LC	NT	→	3	8	50–57	2005-2025	France - Manche & Royaume-Uni	> 20
	Labbe pomarin	*Stercorarius pomarinus*				LC	na	ne.	0					
	Labbe parasite	*Stercorarius parasitus*				EN	na	ne.	0					
	Labbe à longue queue	*Stercorarius longicaudus*				LC	VU	ne.	0					
	Grand labbe	*Catharacta skua*				LC	na	ne.	1	2	24, 25	2008-2009 & 2014-2017	Islande, Norvège	> 20
	Mouette mélanocéphale	*Ichthyaetus melanocephalus*				LC	LC	↗	1	1	6	2016-2017	Italie (SO.)	1 sur l'aire d'étude (sur 34 suivis)
	Mouette pygmée	*Hydrocoloeus minutus*				LC	na	?	0					
	Mouette de Sabine	*Xema sabini*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	na	ne.	0					
	Mouette rieuse	*Chroicocephalus ridibundus*				LC	NT	?	0					
	Goéland cendré	*Larus canus*				LC	EN	↗↘↗	0					

Type	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence en mer par façade			Statut IUCN		Tendance nationale à court terme	Données télémétriques en France ATL-NE					
			Atlantique	Manche	Mer du Nord	Europe	France		Présence de données	Nombre d'études	Référence de l'étude	Années de suivi	Pays de capture/ équipement	Nombre d'individus
Oiseaux marins	Goéland brun	*Larus fuscus*				LC	LC	?	3	13	7–13, 16–21	2010-2023	France, Belgique, Pays-Bas, Royaume-Uni	> 20
	Goéland argenté	*Larus argentatus*				LC	NT	↘	2	9	7–15	2013-2023	France - Manche & Atlantique Belgique	> 20
	Goéland leucophée	*Larus michahellis*				LC	LC	↘	1	1	22	2021-2023	France - Médit.	NI
	Goéland marin	*Larus marinus*				LC	LC	↗	2	7	7–13	2013-2022	France - Atlantique	> 20
	Mouette tridactyle	*Rissa tridactyla*				VU	VU	→	2	2	4, 5	2014 & 2008-2009	France - Manche E. & Norvège/Écosse	NI
	Sterne caugek	*Thalasseus sandvicensis*				LC	NT	↗	0					
	Sterne de Dougall	*Sterna dougallii*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	CR	↘	0					
	Sterne pierregarin	*Sterna hirundo*				LC	LC	↗	1	1	23	2016-2019	Allemagne - mer du N.	NI
	Sterne arctique	*Sterna paradisaea*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	CR	?	0					
	Sterne naine	*Sternula albifrons*				LC	LC	↗	0					
	Guifette noire	*Chlidonias niger*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	EN	↘	0					
	Guillemot de Troïl	*Uria aalge*				LC	EN	↗	1	3	26–28	2014-2025	France - Manche O. Royaume-Uni	env. 20
	Pingouin torda	*Alca torda*				LC	CR	↗	1	4	29–32	2015-2025 & 2007-2015	France - Manche O. Royaume-Uni (Écosse)	3 & NI
	Mergule nain	*Alle alle*	*rare*	*rare*	*rare*	LC	na	ne.	0					
	Macareux moine	*Fratercula arctica*				EN	CR	↗	1	5	33–37	2007-2021	Europe du Nord (e.g. Irlande, Écosse, îles Féroés)	NI
	Grand cormoran	*Phalacrocorax carbo carbo*				LC	LC	↘	0					

Type	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Présence en mer par façade			Statut IUCN		Tendance nationale à court terme	Données télémétriques en France ATL-NE					
			Atlantique	Manche	Mer du Nord	Europe	France		Présence de données	Nombre d'études	Référence de l'étude	Années de suivi	Pays de capture/ équipement	Nombre d'individus
Oiseaux marins	Cormoran huppé	*Phalacrocorax aristotelis aristotelis*				LC	LC	↗	2	1	58	2018	France - Manche	14

Phénologie :

- Reproduction en France
- Migration active
- Hivernage
- Populations sédentaires (au moins en partie)
- *rare* Présence rare

Tendance population:

- ↗ : augmentation
- → : stable
- ↘ : diminution
- ↗↘↗ : fluctuation
- inc. : incertaine
- ? : inconnue
- ne. : non évaluée

Numéro de « Référence de l'étude » : voir les références en Annexe 1.

Toutes les études recensées n'ont pas permis d'acquérir la même richesse de données télémétriques sur les 33 espèces sur le secteur d'étude (cf. références de ces études indiquées dans les cases bleues en Tableau 1). En effet, 11 de ces espèces ont été exclusivement suivies à partir d'autres pays européens, depuis lesquels seule une partie des individus suivis par télémétrie sont passés ponctuellement au niveau de l'arc Atlantique-Manche français. Dans ce type de cas, les données associées seront donc généralement insuffisantes pour être analysées et permettre ainsi d'établir des conclusions sur la fréquentation de l'espèce en France. C'est le cas par exemple du fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*) dont les suivis télémétriques recensés ont été réalisés depuis le Nord de l'Europe (voire en Arctique), et non en France.

D'autres espèces d'oiseaux telles que le goéland marin (*Larus marinus*), le goéland argenté (*Larus argentatus*) ou le fou de Bassan (*Morus bassanus*) ont fait l'objet de plusieurs suivis télémétriques depuis plusieurs années, dont de nombreux réalisés au cœur de l'aire d'étude, en France. Les données existantes de suivis télémétriques individuels apparaissent donc plus nombreuses pour ces espèces que pour d'autres, ce qui permet d'avoir des bonnes connaissances *a priori* sur leurs déplacements en mer. Ces connaissances déjà acquises peuvent néanmoins parfois reposer sur certains sites précis (certaines façades), sur des suivis réalisés à certaines périodes, et l'acquisition de nouvelles données pourrait alors s'avérer nécessaire.

L'ensemble des études de suivis télémétriques recensées par le lot 2 sont présentées dans les livrables L2.1 et L2.2 (ce second sera mis à jour tout au long du programme), ainsi qu'en Annexe 1, et leur numérotation permet de faire le lien avec la synthèse en Tableau 1.

2.3.2 Oiseaux terrestres migrateurs (synthèse des données télémétriques existantes)

La liste d'espèces d'oiseaux terrestres susceptibles de traverser l'aire d'étude de MIGRATLANE, en période de migration, pourrait être très importante puisqu'elle intègrerait la majorité des espèces migratrices de France. De plus, de nombreuses espèces (telles que les passereaux) s'avèrent être de trop petite taille, et donc trop légères pour avoir été équipées d'outils de suivi télémétrique jusque-là. Dans ce contexte, le lot 2 a ici concentré le travail bibliographique sur les études ayant présenté des données de suivis télémétriques d'oiseaux terrestres acquises sur l'arc Manche-Atlantique français (Tableau 2). À l'inverse des oiseaux marins/aquatiques (où toutes les espèces fréquentant l'aire d'étude sont présentées), seules les espèces d'oiseaux terrestres pour lesquelles des données ont déjà été acquises sont ici présentées.

Au total, 72 études de suivi télémétriques incluant des données sur l'aire d'étude MIGRATLANE, acquises sur 25 espèces d'oiseaux terrestres migrateurs, ont été recensées. Parmi ces 25 espèces, seules 13 ont fait l'objet de suivis depuis la France, alors que les 12 autres ont été exclusivement suivies depuis d'autres pays (essentiellement européens) – dans ce second cas, seuls quelques individus sont ponctuellement passés en mer sur l'aire d'étude. Certaines espèces telles que la tourterelle des bois (*Streptopelia turtur*) ou la barge à queue noire (*Limosa limosa*) ont fait l'objet d'un nombre de suivis conséquents (N = 9 et 15 respectivement), apportant ainsi des connaissances *a priori*.

Similairement au Tableau 1, les références bibliographiques associées au Tableau 2 sont présentées dans les livrables L2.1 et L2.2 (ce second sera mis à jour tout au long du programme), ainsi qu'en Annexe 1.

D'autres espèces d'oiseaux terrestres, non mentionnées ci-dessous, ont pu faire l'objet de suivis télémétriques en France (ou ailleurs en Europe), mais les résultats obtenus sont soit peu précis et/ou peu nombreux (*e.g*. utilisation de données GLS) pour affirmer un passage en mer, soit obtenus depuis les régions françaises plus continentales (*e.g*. Est de la France) et non sur les régions plus marines (depuis lesquelles ces espèces sont plus susceptibles de se déplacer en mer en migration). Cela inclut par exemple le gobemouche noir (*Ficedula hypoleuca*), le traquet motteux (*Oenanthe oenanthe*), le rouge-queue à front blanc (*Phoenicurus phoenicurus*), la bécassine des marais (Gallinago gallinago), le chevalier Guignette (*Actitis hypoleucos*) et le chevalier aboyeur (*Tringa nebularia*). Les espèces de rapaces ont quant à elles tendances à éviter les vols au-dessus de grandes étendues d'eau. Cependant, certains individus d'espèces telles que le busard cendré (*Circus pygargus*) ont effectué des traversées ponctuelles en mer (au-dessus du golfe de Gascogne pour cette espèce ; *e.g*. Spanoghe et al. 2022).

Tableau 2 : Espèces d'oiseaux terrestres migratrices pour lesquelles des données de suivis télémétriques acquises sur l'aire d'étude MIGRATLANE ont été identifiées (qu'elles soient acquises depuis la France ou d'autres pays). Voir les légendes de tendances populationnelles en dernière page du tableau. Tableau construit sur la base des informations issues du livrable L2.1, et suivant la forme du Tableau 1.

Type	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut IUCN		Tendance nationale à court terme	Nombre d'études	Référence de l'étude	Années de suivi	Pays de capture/équipement	Nombre d'individus
			Europe	France						
Oiseaux terrestres migrateurs	Oie cendrée	*Anser anser*	LC	LC	→	1	59	2017-2019	Suède	2 dans la zone d'étude (sur NI)
	Canard siffleur	*Mareca penelope*	LC	LC	↗↘↗	1	60	2020-2023	France - Atlantique	NI
	Canard pilet	*Anas acuta*	VU	LC	→	1	61	2018-2023	Portugal	NI
	Sarcelle d'hiver	*Anas crecca*	LC	LC	↗	4	62–65	2018-2023	France - Atlantique, Portugal	NI
	Engoulevent d'Europe	*Caprimulgus europaeus*	LC	LC	?	2	66, 67	2008-2018	Royaume-Uni, Pays-Bas, Suède, Danemark	NI
	Martinet noir	*Apus apus*	NT	LC	?	1	68	2012-2013	Danemark, Allemagne	1 dans la zone d'études (sur nombreux individus)
	Outarde canepetière	*Tetrax tetrax*	VU	VU	↗	1	69	2003-2007	France - Atlantique	NI
	Coucou gris	*Cuculus canorus*	LC	LC	↘	2	70–71	2011-2023	France, Royaume-Uni	> 20 & NI
	Tourterelle des bois	*Streptopelia turtur*	VU	VU	↘	9	72–80	2009-2023	France, Royaume-Uni, autres pays européens	NI
	Oedicnème criard	*Burhinus oedicnemus*	LC	LC	?	1	81	2020-2023	France	NI
	Huitier pie	*Haematopus ostralegus*	VU	LC	?	2	82, 83	2018-2021	France - Atlantique	NI
	Avocette élégante	*Recurvirostra avosetta*	LC	LC	→	1	84	2021-2023	Pays-Bas, Allemagne	NI
	Pluvier argenté	*Pluvialis squatarola*	LC	LC	↗	3	85–87	2011-2020	France, Guinée-Bissau, Allemagne	1 & NI
	Grand gravelot	*Charadrius hiaticula*	VU	LC	→	2	88, 89	2014-2020	Islande, Canada	NI
	Courlis corlieu	*Numénius phaeopus*	LC	LC	↘	6	90–95	2012-2022	France, Islande	NI
	Courlis cendré	*Numenius arquata*	NT	VU	?	4	96–99	2015-2023	France, Belgique, Allemagne	NI
	Barge rousse	*Limosa lapponica*	LC	LC	↗	4	100–103	2011-2023	France, Mauritanie, Guinée-Bissau	NI
	Barge à queue noire	*Limosa limosa*	NT	VU	↗	15	104–119	2009-2023	France, Pays-Bas, divers autres pays européens	NI

Type	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Statut IUCN		Tendance nationale à court terme	Nombre d'études	Référence de l'étude	Années de suivi	Pays de capture/équipement	Nombre d'individus
			Europe	France						
	Bécasseau variable	*Calidris alpina*	LC	LC	↗	1	120	2013-2016	Sibérie (mer Baltique)	NI
	Spatule blanche	*Platalea leucorodia*	LC	VU	↗	1	121	2019-2023	Pays-Bas, Allemagne	61
	Héron pourpré	*Héron pourpré*	LC	LC	↘	1	122	2007	Pays-Bas	7
	Balbuzard pêcheur	*Pandion haliaetus*	LC	LC	?	5	123–127	1995-2015	Divers pays Europe du Nord	NI
	Hibou des marais	*Asio flammeus*	LC	LC	↗↘↗	1	128	2017-2019	Royaume-Uni (Écosse)	1 individu sur la zone d'étude
	Pie-grièche écorcheur	*Lanius collurio*	LC	LC	↗↘↗	1	129	2012-2013	Espagne	NI
	Bruant ortolan	*Emberiza hortulana*	LC	VU	↘	1	130	2013-2016	France	> 50

Tendance population:

↗ : augmentation
→ : stable
↘ : diminution
↗↘↗ : fluctuation
? : inconnue

Numéro de « Référence de l'étude » : voir les références en Annexe 1.

2.3.3 Identification des lacunes de connaissances

Ce travail bibliographique a permis au lot 2 du programme MIGRATLANE d'identifier les lacunes de connaissances existantes sur la présence en mer des oiseaux marins, des oiseaux terrestres aquatiques, et des petits oiseaux terrestres migrateurs, au niveau de l'arc Manche-Atlantique français. L'identification de ces lacunes vise ici à mieux compléter les connaissances sur les déplacements de l'avifaune, dans le cadre de MIGRATLANE et dans le contexte de développement de projets d'éoliennes en mer sur ce secteur.

- **Oiseaux marins et oiseaux terrestres aquatiques utilisant le milieu marin**

    - Suivis réalisés en France

Le recensement des données existantes a mis en avant de fortes lacunes de connaissances sur les déplacements en mer de la plupart des espèces oiseaux marins nicheurs au niveau des façades maritimes Atlantique et Manche-mer du Nord françaises, par rapport à d'autres pays d'Europe (*e.g*. Royaume-Uni où les connaissances sur ces espèces sont plus nombreuses). En France, seul le fou de Bassan semble faire exception, avec de bonnes connaissances issues de suivis depuis les Sept-Îles (Côtes d'Armor). De fortes disparités territoriales de suivi des déplacements en mer ont aussi été identifiées en France. C'est notamment le cas de la mouette tridactyle qui a été bien étudiée (par télémétrie) le long de la façade Manche, mais peu au niveau de la Bretagne, alors que cette région abrite des effectifs conséquents d'individus. Ceci peut être également noté sur les espèces de goélands, mais des études sont actuellement en cours ou sont prévues dans le cadre des suivis d'impact des projets d'éoliennes en mer, ce qui permettra de compenser une partie des lacunes.

Des données d'oiseaux terrestres aquatiques ont également pu être mises en évidence dans ce travail bibliographique (*e.g*. sur les limicoles), et informent sur les déplacements en mer de ces espèces. Cependant, la présence de lacunes sur certaines espèces et/ou sur certaines façades maritimes françaises a pu être mise en évidence.

    - Apport sur la connaissance des impacts potentiels avec les éoliennes en mer (comportement, collisions)

La connaissance des impacts possibles des éoliennes en mer sur les oiseaux marins/aquatiques repose essentiellement sur des suivis réalisés ailleurs qu'en France. Les données acquises par suivis télémétriques, telles que les hauteurs de vols des individus et la vitesse de déplacement, apparaissent critiques pour étudier le risque de collision avec des éoliennes en mer et les impacts sur le comportement (*e.g*. évitement d'un parc éolien) (cf. impacts potentiels résumés par Furness et al. 2013). Ces données comportementales associées aux déplacements peuvent alors servir, par exemple, à construire des modèles de collisions permettant de mesurer cet impact potentiel.

- **Oiseaux terrestres migrateurs (passereaux et autres espèces de petite taille)**

Le travail bibliographique du lot 2 a mis en évidence que les espèces de grande taille (oiseaux marins, rapaces, limicoles) ont été plus suivies par télémétrie que les espèces terrestres migratrices de plus petite taille (*e.g*. passereaux), ce qui peut amener à une représentation biaisée du phénomène de migration de l'avifaune dans son ensemble. Les trajectoires de déplacements en mer (et les hauteurs de vols) des petits passereaux apparaissent donc peu connues sur l'aire d'étude MIGRATLANE, bien que ces espèces pourraient représenter une part substantielle du flux migratoire (notamment en Manche).

La migration de ces espèces d'oiseaux étant essentiellement nocturne (Briedis et al. 2020; Dupuy et al. 2022), elle apparaît difficilement étudiable par les méthodes d'observations visuelles à la côte (cf. Lot 3) ou par suivis maritimes ou aériens de la mégafaune marine (cf. Lot 5). De plus, les outils de suivi tels que les suivis visuels et acoustiques (cf. Lot 3) et les suivis par radars (cf. Lot 4) ne permettent d'échantillonner que sur les premières centaines de mètres au-dessus du sol, alors que certaines espèces d'oiseaux terrestres peuvent migrer à des hauteurs plus importantes. L'utilisation d'outils de suivi télémétrique sur de telles espèces pourrait alors apporter des connaissances clés sur leurs déplacements en mer, et utiles à la compréhension des potentielles interactions avec les projets d'éoliennes en mer. La possibilité de leur déploiement

reste cependant dépendante des outils disponibles, les balises devant être suffisamment miniaturisées pour être déployées sur ces espèces de petite taille.

Les lacunes de connaissances sur les déplacements des petits oiseaux migrateurs terrestres (passereaux) en mer restent très importantes, notamment le long du littoral Atlantique – seules quelques études britanniques ont mis en évidence des traversées de la Manche. Sur l'aire d'étude, les lacunes de connaissances apparaissent d'autant plus importantes au niveau de la pointe Bretagne, alors que ce secteur pourrait être clé pour MIGRATLANE puisque ces espèces d'oiseaux pourraient traverser le golfe de Gascogne (l'un des secteurs privilégiés pour le développement des projets d'éoliennes en mer).

• **Autres données complémentaires (altitudes de vols, trajectoires 3D)**

Les études de suivi télémétriques de l'avifaune issues de la littérature scientifique présentent rarement des données d'altitude, soit parce que les capteurs nécessaires n'étaient pas intégrés aux balises, soit parce que ce type de données n'a pas été exploité. La majorité des connaissances actuelles portent donc sur des déplacements dans un espace en deux dimensions (cf. localisations GPS, GLS). L'intégration de données comportementales dans une troisième dimension, l'altitude de vol, apparaît alors recommandée pour mieux comprendre le comportement dans leur environnement aérien 3D, en travaillant par exemple sur la reconstruction des trajectoires 3D des individus.

L'utilisation d'outils de suivi intégrant de multiples capteurs (e.g. accéléromètres, baromètres) permettrait ainsi de mieux comprendre le comportement des oiseaux, en estimant leurs hauteurs de vols (*e.g*. Liechti et al. 2018).

2.3.4 Mise en perspectives pour MIGRATLANE

Le travail bibliographique de recensement des données existantes réalisé par le lot 2 (livrables L2.1 et L2.2) a permis d'établir un état de référence des suivis télémétriques apportant une information sur l'avifaune sur l'arc Manche-Atlantique français. Ce travail a alors permis d'identifier les éléments de connaissances à acquérir dans le cadre de MIGRATLANE, dans l'optique de compenser les lacunes. Les protocoles d'acquisition des données (section 2.4) et le plan d'échantillonnage du lot 2 de MIGRATLANE, proposés initialement dans le mémoire technique fourni lors de l'appel d'offre (section 2.5), ont ainsi pu être affinés.

2.4 Protocoles d'acquisition de données

2.4.1 Méthodes de capture

Les espèces d'oiseaux seront capturées sur des sites de reproduction, de halte migratoire ou d'hivernage en utilisant différentes techniques, adaptées aux espèces concernées et à la période. Les méthodes de captures qui pourront être utilisées, en fonction des espèces, sont :

- Les filets verticaux (ou *mistnets*) tendus entre des perches dans les zones de passage des oiseaux avec l'utilisation optionnelle de leurs acoustiques ou visuels. La maille et l'épaisseur des filets sont adaptées à la taille et au type d'oiseaux ciblés. Cette méthode sera la principale technique utilisée pour la capture des oiseaux terrestres et en particulier des passereaux et des rapaces.

- Le pièges tombants (matoles, *clapnet, wooshnet*), souvent appâtés, qui se déclenchent automatiquement ou manuellement lorsqu'un oiseau tente d'attraper l'appât.
- Les pièges ou cages dites *« walk-in traps »* dans lequel l'oiseau rentre de lui-même sans pouvoir retrouver la sortie facilement (*e.g*. nasse ou cage à fermeture déclenchée par l'oiseau).

- Les filets projetés par un fusil ou un canon à poudre ou air comprimé, qui permettent d'attraper un individu ou un groupe d'oiseaux selon la taille. Cette technique est utilisée en général pour des oiseaux de grande taille, à terre et possiblement en mer.
- Les collets ou nœuds-coulants (utilisés au sol autour d'un appât ou d'un nid, ou au bout d'une perche avec laquelle on vient capturer l'oiseau, par exemple sur son nid). Cette technique est souvent utilisée pour la capture des oiseaux marins.
- La capture au phare qui consiste, de nuit, à éblouir les individus ciblés avec une lumière forte puis à les attraper avec une épuisette au bout d'une perche plus ou moins longue. Cette technique peut s'effectuer à terre ou en mer depuis un bateau.
- À la main sur le nid pour certaines espèces d'oiseaux marins qui nichent en terrier (*e.g*. puffins).

Les individus capturés et équipés de balises seront munis d'une bague métallique MNHN Paris, et, pour certains, de bagues colorées ou codées permettant de les reconnaitre à distance et pour faciliter leur recapture si cela est pertinent – ce n'est pas le cas par exemple pour les alcidés et procellariiformes, qui n'auront pas de bague colorée ou codée, puisqu'ils ne peuvent être contrôlés qu'au nid ou sur la colonie.

2.4.2 Types de balises choisies pour le déploiement

Les types de balises qui seront déployés, tout comme leur mode d'attachement, dépendent des espèces étudiées, et principalement de leur taille/poids, de leur morphologie et de leurs comportements connus en mer. Deux grands types d'instruments sont utilisés : les GPS et les GLS (photomètres de géolocalisation). Toutes les balises intègrent un système de localisation plus ou moins précis selon l'instrument et, *a minima*, un altimètre ou un capteur de pression permettant d'estimer l'altitude de vol et donc une localisation tridimensionnelle.

- **GPS :** Sauf exception, les GPS sont équipés d'un système de transmission des données par le réseau GSM 4G ou 2G et transmettent donc les données enregistrées en direct tant qu'ils sont dans une zone de couverture du réseau GSM. Les plus grands GPS intègrent également des capteurs permettant l'acquisition de données comportementales (accéléromètre 3D, magnétomètre 3D, photomètre, thermomètre, baromètre). La présence de capteurs complémentaires (accéléromètres 3D et magnétomètres) permettra d'étudier le comportement des oiseaux (*e.g*. informations sur le type de vol, sur leur orientation, reconstitution des dépenses énergétiques de l'individu).

- **GLS :** Ces balises miniatures enregistrent la luminosité ce qui permet de reconstruire *a posteriori* une localisation approximative sur la base des données de lever/coucher du soleil, et donc de durée du jour. Ces instruments intègrent un capteur de pression et de température permettant d'estimer l'altitude de vol ainsi qu'un accéléromètre pour détecter l'activité (*e.g*. vol, repos). Les balises GLS ne transmettent pas les données qu'ils enregistrent et doivent être récupérées en recapturant les oiseaux équipés l'année suivante. Cette contrainte importante nécessite d'équiper des oiseaux sur leur site de reproduction en tablant sur leur fidélité interannuelle au site. La recapture des oiseaux est souvent difficile et chronophage, ce qui est pris en compte dans la mise en place du calendrier et du protocole d'échantillonnage du lot 2.

• **<u>Espèces de grande taille</u>**

Les espèces de grande taille, marines (puffins, fulmars, mouettes, alcidés) et terrestres (faucons pèlerins, hiboux des marais etc.), seront équipés de balises GPS OT (de 9 g pour les plus légères, jusqu'à 15 g pour les plus grosses) conçues par le constructeur Ornitela (constructeur lituanien). Ces balises incluent des capteurs de lumière, température, pression, activité (accéléromètre et magnétomètre) et peuvent transmettre les données en direct via la 4G sur les réseaux GSM européens et un certain nombre de réseaux GSM à l'étranger.

Ces balises peuvent également être programmées dans l'optique d'acquérir des données de localisation à une fréquence plus élevée lorsque l'oiseau entre dans un périmètre ciblé (ici, l'espace maritime) et inversement conserver leur batterie lorsque les oiseaux sont à terre (cf. système de *geofence*).

• **Espèces de taille moyenne**

Les espèces marines et terrestres de taille moyenne (120-270 g, comme les sternes ou petits limicoles) seront équipées de balises GPS Mini 2G (LiteInterrex®, 5.5 g) intégrant le système de transmission des données par GSM 2G. Ces GPS Interrex intègrent des capteurs de température et de pression ainsi qu'un accéléromètre 3D permettant de calculer l'activité et la dépense énergétique.

Les sternes pierregarin, plus légères seront équipées de GPS nanofix Pathtrack® de 3.3 g permettant une géolocalisation précise et l'estimation de l'altitude, mais transmettant les données uniquement par UHF à une station réceptrice déployée proche des sites de nidification. Ainsi ces balises ne permettront pas la collecte de données au-delà de la période de reproduction, quand les oiseaux seront partis. Ces balises sont donc fixées avec un harnais fragile (silicone) voué à tomber relativement vite.

Enfin l'arrivée sur le marché de GPS Interrex® pesant seulement 3 g devrait permettre d'équiper les sternes pierregarins et des espèces plus petites (*e.g*. grives mauvis, bécasseaux maubèches, pluviers guignards) de GPS transmettant les données en direct via le réseau GSM. Ces balises n'intègrent pas de capteurs supplémentaires.

• **Espèces terrestres de petite taille (passereaux, < 30 g)**

Les espèces de passereaux seront équipées de photomètres géolocalisateurs (GLS) conçus par Migrate Technology (constructeur britannique) pesant 0.5 g.

• **Information complémentaire**

Le choix des balises présenté précédemment pourra être amené à évoluer au fur et à mesure des campagnes de déploiements, en fonction de l'expérience acquise. L'évolution très rapide des technologies permet notamment d'espérer l'arrivée, au cours du programme MIGRATLANE, de balises GPS-GSM de masse inférieures à 3 g. Ces balises pourraient remplacer les GLS sur les gros passereaux ou petits limicoles. Pour certaines espèces, le harnais sera d'abord testé sur un nombre réduit d'individus la première année, afin de s'assurer qu'il n'impacte pas la survie des individus.

2.4.3 Méthodes d'équipement des balises

Les balises seront généralement fixées avec des harnais ayant une longévité supérieure à un an, afin d'obtenir des trajets migratoires aller-retour. La configuration des harnais et des matériaux utilisés seront adaptés selon l'espèce. Le montage dit en *'leg-loop'* (ou « baudrier ») sera privilégié lorsqu'il sera possible, car il apparait moins contraignant pour les oiseaux migrateurs. Néanmoins sur certaines espèces ce type de harnais ne permet pas une bonne recharge de la batterie (orientation, couverture par les plumes) ou un bon maintien (morphologie de l'oiseau). Pour les espèces pour lesquelles un harnais sur les pattes n'est pas possible, un montage plus classique sera mis en place sur les ailes, avec une jonction pectorale (*'wing-loop'* ou « sac à dos »). Des tests pourront être effectués sur des individus afin d'évaluer quel est le montage le plus adapté pour une espèce donnée. Aucune balise à transmission GSM ne sera utilisée en harnais « sac à dos » sur des espèces qui dorment avec la tête sur le dos, en raison du risque d'opacité cornéenne pouvant se développer quand l'œil est très près de l'émetteur GSM de la balise. Ces harnais peuvent être posés en harnais « baudrier » ou scotchés en bas du dos.

Les matériaux utilisés pour la confection des harnais seront : du téflon non tressé de largeur adaptée (2 mm, 6 mm, 9 mm) pour les espèces de grande taille ou avec un bec tranchant (puffins, mouettes et sternes, rapaces), une ficelle de réparation de filet pour les petites espèces à bec coupant, un tube silicone élastique pour les limicoles, et un fil plastique élastique (type collier de perles) pour les géolocalisateurs (GLS) sur les passereaux. Le matériau élastique a l'avantage de s'adapter

aux prises/pertes de réserves lipidiques des individus. Enfin, une fixation avec du scotch résistant à l'eau sera utilisée pour les oiseaux marins plongeurs (alcidés, plongeons, puffins, canards marins), ce qui permettra d'assurer la collecte de données durant quelques semaines. En effet, une utilisation du scotch toilé résistant à l'eau de type Tesa© est préconisée chez les espèces plongeuses à grande profondeur, comme les alcidés, dont le corps se déforme de manière importante sous l'effet de la pression hydrostatique, ce qui ne permet donc probablement pas d'utiliser un harnais.

2.4.4 Éthique

Les captures, manipulations et pose des instruments seront réalisées par des personnes préalablement formées, expérimentées et agréées par le Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux (CRBPO), et dans le cadre d'un programme personnel validé par le CRBPO (PP1275 porté par Frédéric Jiguet).

Les méthodes de capture, les balises et leur méthode d'attache ont été choisies pour chaque espèce en suivant un protocole respectant des critères d'éthique de bien-être animal. Le principal critère est que l'équipement déployé ne doit pas dépasser 5% de la masse totale de l'animal, voire idéalement 3% lorsque cela est possible. L'équipement ne doit pas gêner l'oiseau dans ses mouvements, en vol ou en plongée le cas échéant.

Si un taux de mortalité anormal est détecté sur certaines espèces après la pose de GPS, les déploiements futurs sur ces espèces seront remis en question, stoppés ou ré-adaptés (*e.g*. type de balise, de fixation, méthode de capture). Sur certaines espèces sensibles (*e.g*. fulmar boréal), ou pour lesquelles il existe peu de retour d'expérience, un test sera d'abord effectué sur quelques individus pour en estimer l'impact.

La pose de GLS sur les passereaux s'accompagne du baguage d'individus témoins (bagués mais non équipés) permettant d'estimer l'impact des GLS sur les oiseaux. En effet les GLS ne transmettant pas de données il est difficile d'estimer l'impact potentiel de l'équipement comme avec les GPS. S'il est constaté, après la première année de suivi, qu'il y a un retour disproportionné des individus non équipés d'une espèce par rapport aux individus équipés de la même espèce, le déploiement de GLS sur cette espèce sera remis en question.

2.5 Plan d'échantillonnage

2.5.1 Nombre et espèces ciblées

• **Choix des espèces**

Certaines espèces d'oiseaux marins telles que les espèces de goélands ont déjà été largement suivies par télémétrie au cours des dernières années sur l'aire d'étude (cf. section 2.3), et ont donc été écartées du plan d'échantillonnage MIGRATLANE. Ces données déjà existantes sur ces espèces pourront alors être compilées et mobilisées pour répondre aux objectifs du programme. C'est également le cas des fous de Bassan en reproduction. Néanmoins, pour cette dernière espèce, et au vu de sa vulnérabilité, il a été choisi d'équiper des individus adultes en toute fin de reproduction (peu de données existantes) et des juvéniles au moment de l'envol (pas de données existantes). Des espèces sont également actuellement suivies dans le cadre d'autres programmes comme un certains nombres de limicoles (courlis, barges, pluviers) avec le programme LIMITRACK porté par le LIENSs et les tourterelles des bois avec le programme « 100 tourterelles » porté par le MNHN et la LPO. Ces données pourront être mutualisées et réduisent les efforts à fournir pour ces espèces dans le cadre de MIGRATLANE.

Sur la base du cahier des charges et clauses techniques du programme MIGRALTANE, il a été décidé de bien prendre en considération les espèces pour lesquelles on manque de connaissances, en privilégiant celles dont le statut de conservation n'est pas ou peu favorable, pour établir le plan d'échantillonnage du lot 2.

Les spécificités de données télémétriques attendues pour atteindre les objectifs de MIGRATLANE sont rarement validées dans les suivis réalisés historiquement, et en particulier l'acquisition de localisations à haute fréquence, complétées par une altitude de vol (troisième dimension). La mobilisation de données existantes sera donc contrainte par ces attentes, dans un souci d'acquérir des connaissances homogènes entre toutes les espèces.

Certaines espèces telles que les passereaux sont privilégiées dans le plan d'échantillonnage, afin de compenser la sur-représentation actuelle des connaissances sur les espèces de grande taille. Cependant, ceci ne pourra être réalisé que sur les passereaux les plus grands, pouvant supporter des balises de 0.5 g. Certaines informations acquises sur l'altitude seront sûrement approximatives sur ces espèces, mais l'apport d'ordres de grandeur permettra de bien déterminer les enjeux, dans le contexte de développement des projets d'éoliennes en mer.

• **Liste des espèces choisies et déploiements télémétriques prévus**

La liste des espèces à suivre par télémétrie dans le cadre du lot 2 de MIGRATLANE est présentée dans le Tableau 3. Cette liste a été définie sur la base d'une concertation entre experts ornithologues, porteurs du projet et bagueurs expérimentés à la télémétrie. Les critères de sélection principaux sont la taille des espèces (certaines sont encore trop légères pour être équipées), la potentialité de traverser la mer, la faisabilité de capture (voire de recapture) avec un focus sur les espèces dont les migrations sont encore peu connues et les espèces patrimoniales à statut de conservation défavorable. Cette liste ne vise pas à être exhaustive de toutes les espèces, mais vise à compléter au mieux les connaissances disponibles.

Au total, il est prévu d'équiper de GPS ou GLS une quarantaine d'espèces d'oiseaux : 13 espèces marines (incluant 3 procellaridés, 3 alcidés, 3 sternes nicheuses et des migrateurs et/ou hivernants marins comme les labbes et les plongeons), 12 migrateurs côtiers et de zones humides (anatidés, limicoles), 18 migrateurs terrestres dont 12 passereaux . L'étude d'un nombre non négligeable de passereaux, de petite taille, semble importante, malgré le défi technologique, étant donné le nombre d'individus de passereaux migrateurs qui survolent l'Europe de l'ouest (estimation > 2 milliards de passereaux européens hivernant en Afrique ; Hahn et al. 2009). Dix des espèces étudiées sont citées dans l'Annexe I de la Directive Oiseaux, et 16 des espèces choisies sont sur la Liste Rouge nationale.

Tous les individus ne migreront pas forcément au-dessus de l'eau, certains pourraient suivre les côtes, mais il est envisagé d'équiper un nombre suffisant d'individus pour détecter des trajectoires maritimes : idéalement 20 individus par espèce, et quand cela est possible une répartition sur deux années, pour répliquer l'étude de manière similaire sur une paire d'années. Ces effectifs visent à assurer la représentativité pour un secteur de marquage, une espèce et l'année concernée, sans présager que ce sous-échantillon puisse être extrapolable à d'autres secteurs et d'autres années.

Tableau 3 : Liste des espèces sélectionnées pour les suivis télémétriques du lot 2 du programme MIGRATLANE. Les traits d'histoire de vie, l'inscription dans les Annexes de la Directive « Oiseaux », le statut de conservation (UICN), le nombre d'individus envisagés pour l'étude, les zones de capture envisagées et le type d'instrument à utiliser sont présentés dans ce tableau. Toutes les informations sont sujettes à des changements, à la marge, au cours de l'étude. * ou **: espèces non incluses dans le programme personnel validé par le CRBPO car équipées exclusivement à l'étranger (*) ou car équipées en partenariat avec le programme LIMITRACK du LIENSs (**).

ESPECE	TRAIT DE VIE	DO	LISTE ROUGE UICN FR (MONDE)	NB	ZONE(S) DE CAPTURE	TYPE INSTRUMENT
Puffin des Anglais *Puffinus puffinus*	Marin, nicheur		EN (LC)	20	Sept Iles	GPS
Fulmar boreal *Fulmarus borealis*	Marin, nicheur		NT (LC)	20	Hauts-de-France à Bretagne	GPS
Guillemot de troïl *Uria aalge*	Marin, nicheur, hivernant		EN (LC)	40	Bretagne, Ecosse	GPS
Pingouin torda *Alca torda*	Marin, nicheur, hivernant		CR (NT)	40	Bretagne, Ecosse	GPS
Macareux moine *Fratercula arctica*	Marin, nicheur, hivernant		CR (VU)	40	Bretagne, Ecosse	GPS
Mouette tridactyle *Rissa tridactyla*	Marin, nicheur		VU (LC)	20	Bretagne, Hauts-de-France	GPS
Sterne caugek *Thalasseus sandwichensis*	Marin, nicheur		NT (LC)	30	Somme à Gironde	GPS
Sterne pierregarin *Sterna hirundo*	Marin, nicheur	Annex I		30	Somme à Gironde	GPS
Sterne de dougall *Sterna dougallii*	Marin, nicheur	Annex I		20	Bretagne	GPS
Labbe parasite* *Stercorarius parasiticus*	Marin, migrateur			20	Finlande	GPS
Plongeons *Gavia sp.*	Marins, hivernants	Annex I		20	Bretagne, Finlande	GPS
Eider a duvet *Somateria mollissima*	Marin, nicheur, hivernant			20	Bretagne	GPS
Bernache cravant *Brante bernicla*	Zones Humides, hivernant			20	Charente-Maritime	GPS
Canards cotiers *Gythya sp., anas sp.*	Zones humides, hivernants			20	Bretagne	GPS
Barge rousse *Limosa lapponica*	Zones humides, hivernant	Annex I		20	Littoral atlantique	GPS
Barge a queue noire *Limosa limosa islandica*	Zones humides, nicheur, hivernant		VU (NT)	20	Littoral atlantique, Islande	GPS

ESPECE	TRAIT DE VIE	DO	LISTE ROUGE UICN FR (MONDE)	NB	ZONE(S) DE CAPTURE	TYPE INSTRUMENT
Courlis cendré** *Numenius arquata*	Zones humides, nicheur		VU (NT)	20	France, Pologne (nicheurs)	GPS
Courlis corlieu *Numenius phaeopus*	Zones Humides, migrateur	Ann. II B	VU (passage)	20	Littoral atlantique	GPS
Pluvier argenté *Pluvialis squatarola*	Zones Humides, hivernant			20	Littoral atlantique	GPS
Bécasseau maubèche *Calidris canutus*	Zones Humides, hivernant, migrateur			20	Littoral atlantique	GPS
Tournepierre à collier *Arenaria interpres*	Zones Humides, hivernant			20	Littoral atlantique	GPS
Bécassine des marais *Gallinago gallinago*	Zones Humides, hivernant			20	Littoral français	GPS
Guignard d'Eurasie *Eudromias morinellus*	Terrestre, migrateur	Annex I	NT (passage)	20	Littoral	GPS
Faucon pèlerin *Falco peregrinus*	Terrestre, nicheur	Annex I		20	Littoral français	GPS
Faucon émerillon *Falco colombarius*	Terrestre, hivernant	Annex I		20	Bretagne, Islande	GPS
Hibou des marais *Asio flammeus*	Terrestre, hivernant	Annex I	VU (LC)	20	Littoral français	GPS
Coucou gris *Cuculus canorus*	Terrestre, nicheur, migrateur			20	France, Espagne	GPS
Tourterelle des bois *Streptopelia turtur*	Terrestre, nicheur, migrateur	Ann. II B	VU (VU)	20	France, Espagne	GPS
Engoulevent d'Europe* *Caprimulgus europaeus*	Terrestre, nicheur, migrateur	Annex I	LC	40	Royaume-Uni	GLS
Martinet noir *Apus apus*	Terrestre, nicheur, migrateur		NT (LC)	40	France	GLS
Hirondelle rustique *Hirundo rustica*	Terrestre, nicheur, migrateur		NT (LC)	60	France, Royaume-Uni	GLS
Pipit des arbres* *Anthus trivialis*	Terrestre, nicheur, migrateur			60	Royaume-Uni	GLS
Grive mauvis *Turdus pilaris*	Terrestre, hivernant			60	Islande, Finlande, Bretagne	GLS ou GPS
Traquet motteux *Oenanthe oenanthe*	Terrestre, migrateur		LC	60	Royaume-Uni	GLS

ESPECE	TRAIT DE VIE	DO	LISTE ROUGE UICN FR (MONDE)	NB	ZONE(S) DE CAPTURE	TYPE INSTRUMENT
Phragmite des joncs *Acroceph. Schoenobaenus*	Terrestre, nicheur, migrateur		LC	60	Royaume-Uni, Bretagne	GLS
Fauvette grisette *Sylvia communis*	Terrestre, nicheur, migrateur		LC	60	Royaume-Uni, Bretagne	GLS
Gobe-mouche gris* *Muscicapa striata*	Terrestre, nicheur, migrateur		LC	60	Royaume-Uni, Bretagne	GLS
Bergeronnette printanière *Motacilla flava*	Terrestre, nicheur, migrateur		LC	60	Littoral atlantique	GLS
Rossignol philomèle* *Luscinia Megarhynchos*	Terrestre, nicheur, migrateur		LC	60	Royaume-Uni, Bretagne	GLS

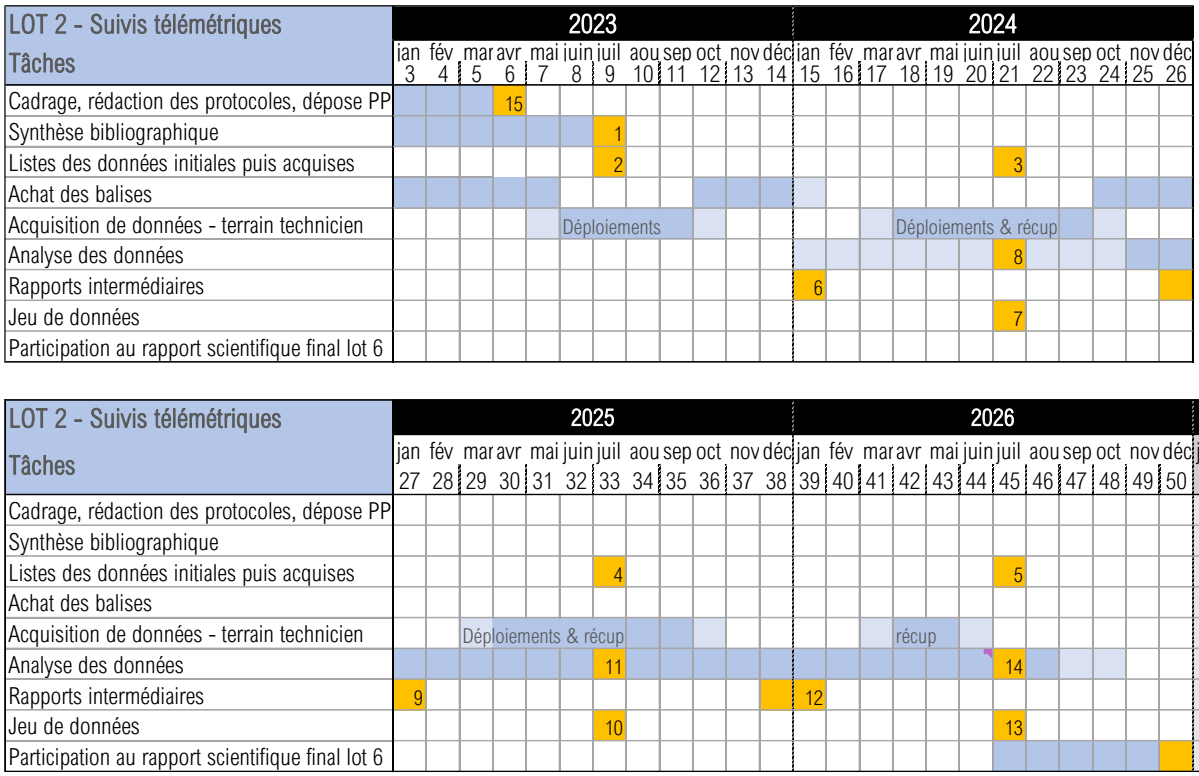
2.5.2 Secteurs d'études

Le déploiement des balises s'opèrera tout le long du littoral français depuis le Nord et le Pas-de-Calais jusqu'à la Gironde, selon les espèces. Afin d'obtenir des trajets migratoires transmanche, des espèces migratrices seront équipées au Royaume-Uni, en Scandinavie et jusqu'en Islande. Une partie des effectifs de limicoles effectuant des traversées du golfe de Gascogne pourront être équipés en halte migratoire au nord de l'Espagne (Galice). La pointe bretonne et en particulier le Finistère et ses îles sera très représentée puisque ces sites se trouvent entre deux espaces maritimes (baies du sud Cotentin et Golfe de Gascogne) constituant un point de passage privilégié pour les espèces susceptibles de migrer au-dessus de la mer. La Bretagne accueille également de nombreuses colonies d'oiseaux marins. Enfin la Charente-Maritime sera privilégiée pour le déploiement sur les limicoles pour des raisons logistiques (station de baguage spécialisée dans les limicoles) et parce que le site est une halte migratoire majeure pour de nombreuses espèces susceptibles de traverser le golfe de Gascogne, la Manche et la mer du Nord.

Si le secteur de la Manche est sous-représenté en termes de déploiements de balises de suivis télémétriques, notamment sur les espèces terrestres, cela devrait permettre au lot 2 d'optimiser les efforts dans le temps et l'espace pour étudier plus d'espèces et d'individus. Selon le lot 2, ceci ne devrait pas impacter la représentativité des données outre-mesure puisque les oiseaux migrateurs nicheurs du nord de l'Europe ou de Sibérie, et équipés plus au sud, traverseront vraisemblablement la Manche et/ou la mer du Nord (s'ils ne longent pas le littoral ou coupent à travers les terres).

2.6 Calendrier du lot 2

Le calendrier prévisionnel propre au lot 2 « Télémétrie sur les migrateurs terrestres et oiseaux marins » est présenté en Figure 5.



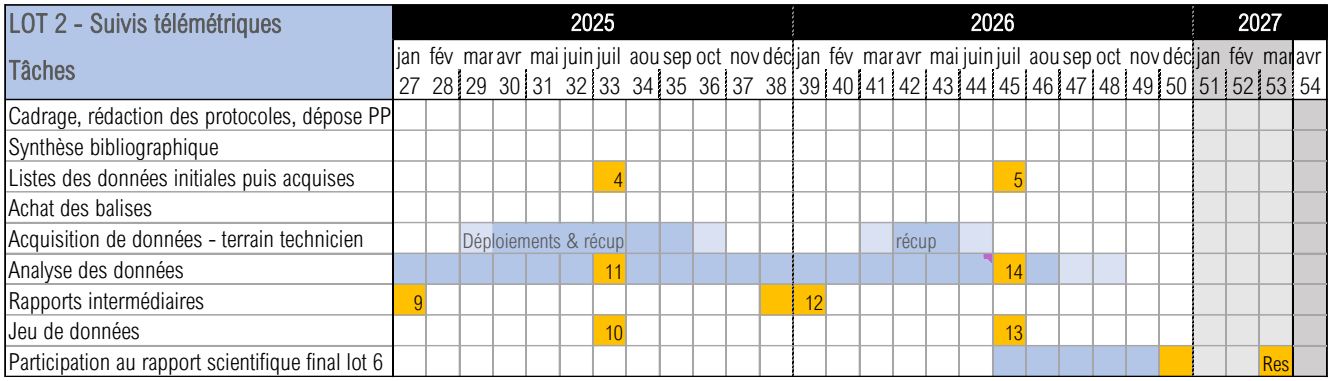


Figure 5 : Calendrier prévisionnel du lot 2 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L2.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP.

Lot 3 Suivis acoustiques et visuels (par stations à la côte, en mer et sur navires d'opportunité)

3.1 Consortium du lot 3

La structure titulaire du lot 3 « Suivis acoustiques et visuels » du programme MIGRATLANE est le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN). Le travail du lot 3 est réalisé par le MNHN avec une structure cotraitante : Biophonia, qui apportera son expertise en acoustique. Deux partenaires scientifiques et techniques accompagnent le MNHN comme sous-traitants : France Energie Marine et Biotope qui effectueront l'installation de capteurs, respectivement sur le mât de Fécamp et sur les bateaux de la Brittany Ferries.

Les personnes en charge du pilotage du lot 3 MIGRATLANE au lancement du projet sont : Christian Kerbiriou (christian.kerbiriou@mnhn.fr) et Antoine Chabrolle (antoine.chabrolle@mnhn.fr) pour le MNHN.

3.2 Rappel des objectifs

Les objectifs principaux du lot 3 sont d'acquérir des données sur l'occupation de l'arc Manche-Atlantique par les oiseaux et les chauves-souris et plus précisément sur :

- L'identification des espèces d'oiseaux et chiroptères utilisant l'espace maritime de l'arc Atlantique Nord-Est comme zone fonctionnelle,
- Les voies de migration des espèces en des points donnés avec prise en compte des conditions météorologiques comme variables explicatives et d'ajustements,
- Le flux des migrateurs à des macro-échelles dans le golfe de Gascogne et la Manche et les évolutions temporelles observées,
- Les caractéristiques de vol en fonction des conditions météorologiques,
- La phénologie des migrations en mer (échelle journalière et annuelle) tout en considérant les variations inter-sites.

➢ **Le suivi acoustique passif** constitue une méthode efficace de suivi de la biodiversité volante de jour comme de nuit. En effet, à l'aide des cris émis en vol, les individus peuvent être identifiés à l'espèce ce qui permet de déterminer exactement les oiseaux et les chiroptères qui utilisent l'espace maritime, une quantification des flux peut aussi être faite à l'aide de la quantité de cris émis (*e.g*. activité pour les chauves-souris). De plus, la portée de détection des cris des chauves-souris est connue (jusqu'à 100 m, Barataud 2015) ce qui permet de caractériser les hauteurs de vol lorsque les structures sont équipées de plusieurs capteurs. Pour les oiseaux, un suivi sur plusieurs centaines de mètres est possible.

Toutes les espèces d'oiseaux et de chauves-souris sont suivies sans discrimination.

Les capteurs acoustiques seront positionnés tout le long de la côte Atlantique et de la Manche, sur des îles, mais aussi sur des bouées en mer. De plus, des campagnes bateaux (Brittany Ferries, MEGASCOPE, centre de la mer de Biarritz) seront équipées de capteurs pour déterminer plus précisément l'utilisation maritime au large des côtes.

➢ **Le suivi visuel** est une méthode régulièrement pratiquée par les ornithologues : professionnels ou amateurs ce qui augmente la capacité d'échantillonnage et permet de mettre en place des programmes de science participative. Cette méthode permet un suivi des oiseaux sans discrimination, mais ne permet pas le suivi des chiroptères. Les observations depuis les spots de migrations permettent de suivre des espèces d'oiseaux plus difficilement observables par d'autres méthodes (radar et campagne aérienne), comme les passereaux. Le *seawatching* permet

de suivre des populations d'oiseaux marins et côtiers. Les observations effectuées depuis la côte permettent d'identifier les espèces, d'obtenir des estimations de populations, d'étudier les flux et les directions de ces flux.

Le suivi visuel à la côte est cependant limité par la distance d'observation et les conditions météo (visibilité). Le suivi visuel depuis des bateaux permet de compléter ces observations faites à la côte, à une échelle plus fine. Les observations en mer et à la côte permettent de déterminer des gradients.

Sur certains sites, un suivi acoustique et visuel sera effectué aux mêmes périodes afin de comparer la complémentarité de ces deux méthodes.

Le travail de synthèse bibliographique réalisé par les titulaires du lot 3 a permis de recenser les données historiques et identifier les lacunes (*e.g*. aucun article scientifique sur les chiroptères en mer en France). Ce travail sera intégré à l'analyse des données du lot 3 puis pour l'analyse des données combinées du lot 6. L'état de l'art réalisé par le lot 3 apporte une vision globale des connaissances existantes et des données acoustiques et visuels acquises le long des façades maritimes françaises de la Manche et de l'Atlantique.

3.3 Synthèse des données existantes

Les données existantes de suivis acoustiques et visuels des chiroptères et oiseaux, acquises au niveau de l'arc Manche-Atlantique français, ont été recensées dans la littérature blanche (articles scientifiques) et dans la littérature grises. Les principaux outils utilisés sont :

- Google Scholar,
- Données incluses dans des livres de références (*e.g*. Castège and Milon 2018; Perrow 2019; Dupuy et al. 2022)
- Site de l'éolien en mer (https://www.eoliennesenmer.fr/),
- Sites d'associations ou de bureau d'étude,
- Plateformes de référence sur les suivis de migration à l'échelle nationale www.migraction.net et internationale www.trektellen.nl, permettant à la fois d'accéder à des bases de données naturalistes et à de la documentation,
- Échange avec des partenaires et chercheurs.

Similairement aux états de l'art des lots 2, 4 et 5, celui réalisé pour le lot 3 repose sur un état des connaissances au début de MIGRATLANE, mais sera mis à jour tout au long du programme afin de tendre vers un certain niveau d'exhaustivité. Pour cela, le tableur de classification sera complété au fur et à mesure avec des futures nouvelles données/publications qui seront acquises et/ou présentées dans de nouveaux articles scientifiques mais aussi de données historiques qui n'auraient pas été trouvé lors de ce premier rapport.

3.3.1 Chiroptères

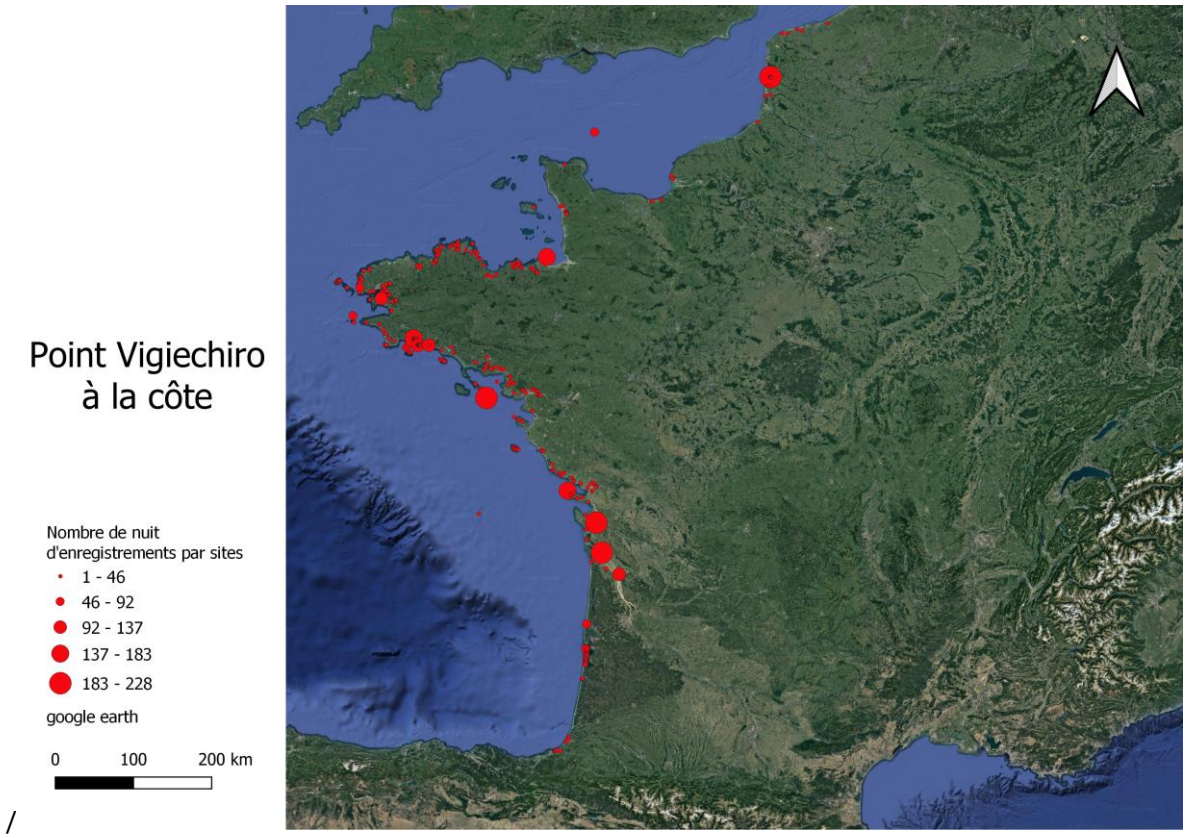
La France répertorie 35 espèces de chauve-souris sur le territoire métropolitain, mais les connaissances sur leur déplacement sont incomplètes, en particulier en mer. En effet, les recherches sur la migration des chauves-souris ainsi que sur leur présence en mer n'en sont qu'à leurs débuts (Perrow 2019).

À ce jour, aucune publication scientifique sur le territoire français n'a été trouvée sur cette thématique. L'essentiel des articles scientifiques recensés sont issus de travaux réalisés au niveau de la mer du Nord et de la mer Baltique : de nombreuses études sont publiées par des équipes allemandes, néerlandaises ou encore scandinaves ou dans d'autres régions du monde, majoritairement aux États-Unis. La recherche bibliographique a cependant permis de recenser 15 rapports d'étude réalisés en Manche Atlantique sur le littoral français. Ces documents correspondent à des études d'impacts de futurs parcs éoliens offshores (parc de l'île d'Yeu, parc de Saint Nazaire), des rapports d'études acoustiques sur la migration menées par des associations travaillant sur le littoral ou encore des synthèses bibliographiques des

connaissances sur la migration des chauves-souris ou sur leurs déplacements en mer. À notre connaissance, il existe seulement un poster sur la présence de chauve-souris en Atlantique (site d'essai Floatgen, BW Ideol).

Les données répertoriées et ou récoltées proviennent de :

- Programme de science participative Vigie-Chiro (Figure 6)
- Programme de recherche Piaff&Co (MNHN, école centrale de Nantes, BW ideol)
- Programme de recherche MNHN-PELAGIS (Université de la Rochelle - CNRS)
- Études d'impacts et autres études publiées
- Données récoltées par des associations et bureaux d'études mais non publiés.



/

Figure 6 : Nombre d'enregistrements à la côte répertoriés dans le programme Vigie-Chiro, points fixes à la côte. Ces données sont basées sur les sciences participatives mais comprennent aussi les participations du projet Piaff&Co, campagne MEGASCOPE (points en Atlantique et en Manche) et certaines données d'associations et bureaux d'études.

Concernant les études d'impacts et autres études, il a été noté une certaine variabilité dans le type de détecteur utilisé pour ces différentes études (SM2BAT2, SM4-FS BAT, PETTERSSON D-240X), ainsi que dans les périodes d'échantillonnages (Figure 7). Ces rapports ont permis de recenser au total, 21 espèces de chauves-souris. Les espèces les plus contactées sont les Pipistrelles communes (plus de 37% de l'ensemble des contacts identifiés), Pipistrelles de Nathusius et Pipistrelle de Kuhl. On retrouve ensuite la Sérotine commune, la Noctule de Leisler et la Barbastelle commune. Ces rapports apportent des informations sur la phénologie saisonnière des espèces migratrices (Pipistrelle de Nathusius, Noctule de Leisler) ainsi que pour d'autres espèces communément contactées mais considérées comme sédentaires (Pipistrelles commune, Sérotine commune). Cependant la phénologie d'espèces plus rares n'est jamais étudiée. La phénologie horaire est aussi souvent moins étudiée (présente dans seulement la moitié des études). Les effets des variables météorologiques sur la

présence des chauves-souris ont généralement également été relevées pour les espèces les plus fréquemment enregistrées (au moins pour la Pipistrelle de Nathusius). Les impacts de la vitesse du vent sont relevés dans 75% des études tandis que l'impact de la température ou de la direction du vent n'est relevé que dans 50% des études, alors que l'impact de la pluie n'est relevé que dans 25% des études. De plus, l'analyse des protocoles permet d'avoir un retour d'expérience sur la faisabilité technique de la méthode (site, impact du milieu marin sur les détecteurs, capacité des batteries etc…).

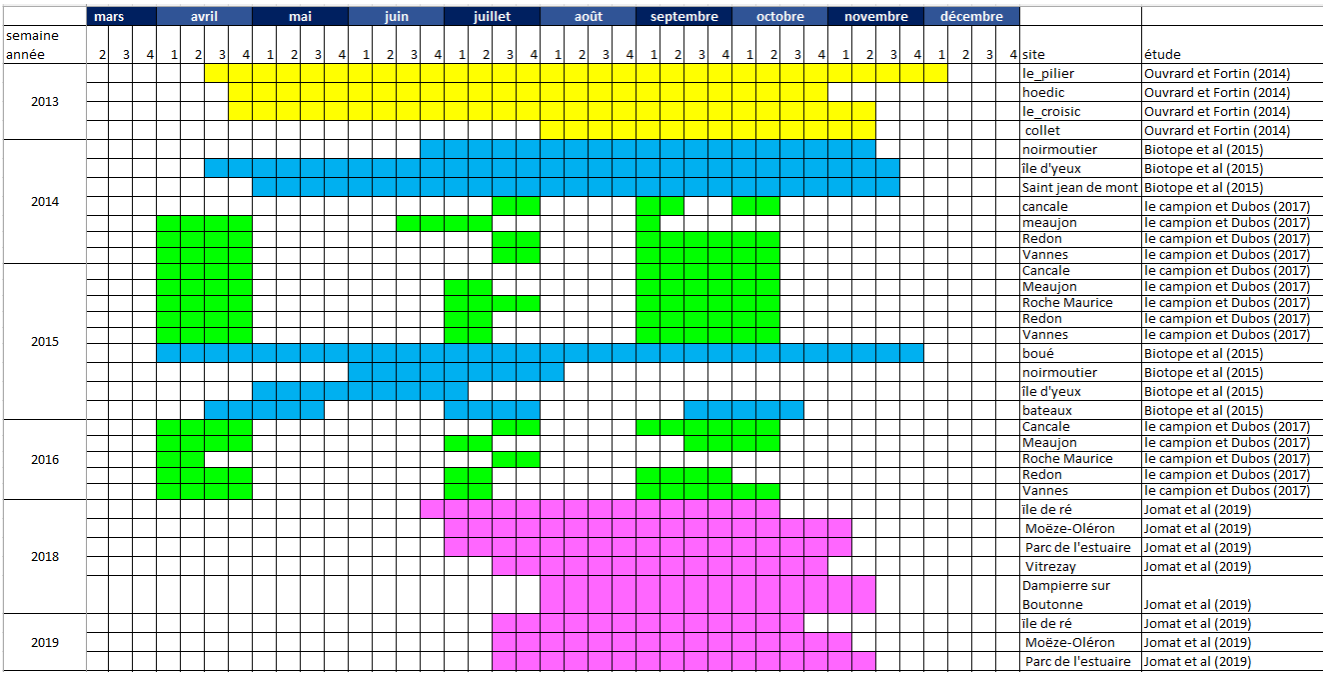


Figure 7 : Périodes d'échantillonnages des différentes études d'impacts et d'autres études publiées.

Lacune de connaissance : En France, il existe relativement peu d'études comparé au nombre d'études réalisées en mer du Nord ainsi qu'en mer Baltique. Trente trois sites ont été échantillonnés en France, mais cela demeure lacunaire pour comprendre les mouvements de migration ainsi que pour avoir plus d'informations sur la phénologie de présence et de passages des chiroptères en mer. Les études menées en France ont pu permettre de dégager une liste d'espèces contactées sur les points à la côte ainsi qu'en mer, et d'obtenir des informations sur la phénologie, le comportement et les conditions climatiques favorables à la présence de chiroptères, mais ces informations n'ont été obtenues que pour les espèces les plus présentes sur les enregistrements (Pipistrelles commune, de Kuhl et de Nathusius, Noctule commune, Sérotine commune). Pour les autres espèces il n'y a pas assez de données pour pouvoir dégager de telles tendances. De plus, les études menées ont été réalisées séparément avec des protocoles différents et des périodes d'échantillonnages non uniformes (cf.

Figure 7) permettant d'obtenir certaines connaissances préliminaires, mais un programme à plus large échelle comme MIGRATLANE permettra un échantillonnage spatial et temporel plus adapté à l'étude de la migration. Les résultats obtenus sur MIGRATLANE pourront aussi être comparés aux résultats obtenus en Europe du Nord.

3.3.2 Oiseaux

La France se situe sur une voie migratoire majeure dite Atlantique, reliant le continent Européen et Africain. Deux périodes se distinguent ; la migration postnuptiale qui se déroule après la reproduction en automne et vise à rejoindre les quartiers

d'hiver (au sud), et la période prénuptiale, qui a lieu généralement entre les mois de février et mai et correspond au trajet inverse.

Dans le cadre de MIGRATLANE, c'est le caractère migrateur et la présence en milieu littoral et marin qui conditionne le panel d'espèces ciblées. Les oiseaux marins, côtiers et terrestres sont concernés, en sachant que ces appellations génériques englobent des espèces, familles ou groupes ayant une biologie et un comportement variable. Bien que dans la pratique, la distinction puisse être complexe pour certaines espèces ou populations, nous exclurons donc les données collectées sur les autres phases du cycle biologique, notamment sur la nidification ou la période d'hivernage (*e.g.* comptages Wetlands International). Le Lot 3 (télémétrie) et le Lot 5 (suivis aériens) sont spécifiquement dimensionnés pour l'acquisition de connaissances en période de reproduction et internuptiale.

3.3.2.1 Suivi acoustique

Les données répertoriées et ou récoltées de suivis acoustiques proviennent de :

- Programme de recherche Piaff&Co (MNHN, école centrale de Nantes, BW ideol)
- Programme de recherche MNHN-PELAGIS (Université de la Rochelle, CNRS)
- Base de données naturalistes : Trektellen ou Faune-France (NocMig)
- Suivis d'associations naturalistes
- Etudes réglementaires sur l'éolien en mer

Ces études ont démontré l'observations de plusieurs espèces d'oiseaux, terrestres, côtiers et marins au large (*e.g*. Figure 8). Cependant, des contraintes techniques en mer subsistent tels que la détérioration du matériels et le bruit ambiant lié au vent qui altère les enregistrements.

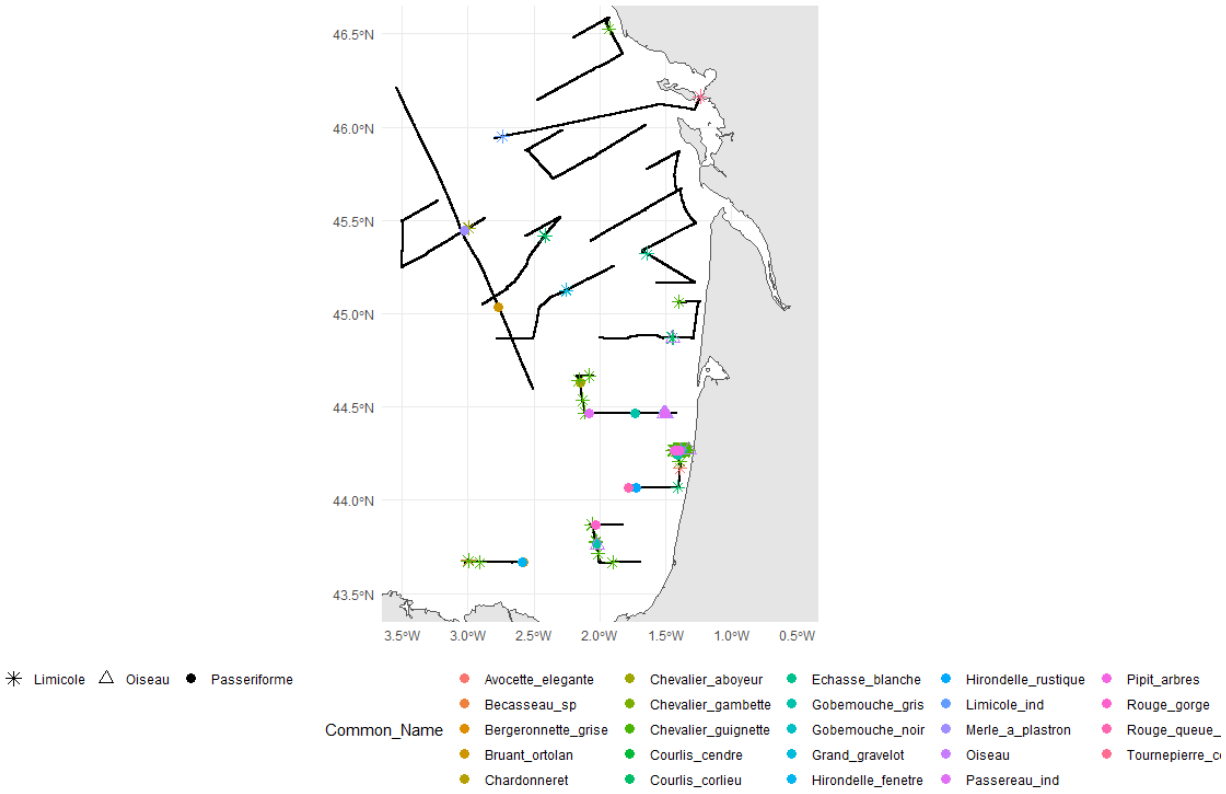


Figure 8 : Carte des oiseaux détectés au sud du Golfe de Gascogne au cours de la nuit (PELGAS, leg 1, 2022). Les tracés noirs correspondent aux transects échantillonnés par le capteur acoustique, les symboles au groupe d'oiseaux et les couleurs aux espèces d'oiseaux (Dorémus et al. 2023).

3.3.2.2 Suivi visuel

3.3.2.2.1 Données visuelles à la côte

Les données répertoriées et ou récoltées de suivis visuels à la côte proviennent de :

- Programme Interreg IV FAME (Future of the Atlantic Marine Environment 2010-2012).
- Plan National d'Action sur le Puffin des Baléares,
- Programmes associatifs tel que : journée Guet à la mer (association du GONm),
- **Suivis visuels « oiseaux terrestres »** sur des spots de migration par le GEOCA (Le Cotentin), le GONm (Falaises de Carolles), la LPO vendée (Pointe de l'Aiguillon), LPO aquitaine (Pointe de Grave et Cap Ferret) et LPO 17 (Pointe de Chassiron, Tableau 4). La méthode de collecte est relativement homogène, bien que les structures et/ou référents diffèrent. Elle est majoritairement standardisée d'une session à l'autre, mais l'antériorité du suivi est très variable entre les sites (Tableau 4). Bien souvent, ces suivis ne se limitent pas au comptage des oiseaux terrestres, mais à un large spectre d'espèces, dont des espèces pélagiques et côtières.

Tableau 4 : Résumé des informations obtenues sur l'échantillonnage de différents sites de suivi de migration. Sont incluses les années, avec en mauve les observations qui semblent opportunistes et en rose les observations qui semblent standardisées, les mois, le type d'observateurs (bénévole, salarié ou pas d'information) et enfin les horaires (à confirmer).

	Mois									Horaire	
Mois	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Septembre	Octobre	Novembre		Matin	Après-midi
La Cotentin		Prénuptiale ?				X	Salarié	X		Lever	13h
Pointe de l'Aiguillon						Bénévole	Bénévole	Bénévole		Lever - 12h	
Pointe de Grave		Salarié	Salarié	Salarié						Lever	Coucher
Falaises de Carolles						X	X	X		Lever	
Pointe de Chassiron	Salarié ?	Salarié ?	Salarié ?	Salarié ?	Salarié ?					X	
Cap Ferret						Salarié ?	Salarié ?	Salarié ?		Lever	14h

- **Suivis visuels « seawatch »** : les données proviennent de plusieurs revues et synthèse : GOPA pour Groupe ornithologique des Pyrénées et de l'Adour (n°2, 2001 ; Guyot 2001), du Héron éditée par le Groupe ornithologique et naturaliste du Nord, et consultable sur https://www.gon.bibli.fr (n°1, 1968), de synthèses publiées par le Groupe Ornithologique Breton dans AR VRAN (16/07/2002 au 15/07/2033), de synthèse du passage postnuptial en mer au phare de Gatteville entre 2013 et 2016 publiée dans L'Oiseau (Malvaud 2017) et note sur le site de la Presqu'île Renote à Trégastel dans la revue Le Fou édité par le GEOCA (n°82 ; Nédellec 2009). Il existe beaucoup d'autres références d'observations à la côte d'oiseaux marins en migration, mais il semble complexe de mettre en commun ce type de données sporadiques et opportunistes. Certains auteurs pourraient être contactés pour avoir plus

d'éléments. Il est cependant important de noter que le site des falaises du cap Gris-Nez sur le littoral du Pas-de-Calais est un cas particulier à l'échelle du territoire. Les données collectées par différentes associations régionales (Station ornithologique du cap Gris-Nez, le GON et Le Clipon) ont fait l'objet d'une synthèse et d'une analyse (Caloin F. (coord.) et al. 2014).

- Études réglementaires sur l'éolien en mer : parcs de Dunkerque, Fécamp, Centre Manche et Calvados.
- Plateformes de saisie/ base de données : principalement https://www.migraction.net (Tableau 5), https://www.trektellen.nl

Tableau 5 : Présentation à travers plusieurs descripteurs, des données des sites de suivis visuels sélectionnés sur la plateforme Migraction. Les tonalités de vert indiquent les valeurs les plus élevées et inversement pour les tons de rouge.

Site	Période	Nbr_années		Nbr_heures_cumulées		Ordr_grand_nbr_esp
Jetée du Clipon	Postnuptial	13		5093		125
Cap Gris Nez	Tout	4		1453		85
Banc de L'Ilette	Postnuptial	33		3992		75
Parc du Marquenterre	Postnuptial	2		38		65
Pointe du Hourdel	Prénuptial	6		505		55
Bois de Cise	Tout	15		1113		55
Cap d'Antifer	Postnuptial	9		117		65
Digue d'Antifer	Postnuptial	13		606		75
Cap de la Hève	Postnuptial	21		904		75
Ouistreham	Postnuptial	5		520		135
Pointe du Hoc	Postnuptial	22		4920		105
Phare de Gatteville	Prénuptial	25		1229		85
Cap de la Hague	Prénuptial	12		898		135
Falaises de Carolles	Postnuptial	26		4296		155
Ile-Grande	Postnuptial	10		49		35
Sémaphore de Brignogan	Postnuptial	16		1110		45
Fort de l'Eve	Postnuptial	2		256		45
Pointe de l'Aiguillon	Postnuptial	34		14134		45
Pointe de Chassiron	Tout	11		956		95

Station de lagunage	Tout	2		80		35
R.N. de Moëze	Postnuptial	1		28		15
Pointe de Grave	Prénuptial	34		27394		265
Cap Ferret	Postnuptial	10		4739		235
Digue de Tarnos	Postnuptial	2		43		10

L'observation directe à la côte est facilement accessible à un grand nombre d'observateurs (novices ou experts) et nécessite peu de moyens, ce qui justifie le nombre de données conséquentes associées. Actuellement, ces observations ne sont pas incluses dans un réseau coordonné à large échelle bien que certaines initiatives ou programmes est mis en place des suivis visuels protocolés sur plusieurs secteurs et/ou saisons (cf. Programme Interreg IV FAME ou sur le Puffin des Baléares).

3.3.2.2.2 Données visuelles à la côte

Les données répertoriées et ou récoltées de suivis visuels à la côte proviennent de :

- Campagnes MEGASCOPE (UAR Observatoire Pelagis, La Rochelle Université/CNRS) : données ouvertes sur la plateforme https://pelabox.univ-lr.fr/pelagis/PelaObs/
- Campagnes ERMMA (Centre de la Mer de Biarritz, *e.g.* Figure 9)
- Études réglementaires sur l'éolien en mer (Tableau 6).

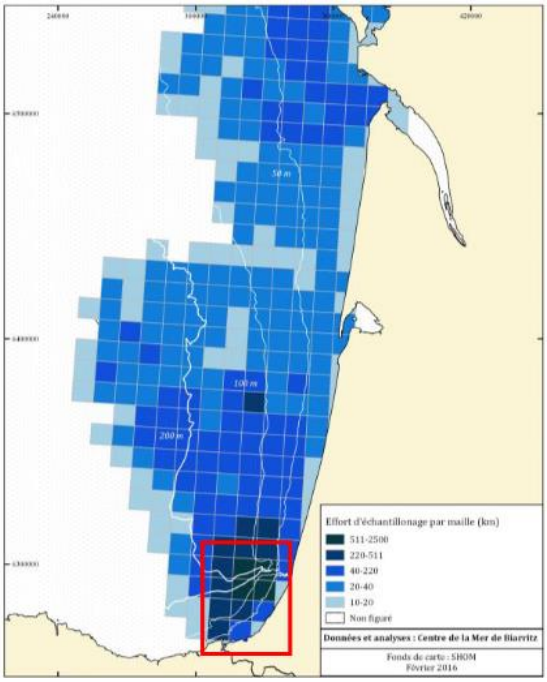


Figure 9 : Représentation de l'effort d'échantillonnage du suivi standardisé en mer et du détail en rouge de la zone de test méthodologique (CMB 2016).

Tableau 6 : Bilan des projets de parcs éoliens incluant des suivis visuels en mer.

Nom du projet	Façade	Source	Structures identifiées
Saint-Brieuc	Manche	Etude d'impact	In Vivo ; GEOCA ; Ailes marine
Sud Bretagne	Atlantique	Etat initial	Setec ; Bretagne Vivante ; Pelagis
Saint-Nazaire	Atlantique	Etude d'impact	Bretagne vivante ; LPO Vendée et Loire-Atlantique
Fécamp	Manche	Etude d'impact	Biotope ; GONm ; LPO Haute-Normandie
Sud-Atlantique	Atlantique		Creocean ; MEGASCOPE
Courseulles-sur-Mer ou du Calvados	Manche	Etude d'impact	GONm ; Biotope
Centre Manche	Manche	Etude d'impact	Biotope ; LPO Normandie
Dunkerque	Manche	Etudes environnementales et techniques	Biotope ; ornithologues indépendants
Groix – Belle-Île	Atlantique		Bretagne Vivante ; Mégascope

Les campagnes MEGASCOPE et ERMMA sont réalisées depuis plusieurs années (2003 et 1976 respectivement) et ont déjà permis la publication de résultats comme l'atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne (Castège et Milon 2018). Cependant, les informations concernant les études réglementaires sont très lacunaires. Il est difficile d'avoir un aperçu global et clair de ce qui a été mis en place à l'échelle d'un parc, en particulier lorsque plusieurs documents traitant des campagnes bateaux d'un projet existent et ne recoupent pas les mêmes informations (*e.g*. document prévisionnel des campagnes, documents de bilan de suivis spécifiques ou synthétiques sur plusieurs années).

3.3.2.2.3 Données visuelles depuis des avions (passereaux et limicoles)

Seules les campagnes aériennes SAMMS et SCANS ont été répertoriées en ce qui concerne le suivi de passereaux et limicoles depuis des avions. Les données brutes d'observations d'oiseaux sont en libre accès sur le site internet https://pelabox.univ-lr.fr/pelagis/PelaObs/ et sont en cours d'analyse par le MNHN en collaboration avec l'observatoire PELAGIS. Au total entre 2011 et 2016, 169 passereaux et 108 limicoles ont été observés. D'autres espèces, telles que des pigeons et martinet ont aussi pu être recensées. Durant le projet MIGRATLANE, les données d'observations d'oiseaux terrestres seront récupérées et analysées par le lot 3, en collaboration avec Ecosphère, mandataire du Lot 5 de suivi aérien.

3.3.2.3 Connaissances acquises et lacunes

En général, l'avifaune a fait depuis longtemps l'objet d'une attention accrue à la fois des naturalistes, de la communauté scientifique, de la communauté cynégétique et des politiques publiques, justifiant le nombre important de documentations et de données disponibles (inventaires, suivis). Les connaissances restent cependant hétérogènes avec des biais identifiés sur les zones ; milieux littoraux et marin, pour certains groupes d'espèces ; passereaux, espèces à mœurs nocturnes, ou encore pour certaines phases du cycle biologique ; migrations particulièrement en prénuptiale. Par exemple, en France, la pression d'observation est nettement supérieure en automne pour le passage postnuptial (75 % contre 25 % en prénuptial). La répartition des sites sur le territoire français reste hétérogène avec des régions présentant de nombreux sites de suivi, contrastant avec des zones vides de tout suivi migratoire (Jaffré 2012).

Le suivi acoustique des oiseaux est un véritable complément aux observations visuelles. Certaines espèces migrent de jour, d'autres de nuit, et d'autres encore peuvent voler de jour comme de nuit (Wroza 2020). La détectabilité des oiseaux dépend de la stratégie de vol (hauteur de vol par exemple), des variations de vocalisations entre espèces, des variations de vocalisations au sein d'une espèce en fonction des conditions météorologiques et des heures de la journée. De plus, si les axes de migration diurne sont généralement bien connus, les flux de migration nocturne ne semblent pas respecter le même schéma. Pour estimer au plus près les flux des espèces à partir de l'acoustique, il est nécessaire de bien connaitre les stratégies de vol qui peuvent être mises en évidence par de la télémétrie (Lot 2) et par une estimation des « volumes »

d'oiseaux qui passent dans le ciel, détectés par des radars (Lot 4). En mer, bien que de nombreux cas d'observations diurnes d'oiseaux terrestres soient rapportés par certains observateurs (Centre de la Mer de Biarritz, Observatoire Pelagis), qui profitent même des infrastructures ou des bateaux pour faire des haltes migratoires, le flux nocturne de ces d'oiseaux reste inconnu.

3.4 Protocoles d'acquisition de données

3.4.1 Technologies employées

Figure 10 : Présentation du matériel utilisé pour le suivi acoustique passif des oiseaux et des chiroptères.

3.4.1.1 Oiseaux

Les capteurs acoustiques utilisés sont des SM4-BIRD (Wildlife Acoustics) et solar BAR (Frontier Labs) qui permettent d'enregistrer dans l'audible (Figure 10). Le SM4 a une autonomie d'environ 3 semaines avec des piles internes mais peut aussi être branché à des batteries externes permettant une plus longue autonomie. La capacité maximale d'enregistrement est 2 To (4 To si des cartes SD 2To deviennent disponibles). En revanche, le solar BAR a une batterie et un panneau solaire intégré ce qui permet une plus grande autonomie et peut enregistrer jusqu'à 4 To (8 To lorsque les cartes SD 2To seront disponibles).

Le suivi des oiseaux intègre le déploiement d'un réseau de capteurs acoustiques ainsi qu'un réseau d'observateurs qui ne nécessite pas l'utilisation de technologie à proprement parler. Le matériel nécessaire est composé d'optiques comprenant des jumelles (grossissement x8 ou x10), éventuellement une longue-vue (x20 ou x30), des jumelles réticulées et du petit matériel type compteur. La saisie des données en direct (optionnel) sur une application dédiée, nécessite un smartphone suffisamment résistant pour le terrain.

3.4.1.2 Chiroptères

Le suivi des chiroptères se fera à l'aide de capteur acoustique SM4-BAT (Wildlife Acoustics, Figure 10). Ces capteurs permettent d'enregistrer dans l'ultrason et ont une autonomie similaire au SM4-BIRD.

3.4.2 Acquisition des données

3.4.2.1 Réseau acoustique

En accord avec le protocole Vigie-Chiro (cf. section 3.3.1), les capteurs pour les chiroptères enregistreront de 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil, avec un déclenchement à 12 dB, et une fréquence d'échantillonnage de 384 kHz afin d'enregistrer les ultrasons. Une fréquence d'échantillonnage de 256 kHz pourra aussi être utilisée dans les sites difficilement accessibles et ainsi réduire la quantité de données enregistrée sans pour autant compromettre la détection de chiroptères.

Le paramétrage du matériel pour l'avifaune se base sur l'expérience acquise avec le projet Piaff&Co et le protocole développé par l'équipe du lot. Les capteurs acoustiques enregistreront du coucher du soleil jusqu'au lever, en continu à une fréquence d'échantillonnage de 41 kHZ (gamme de fréquences de l'audible) ou 32 KHz, s'il est nécessaire d'économiser la batterie et la mémoire. Des gains différents seront probablement utilisés selon le matériel : les SM4 enregistrent en stéréo (sauf en cas d'utilisation d'un microphone déporté) ce qui permet d'utiliser des gains différents (6 db et 12 db) pour chacun des microphones et ainsi maximiser la détection d'oiseaux. Le Solar BAR n'enregistre qu'en mono (un seul micro). Pour améliorer la qualité des enregistrements, des protections contre le vent de type bonnettes, seront rajoutées sur les microphones.

À ce stade du projet, des tests préliminaires sont en cours afin de comparer les performances des différents capteurs utilisés, de vérifier les capacités en termes de stockage de données et d'énergie, de tester les choix de paramètres, mais aussi dans le but de tester des solutions visant à optimiser l'étanchéité des capteurs sans trop impacter les enregistrements. Ces tests seront réalisés au maximum en conditions réelles en situation côtière et avec l'expertise de Biophonia.

3.4.2.2 Réseau visuel

Le volet visuel repose le plus possible sur des sites où des observations de la migration sont réalisées historiquement et activement. Le rôle du lot 3 est d'animer ce réseau de sites et d'échanger avec eux sur les leviers à lever pour mettre en place, à la fois sur les oiseaux marins et terrestres, des suivis standardisés permettant l'acquisition de données comparables à large échelle (spatiale et temporelle). Il peut être envisagé pour certains sites stratégiques, de mettre en place un nouveau suivi en partenariat avec une structure ou un expert-ornithologue locale. Des réseaux similaires existent dans d'autres pays frontaliers notamment « The Bird Observatories Council » incluant des sites reconnus comme le « Dungeness bird observatory » (Irlande et Grande-Bretagne) ou la « RAM » (Portugal et Espagne). Des prises de contact sont envisagées pour coupler nos observations.

3.5 Plan d'échantillonnage

3.5.1 Nombre et espèces ciblées

Aux vues du peu de données sur les chiroptères en mer, aucune espèce n'est ciblée. De plus, il existe de nombreuses espèces d'oiseaux susceptibles d'interagir avec les parcs éoliens en mer, et la mise en place de capteurs acoustiques et d'observateurs permet l'enregistrement ou la détection visuelle de toute cette diversité sans devoir faire de sélection au préalable. Cette méthode permettra de faire un inventaire le plus exhaustif possible des espèces retrouvées en mer. Une sélection pourra être faite pour une analyse plus détaillée de l'écologie d'espèces spécifiques. Il apparaît nécessaire de couvrir une large période pour l'échantillonnage, afin de s'assurer d'englober un maximum d'espèces durant l'étude.

3.5.2 Secteurs d'études

3.5.2.1 Réseau acoustique

Le plan d'échantillonnage a été conçu pour être géographiquement réparti uniformément sur les côtes de Manche/Atlantiques. Les sites recherchés pour poser des enregistreurs sont des sites à proximité directe de la mer, si possible relativement en hauteur afin d'être au plus près des oiseaux et des chauves-souris. Il est également important que le site soit relativement protégé afin d'éviter les vols de matériel et l'environnement. De plus, chaque point sur une île a entrainé le choix d'un point à la côte, cela pour voir si les passages de la faune volante se réalisent majoritairement le long de la côte ou plus en mer.

Le plan d'échantillonnage résulte donc en majorité de phares (points jaunes, Figure 11) et du travail de recherche de personnes référentes (*e.g*. sites ONF, réserves naturelles, points rouges, Figure 11). Ces sites seront équipés dès l'été/automne 2023.

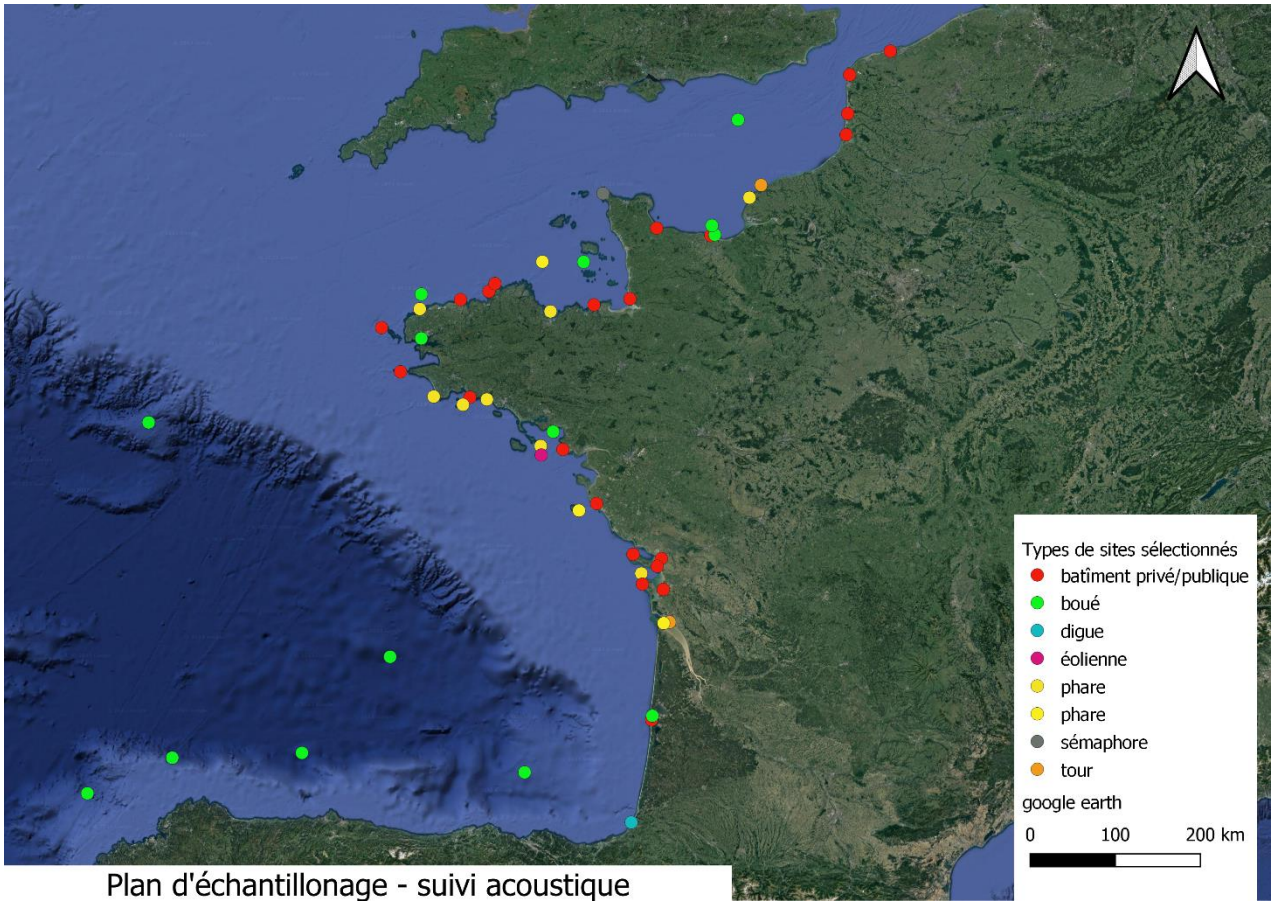


Figure 11 : Plan d'échantillonnage acoustique passif (tous les points dans les zones ou on peut observer des agglomérats de points ne seront pas forcément pris en compte, un ou plusieurs sites seront alors sélectionnés dans la zone).

Outre les sites terrestres (à la côte et sur des iles), nous prévoyons d'équiper des bouées en mer (points verts, Figure 11). Pour cela nous avons contacté plusieurs potentiels partenaires français tels que Météo-France (bouée Gascogne à environ 300 km de la côte), le Service Nationale d'Observation COAST-HF (appartenant à l'Infrastructure de Recherche ILICO, CNRS, IFREMER) mais aussi européens tel que le service 'Puertos del Estado' (bouées espagnoles), et 'UkMetOffice' (bouées Brittany, Jersey et Greenwich lightship). Le déploiement des capteurs est, cependant, conditionné par les maintenances

prévues sur ces bouées (une fois par an pour Météo France, tous les 3 mois pour COAST-HF), nous ne prévoyons donc pas d'équiper des bouées avant printemps 2024.

Nous avons également contacté des réseaux de science participative tels que Vigie-Chiro pour les chauves-souris et Trektellen pour les oiseaux, l'objectif étant de trouver des personnes prêtes à poser des capteurs et d'en assurer la maintenance par la suite.

En plus de ces points fixes (Figure 11), nous prévoyions de déployer des capteurs acoustiques sur des navires :

- Brittany Ferries, en partenariat avec Biotope (Figure 12) : sélection des lignes à équiper en cours,
- Mégascope (suivi annuel sur certains navires de la Flotte océanographique française, en partenariat avec l'IFREMER et l'observatoire PELAGIS) : campagnes PELGAS, CGFS, EVHOE et IBTS,
- ERMMA (Centre de la Mer de Biarritz) : sur ces navires, l'enregistrement acoustique ne se fera que pour les oiseaux et de jours afin de comparer aux observations visuelles.

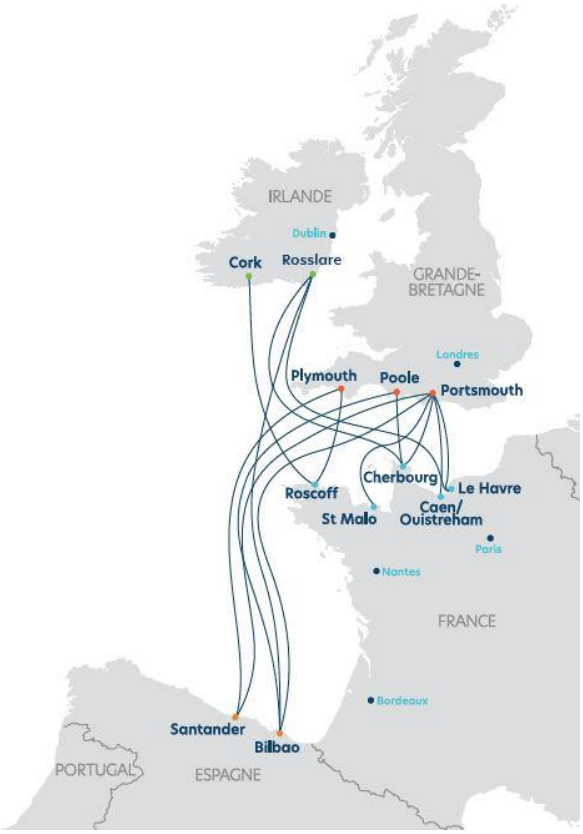


Figure 12 : Lignes de la Brittany Ferries (https://corporate.brittany-ferries.com/lignes-destinations.aspx, consulté en juillet 2023)

3.5.2.2 Réseau visuel

Les sites pour le suivi visuel à la côte correspondent à des sites où des observations de la migration sont réalisées historiquement. En effet, les moyens humains et l'expertise associée sont conséquents. Ce suivi repose donc sur un réseau existant (Figure 13) plus ou moins structuré, que nous pourrons renforcer en fonction de la disponibilité et de la motivation de chacun (observateurs et/ou associations).

De même, nous avons pour objectif de coupler ce suivi avec ceux acoustiques et radars, en sélectionnant des secteurs communs. Nous échangeons régulièrement avec l'équipe du lot 4 et nous projetons que les analyses comparatives puissent permettre de réaliser des calibrations, comme par exemple un lien entre les flux détectés par le radar et les identifications visuelles ou le nombre d'événements acoustiques détectées et le nombre d'individus transitant.

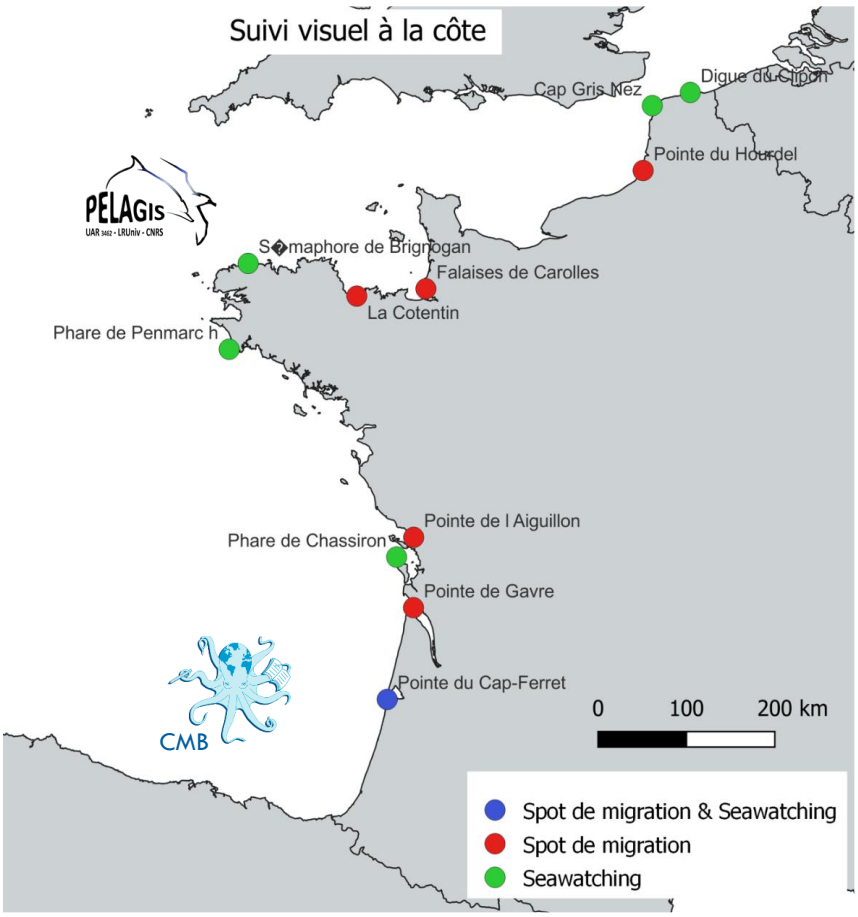


Figure 13 : Répartition des sites sélectionnés pour le volet visuel. Cette carte est provisoire et reflète une situation idéale. La mise en place d'un appui technique et financier sera dépendant du budget.

En ce qui concerne le suivi visuel depuis les navires, nous collaborons avec l'Observatoire Pelagis et le Centre de la Mer de Biarritz pour l'acquisition de données durant la durée du projet. Il n'y aura pas ou peu de campagnes dédiées ; nous valoriserons les suivis protocolés déjà mis en place dans le cadre de MEGASCOPE et de l'ERMMA. Des informations spécifiques pourront être collectées en supplément, comme par exemple l'estimation des hauteurs de vols. De plus, nous avons et allons continuer à équiper les moyens nautiques utilisés durant ces campagnes, de capteurs ultrasons et audibles et ainsi coupler/ comparer les méthodes.

3.5.3 Fréquence de déploiement

Les capteurs acoustiques sont déposés dès août 2023 pour une durée d'un an minimum, reconductible sur la durée du projet. Une maintenance toutes les 3 semaines à 6 mois (selon le matériel utilisé et l'accessibilité des sites) sera effectuée pour :

- Récupérer les données (changer les cartes SD),
- Vérifier la batterie ou changer les piles internes,
- Vérifier le bon fonctionnement des connectiques (usure due aux conditions marines).

Au bout de la première année, le matériel sera vérifié (bon fonctionnement des capteurs et calibration des micros) avant d'être à nouveau déployé sur les sites sélectionnés.

De plus, d'autres sites seront équipés en 2024 (bouées et autres sites terrestres sur les côtes ou les îles).

Pour le suivi visuel, le protocole est encore à définir avec les partenaires et acteurs locaux. Plusieurs scénarios d'observations ont été proposés avec 3 jours par semaine et une répartition non continue (*e.g.* lundi, mercredi, vendredi) et en maximisant les journées de comptages simultanés entre site :

- **Scénario 1** = Des journées complèts débutant 30 minutes après le lever du soleil et se terminant 30 minutes avant le coucher du soleil.
- **Scénario 2** = 2 journées complètes et une journée restreinte à la matinée, en débutant 30 minutes après le lever du soleil.
- **Scénario 3** = Deux journées restreintes à la matinée et une journée complète.

Ceci est une base de scénario ; le MNHN se tient à disposition des structures consultées pour identifier et mettre en œuvre le scénario adapté au contexte des sites, et suivant les saisons.

3.6 Calendrier du lot 3

Le calendrier prévisionnel propre au lot 3 « Suivis acoustiques et visuels (par stations à la côte, en mer et sur navires d'opportunité) » est présenté en Figure 14.

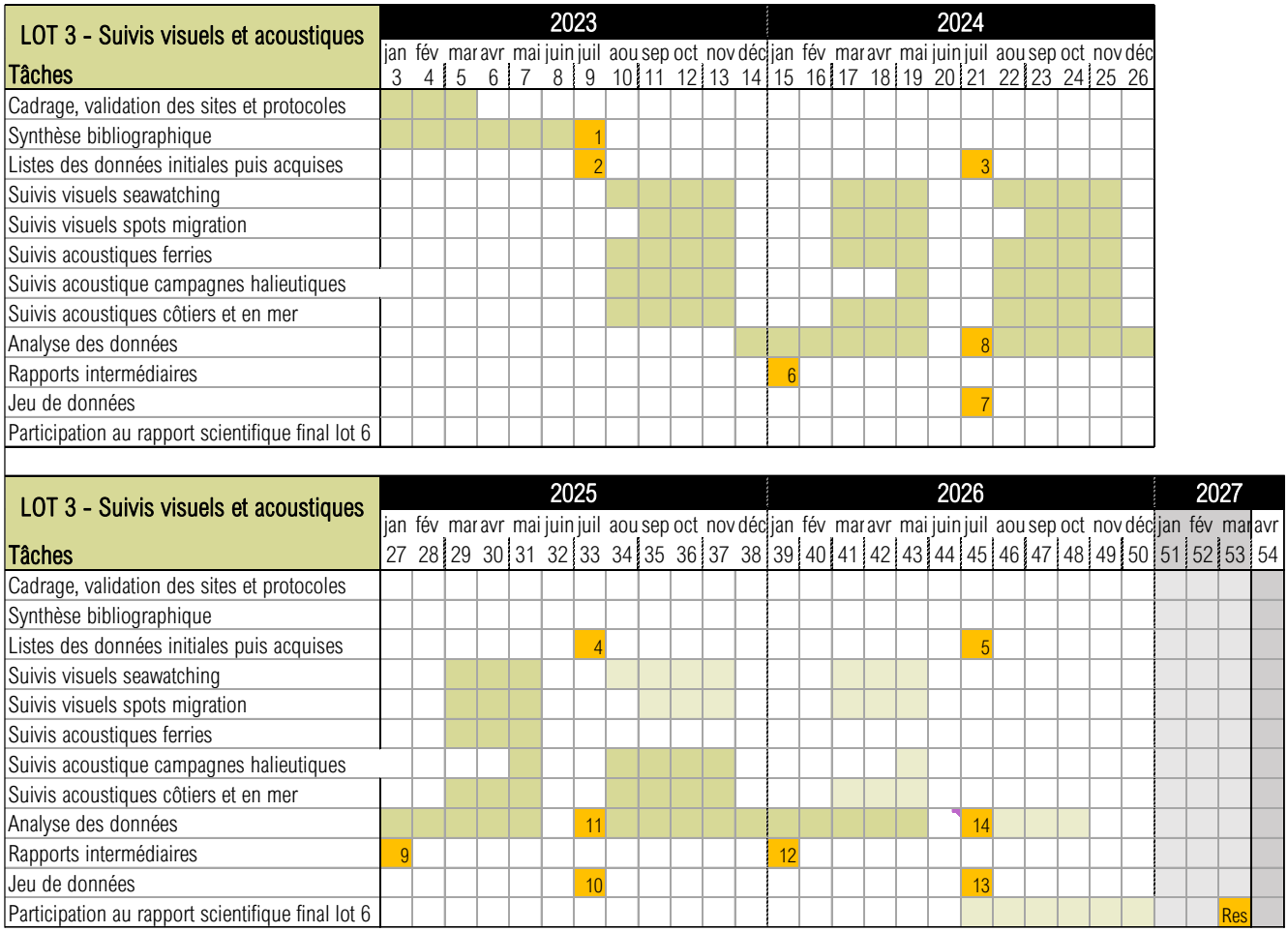


Figure 14 : Calendrier prévisionnel du lot 3 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L3.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP.

Lot 4 Suivis par radar (stations à la côte)

4.1 Consortium du lot 4

Les deux structures co-titulaires du lot « Suivis par radar » du programme MIGRATLANE sont Biotope et Météo-France, accompagnés de deux sous-traitants : l'Institut Ornithologique Suisse de Sempach et l'UMR Marbec (IRD).

La personne en charge du lot 4 MIGRATLANE au lancement du projet est Vincent Delcourt de Biotope (vincent.delcourt@biotope.fr).

Les personnes référentes des autres structures sont :

- Thibault Desert de Météo France (thibault.desert@meteo.fr)
- Baptiste Schmid de l'Institut Ornithologique Suisse (baptiste.schmid@vogelwarte.ch)
- Yann Tremblay de l'UMR Marbec (yann.tremblay@ird.fr).

4.2 Rappel des objectifs

Les objectifs du lot 4 sont d'étudier la migration des oiseaux sur de longues séries temporelles, à deux échelles spatiales : **une échelle fine avec les radars ornithologiques, et une large échelle avec les radars météorologiques.**

➢ Les **radars ornithologiques** permettent de quantifier les flux migratoires diurnes et nocturnes de l'avifaune. Ces radars renseignent entre autres la taille des cibles et leur fréquence de battements d'ailes, permettant ainsi leur classification en grands groupes (*e.g*. insectes, oiseaux d'eau, passereaux) et leur dénombrement précis dans le volume de détection du radar.

Les dispositifs radars déployés à la côte permettront d'acquérir des connaissances par groupes d'espèces et notamment des données :

- D'effectifs dans la zone couverte par les instruments ;
- De hauteurs, directions et vitesses de vol ;
- De densité de passage à travers l'aire d'étude, en fonction de l'heure du jour et de la nuit ;
- De variabilité saisonnière et nycthémérale de ces paramètres.

➢ Les **radars météorologiques** offrent une couverture de l'ensemble du territoire métropolitain, et permettent d'étudier les flux d'oiseaux à une échelle macroscopique. Compte-tenu de l'importance de l'aire d'étude de MIGRATLANE, seuls les radars météorologiques permettront d'étudier les déplacements à l'échelle de façades. **Sur le temps du projet, les données brutes des radars météorologiques seront utilisées en parallèle des radars ornithologiques, pour caractériser et quantifier les flux et voies de déplacements des oiseaux**, en continuité du projet SEMAFOR[1] (2022-2024).

La détection de l'avifaune par radar météorologique permet d'avoir accès à des informations de densité et de direction de vol à **grande échelle** toutes les 5 minutes. Ainsi, l'analyse des détections en fonction du temps permettra de décrire **l'évolution temporelle de la répartition des oiseaux sur le territoire terrestre et marin couvert**. Les altitudes de vol, les directions et les vitesses seront étudiées pour en extraire les tendances à grande échelle ainsi que les routes migratoires privilégiées à des périodes données.

[1] SEMAFOR (france-energies-marines.org)

L'association avec les mesures *in situ* – en chaque site suivi par les radars ornithologiques (données des radars ornithologiques et des autres lots) – permettra d'affiner la quantification du nombre d'oiseaux et de leur taille, localement et à l'échelle de la façade Atlantique/Manche.

Concrètement, suite aux corrections physiques des données brutes, des opérations de classification, quantification et visualisation de la migration seront menées, telles que :

- L'analyse de chaque scan radar (PPI, *Plan Position Indicator*) pour déterminer la présence ou l'absence d'oiseaux dans chaque volume de mesure du radar. Un exemple de visualisation de la classification d'un PPI du radar de Bordeaux est présenté en Figure 15 ;
- La **construction de profils verticaux d'échos biologiques** aux endroits où la mesure est disponible (en altitude et en longitude/latitude) et évaluation de la direction de vol des oiseaux (Figure 16). Ce sont ces données qui serviront de base à l'analyse intégrée des mouvements d'oiseaux ;
- L'analyse des profils verticaux pour affiner la classification des échos ;
- La reconstruction des profils verticaux présentant des altitudes à laquelle aucune mesure n'est disponible ;
- La **quantification du nombre d'oiseaux en fonction de la taille présumée des objets**. La taille présumée est évaluée en fonction des grandeurs radars, de la répartition en altitude et de la phénologie des différentes espèces. Un intervalle de confiance sera calculé pour chaque estimation.

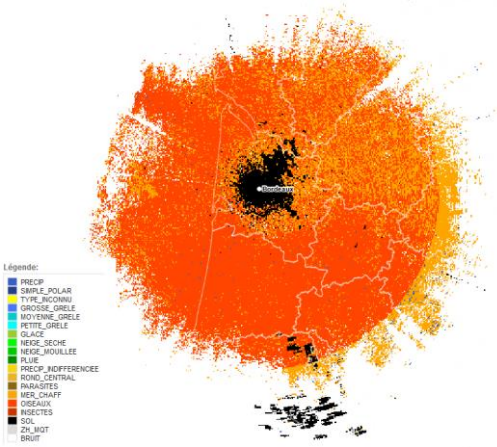


Figure 15 : Visualisation de la classification du PPI (scan radar) au scan le plus bas (0.4°) sur le radar de Bordeaux une nuit de forte migration (10/04/22 à 22h40). La classification des échos d'oiseaux (orange) est faite à l'aide d'un algorithme d'apprentissage supervisé de logique floue

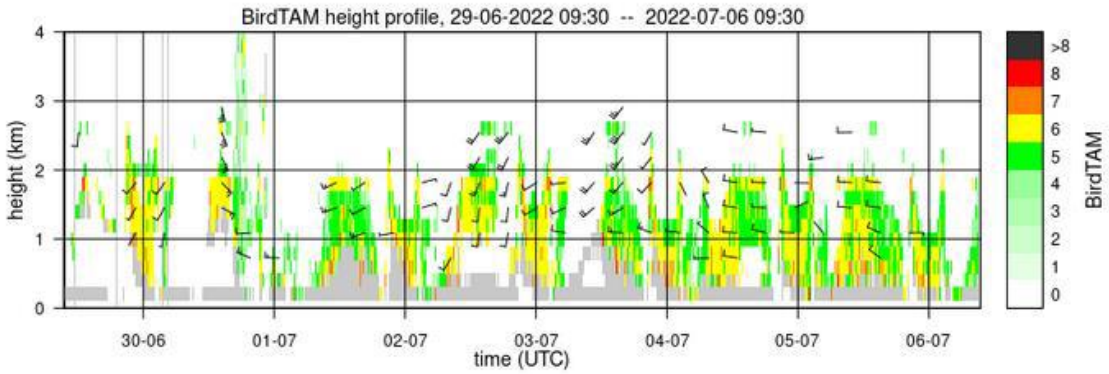


Figure 16 : Répartition en altitude des densités d'oiseaux, au cours du temps.

4.3 Synthèse des données existantes

- **Radars ornithologiques :** données existantes et accessibles

Le lot 4 du programme MIGRATLANE a recensé différents types de données radars déjà acquises sur la zone d'étude. Ces quelques suivis identifiés sont présentés en Tableau 7.

Au total, 11 différents suivis ont été identifiés par le lot 4, dans le cadre du travail de synthèse bibliographique des données existantes (cf. livrable L4.1, Assali et al. 2023 et livrable L4.2). Ces études ont été réalisées soit avec des radars 3D, soit avec des radars horizontaux et/ou verticaux. Environ la moitié de ces études ont alors permis d'acquérir des données sur les trajectoires des oiseaux, et l'autre moitié sur les flux d'oiseaux.

Ces études ont soit été réalisées dans le cadre de projets d'éolien en mer et présentées dans des rapports d'étude d'impact, de mesures de suivi, ou de suivis réalisés par des fédérations de chasseurs (des articles de presse évoquant ces suivis ont été identifiés). Enfin, une dernière étude réalisée par la LPO à la Pointe de Grave a été identifiée (Ruche 2013). La majorité de ces études ont été réalisées au cours des quinze dernières années.

De manière générale, les études de suivi de la faune volante au niveau de l'aire d'étude (Arc Atlantique Nord-Est) apparaissent limitées en nombre. L'acquisition de nouvelles données via le programme MIGRATLANE devrait ainsi permettre de compléter le jeu de données existant.

- **Radars météorologiques :**

L'intégralité des mesures des radars météorologiques sont archivées et stockées sur des serveurs à Météo France. En théorie, il est possible d'extraire et d'utiliser des données de radar météorologiques sur les 20 dernières années pour les radars les plus anciens. Le temps d'extraction est néanmoins relativement long car il est nécessaire de mettre en place les traitements des données brutes stockées : environ 24h d'extraction pour 1 mois de données comptant 9 instances temporelles par nuit. Un choix précis des périodes (ex : mois, nombre de mesures par nuit) et du nombre d'années devra donc être décidé avec les partenaires scientifiques du programme, en cohérence avec les autres jeux de données disponibles.

Tableau 7 : Données existantes issues de suivis radars ornithologiques réalisés sur la zone d'étude MIGRATLANE, et recensées par le lot 4 dans le cadre du travail de synthèse bibliographique.

Type de suivi radar	Type de données	Année(s) de suivi	Source de la donnée (rapport, article, suivi…)	Programme / étude / titre article ou rapport	Porteur(s) / Auteur(s)	Structure du porteur/auteur	Source de l'étude/de la donnée
3D	Trajectoires	12/2021-12/2022	Rapport technique	Etude des mouvements d'oiseaux par radar depuis la côte pour le projet éolien de Dunkerque - Année 1	EMDK / Biotope	Par Biotope pour EMDK	
3D	Trajectoires	04/2023-04/2024?	Acquisition en cours	Etude des mouvements d'oiseaux par radar depuis la côte pour le projet éolien de Dunkerque - Année 2	EMDK / Biotope	Par Biotope pour EMDK	
Horizontal et vertical	Flux Trajectoires	04/2009-01/2010	Rapport d'étude d'impact	Eoliennes en mer de Dieppe et le Tréport - Cahier des expertises - Volet avifaune	EMDT / Biotope	Par Biotope pour EMDT	
Horizontal	Trajectoires	10/2010-04/2011	Rapport d'étude d'impact	Eoliennes en mer de Dieppe et le Tréport - Cahier des expertises - Volet avifaune	EMDT / Biotope	Par Biotope pour EMDT	
Horizontal	Trajectoires	11/2008-10/2009	Rapport d'étude d'impact	Etude d'impact du projet éolien en mer de Fécamp - volet avifaune	EOHF / Biotope	Par Biotope pour EOHF	
3D	Trajectoires	05/2021-04/2022	Rapport de mesure de suivi	Etude des mouvements d'oiseaux par radar depuis le mât de mesure de Fécamp. Rapport final	EOHF / Biotope	Par Biotope pour EOHF	
Horizontal et vertical	Flux Trajectoires (?)	2020-2026	?	?	Ailes Marine / Sense of life	Par Sens of Life Pour Ailes Marines	Disponible ici
Vertical (?)	Flux	10/2017-04/2018	Article de presse	Radar FDC Cayeux-sur-Mer (Somme)	Fédération des chasseurs	Fédération des chasseurs de la Somme	Disponible ici
Vertical	Flux	07/2019-05/2020 : Baie des Veys 07/2020-05/2021 : Baie de Seine	Article de presse	Radar FDC baie des Veys-baie de Seine (Normandie)	Fédération des chasseurs	Fédération Régionale des Chasseurs de Normandie	Disponible ici
Vertical	Flux	13/04-16/05/2018 & 03/07-03/08/2018	Article de presse	Radar FDC Maison de la baie de Canche (Pas-de-Calais)	Fédération des chasseurs	Fédération Régionale des Chasseurs des Hauts-de-France	Disponible ici
Horizontal	Flux	06-14/04/2013 ; 23/04-01/05/2013 ; 11-13/05/2013	Publication	Etude par radar de l'activité de vol des oiseaux pendant la migration prénuptiale 2013 à la Pointe de Grave	Delphin Ruché	Par Azimut Pour LPO	Disponible ici

l'aide de 4 radars ornithologiques fixes (Birdscan MR1, *Swiss Birdradar Solutions*, Figure 17), déployés de façon à :

- Couvrir spatialement la façade concernée
- Permettre une calibration des radars météorologiques.

Figure 17 : Radar BirdScan installé à Arcachon dans le cadre du programme MIGRATLANE.

Le radar BirdScan MR1 est un système radar compact conçu pour la surveillance quantitative à long terme des oiseaux, insectes et prochainement des chauves-souris. Il utilise une antenne à ouverture large de forme conique dirigée verticalement et mise en rotation (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Cette co nfiguration permet d'enregistrer de nombreuses informations pour chaque cible :

- Hauteur de la cible au-dessus du sol ;
- Fréquence de battement d'ailes et surface de réflexion de la cible pour classer les échos en différentes catégories, notamment précipitations, insectes, oiseaux avec sous-groupes (par exemple : passereau, oiseau d'eau, grand oiseau, groupe d'oiseaux) ;
- Direction de vol et vitesse de la cible.

➢ **Radars météorologiques**

Un radar météorologique génère des ondes radios à fort gain et les focalise dans une direction afin de maximiser la distance de détection des objets. Tout objet solide ou liquide, ou tout changement significatif de la densité atomique dans l'atmosphère, renvoi l'onde transmise. L'onde renvoyée est captée par le radar et exploitée pour en déduire des grandeurs physiques apportant des informations sur ce qui compose l'atmosphère. La figure suivante (**Erreur ! Source du renvoi i ntrouvable.**) présente l'installation d'un radar du réseau Aramis où l'on peut voir l'antenne en train d'être recouverte par le radôme, qui la protège des intempéries. Les radars effectuent des scans azimutaux à plusieurs élévations pour avoir plusieurs coupes (*PPI*, *plan position indicator*) de l'atmosphère et les interpréter pour en déduire un comportement volumique toutes les 5 minutes.

Figure 18 : Installation du radar météorologique de Nancy - visualisation de l'antenne et du radôme qui la recouvre (crédits : CMR/IMI).

Pour résumer, les radars ornithologiques et météorologiques sont des instruments complémentaires :

- Les radars ornithologiques informent sur les déplacements d'oiseaux à fine échelle, et permettent une quantification précise et un premier niveau de classification des groupes d'espèces grâce aux caractéristiques des échos (taille, fréquence des battements d'ailes) et des trajectoires (vitesse, direction) et hauteurs de vol.
- Les radars météorologiques informent sur les flux à large échelle des oiseaux migrateurs, en fournissant des données de densité des oiseaux et de direction et de vitesse de vol moyennes.

4.4 Plan d'échantillonnage

4.4.1 Nombre et espèces ciblées

Les radars ornithologiques détectent l'ensemble des cibles volant dans leurs volumes de détection. L'intégralité des espèces d'oiseaux en vol dans les rayons de suivi sera donc détectée, que ce soient des espèces terrestres ou marines. Les insectes sont aussi détectés, et probablement les chauves-souris dans un futur proche. **Le radar ne permettant pas à lui seul d'identifier avec certitude l'espèce** dont il suit la trajectoire, **ni les effectifs** lorsqu'un écho est constitué d'un vol dense de plusieurs individus, les informations obtenues par radar seront complétées par des données provenant de suivis visuels des migrateurs terrestres et des oiseaux marins (lot 3), par enregistreurs acoustiques (avifaune et chiroptères, Lot 3) et par balises télémétriques (Lot 2) issus du programme MIGRATLANE ou portés par différents organismes.

4.4.2 Secteurs d'études

- **Radars ornithologiques**

La répartition spatiale des radars se fera comme suit :

- Un radar sur le même site pendant 3 ans sur la façade atlantique
- Un radar déplacé chaque année sur la façade atlantique
- Un radar sur le même site pendant 3 ans sur la façade Manche
- Un radar déplacé chaque année sur la façade Manche

Le positionnement de la première année a été défini en fonction de la proximité de radars météorologiques côtiers et des autorisations d'émission. Fin juillet 2023, 4 radars ont été installés avec succès sur les sites suivants : bassin d'Arcachon, ile de Noirmoutier, Nord Cotentin et Baie de Somme (Figure 19).

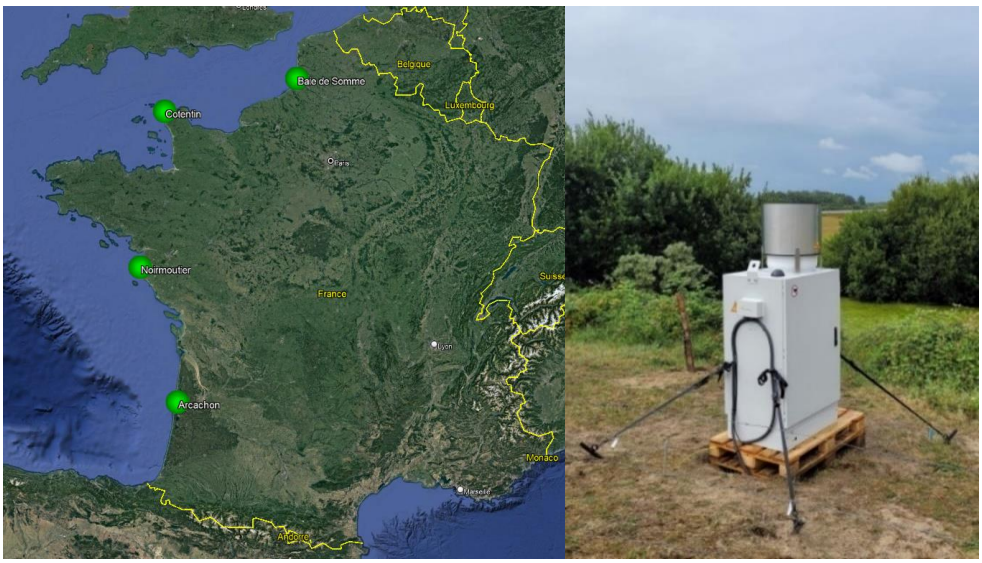


Figure 19 : Localisation des radars ornithologiques installés au cours de la première année d'acquisition des données du programme MIGRATLANE (à gauche) et photographie d'un radar ornithologique (ici installé en Baie de Somme) (à droite).

- **Radars météorologiques**

La couverture des radars météorologiques est présentée en Figure 20. L'ensemble du réseau Aramis opéré par Météo-France sera utilisé dans l'étude, il comprend 31 radars météorologiques (bande C, S et X) permettant de couvrir une grande partie du territoire français et de la façade Atlantique. Pour les besoins du projet, une mosaïque spécifique à la façade Atlantique sera générée pour servir d'outil de visualisation des flux spatiaux et temporels des oiseaux à grande échelle. La portée des mesures des radars météorologiques peut atteindre 250 km, toutefois, l'altitude de mesure évolue avec la distance. Ainsi, dans le cas du projet MIGRATLANE, la distance moyenne de détectabilité se situe plutôt entre 100 km et 150 km du radar pour les bandes C et S et entre 50 km et 100 km pour les radars de bande X dans les meilleurs cas.

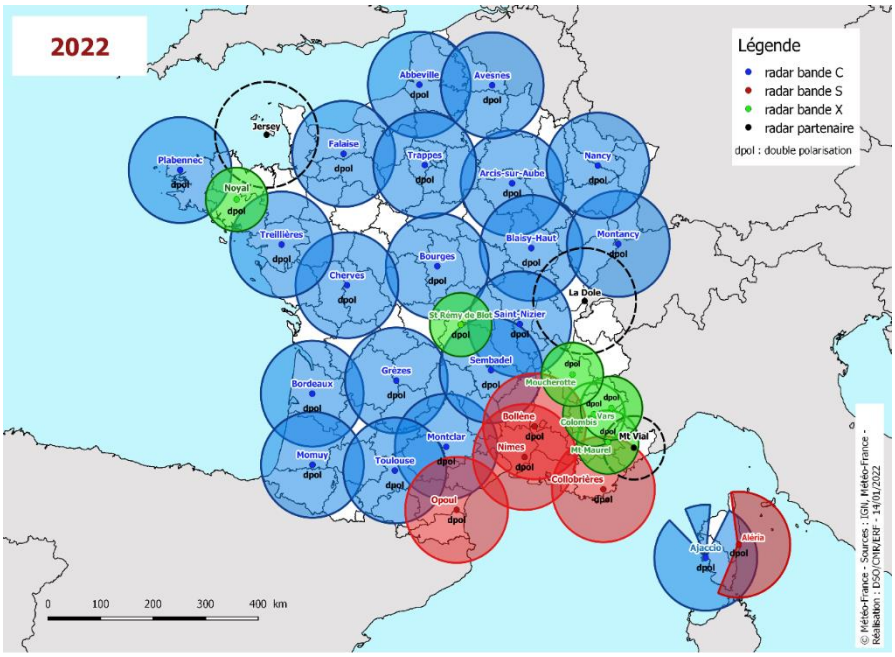


Figure 20 : Localisation des radars météorologiques du réseau ARAMIS.

4.4.3 Fréquence de déploiement

- Radars ornithologiques : Les radars ornithologiques enregistreront les données 24/24h, de juillet/août à juin, au cours des trois années d'acquisition.
- Radars météorologiques : Les mesures seront réalisées en continu sur l'ensemble du territoire et des visualisations seront disponibles toutes les 5 minutes pendant l'ensemble de l'année (24h/24, 7j/7) sous la condition de la disponibilité des radars individuels. Pour les périodes antérieures à l'implication de Météo-France dans le projet, des rejeux seront réalisés pour assurer une continuité des données sur l'ensemble de la période du projet.

4.5 Calendrier du lot 4

Le calendrier prévisionnel propre au lot 4 « Suivis par radar (stations à la côte et en mer) » est présenté en Figure 21.

LOT 4 - Suivis radar	2023												2024											
Tâches	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Cadrage, validation des sites et protocoles																								
Synthèse bibliographique							1																	
Listes des données initiales puis acquises							2												3					
Acquisition de données																								
Analyse des données																			8					
Rapports intermédiaires													6											
Jeu de données																			7					
Participation au rapport scientifique final lot 6																								

LOT 4 - Suivis radar	2025												2026												2027			
Tâches	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Cadrage, validation des sites et protocoles																												
Synthèse bibliographique																												
Listes des données initiales puis acquises							4												5									
Acquisition de données																												
Analyse des données							11												14									
Rapports intermédiaires	9												12															
Jeu de données							10												13									
Participation au rapport scientifique final lot 6																											Res	

Figure 21 : Calendrier prévisionnel du lot 4 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L4.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP.

Lot 5 Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune

5.1 Consortium du lot 5

La structure titulaire du lot 5 « Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune » du programme MIGRATLANE est la société Ecosphère. Le travail du lot 5 sera réalisé avec l'appui TBM Environnement (filiale d'Ecosphère) comme cotraitant. La société Hytech Imaging accompagnera aussi les titulaires de ce lot, sur les aspects digitaux (installation et maintenance de STORMM) et sur l'organisation des vols, comme sous-traitant.

Les moyens humains nécessaires à la réalisation des campagnes aériennes sont : 10 personnes des sociétés Ecosphère et TBM environnement mobilisées pour le programme en gestion de projet/gouvernance et 7 observateurs expérimentés et/ou formés aux techniques d'inventaires de la mégafaune marine. Trois personnes de la société Hytech Imaging viendront appuyer Ecosphère et TBM Environnement dans le cadre de leur sous-traitance.

Les personnes en charge du pilotage du lot 5 MIGRATLANE au lancement du projet sont : Anouk Vacher (TBM Environnement/Ecosphère) (a.vacher@tbm-environnement.com), François Huchin (Ecosphère) (francois.huchin@ecosphere.fr) et Franck Spinelli (Ecosphère) (franck.spinelli@ecosphere.fr).

5.2 Rappel des objectifs

Le lot 5 du programme MIGRATLANE a pour objectif de compléter les connaissances sur la distribution en mer de l'avifaune au niveau de l'arc Atlantique Nord-Est, par la réalisation de campagnes aériennes de recensement de la mégafaune.

Ce type de technique de recensement constitue l'un des meilleurs moyens pour observer la distribution spatiale en mer des espèces de mégafaune à un instant donné, dont notamment l'avifaune, mais également d'autres groupes d'espèces (mammifères marins et grands pélagiques). Ces campagnes peuvent renseigner alors sur les tendances spatio-temporelles de présence de ces espèces en mer. Les campagnes aériennes suivent usuellement un protocole standardisé d'acquisition des données d'observation de la mégafaune (*e.g*. protocole de saisie SAMMOA, Observatoire Pelagis), permettant une bonne uniformité des données entre différentes études. C'est le cas en France où de telles données de mégafaune en mer ont été acquises au cours des dernières années – la plateforme en ligne PelaObs (https://pelabox.univ-lr.fr/pelagis/PelaObs/) permet de visualiser les campagnes déjà réalisées en France (base de données gérée par l'Observatoire Pelagis, UAR 3462 CNRS/La Rochelle Université).

Dans ce contexte, Ecosphère, structure titulaire du lot 5 de MIGRATLANE, a proposé une stratégie d'échantillonnage pour effectuer le suivi de l'avifaune et autre mégafaune marine par campagnes aériennes sur des aires géographiques peu ou pas étudiées lors de campagnes précédentes, et pouvant présenter un enjeu écologique majeur pour l'avifaune/mégafaune (*e.g*. aires de migration potentielles, zones de possibles interactions avec les activités anthropiques, dont notamment les parcs d'éoliennes en mer).

L'objectif de ce lot est ainsi d'acquérir de nouvelles données d'observations aériennes de la mégafaune, complémentaires aux données acquises lors de campagnes précédentes, pour effectuer l'évaluation la plus exhaustive possible des zones fonctionnelles des oiseaux marins. En revanche, la méthodologie prévue pour ce lot (suivis aériens diurnes) ne permettra pas d'effectuer de suivis des chiroptères, puisqu'ils sont nocturnes. Les éléments qui suivent portent donc exclusivement sur l'avifaune.

Le travail de recensement des données existantes a ici été réalisé par le lot 5 sur la base de ces objectifs. Ce travail est synthétisé ci-après.

5.3 Synthèse des données existantes

Des campagnes de suivis aériens de la mégafaune marine sont réalisées en France hexagonale (e.g. Laran et al., 2017; Pettex et al., 2017) et ultra-marine (*e.g*. Laran et al. 2017) depuis plusieurs années. Celles-ci apportent une bonne série temporelle de données de mégafaune marine, utiles pour évaluer la distribution et l'abondance en mer de ces espèces, et les tendances associées (pluriannuelles, saisonnières).

L'état de l'art des données existantes effectué par le lot 5 a porté sur les campagnes aériennes de suivi de la mégafaune marine au niveau de l'arc Manche-Atlantique français (*i.e*. zone d'étude MIGRATLANE). Ce travail a permis d'identifier que 39 campagnes de suivi aérien ont été réalisées en France depuis 1994, date à laquelle la première campagne européenne SCANS (*Small Cetaceans in the European Atlantic and North Sea*) a été réalisée. Certaines campagnes réalisées à une échelle plus locale, en France, sont quant à elles reconduites sur plusieurs années : le programme SAMM (à l'échelle des façades maritimes françaises) et le programme SPEE (à l'échelle des pertuis charentais et de l'estuaire de la Gironde) pilotés par l'Observatoire Pelagis, par exemple.

Les objectifs de MIGRATLANE étant d'acquérir des données récentes sur l'avifaune, le recensement des campagnes a été effectué suivant deux périodes d'étude : campagnes antérieures à 2018 (recensées à titre informatif) et campagnes réalisées depuis 2018 (ciblées pour MIGRATLANE).

5.3.1 Campagnes aériennes antérieurs à 2018

Au total, 14 campagnes de suivi aérien de la mégafaune marine ont été recensées pour la période de 1994 à 2017 (12 campagnes ont eu lieu de 2011 à 2017). Ces campagnes ont été réalisées dans le cadre de programmes à échelle européenne (trois premières phases de SCANS), à l'échelle nationale (deux campagnes SAMM) ou à une échelle locale (neuf campagnes réalisées dans le cadre de constructions futures de parcs offshore d'éoliennes en mer, et une campagne réalisée au niveau de la ZPS Secteur de l'Ile d'Yeu). Elles ont eu lieu à des saisons variables (*e.g*. SCANS exclusivement en été) (voir plus de détails en

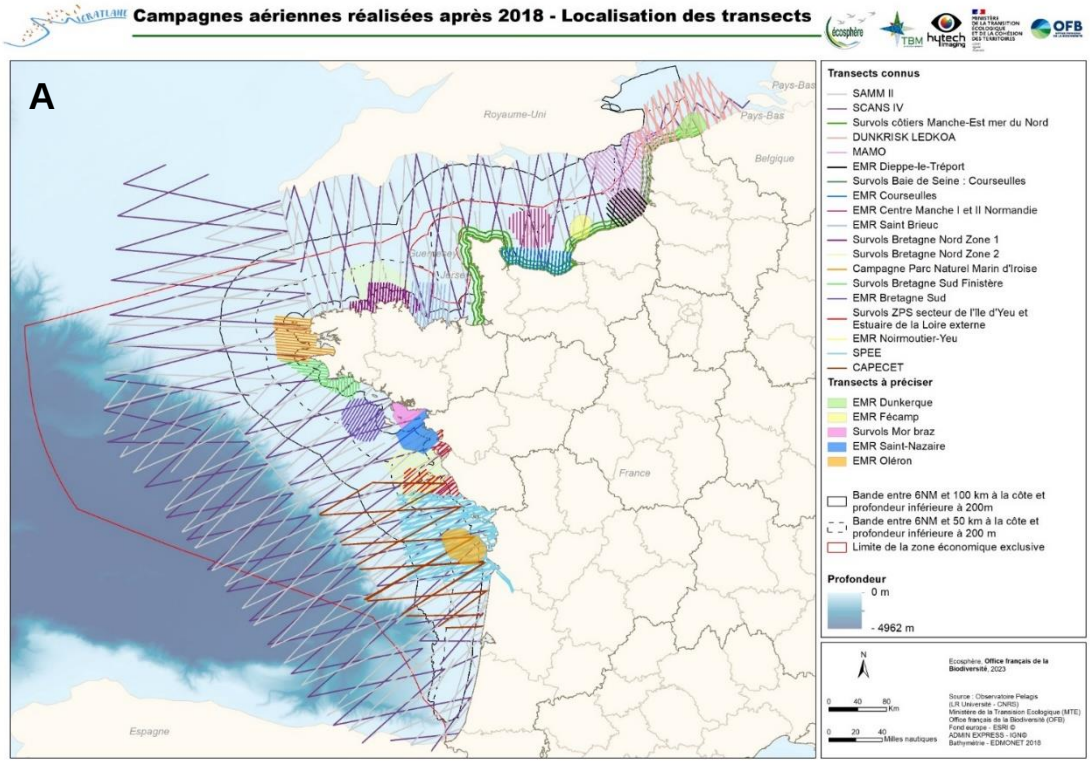
5.3.2 Campagnes aériennes réalisées depuis 2018

Un total de 25 campagnes de suivi aérien de la mégafaune marine réalisées (ou initiées) depuis 2018 ont été recensées par le lot 5 du programme MIGRATLANE, et pourront directement servir ici. Ce recensement reste néanmoins provisoire puisqu'il évoluera tout au long du projet, par ajout de nouvelles campagnes de suivi aérien ou par ajout de campagnes déjà réalisées mais dont l'existence n'a pas encore été rendue publique.

Les données associées sont actuellement stockées sur différentes bases de données par l'Observatoire Pelagis (N = 7), par la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC) (N = 3), par les développeurs d'énergies marines renouvelables (N = 6) et par l'OFB (N = 6). Trois autres campagnes sont en cours de réflexion et/ou de montage : Survol côtier Manche Est-Mer du Nord (récemment publié), Survol PNA Puffin des Baléares (en réflexion) et Survols Mor Braz (en cours de finalisation).

• **Description générale des campagnes**

Une seule de ces campagnes a été réalisée à l'échelle nationale (SAMM II / SCANS IV, 2021-2023), alors que toutes les autres (N = 24) ont été ou sont réalisées à une échelle plus locale (*e.g*. échelle de la zone d'étude d'un projet de parc éolien en mer, échelle d'un Parc naturel marin). La localisation spatiale couverte par chacun de ces suivis (cf. transects associés) est présentée en Figure 22.A, et des détails techniques complémentaires par campagne sont présentés en Annexe 2).



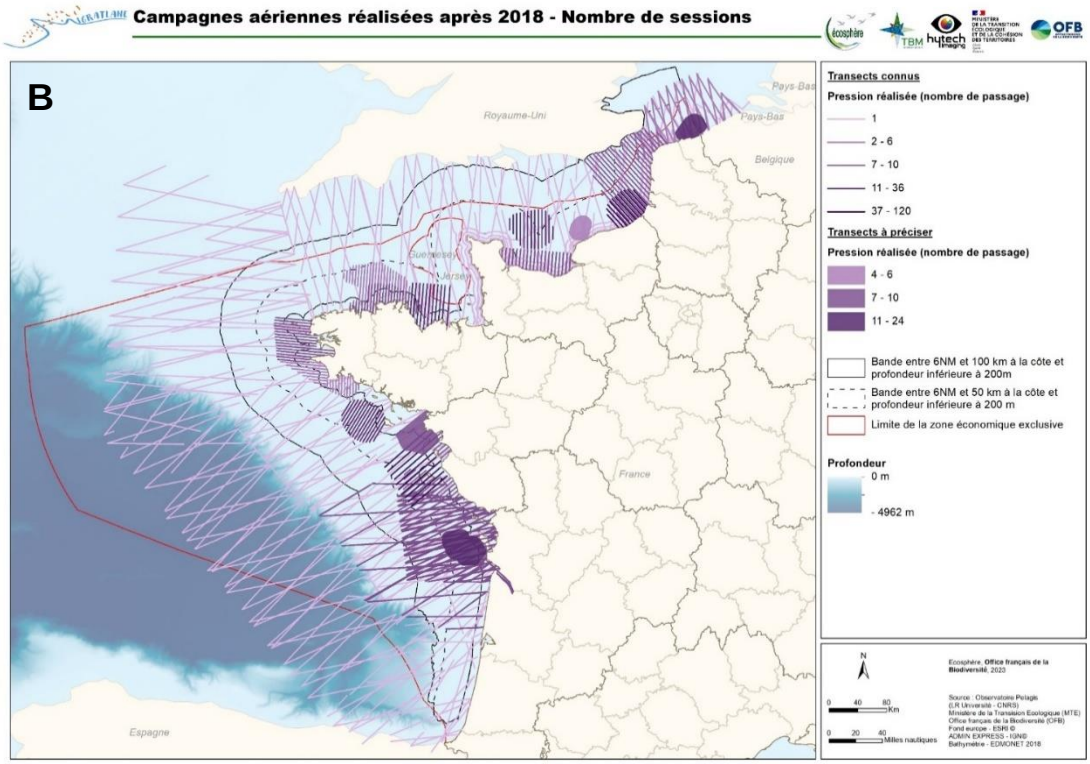


Figure 22 : Couverture spatiale des suivis aériens de la mégafaune marine réalisés au niveau de l'arc Manche-Atlantique depuis 2018, ou prévus jusqu'en 2026. Les transects (ou à défaut les emprises spatiales échantillonnées) sont représentés par nom de campagne (**A**) et par pression d'observation en nombre de passages (**B**).

Une forte hétérogénéité de couverture spatiale est donc à noter, puisque la surface étudiée avec ces campagnes est par exemple de : 1953 km² pour les survols réalisés dans le cadre d'Eoliennes en Mer Dieppe-Le Tréport (EMDT), 35 000 km² pour CAPECET (Golfe de Gascogne de la Loire Atlantique au bassin d'Arcachon), et à 324 616 / 342 751 km² pour SAMM II / SCANS IV (échelle de la France). La couverture spatiale de l'effort d'observation de ces campagnes est généralement supérieure pour les mammifères marins (généralement 20-25% pour les campagnes à échelle locale, 6% pour SAMM II / SCANS IV) par rapport aux oiseaux (généralement 7-10% pour les campagnes à échelle locale, 2% pour SAMM II / SCANS IV). Chacune de ces campagnes implique aussi un effort d'observation temporel différent puisque certaines reposent sur un unique passage de l'avion le long de tous les transects (SAMM II / SCANS IV), alors que d'autres campagnes reposent sur un plus grand nombre de passages (13 passages sur trois ans et sur toutes les saisons pour les campagnes SPEE) (cf. Figure 22.B). Cette disparité permet alors d'identifier que certaines aires d'études sont marquées par un plus grand effort d'observations (*e.g*. au niveau du détroit du Pas-de-Calais, large des Pertuis charentais et de l'estuaire de la Gironde) que d'autres (*e.g*. autour de la pointe du Cotentin). La majorité des campagnes (N = 20) sont (ou vont être) réalisées au cours de plusieurs saisons, excepté pour quelques campagnes spécifiques (*e.g*. campagnes CAPECET réalisées exclusivement en hiver).

Certaines campagnes de suivi de la mégafaune marine ont aussi été complétées par un suivi d'observation digital (prise d'images complémentaires grâce à des caméras installées sous l'appareil ; *e.g*. protocole STORMM), en complément du suivi par observation visuelle. De tels suivis digitaux complémentaires ont été (ou sont) réalisés sur au moins 12 des suivis.

• **Quantification de l'effort total de ces campagnes par « années de suivi »**

Les campagnes de suivi aérien peuvent parfois être réalisées sur plusieurs années consécutives ; le nombre de « campagnes » peut donc difficilement représenter exhaustivement l'effort de suivi réalisé. Un exercice de quantification des *« années de suivi »* a donc été effectué pour chacune des années depuis 2018 afin de mieux caractériser les données déjà acquises (Tableau 8). Pour cela, une campagne a été associée à une unique *« année de suivi »* dès que les suivis aériens avaient été réalisés sur quatre saisons consécutives ou moins. Dans ce cas, si ce suivi (de 4 saisons ou moins) chevauchait deux années civiles consécutives, cette *« année de suivi »* a été associée à l'année civile la plus représentative (*i.e*. qui inclut la plus longue période de suivi). Une campagne réalisée sur plus de quatre saisons consécutives de suivi a quant à elle été quantifiée en plusieurs « années de suivi » (cf. campagnes pluriannuelles). Cette méthode de quantification permet ainsi de bien mesurer l'effort de suivi réalisé (nombre d'années de suivi et surface marine couverte par les campagnes) par année, selon les méthodes d'échantillonnage (suivis visuels *vs* suivis digitaux), selon les taux de couverture, selon les régions et selon les bandes de distance à la côte (zones ultra-côtières, côtières et pélagiques) (Tableau 8).

Les résultats de cet exercice de quantification issus du recensement des données de campagne sont provisoires puisqu'ils sont basés sur les informations disponibles jusque-là. En effet, certaines informations relatives à certaines campagnes n'ont pour l'instant pu être recensées (cf. Annexe 2), et ces résultats pourront donc être mis à jour ultérieurement au cours du projet MIGRATLANE.

La synthèse des campagnes réalisées depuis 2018 (et prévues jusqu'en 2023) a permis de quantifier au moins 53 *« années de suivi »* (cf. nombre de campagnes individualisés par année) couvrant un total de 958 753 km², toutes années cumulées (chevauchements compris entre *« années de suivi »*). La majorité de cette couverture totale (86.8%) est marquée par un non-chevauchement entre campagnes/années de suivi, ce qui s'explique par la réalisation des campagnes à large échelle SAMM/SCANS IV qui couvent de nombreuses aires marines au large, alors que les autres campagnes s'avèrent plu côtières. La couverture spatiale s'avère d'autant plus variable pour les suivis incluant chacune des quatre saisons (245 408 km² en cumulé *vs* 118 967 km² sans cumul), qui sont les suivis à plus petite échelle spatiale et côtiers, ce qui s'explique par la réalisation de suivis pluriannuels sur une même zone (*e.g*. dans le cadre des projets d'éoliennes en mer) et implique un fort chevauchement inter-années.

La réalisation des suivis à large échelle (SAMM/SCANS IV) implique qu'une part importante de la surface totale (plus de 81%) a été prospectée avec un faible taux de couverture (≤ 7%).Ainsi, seuls 17% de la surface totale ont été prospectés avec un taux de couverture supérieur ou égal à 10%. Enfin, ce travail de recensement des données a permis de constater que la majorité des « années de suivis » (nombre de campagnes annualisées) ont été (ou sont) réalisées dans les zones ultra-côtières (< 6 MN) et côtières (6-30 MN), alors que l'effort est nettement plus faible au-delà de 30 MN.

Tableau 8 : Analyse des paramètres des campagnes de suivi aérien de la mégafaune marine postérieures à 2018. Ces campagnes sont quantifiées en *"années de suivi"*, c'est-à-dire par le nombre de campagnes individualisées par années suivies (une année incluant 4 saisons ou moins).

Année	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**>2023**	Superficie couverte sans cumul des *années de suivi*	Superficie couverte avec cumul des *années de suivi*
Nb *d'années de suivi* par observateur	2	1	4	8	4	6	6	-	-
Nb *d'années de suivi* en digital	1	0	3	6	5	5	8	-	-
Nb *d'années de suivi* avec protocole à préciser	0	1	2	2	1	1	8	-	-
Nb *d'années de suivi* (toutes pressions)	2	2	6	9	6	7	21	-	-
Nb *d'années de suivi* (4 saisons)	2	1	5	6	3	5	17	-	-
Superficie avec au moins une *année de suivi* (km²)	11 915	15 759	59 631	389 713	355 835	50 557	75 343	832 434	958 853
Superficie avec au moins une *année de suivi* à chacune des 4 saisons	11 915	14 929	58 801	61 624	7 444	30 583	60 112	118 967	245 408
Dont superficie avec un taux de couverture > ou = à 10%	0	14 929	19 746	27 418	13 083	22 538	48 429	66 877	152 385
Dont superficie avec un taux de couverture 8 à 10%	2 560	/	/	/	/	8045	8045	10 605	18 650
Dont superficie avec un taux de couverture < à 8%	9 354	/	35 158	359 775	342 751	/	/	711 882	747 038
Nombre *d'années de suivi* sans information sur la couverture	0	1	2	2	0	2	8	-	-
Nb *d'années de suivi* dans les Hauts de France (59, 62, 80)		0	1	2	1	0	1	-	-
Nb *d'années de suivi* en Normandie (76, 14, 50)	1	0	1	2	1	1	1	-	-
Nb *d'années de suivi* en Bretagne (35, 22, 29, 56)	1	1	1	2	1	3	3	-	-
Nb *d'années de suivi* dans les Pays de la Loire (44, 85)	0	0	0	3	4	2	3	-	-
Nb *d'années de suivi* en Nouvelle Aquitaine (17)	0	0	0	1	1	2	2	-	-
Nb total *d'années de suivi* en zone ultra-côtière (< à 6 MN)	0	1	2	2	1	1	1	-	-
Nb total *d'années de suivi* en zone côtière (6 à 30 MN)	2	2	6	7	6	7	11	-	-
Nb total *d'années de suivi* en zone pélagiques (> 30 MN)	2	2	6	9	6	7	11	-	-

• **Synthèse cartographique de la pression de suivi aérien depuis 2018 (et jusqu'en 2026) et identification des lacunes**

L'objectif de ce travail de recensement des données existantes vise à identifier les lacunes de connaissances à compenser dans le cadre du programme MIGRATLANE. Dans cette optique, le lot 5 du programme a proposé une carte synthétisant les couvertures des suivis aériens de la mégafaune marine réalisés depuis 2018 (Figure 23). L'objectif premier étant ici de compenser les lacunes sur l'avifaune, le lot 5 a alors décidé de synthétiser la pression d'échantillonnage durant deux périodes : période hivernale et période de reproduction (fin de printemps / début d'été). Ils ont ainsi proposé cinq classes de pression d'échantillonnage :

- Très faible : 1 saison suivie, sur 1 année
- Faible : 1 saison suivie sur 2 années ou 2 saisons sur 1 année
- Moyen : 1 saison suivie sur 3 année ou 2 saisons sur 2 années
- Fort : 2 saisons sur 3 années
- Très fort : plus de 2 saisons sur au moins 3 années ou plus.

Ce travail cartographique visait ainsi à évaluer les secteurs maritimes où de fortes lacunes de connaissances persistent (Figure 23) et aider à la détermination du plan d'échantillonnage pour ce lot.

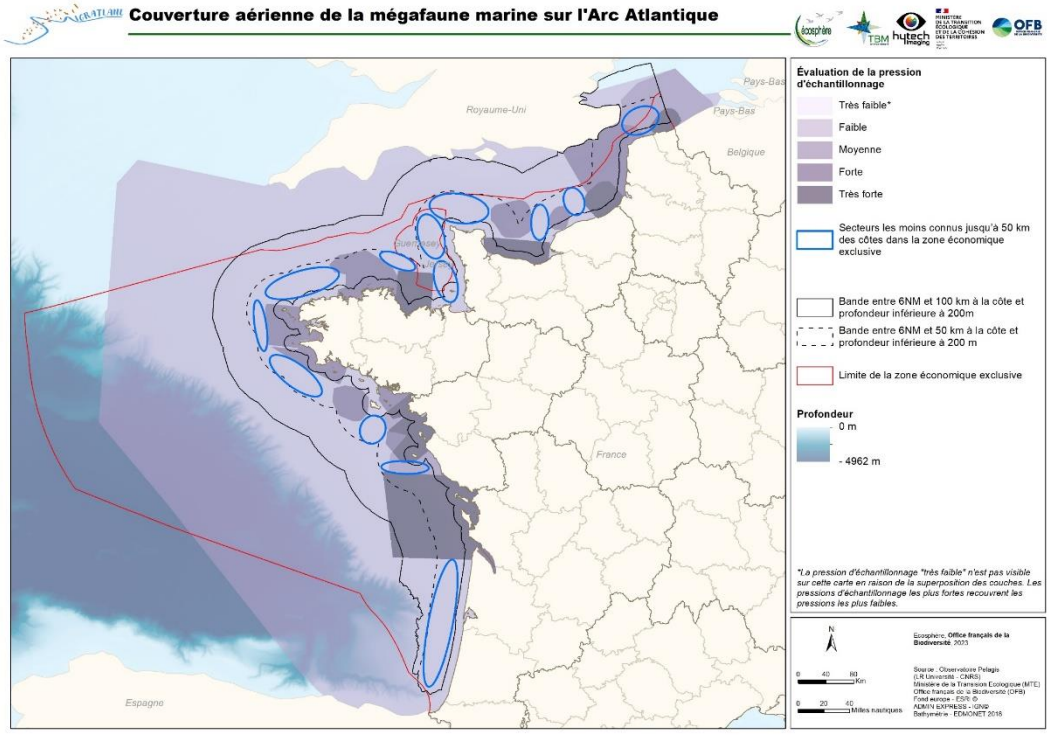


Figure 23 : Pression d'observation des suivis aériens de la mégafaune marine réalisés au niveau de l'arc Manche-Atlantique depuis 2018 et/ou prévus jusqu'en 2026 (gradients de violet), et identification des secteurs de lacunes de connaissances (cercles bleus).

5.4 Protocoles d'acquisition de données

5.4.1 Technologies employées

Les suivis aériens de la mégafaune marine réalisés par avion sont une méthode d'étude permettant d'effectuer un recensement précis de différentes espèces (oiseaux marins/terrestres, mammifères marins, et autre mégafaune) le long de

transects déterminés au sein d'une aire d'étude (e.g. Laran et al., 2017 ; Pettex et al., 2017). La réalisation d'observations visuelles (complétées parfois d'observations digitales) permet de recenser le nombre d'individus observés par espèce (ou à défaut par groupes d'espèces), et ainsi d'évaluer de la distribution spatiale et/ou l'abondance de ces espèces sur l'aire d'étude.

Les campagnes de suivi aérien du lot 5 de MIGRATLANE seront réalisées avec deux types d'avions bimoteurs : le *Britten-Norman 2* et le *Partenavia P.68*. Ceux-ci sont équipés d'ailes hautes et de hublots-bulles latéraux permettant une observation à la verticale du transect. Ces appareils ont une autonomie de travail aérien comprise entre 4 et 8 heures. La hauteur de vol sera la plus basse et la plus lente possible afin d'optimiser les observations : 180 m (600 ft) de hauteur de vol environ à une vitesse de 170 $km.h^{-1}$ (90 kts).

Les survols sont réalisés avec quatre personnes dans l'avion :

- Le pilote qui s'occupe de la navigation, suit les transects définis et signale le début et la fin de chaque transect ;
- Deux observateurs, au niveau des hublots-bulles, qui réalisent les observations de la mégafaune (et les dictent oralement au scripteur) ;
- Un scripteur, qui saisit les observations transmises oralement en utilisant un référentiel de code (par espèce ou par groupe d'espèces) dans le logiciel de saisie SAMMOA (Système d'Acquisition de la Mégafaune Marine par Observation Aérienne, développé par l'Observatoire Pelagis).

Une permutation du scripteur et des observateurs est effectuée toutes les une ou deux heures pour limiter les phénomènes de fatigue et de baisse de vigilance. Le suivi de l'itinéraire du vol est effectué par le scripteur à l'aide du logiciel SAMMOA. Les conditions environnementales sont également saisies. Le logiciel conserve également un enregistrement audio afin d'effectuer une validation des données a posteriori.

Toutes les observations seront recensées, en mettant un focus particulier sur les oiseaux marins, notamment sur les espèces pélagiques et/ou susceptibles d'aller au large, et donc de fréquenter les secteurs d'implantation potentielle des parcs éoliens offshores. L'objectif est d'évaluer les effectifs présents par espèce mais également leur répartition géographique et les potentielles variations temporelles associées (e.g. saisonnières). Le comportement des oiseaux en mer sera également reporté lors des suivis afin de déterminer le rôle fonctionnel des zones pour les individus reproducteurs et hivernants (*e.g.* zones d'alimentation, de repos, de transit). Ces suivis permettront également de collecter des données sur d'autres composantes de la mégafaune : sur les mammifères marins, sur les oiseaux migrateurs terrestres et côtiers, sur les tortues (très rarement observées) et sur les grands poissons pélagiques (*e.g.* requins, raies, poissons lune). Les données brutes de ces espèces seront collectées et intégrées dans la base de données d'observations.

Les observations visuelles réalisées par avion seront complétées par l'utilisation d'un système d'observation digital : le système STORMM, Système de Télédétection Optique aéroporté pour l'aide au Recensement de la Mégafaune Marine, développé par Hytech Imaging. Celui-ci sera déployé à chaque survol. Il sera ici utilisé comme appui aux observations visuelles, ce qui permettra d'optimiser la qualité des données collectées sur la biodiversité marine.

5.4.2 Protocoles d'acquisition des données lors des survols

• **Méthode de Distance Sampling**

La méthodologie générale d'acquisition des données s'appuie sur la technique d'échantillonnage de *Distance Sampling* qui consiste à effectuer des observations le long de transects linéaires préalablement établis dans des conditions homogènes d'observations (cf. vitesse de vol, hauteur de vol, conditions météorologiques) (Buckland et al. 2001). Cette méthodologie est utilisée dans le cadre des autres campagnes réalisées par l'Observatoire Pelagis, notamment pour les campagnes SAMM (*e.g.* Laran et al. 2017).

• **Mise en place et déroulement des vols**

Les survols seront réalisés par conditions météorologiques favorables, respectant les conditions suivantes : pas de précipitations, hauteur du plafond nuageux supérieur à 600 pieds, luminosité suffisante à l'observation, pas de nuages bas ni de brouillard interdisant le décollage de l'appareil. La limite maximale d'un vent à Beaufort 3 (petite brise, 7 à 10 kts) et un état de la mer inférieur ou égal à 3 sur l'échelle de Douglas (mer peu agitée) seront privilégiés pour ces suivis, ces paramètres affectant significativement la détectabilité de la mégafaune. Les conditions météorologiques seront donc scrutées avant chaque potentiel survol.

Des sorties à Beaufort 4 (jolie brise, 11 à 16 kts) pourront toutefois être envisagées sur certains vols en fonction des conditions météorologiques disponibles. Dans le cas où les conditions précitées ne seraient pas disponibles sur certains créneaux, par exemple pendant la période hivernale, un report des survols pourra être envisagé après concertation des titulaires du lot 5 avec l'OFB. Si les conditions météorologiques s'avèrent toujours non favorables lors de la nouvelle période définie, une discussion sera proposée pour décider d'annuler le vol ou de proposer un nouveau report. Hytech-Imaging aura la responsabilité de la décision du déclenchement des missions en fonction des conditions météorologiques.

• **Protocole d'observation visuelle**

La méthodologie générale s'appuie sur la technique de l'observation visuelle le long de transects linéaires préalablement établis nommée *« Line transect - Distance sampling »* (Buckland et al. 2001). Les observations sont multi-cibles, afin d'optimiser les vols et d'acquérir ainsi toutes les données qui pourraient servir (à d'autres futures études, par exemple).

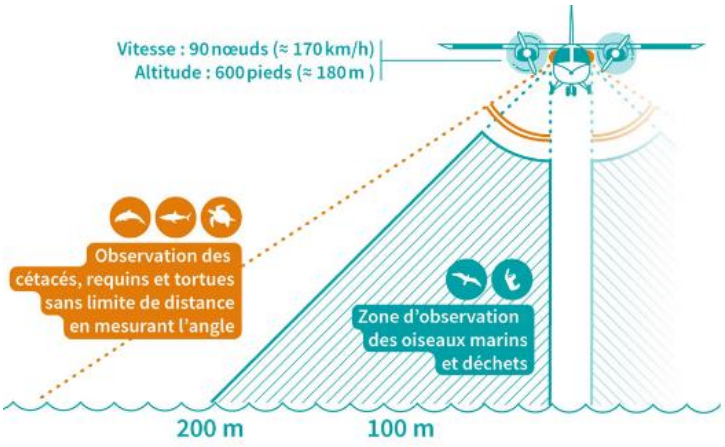


Figure 24 : Représentation schématique du protocole d'acquisition de données d'observations visuelles lors de suivis aériens de la mégafaune marine. Source de l'image : Observatoire Pelagis.

Selon les taxons relevés, deux échantillonnages sont réalisés : un échantillonnage en bande *« strip transect »* (en bleu en Figure 24) et un échantillonnage avec une mesure d'angle pour estimer la distance au transect *« distance sampling »* (en orange en Figure 24) (voir également les différences en Figure 25). Les oiseaux, les méduses, les bouées de pêche et les déchets sont relevés dans une bande de 200 m de part et d'autre du trajet suivi par l'avion. Un angle est relevé pour les autres taxons (cétacés, élasmobranches, tortues et grands poissons pélagiques). Cette méthode possède l'avantage de produire des données de distribution spatiale et d'estimer des densités relatives, assorties d'un intervalle de confiance.

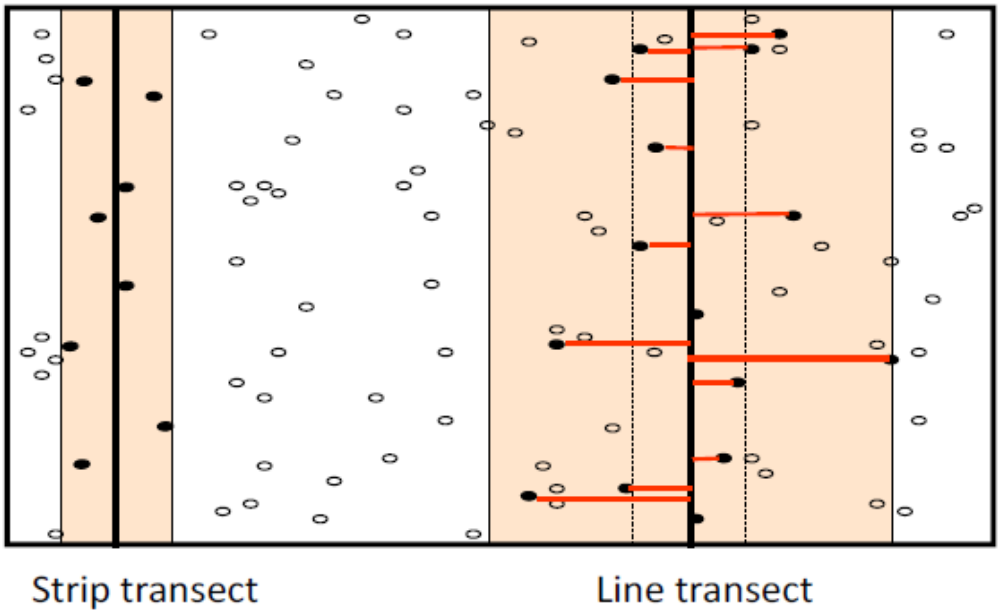


Figure 25 : Comparaison des méthodes de transect en bande *Strip transect* et de transect en ligne *Line transect*. Le transect en bande repose sur l'idée que tous les objets présents dans une bande de largeur prédéfinie sont vus (représentés par des points noirs). Le transect en ligne prend en compte la part d'observations manquées (représentées par des points blancs).

Différentes informations sont relevées pour chacune des observations, suivant le type d'observation réalisé (Tableau 9).

Tableau 9 : Informations relevées pour chaque observation effectuée lors d'un survol, selon différents groupes d'espèces ou d'objets observés.

	Bande	Angle (*)	Age	Taille de groupe	Signal détection (cue)	Direction de nage	Comportement***	Présence et nombre de jeunes
Oiseaux marins	200 m (en vol/posé)		Juv./imm./ad./NA**	x			FE/FA/SB/NA	
Mammifères marins		x		x	x	x	x	x
Autres mégafaune (requins, tortues…)		x		x				
Méduses	200 m			x				
Déchets	200 m			X				
Navires	500 m			X				
Bouées (engin de pêche)	200 m			x				

*Pour les goélands et fous de Bassan uniquement. **NA : non observé; Juv. : juvénile ; imm. : immature ; ad. : adulte. ***FE : alimentation ; FA : Alimentation avec plusieurs espèces ; SB suivi bateau de pêche ; NA : non connu.

• **Protocole d'observation digitale (STORMM)**

La technologie numérique STORMM permet d'acquérir des images à très haute résolution sur une large fauchée. Cet outil peut être utilisé seul ou en complément de la méthode d'observation visuelle, afin d'optimiser la qualité des données collectées sur la biodiversité marine. Il permet notamment d'améliorer l'identification de certaines espèces, l'estimation de la taille des groupes ou la distinction de différentes espèces au sein des groupes multi spécifiques. L'outil STORMM

permet d'effectuer une sauvegarde numérique des observations visuelles (par image) sur une fauchée de 400 m (Figure 26), et permet ainsi de constituer un stock d'images utiles au développement de fonctions de détection automatisées. Les images sont acquises par quatre caméras photographiques (capteurs CMOS, résolution de 50 mégapixels) munis d'optiques adaptés à la hauteur de vol. La résolution spatiale est comprise entre 0.9 et 2.0 cm sur l'ensemble des 400 m de fauchée.

Ce système est également doté d'un GPS permettant de géolocaliser l'ensemble des images acquises, et ainsi effectuer les analyses a posteriori. Plus de détails techniques sont présentés sur le site web d'Hytech-Imaging (https://hytech-imaging.fr/stormm/) et dans le rapport de synthèse bibliographique du lot 5 (livrable L5.1 ; Huchin et al. 2023).

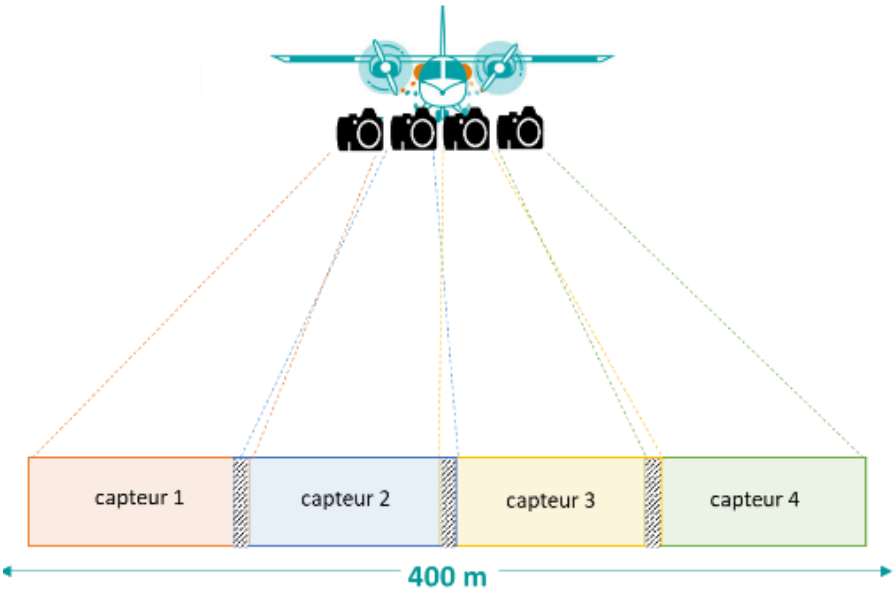


Figure 26 : Zone d'observation et distances considérées à la surface pour le relevé des différents types de mégafaune marine et fauchée du système d'acquisition digital embarqué STORMM – Hytech-Imaging / Observatoire Pelagis.

Les données digitales obtenues avec cette technologie seront finalement synchronisées avec les données d'observations visuelles obtenues avec le logiciel SAMMOA. Les images considérées comme « exploitables », c'est-à-dire avec des critères d'identification visibles, seront analysées afin de classifier l'observation initiale selon quatre statuts d'identification :

- **Identification confirmée** : le taxon est confirmé quel que soit son niveau (groupe, genre, espèce)
- **Identification spécifiée** : le taxon est précisé, le plus souvent à l'espèce
- **Identification corrigée** : le taxon à l'observation est faux et a pu être corrigé et attribué à un autre taxon quel que soit le niveau (groupe, genre, espèce),
- **Identification dégradée** : le niveau taxonomique est dégradé lorsqu'un critère visible sur l'image permet de contredire formellement l'identification de l'observation visuelle.

Certains paramètres d'observation (tels que les effectifs de groupes, les espèces) peuvent ainsi être précisés grâce aux observations digitales.

5.5 Plan d'échantillonnage

5.5.1 Nombre et espèces ciblées

Les campagnes de suivi aérien visent à identifier les espèces (ou groupes d'espèces) des individus de mégafaune marine observé lors du suivi, sans sélection spécifique d'espèces cibles. Les survols réalisés dans le cadre du lot 5 de MIGRATLANE ont pour objectif premier d'acquérir de nouvelles données sur l'avifaune pour répondre aux enjeux du programme. Les titulaires du lot 5 ont donc répertorié les espèces (ou groupes d'espèces) précédemment observées sur la zone d'étude lors de différentes campagnes de suivi aérien (voir la synthèse bibliographique associée, livrable L5.1). Les conditions d'observations ne permettent pas d'aller à l'identification de l'espèce taxonomique dans certains cas, et nécessitent d'attribuer un groupe (morphologique) d'espèces à l'individu observé (*e.g*. « goélands noirs » qui regroupent plusieurs espèces de goélands).

Les différents groupes d'espèces déjà observés sont par exemple : les alcidés, les sulidés, les goélands spp., les grands laridés gris, les grands laridés noirs, les moyens laridés gris, les petits laridés (mouettes), les sternes, les hydrobatidés (océanites spp.), les grands puffins, les petits puffins, les autres procellariidés, les stercorariidés (labbes spp.), les plongeons, les anatidés, les phalacrocoracidés (cormorans spp.), les podicipedidés (grèbes spp.), les limicoles spp. et les autres espèces (*e.g*. passereaux spp.). L'identification à l'échelle de l'espèce peut uniquement se faire lorsque les conditions d'identifications sont réunies, et quand la distinction entre différentes espèces semblables est certaine.

Les différentes espèces les plus fréquemment rencontrées sont décrites dans le livrable L5.1.

5.5.2 Proposition de plan d'échantillonnage sur le secteur d'étude

Le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) du programme MIGRATLANE a intégré des précisions sur le cadre dans lequel le plan d'échantillonnage doit être mis en place :

- *« […] le projet se focalisera sur les types d'environnement les plus susceptibles de faire l'objet de projets éoliens en mer : zones relativement peu profondes (moins de 200 m) et peu éloignées de la côte (moins de 100 km). Le candidat proposera une stratégie d'échantillonnage permettant de décrire principalement les zones fonctionnelles pour les oiseaux marins au sein de ce « périmètre » favorable à l'éolien. Dans la/les zone (s) retenue(s), le taux de couverture spatiale devra atteindre au moins 10% de la surface et l'échantillonnage devra être aussi homogène que possible. »*
- *« […] ces campagnes devront être réalisées a minima pendant les périodes d'hivernage et de reproduction. ».*

Les titulaires du lot 5 de MIGRATLANE avaient fait une proposition initiale de plan d'échantillonnage (cf. offre initiale). Cette proposition a évolué, suite à la réalisation de groupes de travail entre le lot 5, le maître d'ouvrage, et les lots 1 (coordination) et 6 (analyses combinées et appui aux choix des protocoles d'échantillonnage). Au cours des réunions de travail du 27/05/2023 et du 18/09/2023, le maître d'ouvrage (OFB) a rappelé les attentes sur le plan d'échantillonnage (cf. extraits du CCTP ci-dessus) et l'importance de prioriser un suivi sur les secteurs : 1) présentant des lacunes de connaissances sur la fréquentation/distribution de l'avifaune, 2) où un développement de l'éolien est pressenti à court ou moyen terme.

Le plan d'échantillonnage finalement retenu suit donc ces recommandations, et possède les caractéristiques présentées ci-après. Les survols seront donc effectués :

- Par observations visuelles et digitales simultanées ;
- Globalement dans une bande de 10 à 50 km à la côte mais ponctuellement (façade Loire-Atlantique) jusqu'à 100 km, dans les eaux françaises, là où le développement de projets d'éoliennes en mer est pressenti pour les prochaines décennies. Aucun suivi n'est proposé dans le secteur des îles anglo-normandes (hors territoire national) ou celui du Finistère Sud (faible probabilité de développement de parcs éoliens) ;
- Sur quatre sites prioritaires, répartis inéquitablement entre la Seine-Maritime et l'estuaire de la Loire (les secteurs plus au Nord ou au Sud étant déjà bien connus) ;

- Sur trois années, en périodes d'hivernage et de reproduction ;
- Avec un taux de couverture cible de 10 %.

Les secteurs d'échantillonnages retenus sont présentés en Figure 27.

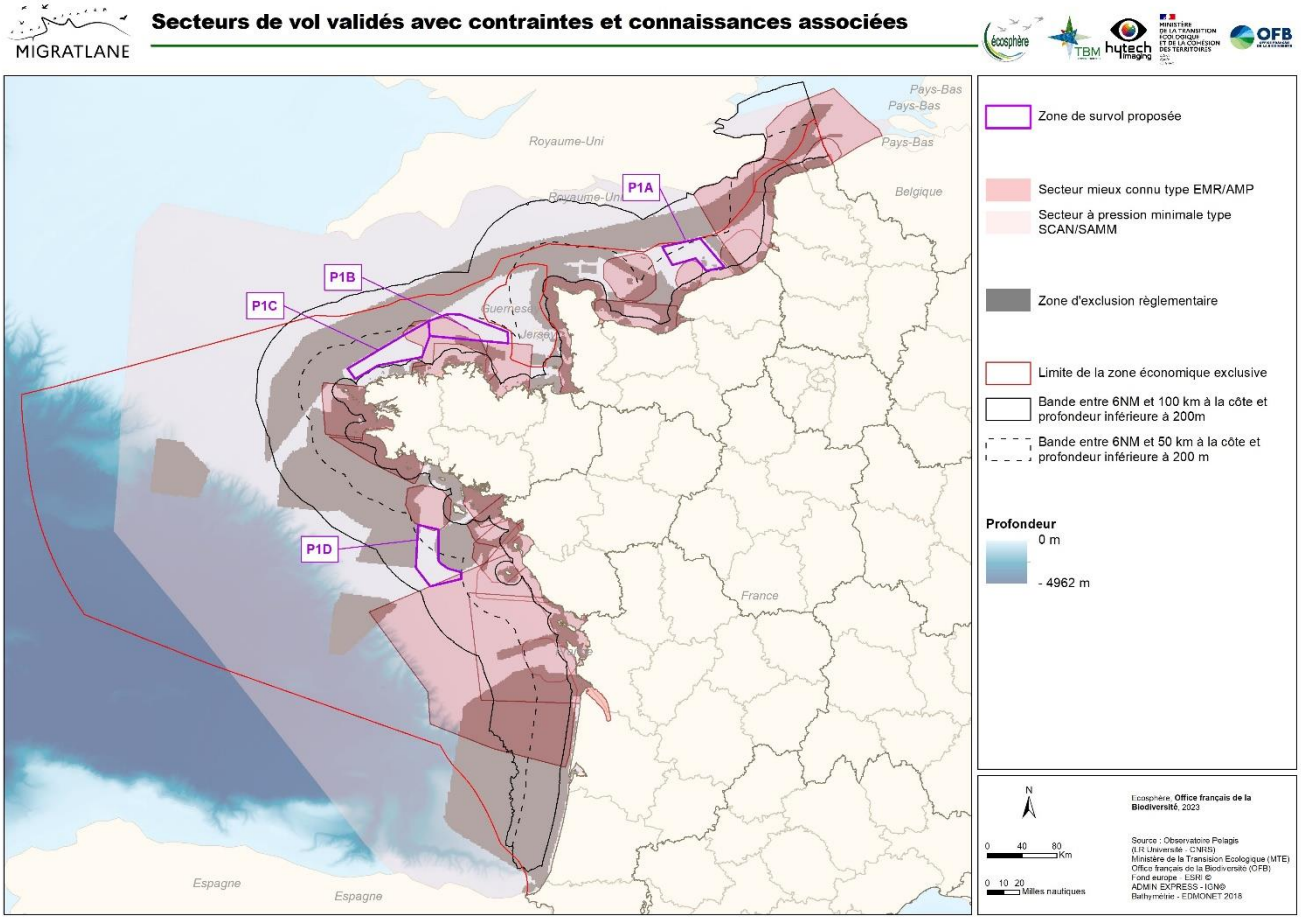


Figure 27 : Plan d'échantillonnage proposé pour les suivis aériens de la mégafaune marine qui seront réalisés dans le cadre du lot 5 de MIGRATLANE. Les secteurs les mieux connus sont représentés en gradients de rouge (cf. identification des pressions d'observation en Figure 23), et les secteurs d'exclusion réglementaire sont en gris foncé.

Un premier plan de vol a finalement été proposé, au niveau des quatre secteurs d'échantillonnage retenus, par Hytech Imaging (Figure 28). Cette proposition de plan de vol a été communiquée au lot 1 le 08/11/2023, et permettra la réalisation des premiers survols dès décembre 2023. La distance totale de ce plan de vol est estimée à 1895 km, et le temps nécessaire pour le réaliser est de 907 minutes.

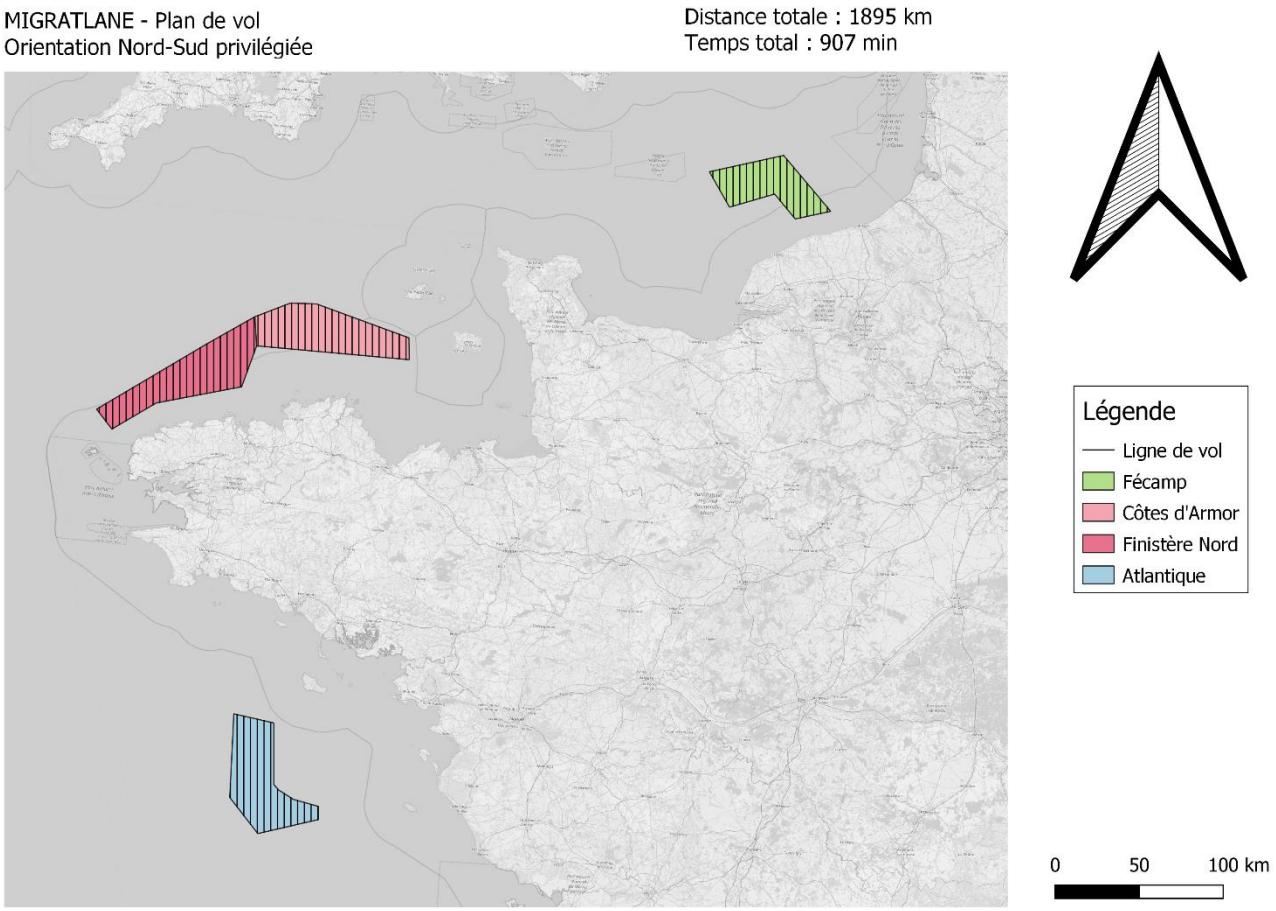


Figure 28 : Proposition de plan de vol, incluant les transects de vols au niveau des six secteurs d'échantillonnage retenus pour effectuer les suivis aériens de la mégafaune marine dans le cadre du lot 5 de MIGRATLANE. Les estimations de distance et de temps associés à ces survols sont indiquées.

L'équipe d'observations visuelle et digitale sera organisée pour être mobilisable 7j/7 durant les périodes de vol prévues pour saisir les créneaux météorologiques les plus favorables. Un pool d'observateurs complémentaires sera également mobilisable ponctuellement.

5.5.3 Calendrier et fréquence des survols

Les campagnes d'observations aériennes (visuelles et digitales en simultanées) seront réalisées le long de l'ensemble des transects au cours de deux périodes pour chaque année de suivi : en période d'hivernage (décembre-janvier) et en période de reproduction (mai-juin).

Les campagnes de suivi aérien seront réalisées au cours de trois années de suivi, et les premières campagnes débuteront donc en décembre 2023.

5.6 Calendrier du lot 5

Le calendrier prévisionnel propre au lot 5 « Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune » est présenté en Figure 29.

LOT 5 - Suivis par campagnes aériennes	2023												2024											
Tâches	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Cadrage, validation des sites et protocoles																								
Synthèse bibliographique							1																	
Listes des données initiales puis acquises							2												3					
Acquisition de données - campagnes aériennes																								
Analyse des données																			8					
Rapports intermédiaires													6											
Jeu de données																			7					
Participation au rapport scientifique final lot 6																								

LOT 5 - Suivis par campagnes aériennes	2025												2026												2027			
Tâches	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Cadrage, validation des sites et protocoles																												
Synthèse bibliographique																												
Listes des données initiales puis acquises							4												5									
Acquisition de données - campagnes aériennes																												
Analyse des données							11												14									
Rapports intermédiaires	9												12															
Jeu de données							10												13									
Participation au rapport scientifique final lot 6																											Res	

Figure 29 : Calendrier prévisionnel du lot 5 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L5.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. Mise à jour : les livrables L5.6, L5.9 et L5.12 sont finalement attendus respectivement pour les 15 mars 2024, 2025 et 2026 ; décision validée en Comité de Pilotage (17/11/2023) suite à l'identification d'une incohérence de calendrier lié à la réalisation de survols en période d'hivernage (décembre-janvier).

Lot 6 Analyse combinée des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets

6.1 Consortium du lot 6

La structure titulaire du lot 6 « Analyse combinée des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets » du programme MIGRATLANE est le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (UMR 5175 CEFE - CNRS).

La personne chargée du pilotage du lot 6 de MIGRATLANE au lancement du projet est Aurélien Besnard (DR EPHE, aurelien.besnard@cefe.cnrs.fr). Il est assisté d'Olivier Gimenez (DR CNRS, olivier.gimenez@cefe.crns.fr) et de David Gremillet (DR CNRS, david.gremillet@cefe.cnrs.fr).

6.2 Rappel des objectifs

L'objectif du lot 6 est de développer et de mettre en œuvre des méthodologies de traitement et d'analyses statistiques des données acquises par l'ensemble des moyens déployés dans les lots 2 à 5 afin de caractériser de manière fiable et robuste l'utilisation de l'espace par la faune volante en mer sur l'ensemble de la zone d'étude. Il s'agit en particulier de :

- Veiller à la cohérence des différents plans d'échantillonnage spatio-temporels prévus dans les lots 2 à 5 pour s'assurer que les données obtenues pourront être comparées et agrégées dans des analyses combinées ;
- Proposer une analyse critique des jeux de données acquis et notamment de leur représentativité spatio-temporelle ;
- Identifier, sélectionner et développer, le cas échéant, des méthodes d'analyses des données permettant leur combinaison pour répondre aux objectifs du programme MIGRATLANE ;
- Mobiliser les méthodes identifiées et/ou développées pour modéliser l'utilisation de l'espace par la faune volante de la zone d'étude à partir des données des lots 2 à 5 mais aussi de données issues d'autres projets déployés dans la zone (études d'impacts de parcs, suivis de colonies d'oiseaux marins par des associations, programmes de télémétrie antérieurs, etc).

Concernant les deux derniers points, le cadre d'analyse sera nécessairement différent suivant la manière dont la faune volante utilise la zone : oiseaux marins nicheurs vs oiseaux migrateurs par exemple. La caractérisation de l'utilisation de l'espace par les oiseaux marins nicheurs aura plus attrait à des zones utilisées pour l'alimentation et le nourrissage des jeunes quand l'utilisation de l'espace par les migrateurs aura plus attrait à la caractérisation de l'organisation des flux migratoires.

Dans les deux situations, l'analyse combinée des données produites par les différents lots implique à la fois une forte technicité autour de la modélisation statistique mais aussi du développement méthodologique.

6.3 Méthodes d'analyses prévues

Le lot 6 étant dépendant de la récolte des données des lots 2 à 5, le démarrage du lot 6 est décalé par rapport aux autres lots. Ainsi, le lot 6 n'a officiellement démarré qu'au mois de juillet 2023, notamment à travers l'arrivée d'un postdoctorant en septembre 2023 (Sébastien Roques). Un second postdoctorant rejoindra l'équipe de recherche du lot 6 à partir du 1er janvier 2024.

Les réflexions concernant les méthodes d'analyses envisagées pour le lot 6 de MIGRATLANE ont débuté dès l'arrivée de Sébastien Roques. Elles portent en priorité sur le potentiel de mobilsation pour MIGRATLANE des méthodes développées dans le cadre du programme MIGRALION et s'attachent aussi à identifier les futurs développements méthodologiques qui seront nécessaires pour combiner les différentes sources de données issues du programme MIGRATLANE (en particulier les données nouvelles en comparaison avec MIGRALION, par exemple les données radar météo).

Modélisation intégrée des données de comptages et de télémétrie (faune résidente & hivernante)

Partant du constat que les exemples concrets de modélisation conjointe de données de comptages et de télémétrie sont rares et peu aboutis (Matthiopoulos et al. 2022), le programme MIGRALION (encore en cours), a eu pour objectif de développer une nouvelle méthode permettant l'intégration de données de comptages provenant de transects bateau (mais cela pourrait aussi être des données collectées par avion) et de données provenant de tracés GPS individuels sur les oiseaux marins nicheurs dans le but de modéliser leur utilisation de l'espace en deux dimensions (latitude, longitude). Le modèle développé dans MIGRALION caractérise l'utilisation de l'espace en estimant des paramètres de sélection d'habitat pour différentes variables environnementales (e.g. profondeur, température de l'eau, distance à la colonie). Le processus écologique de sélection d'habitat est informé conjointement par i) les trajets GPS des oiseaux équipés via une *Step Selection Function* (Michelot et al. 2019, 2020), et ii) les données de comptages en mer via un modèle d'*occupancy* (MacKenzie et al. 2017). La méthode a été testée sur des données simulées et sur les données de Sterne caugek (*Thalasseus sandvicensis*) collectées en Méditerranée. Ce développement méthodologique est aujourd'hui maîtrisé par l'équipe travaillant sur le lot 6 de MIGRALION. La méthode est tout à fait pertinente et adaptée aux données collectées dans MIGRATLANE, elle sera facilement transférable pour ce programme. Pour plus de détails sur la méthode, voir le Livrable N°32 de MIGRALION (Lauret et al. 2022).

Modélisation intégrée des différentes données de comptages

De nombreuses données de comptages sont disponibles pour analyser l'utilisation de l'espace par l'avifaune résidente. Par exemple, les survols aériens (Survol Aérien de la Mégafaune Marine - SAMM), les suivis en bateau de l'IFREMER (*e.g*. campagne PELGAS). Le lot 5 de MIGRATLANE permettra aussi de collecter des données de survol aérien. Bien que ces jeux de données de comptages soient collectés avec des protocoles différents, leur combinaison formelle dans un même modèle intégré est réalisable à travers des modèles d'*occupancy* intégrés (Lauret et al. 2021). La modélisation intégrée des jeux de données de comptages est actuellement en cours sur les oiseaux marins de Méditerranée dans le programme MIGRALION. L'approche semble fonctionnelle mais les jeux de données disponibles en Méditerranée sont bien plus homogènes (en termes de couverture spatiale notamment) que les données disponibles dans la cadre de MIGRATLANE. Nous ré-utiliserons les approches de MIGRALION en les adaptant au contexte de l'arc Atlantique Nord-Est. L'objectif du lot 6 dans un premier temps sera d'évaluer la pertinence des jeux de données candidats à l'intégration, puis de développer un modèle permettant de prendre en compte les spécificités de chaque protocole. Ce travail pourra notamment s'appuyer sur les résultats du programme OWFSOMM qui étudie l'inter-calibration entre les survols aériens réalisés par observateurs visuels et par digital pour la détection de l'avifaune. Une partie du travail consistera aussi à déterminer si tous les jeux de données peuvent être intégrés dans un même cadre d'analyse. En effet des données "confettis" collectées sur de petites zones, un peu partout mais avec des protocoles tous différents, seront plus difficiles à intégrer qu'un suivi à large échelle. Alors que les modèles estiment l'utilisation de l'espace par une espèce en fonction de variables environnementales (par exemple la profondeur), une couverture spatiale morcelée de petites zones ne permettra pas de recueillir des données le long de toute la gamme de valeurs des variables environnementales, ce qui peut être un problème pour d'estimer le lien entre cette variable et la distribution des espèces. Par exemple des suivis seulement côtiers ne collectent pas d'information sur les zones profondes et le modèle ne produira pas de résultat fiable de la distribution au large. Nous devrons donc réaliser des études de simulations pour estimer dans quelle mesure la disposition en « confettis » des plans d'échantillonnage constituera un problème pour l'intégration. Ce travail donnera lieu à la production de cartes d'utilisation de l'espace pour toutes les espèces d'oiseaux pour lesquelles les données sont disponibles en quantité suffisante.

Modélisation de la distribution des altitudes de vol : données radars & télémétrie

L'altitude de vol est mesurée par différentes technologies mobilisées dans Migratlane. Les GPS/GLS relèveront les altitudes de vol des oiseaux, tout comme les données issues des radars ornithologiques (Horton et al. 2016). Les données de GPS et de GLS mesurent cependant l'altitude de vol des oiseaux équipés tout au long de leur parcours. Les radars ornithologiques relèvent, quant à eux, les altitudes de vol des oiseaux à la côte. Au contraire des radars ornithologiques, les altitudes ne sont pas estimées par les observateurs lors des comptages côtiers. Nous avons donc à notre disposition les GPS/GLS, les radars ornithologiques et possiblement les radars météorologiques (suivant l'extraction des données) pour mesurer l'altitude de vol. Il est important de noter que ces sources de données n'offrent par contre pas la même résolution spécifique (espèce pour les GPS/GLS, groupes d'espèces pour les radars).

Pour mieux comprendre les facteurs influençant la distribution des altitudes de vol, nous inclurons des covariables environnementales abiotiques (*e.g*. la distance à la côte, profondeur) et météorologiques (e.g. vitesse du vent au moment de la mesure, pression atmosphérique). Nous analyserons conjointement les différentes données d'altitude collectées par GPS/GLS et par radar au sein d'un même processus écologique décrivant l'altitude de vol z. Cette analyse passera par un modèle linéaire généralisée avec un lien de type logarithmique (voir Livrable N°32 de MigraLion ; Lauret et al. 2022).

De plus, en parallèle avec MIGRALION, une méthode de modélisation de la distribution de l'altitude de vol est en cours de développement, dans un cadre bayésien. Cette méthode modélise la distribution des altitudes à l'aide d'une loi Gamma pour laquelle les deux paramètres peuvent dépendre de covariables environnementales. Elle permet donc de faire le lien entre covariables environnementales et probabilité de voler à risque par rapport aux éoliennes. Cette méthode permettra d'intégrer les données d'altitude de vol provenant à la fois des données radars ainsi que des données individuelles de télémétrie et sera a priori directement mobilisable dans le cadre de MIGRATLANE.

Modélisation des flux migratoires : données radars, comptages, acoustique et télémétrie

Un des aspects majeurs du lot 6 du programme MIGRATLANE consistera au développement de méthodes permettant l'analyse jointe de données radars (avifaunistique et météo), comptages (acoustique, transects aérien, comptage à la côte) et télémétrie. Des articles récents ont discuté de l'intérêt de combiner des données de flux migratoires issues de données collectées par des radars météorologiques avec des données de comptages sur des sites à la côte, mais ces articles ne proposent pas l'approche méthodologique permettant concrètement une analyse jointe (Shipley et al. 2018; Weisshaupt et al. 2021). Certains travaux se sont intéressés à évaluer la cohérence de différentes sources de données (par exemple observateurs *vs* radar, Schmidt et al. 2017), mais là encore, il ne s'agissait pas de proposer une analyse combinée formelle.

Des auteurs se sont aussi attelés à combiner des données provenant de programmes de science participative (eBird) avec des données radars (Horton et al. 2018) pour mieux comprendre les décisions et le comportement des oiseaux migrateurs notamment vis à vis des conditions météorologiques. Cependant, il ne s'agissait pas encore réellement d'analyse jointe des deux sources de données.

Les interactions futures entre le programme MIGRATLANE, MIGRALION, ainsi que l'apport du projet SEMAFOR vont permettre de préciser les possibilités d'intégration des différentes sources de données radars (radars ornithologiques et radars météorologiques) et permettront, en fonction de la résolution et des informations des données radars disponibles, de mieux appréhender le cadre méthodologique nécessaire à une analyse jointe des différentes sources de données radars et des autres données (comptages, télémétrie, acoustique).

Cependant, différentes approches modélisant les flux migratoires sont déjà disponibles dans la littérature. En effet, des auteurs ont récemment développé une méthode d'intégration de données provenant à la fois de science participative (eBird), de baguage et de télémétrie pour caractériser des patrons de migration à l'échelle du continent américain (Meehan et al. 2022). Plus précisément, les auteurs conduisent tout d'abord des analyses de connectivité migratoire à l'aide des données de baguage et de télémétrie (Schuster et al. 2019; Lin et al. 2020). Ensuite, avec ces résultats de connectivité migratoire, ils simulent des trajets entre aires de reproduction et d'hivernage (*Least-cost path analysis*, Adriaensen et al.

2003). Enfin, à travers l'utilisation de GAMMs (*Generalized Additive Mixed Models*), les auteurs réalisent une analyse jointe des données de télémétrie, de présence/absence (eBird) et des trajets simulés (*least-cost paths*) afin de représenter les patrons spatio-temporels de déplacements d'une espèce à l'échelle d'une voie de migration.

Cette approche méthodologique paraît, en théorie, particulièrement adaptée aux programmes MIGRALION/MIGRATLANE mais une exploration fine doit être conduite. En effet ces deux programmes ne disposent pas d'autant de données que celles mobilisées par cette approche, notamment d'un point de vue de l'homogénéité spatiale de l'échantillonnage. Un travail d'examen critique sachant cette contrainte est donc nécessaire.

Une autre approche récente disponible dans la littérature pour modéliser les flux migratoires se base sur la caractérisation des patrons de migration à travers l'utilisation des probabilités d'occurrence hebdomadaires d'espèces issues de données eBird (Fuentes et al. 2023). Dans cet article les auteurs estiment la distribution spatiale hebdomadaire de différentes espèces en modélisant les déplacements à travers l'optimisation d'une fonction de coût intégrant notamment les coûts énergétiques inhérents aux déplacements des oiseaux. La structure du modèle, estimant les probabilités de mouvements entre les différentes unités spatiales de la zone d'étude, permet de simuler des trajectoires d'oiseaux, de produire des cartes de connectivité migratoire ainsi que de réaliser des prédictions temporelles sur les déplacements des flux migratoires. Le modèle est ensuite calibré à l'aide des différentes données de télémétrie disponibles pour chaque espèce. Si cette approche ne réalise pas réellement d'intégration de différentes sources de données, elle reste intéressante dans les possibilités de prédictions temporelles de déplacements des flux migratoires. De plus, la structure du modèle pourrait possiblement permettre, après développements méthodologiques, d'intégrer différentes sources de données. Cependant, la structure mathématique et les calculs inhérents à la mise en place de cette analyse sont particulièrement complexes à mettre en place.

Il conviendra dans les prochains mois de définir si une des deux approches présentées ici est réalisable avec les données produites dans le cadre des programmes MIGRATLANE/MIGRALION ou si le développement d'une structure de modèle propre aux besoins de chaque programme sera nécessaire.

En fonction de la qualité de l'échantillonnage des données radars et des données de comptages, l'intégration des différentes sources de données dans un même modèle pourrait ne pas être réalisable. Dans ce cas, différents aspects des données produites par les radars pourront être analysés séparément. Par exemple, des analyses pourront se porter sur la modélisation de la distribution des directions de vols en fonction des conditions météorologiques dans le but de mieux comprendre comment les flux d'oiseaux migrateurs s'orientent autour de l'arc atlantique Nord-est. L'apport des radars météorologiques dans le programme MIGRATLANE pourra permettre de combiner deux sources de données radars avec des couvertures spatiales différentes dans le but de mieux modéliser cette distribution des directions de vols de la faune volante le long de l'arc Atlantique Nord-est.

6.4 Calendrier du lot 6

Le calendrier prévisionnel propre au lot 6 « Analyse combinée des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets » est présenté en Figure 30.

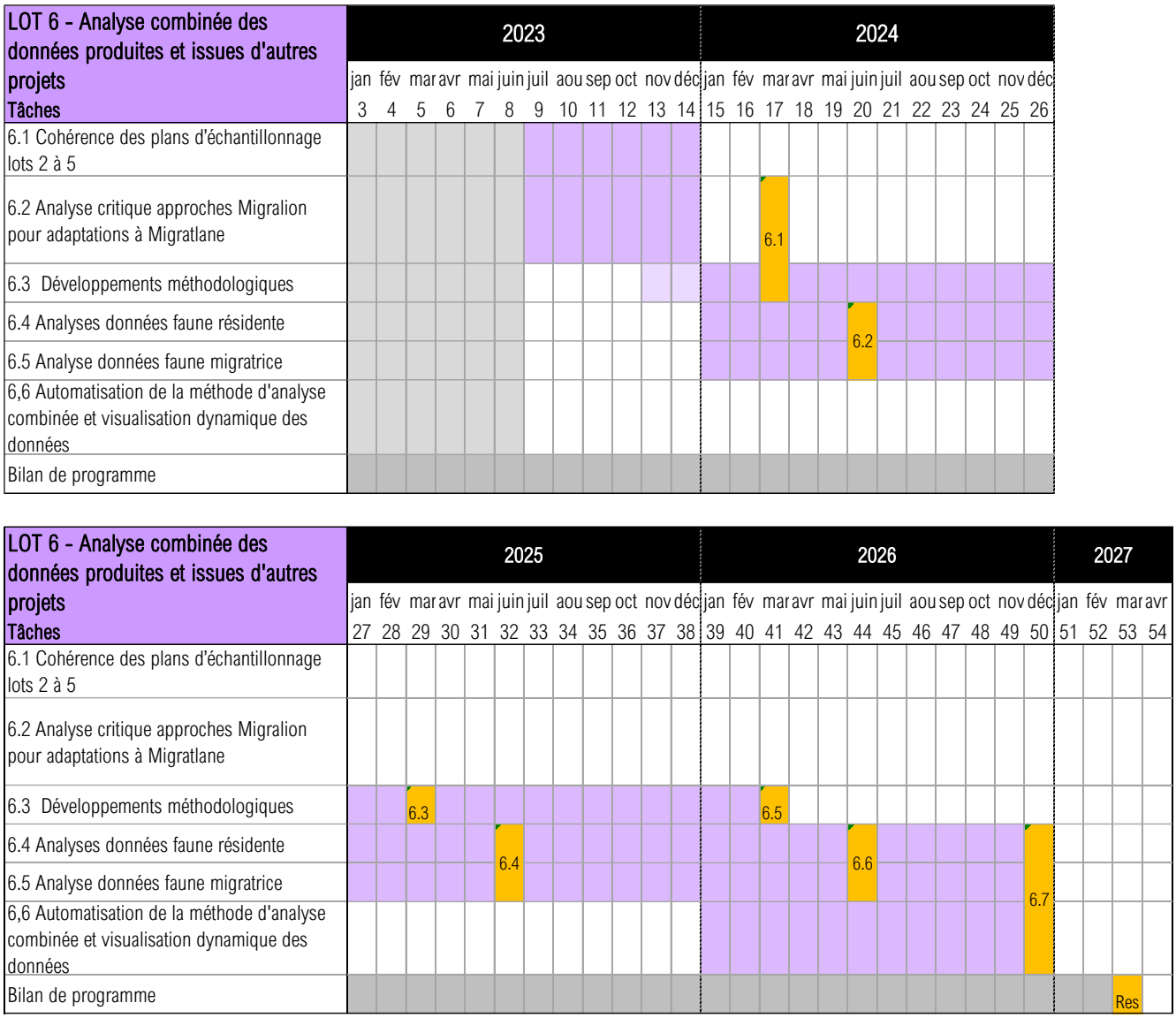


Figure 30 : Calendrier prévisionnel du lot 6 du programme MIGRATLANE, présentant les différents livrables propres au lot (les numéros sont ceux du CTTP, suivant le format L6.x) et les dates de rendues estimées sur la base du CCTP. Le lot 6 a officiellement commencé le 15/07/2023, soit six mois après la date de début de mise en œuvre des actions des autres lots.

Références bibliographiques

Adriaensen F, Chardon JP, De Blust G, Swinnen E, Villalba S, Gulinck H, Matthysen E (2003) The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. Landsc Urban Plan 64:233–247. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00242-6

Assali C, Désert T, Delcourt V, Jouet A (2023) MIGRATLANE - Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique Nord-Est par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : synthèse bibliographique. Lot 4 – Radars ornithologiques et météorologiques. Rapport pour l'OFB. Brest, France

Barataud M (2015) Écologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, étude de leurs habitats et comportements de chasse. Troisième édition. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze

Baron J, Treyvaud C, Pessato A, Chabrolle A, Kerbiriou C (2023) MIGRATLANE - Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique Nord-Est par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : synthèse bibliographique. Lot 3 – Suivis acoustiques oiseaux et chiroptères & suivis visuels oiseaux. Rapport pour l'OFB. Brest, France

Briedis M, Beran V, Adamík P, Hahn S (2020) Integrating light-level geolocation with activity tracking reveals unexpected nocturnal migration patterns of the tawny pipit. J Avian Biol. https://doi.org/10.1111/jav.02546

Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L (2001) Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations.

Caloin F. (coord.), Cap Ornis Baguage, Station ornithologique du cap Gris-Nez, GON, PNR Caps et Marais d'Opale (2014) La migration des oiseaux sur le littoral du Pas-de-Calais. Synthèse et analyse des données récentes. Biotope éditions, Mèze, France

Castège I, Milon É (2018) Atlas des oiseaux marins et cétacés du Sud Gascogne. Publications scientifiques du Muséum

Comolet-Tirman J, Hindermeyer X, Siblet J-P (2007) Liste des oiseaux marins susceptibles de justifier la création de Zone de Protection Spéciale - Convention MEDD / MNHN 2017.

De Grissac S, Jiguet F (2023) MIGRATLANE - Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique Nord-Est par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : synthèse bibliographique. Lot 2 – Télémétrie sur les migrateurs terrestres et oiseaux marins. Rapport pour l'OFB. Brest, France

Dorémus G, Blanchard A, Sanchez T, Huon M, Genu M, Brétille V, Pessato A (2023) MEGASCOPE : Suivi de la distribution de la mégafaune marine en Manche, Atlantique et Méditerranée. Rapport de synthèse 2021 - 2022. Rapport scientifique de l'Observatoire Pelagis. La Rochelle, France

Dupuy J, Sallé L, (coord.) (2022) Atlas des oiseaux migrateurs de France. Vol. 1 : des Phasianidés aux Procellariidés. Vol. 2 : des Ciconiidés aux Emberizidés. Muséum national d'histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze ; LPO, Rochefort

Fuentes M, Van Doren BM, Fink D, Sheldon D (2023) BirdFlow: Learning seasonal bird movements from eBird data. Methods Ecol Evol 14:923–938. https://doi.org/10.1111/2041-210X.14052

Furness RW, Wade HM, Masden EA (2013) Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. J Environ Manage 119:56–66. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.01.025

Guyot A (2001) Résultats des observations ornithologiques à l'extrémité de la digue de Tarnos (40) 1985 – 2001. Les Fous du Pomarin. 2

Hahn S, Bauer S, Liechti F (2009) The natural link between Europe and Africa - 2.1 billion birds on migration. Oikos 118:624–626. https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17309.x

Horton KG, Van Doren BM, Stepanian PM, Farnsworth A, Kelly JF (2016) Where in the air? Aerial habitat use of nocturnally migrating birds. Biol Lett 12:20160591. https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0591

Horton KG, Van Doren BM, La Sorte FA, Fink D, Sheldon D, Farnsworth A, Kelly JF (2018) Navigating north: how body mass and winds shape avian flight behaviours across a North American migratory flyway. Ecol Lett 21:1055–1064. https://doi.org/10.1111/ele.12971

Huchin F, Vacher A, Kovacs J-C (2023) MIGRATLANE - Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique Nord-Est par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : synthèse bibliographique. Lot 5 – Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune. Rapport pour l'OFB. Brest, France

Jaffré M (2012) Migration des oiseaux et changement climatique : analyse des données de migration active en France et en Europe. Université de Lille 1

Laran S, Authier M, Canneyt O Van, Dorémus G, Watremez P, Ridoux V (2017a) A comprehensive survey of pelagic megafauna: Their distribution, densities, and taxonomic richness in the tropical Southwest Indian ocean. Front Mar Sci. https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00139

Laran S, Authier M, Blanck A, Doremus G, Falchetto H, Monestiez P, Pettex E, Stephan E, Van Canneyt O, Ridoux V (2017b) Seasonal distribution and abundance of cetaceans within French waters- Part II: The Bay of Biscay and the English Channel. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 141:31–40. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.12.012

Lauret V, Labach H, Authier M, Gimenez O (2021) Using single visits into integrated occupancy models to make the most of existing monitoring programs. Ecology. https://doi.org/10.1002/ecy.3535

Lauret V, Gimenez O, Besnard A (2022) MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : rapport méthodologique (lot 6, analyse combinée des données). Rapport pour l'OFB (Livrable 32).

Liechti F, Bauer S, Dhanjal-Adams KL, Emmenegger T, Zehtindjiev P, Hahn S (2018) Miniaturized multi-sensor loggers provide new insight into year-round flight behaviour of small trans-Sahara avian migrants. Mov Ecol 6:19. https://doi.org/10.1186/s40462-018-0137-1

Lin H-Y, Schuster R, Wilson S, Cooke SJ, Rodewald AD, Bennett JR (2020) Integrating season-specific needs of migratory and resident birds in conservation planning. Biol Conserv 252:108826. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108826

Lindberg MS, Walker J (2007) Satellite Telemetry in Avian Research and Management: Sample Size Considerations. Journal of Wildlife Management 71:1002–1009. https://doi.org/10.2193/2005-696

MacKenzie DI, Nichols JD, Royle JA, Pollock KH, Bailey L, Hines JE (2017) Occupancy Estimation and Modeling: Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence. Elsevier

Malvaud F (2017) Passage postnuptial en mer au phare de Gatteville (2013-2016). L'Oiseau Libre - LPO Normandie

Matthiopoulos J, Wakefield E, Jeglinski JWE, Furness RW, Trinder M, Tyler G, Mccluskie A, Allen S, Braithwaite J, Evans T (2022) Integrated modelling of seabird-habitat associations from multi-platform data: A review. Journal of Applied Ecology 59:909–920. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14114

Meehan TD, Saunders SP, DeLuca W V., Michel NL, Grand J, Deppe JL, Jimenez MF, Knight EJ, Seavy NE, Smith MA, Taylor L, Witko C, Akresh ME, Barber DR, Bayne EM, Beasley JC, Belant JL, Bierregaard RO, Bildstein KL, Boves TJ, Brzorad JN, Campbell SP, Celis-Murillo A, Cooke HA, Domenech R, Goodrich L, Gow EA, Haines A, Hallworth MT, Hill JM, Holland AE, Jennings S, Kays R, King DT, Mackenzie SA, Marra PP, McCabe RA, McFarland KP, McGrady MJ, Melcer R, Norris DR, Norvell RE, Rhodes OE, Rimmer CC, Scarpignato AL, Shreading A, Watson JL, Wilsey CB (2022) Integrating data types to estimate spatial patterns of avian migration across the Western Hemisphere. Ecological Applications. https://doi.org/10.1002/eap.2679

Michelot T, Blackwell PG, Matthiopoulos J (2019) Linking resource selection and step selection models for habitat preferences in animals. Ecology. https://doi.org/10.1002/ecy.2452

Michelot T, Blackwell PG, Chamaillé-Jammes S, Matthiopoulos J (2020) Inference in MCMC step selection models. Biometrics 76:438–447. https://doi.org/10.1111/biom.13170

Nédellec S (2009) Un site remarquable de seawatching : la presqu'île Renote à Trégastel, Le Fou. Le Fou

Perrow M (2019) Wildlife and Wind Farms, Conflicts and Solutions. PELAGIC PUBLISHING

Pettex E, David L, Authier M, Blanck A, Dorémus G, Falchetto H, Laran S, Monestiez P, Van Canneyt O, Virgili A, Ridoux V (2017) Using large scale surveys to investigate seasonal variations in seabird distribution and abundance. Part I: The North Western Mediterranean Sea. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 141:74–85. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.11.008

Poupart T, de Bettignies T (2022) Évaluation de la cohérence du réseau Natura 2000 en mer (zones de protection spéciale) pour les oiseaux marins. PatriNat – OFB/CNRS/MNHN.

Ruche D (2013) Observatoire Régional de la Migration des Oiseaux en Aquitaine : Étude par radar de l'activité de vol des oiseaux pendant la migration prénuptiale 2013 à la Pointe de Grave. La Montagne, France

Schmidt M, Aschwanden J, Liechti F, Wichmann G, Nemeth E (2017) Comparison of visual bird migration counts with radar estimates. Ibis 159:491–497. https://doi.org/10.1111/ibi.12473

Schuster R, Wilson S, Rodewald AD, Arcese P, Fink D, Auer T, Bennett JosephR (2019) Optimizing the conservation of migratory species over their full annual cycle. Nat Commun 10:1754. https://doi.org/10.1038/s41467-019-09723-8

Shipley JR, Kelly JF, Frick WF (2018) Toward integrating citizen science and radar data for migrant bird conservation. Remote Sens Ecol Conserv 4:127–136. https://doi.org/10.1002/rse2.62

Spanoghe G, Janssens K, Klaassen R, Schaub T, Milotic T, Desmet P (2022) BOP_RODENT - Rodent specialized birds of prey (Circus, Asio, Buteo) in Flanders (Belgium) [Data set].

Weisshaupt N, Lehtiniemi T, Koistinen J (2021) Combining citizen science and weather radar data to study large-scale bird movements. Ibis 163:728–736. https://doi.org/10.1111/ibi.12906

Wroza S (2020) Identifier les oiseaux migrateurs par le son . Delachaux et Niestlé

Annexes

Les différentes annexes sont présentées aux pages suivantes.

Annexe 1 : Tableau synthétique de recensement des données déjà existantes de suivis télémétriques d'oiseaux recensés par le lot 2 sur le secteur d'étude. Ce tableau est issu et simplifié du livrable L2.2 qui recense les données existantes et leurs modalités d'accès. La colonne 2 en bleu correspond aux références indiquées en Tableau 1 et en Tableau 2.

ESPÈCE	REF. ETAT DE L'ART	DETAILS SOURCE	PROGRAMME / ÉTUDE / TITRE ARTICLE OU RAPPORT	DOI / LIEN WEB
BERNACHE CRAVANT ***BRANTA BERNICLA (BERNICLA)***	**1**	Dokter et al. 2013	Year-round itinerary of a GPS-tracked Brent Goose Branta b. bernicla that visited the Bassin d'Arcachon, France	https://wildfowl.wwt.org.uk/index.php/wildfowl/article/view/2516
MACREUSE NOIRE ***MELANITTA NIGRA***	**2**	Provost et al. 2011	Évaluation de la ZPS de la baie du Mont Saint-Michel. Rapport final DIREN.	
PLONGEON CATMARIN ***GAVIA STELLATA***	**3**	LIFE-Nature project "DENOFLIT"	Žydelis, R., Dagys, M., Morkūnas, J., Raudonikis, L. Satellite telemetry of Velvet Scoters, Long-tailed Ducks and Red-throated Divers in Lithuania. LIFE-Nature project "DENOFLIT".	
MOUETTE TRIDACTYLE ***RISSA TRIDACTYLA***	**4**	Ponchon et al. 2017	Spatial overlaps of foraging and resting areas of black-legged kittiwakes breeding in the English Channel with existing marine protected areas	https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-017-3151-8
MOUETTE TRIDACTYLE ***RISSA TRIDACTYLA***	**5**	Frederiksen et al. 2011	SEATRACK, Multicolony tracking reveals the winter distribution of a pelagic seabird on an ocean basin scale	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1472-4642.2011.00864.x
MOUETTE MELANOCEPHALE ***ICHTHYAETUS MELANOCEPHALUS***	**6**	Mediterranean gull - ISPRA - Italy	Mediterranean gull - ISPRA - Italy	
GOELAND SP ***LARUS FUSCUS***	**7**	Prog LARUS - Bretagne Vivante	Prog. LARUS - Larus marinus & Larus fuscus - Bay of Biscay - France	
GOELAND SP ***LARUS* SP.**	**8**	Etude Bretagne Vivante	Etude BV pour ville de Lorient goéland urbains	https://radedelorient.n2000.fr/sites/radedelorient.n2000.fr/files/documents/page/2020_02_21_etude_prealable_goelands_lorient_agglomeration_vi.pdf
GOELAND SP ***LARUS* SP.**	**9**	Prog. LARUS-EOL-EMYN-2022		https://www.eoliennesenmer.fr
GOELAND SP ***LARUS* SP.**	**10**	Prog.LARUS - EOL-SNA-2022		https://www.eoliennesenmer.fr
GOELAND SP ***LARUS* SP.**	**11**	Prog.LARUS - EOL-AO5-2023	Etude télémétriques des goélands pour AO5 Bretagne Sud	https://www.eoliennesenmer.fr/sites/eoliennesenmer/files/inline-files/AO5DGEC-SEE-PRO01009%20Protocole%20avifaune%20V4F_0.pdf
GOELAND SP ***LARUS* SP.**	**12**	Rapport CEREMA 2021	LARUS SP Ile de Ré [ID PROG_533]	
GOELAND SP ***LARUS* SP.**	**13**	Prog. LARUS - Bretagne-Vivante / LPO44	Prog. Larus marinus, Larus argentatus, Larus Fuscus - 44 - France	

GOELAND ARGENTE ***LARUS ARGENTATUS***	**14**	Movebank - Stienen et al. 2016	GPS tracking data of Lesser Black-backed Gulls and Herring Gulls breeding at the southern North Sea coast	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4740824/
GOELAND ARGENTE ***LARUS ARGENTATUS***	**15**	Projet de Parc éolien Centre-Manche	GONm, Gallien et Purenne 2022,	https://www.eoliennesenmer.fr/sites/eoliennesenmer/files/fichiers/2022/12/201101_CEM_Nicheurs_T%C3%A9l%C3%A9m%C3%A9trie_VF.pdf
GOELAND BRUN ***LARUS FUSCUS***	**16**	Stienen et al. 2016	GPS tracking data of Lesser Black-backed Gulls and Herring Gulls breeding at the southern North Sea coast	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4740824/
GOELAND BRUN ***LARUS FUSCUS***	**17**	Stienen et al. 2022	Juvenile lesser black-backed gulls (Larus fuscus, Laridae) hatched in Zeebrugge (Belgium). Dataset.	https://doi.org/10.5281/zenodo.5075868
GOELAND BRUN ***LARUS FUSCUS***	**18**	Stienen et al. 2022	Lesser black-backed gulls (Larus fuscus, Laridae) breeding in Belgium	
GOELAND BRUN ***LARUS FUSCUS***	**19**	Brown et al. 2019	Long-distance migrants vary migratory behaviour as much as short-distance migrants: An individual-level comparison from a seabird species with diverse migration strategies	https://doi.org/10.1111/1365-2656.13431
GOELAND BRUN ***LARUS FUSCUS***	**20**	Movebank - Tag-n-Track project	Lesser Black-backed Gull (Larus fuscus) movements from urban and rural areas. Do they follow similar migration routes?	https://clydemuirshiel.co.uk/visit/things-to-do/widlife/tag-n-track/
GOELAND BRUN ***LARUS FUSCUS***	**21**	Shamoun-Baranes et al. 2017	Short distance migrants travel as far as long distance migrants in lesser black-backed gulls Larus fuscus	https://doi.org/10.1111/jav.01229
GOELAND LEUCOPHEE ***LARUS MICHAHELLIS***	**22**	T. Blanchon/C. Leray (TDV, MIVEGEC, CNRS).	Yellow-Legged Gull - France - Espagne -ID_Prog Pers. 990	
STERNE PIERREGARIN ***STERNA HIRUNDO***	**23**	Kürten et al. 2022	High individual repeatability of the migratory behaviour of a long-distance migratory seabird	https://doi.org/10.1186/s40462-022-00303-y
GRAND LABBE ***CATHARACTA SKUA***	**24**	Magnusdottir et al. 2011	Wintering areas of Great Skuas Stercorarius skua breeding in Scotland, Iceland and Norway	https://doi.org/10.1080/00063657.2011.636798
GRAND LABBE ***CATHARACTA SKUA***	**25**	Albert et al. 2022	Spatial variations in winter Hg contamination affect egg volume in an Arctic seabird, the great skua (Stercorarius skua)	https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120322
GUILLEMOT DE TROÏL ***URIA AALGE***	**26**	Projet éoliennes Saint Brieuc / Aile Marine	Mesures de suivis télémétriques des alcidés	https://ailes-marines.bzh/mesures/mesures-de-suivi/suivi-telemetrique-des-alcides/
GUILLEMOT DE TROÏL ***URIA AALGE***	**27**	Observatoire régional des oiseaux marins	Bilan de la saison de reproduction des oiseaux marins au cap Fréhel en 2015	

GUILLEMOT DE TROÏL ***URIA AALGE***	**28**	Buckingam et al. 2022	Interspecific variation in non-breeding aggregation: a multi-colony tracking study of two sympatric seabirds	https://doi.org/10.3354/meps13960
PINGOUIN TORDA ***ALCA TORDA***	**29**	Wakefield et al. 2017	Breeding density, fine-scale tracking, and large-scale modeling reveal the regional distribution of four seabird species	https://doi.org/10.1002/eap.1591
PINGOUIN TORDA ***ALCA TORDA***	**30**	St. John Glew et al. 2019	Sympatric Atlantic puffins and razorbills show contrasting responses to adverse marine conditions during winter foraging within the North Sea	https://movementecologyjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40462-019-0174-4
PINGOUIN TORDA ***ALCA TORDA***	**31**	Projet éoliennes Saint Brieuc / Aile Marine	https://ailes-marines.bzh/mesures/mesures-de-suivi/suivi-telemetrique-des-alcides/	
PINGOUIN TORDA ***ALCA TORDA***	**32**	Observatoire régional des oiseaux marins	Bilan de la saison de reproduction des oiseaux marins au cap Fréhel en 2015	
MACAREUX MOINE ***FRATERCULA ARCTICA***	**33**	Fayet et al. 2016	Drivers and fitness consequences of dispersive migration in a pelagic seabird	https://academic.oup.com/beheco/article/27/4/1061/1743409
MACAREUX MOINE ***FRATERCULA ARTICA***	**34**	St. John Glew et al. 2019	Sympatric Atlantic puffins and razorbills show contrasting responses to adverse marine conditions during winter foraging within the North Sea	https://movementecologyjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40462-019-0174-4#Sec18
MACAREUX MOINE ***FRATERCULA ARTICA***	**35**	Darby et al. 2022	A new biologging approach reveals unique flightless molt strategies of Atlantic puffins	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.9579
MACAREUX MOINE ***FRATERCULA ARTICA***	**36**	Harris et al. 2013	Inter-year differences in survival of Atlantic puffins Fratercula arctica are not associated with winter distribution	https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-013-2278-5
MACAREUX MOINE ***FRATERCULA ARTICA***	**37**	Jessop et al. 2013	Transatlantic migration by post-breeding puffins: a strategy to exploit a temporarily abundant food resource?	https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-013-2268-7
OCEANITE TEMPETE ***HYDROBATES PELAGICUS PELAGICUS***	**38**	Rapport d'activité PNMI 2022	Suivi télémétrique de l'océanite-tempête (PNMI, OFB, MNHN, BV)	https://parc-marin-iroise.fr/actualites/suivi-telemetrique-de-loceanite-tempete
FULMAR BOREAL ***FULMARUS GLACIALIS***	**39**	Darby et al. 2021	Foraging distribution of breeding northern fulmars is predicted by commercial fisheries	https://doi.org/10.3354/meps13887
FULMAR BOREAL ***FULMARUS GLACIALIS***	**40**	RSPB, FameStar-NOFU-STM		
FULMAR BOREAL ***FULMARUS GLACIALIS***	**41**	PhD, University of Aberdeen	Edwards, E. W. J. (2015). *The breeding season distribution, foraging trip characteristics and habitat preference of northern fulmars, Fulmaris glacialis* (Doctoral dissertation, University of Aberdeen).	

PUFFIN DES ANGLAIS ***PUFFINUS PUFFINUS***	**42**	Programme Long-terme Oxford University	Padget O, Stanley G, Willis JK, Fayet AL, Bond S, Maurice L, Shoji A, Dean B, Kirk H, Juarez-Martinez I, Freeman R, Bolton M, Guilford T. 2019. Data from: Shearwaters know the direction and distance home but fail to encode intervening obstacles after free-ranging foraging trips. Movebank Data Repository.	
PUFFIN DES ANGLAIS ***PUFFINUS PUFFINUS***	**43**	Seabird tracking		
PUFFIN DES ANGLAIS ***PUFFINUS PUFFINUS***	**44**	Seabird tracking		
PUFFIN DES ANGLAIS ***PUFFINUS PUFFINUS***	**45**	Programme Long-terme Oxford University		
PUFFIN DES BALEARES ***PUFFINUS MAURETANICUS***	**46**	Pérez-Roda et al. 2012	Identifying Important Atlantic Areas for the conservation of Balearic shearwaters: Spatial overlap with conservation areas	https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.11.011
PUFFIN DES BALEARES ***PUFFINUS MAURETANICUS***	**47**	Guilford et al. 2012	Geolocators reveal migration and pre-breeding behaviour of the critically endangered Balearic shearwater Puffinus mauretanicus	https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033753
PUFFIN DES BALEARES ***PUFFINUS MAURETANICUS***	**48**	Movebank - PNA puffin des Baléares (OFB/CNRS)	PNA Puffin des Baléares	
PUFFIN DES BALEARES ***PUFFINUS MAURETANICUS***	**49**	Boé et al. 2013 - programme interreg FAME	Recent and current research on Balearic shearwater on colonies and in Atlantic and Mediterranean areas	https://www.bmis-bycatch.org/system/files/zotero_attachments/library_1/QULMW6EC%20-%20PCSWG1_Doc_15_Rev_1_Balearic_shearwater_E_s_f.pdf
FOU DE BASSAN ***MORUS BASSANUS***	**50**	Lane et al. 2021	Post-fledging movements, mortality and migration of juvenile northern gannets	https://doi.org/10.3354/meps13804
FOU DE BASSAN ***MORUS BASSANUS***	**51**	Seabird tracking Database ID 1543	Northern gannet 2017 18 - Great Saltee (Ireland)	
FOU DE BASSAN ***MORUS BASSANUS***	**52**	Warwick-Evans et al. 2017	Changes in behaviour drive inter-annual variability in the at-sea distribution of northern gannets	https://doi.org/10.1007/s00227-016-2922-y
FOU DE BASSAN ***MORUS BASSANUS***	**53**	Seabird tracking Database ID 1636	Grassholm gannets 2006, 2010-15	
FOU DE BASSAN ***MORUS BASSANUS***	**54**	Strauss et al. 2012	Sex-specific foraging behaviour in northern gannets Morus bassanus: incidence and implications	https://doi.org/10.3354/meps09734
FOU DE BASSAN ***MORUS BASSANUS***	**55**	Seabird tracking Database ID 734, 1793 à 1796	Northern Gannet Ile Rouzic breeding	
FOU DE BASSAN ***MORUS BASSANUS***	**56**	Seabird tracking Database ID 1023	Individual migratory schedules and wintering areas of northern gannets	https://doi.org/10.3354/meps08254

FOU DE BASSAN ***MORUS BASSANUS***	**57**	Suivi environnemental Parc éolien en mer de Saint Brieuc		https://ailes-marines.bzh/environnement/mesures-de-suivi/
CORMORAN HUPPE ***PHALACROCORAX ARISTOTELIS***	**58**	Grémillet et al. 2020	Sentinels of coastal ecosystems: the spatial ecology of European shags breeding in Normandy	https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-020-3655-5
OIE CENDREE ***ANSER ANSER***	**59**	Månsson et al. 2022	Migration patterns of Swedish Greylag geese Anser anser—implications for flyway management in a changing world	https://link.springer.com/article/10.1007/s10344-022-01561-2
CANARD SIFFLEUR ***MARECA PENELOPE***	**60**	Movebank - OFB	Wigeon, Teal, Mallard, Wintering, golfe du Morbihan France	
CANARD PILET ***ANAS ACUTA***	**61**	Movebank - Dabbling duck migration Portugal 2018--2022	Active wild bird surveillance of avian influenza viruses, a report	https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2022.EN-7791
SARCELLE D'HIVER ***ANAS CRECCA***	**62**	Movebank - Dabbling duck migration Portugal 2018--2022	Active wild bird surveillance of avian influenza viruses, a report	https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2022.EN-7791
SARCELLE D'HIVER ***ANAS CRECCA***	**63**	Movebank - Bretagne Vivante	Sarcelle d'hiver-Golfe du Morbihan	
SARCELLE D'HIVER ***ANAS CRECCA***	**64**	Movebank - OFB	Wigeon, Teal, Mallard, Wintering, golfe du Morbihan France	
SARCELLE D'HIVER ***ANAS CRECCA***	**65**	Movebank - Poitevin teals	RNN Baie de l'Aiguillon (étude en cours)	
ENGOULEVENT D'EUROPE ***CAPRIMULGUS EUROPAEUS***	**66**	Lathouwers et al. 2022	Rush or relax: migration tactics of a nocturnal insectivore in response to ecological barriers	https://doi.org/10.1038/s41598-022-09106-y
ENGOULEVENT D'EUROPE ***CAPRIMULGUS EUROPAEUS***	**67**	Cresswell & Edwards 2012	Geolocators reveal wintering areas of European Nightjar (Caprimulgus europaeus)	https://doi.org/10.1080/00063657.2012.748714
MARTINET NOIR ***APUS APUS***	**68**	Wellbrock et al. 2017	'Same procedure as last year?' Repeatedly tracked swifts show individual consistency in migration pattern in successive years	https://doi.org/10.1111/jav.01251
OUTARDE CANEPETIERE ***TETRAX TETRAX***	**69**	Villers et al. 2010	Migration of wild and captive-bred Little Bustards Tetrax tetrax: releasing birds from Spain threatens attempts to conserve declining French populations	https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2009.01000.x
COUCOU GRIS ***CUCULUS CANORUS***	**70**	Hewson et al. 2016	BTO Cuckoo Tracking Project	https://www.bto.org/cuckoos https://www.nature.com/articles/ncomms12296
COUCOU GRIS ***CUCULUS CANORUS***	**71**	Movebank - F. Jiguet	ICARUS Cuckoo Fred Jiguet [ID_PROG 1189]	-
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**72**	Eraud et al. 2013		https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0059396
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**73**	OFB / H. Lormé et al. 2016		https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1493
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**74**	Operation turtle dove (RSPB / OFB)		https://www.rspb.org.uk/our-work/conservation/satellite-tracking-birds/tracking-turtle-doves/

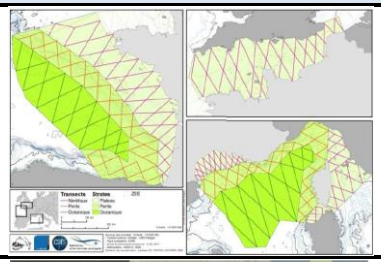
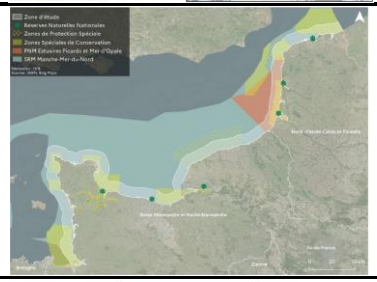
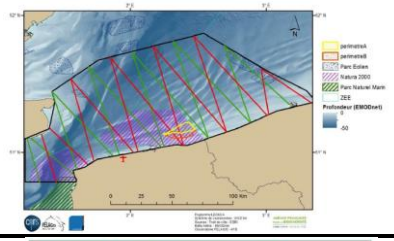
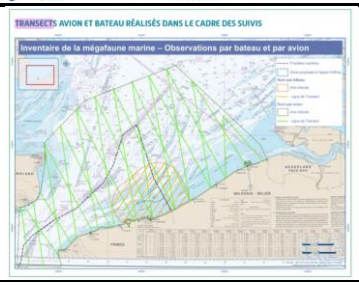
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**75**	Operation turtle dove (RSPB)		https://www.operationturtledove.org/
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**76**	Schumm et al. 2021		https://link.springer.com/article/10.1007/s00265-021-03082-5
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**77**	Movebank	European Turtle Dove_ROM_Argos	
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**78**	Movebank	European Turtle Dove GER_Hunan	
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**79**	Movebank	European Turtle Dove Germany Interrex	
TOURTERELLE DES BOIS ***STREPTOPELIA TURTUR***	**80**	Projet 100 Tourterelles - LPO / MNHN / CRBPO	operation100tourterelles [ID_PROG1243]	
OEDICNEME CRIARD ***BURHINUS OEDICNEMUS***	**81**	Programme National de suivi de l'Oedicnème criard	Programme National de suivi de l'Oedicnème criard	https://www.oedicneme-criard.ovh/
HUITIER PIE ***HAEMATOPUS OSTRALEGUS***	**82**	Movebank Programme LIMITRACK	Programme LIMITRACK	https://limitrack.univ-lr.fr/
HUITIER PIE ***HAEMATOPUS OSTRALEGUS***	**83**	Data article - P. Desmet	O_WESTERSCHELDE - Eurasian oystercatchers (Haematopus ostralegus, Haematopodidae) breeding in East Flanders (Belgium)	https://zenodo.org/record/5879096
AVOCETTE ELEGANTE ***RECURVIROSTRA AVOSETTA***	**84**	Movebank - Project Wij&Wadvogels	Pied Avocet Dutch Wadden Sea	https://www.vogelbescherming.nl/bescherming/wat-wij-doen/natuurgebieden/waddenzee/wij-en-wadvogels
PLUVIER ARGENTE ***PLUVIALIS SQUATAROLA***	**85**	Exo et al. 2019 (Tidal Wing project)	Migration routes and strategies of Grey Plovers (Pluvialis squatarola) on the East Atlantic Flyway as revealed by satellite tracking	https://avianres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40657-019-0166-5
PLUVIER ARGENTE ***PLUVIALIS SQUATAROLA***	**86**	Movebank Programme LIMITRACK	Programme LIMITRACK	https://limitrack.univ-lr.fr/
PLUVIER ARGENTE ***PLUVIALIS SQUATAROLA***	**87**	Shorebirds and intertidal Ecosystems research group 2020	Tidal Wings project	https://birdecology.wixsite.com/tidalwings
GRAND GRAVELOT ***CHARADRIUS HIATICULA***	**88**	Movebank - C. Carneiro	Common ringed plover - Iceland	
GRAND GRAVELOT ***CHARADRIUS HIATICULA***	**89**	Léandri-Breton et al. 2019	Canadian Ringed Plover geolocation tracking, Bylot Island, Canada (data from Léandri-Breton et al. 2019)	https://doi.org/10.1111/jav.02101
COURLIS CORLIEU ***NUMENIUS PHAEOPUS***	**90**	Movebank, Carneiro/Alves, Carneiro et al. 2019	Whimbrel Iceland Adults 2019	https://doi.org/10.1111/jav.01938
COURLIS CORLIEU ***NUMENIUS PHAEOPUS***	**91**	Movebank, Carneiro/Alves 2021	Whimbrel 2020	
COURLIS CORLIEU ***NUMENIUS PHAEOPUS***	**92**	Movebank, Carneiro 2022	Whimbrel juveniles 2022	
COURLIS CORLIEU ***NUMENIUS PHAEOPUS***	**93**	Movebank Programme LIMITRACK	Programme LIMITRACK	https://limitrack.univ-lr.fr/
COURLIS CORLIEU ***NUMENIUS PHAEOPUS***	**94**	Movbank - Equipe Limi Francesiaz	Tracking of migration strategies of Eurasian whimbrels (Numenius pheaopus) during their stopover in Vendée [ID_prog_1002]	

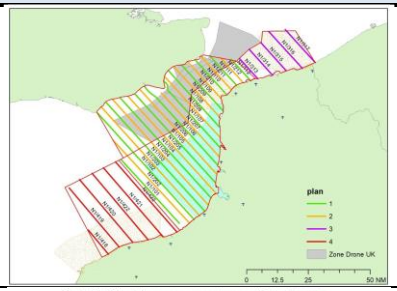
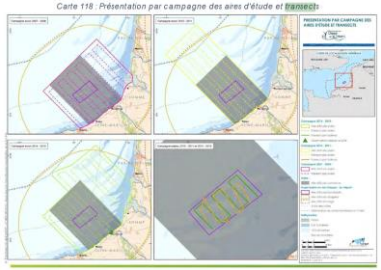
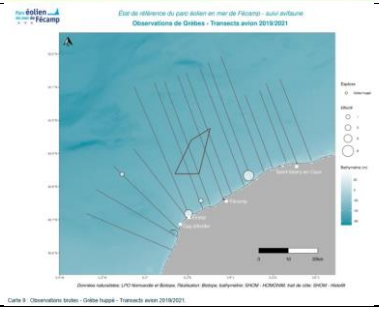
COURLIS CORLIEU ***NUMENIUS PHAEOPUS***	**95**	ISNEA (communications web)		https://www.isnea.eu/
COURLIS CENDRE ***NUMENIUS ARQUATA***	**96**	Movebank	Programme LIMITRACK	https://limitrack.univ-lr.fr/
COURLIS CENDRE ***NUMENIUS ARQUATA***	**97**	Movebank	Programme Birdman	https://www.facebook.com/BirdManFJ/
COURLIS CENDRE ***NUMENIUS ARQUATA***	**98**	Movebank	Programme CURLEW_VLAANDEREN (Belgique)	https://ipt.inbo.be/resource?r=curlew_vlaanderen
COURLIS CENDRE ***NUMENIUS ARQUATA***	**99**	Kämpfer et al. 2023	Tracking wintering areas and post-breeding migration of a declining farmland bird – An indispensable basis for successful conservation	https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02527
BARGE ROUSSE ***LIMOSA LAPPONICA***	**100**	Exo et al. 2016 (en allemand)	Aktuelle Fragen des Vogelschutzes im Wattenmeer und auf der offenen See	https://www.doi.org/10.17433/6.2016.50153395.253-261
BARGE ROUSSE ***LIMOSA LAPPONICA***	**101**	Bom et al. 2022	Central-West Siberian-breeding Bar-tailed Godwits (Limosa lapponica) segregate in two morphologically distinct flyway populations	https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ibi.13024
BARGE ROUSSE ***LIMOSA LAPPONICA***	**102**	movebank - Bom et al.	East-Atlantic Flyway - Tidal Wings project	https://birdecology.wixsite.com/tidalwings
BARGE ROUSSE ***LIMOSA LAPPONICA***	**103**	Movebank	Programme LIMITRACK	https://limitrack.univ-lr.fr/
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**104**	movebank - Bom et al.	East-Atlantic Flyway - Tidal Wings project	https://birdecology.wixsite.com/tidalwings
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**105**	programme OXISTRESS (Espagne)	Black-tailed Godwits Extremadura (lotek)	
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**106**	programme OXISTRESS (Espagne)	Black-tailed Godwits Extremadura (HQXS)	
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**107**	Movebank J. Alves BtgTagus202	BtgTagus2021	
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**108**	Movebank	Black-tailed godwits NL South Holland	
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**109**	Movebank	Duemmer Adult Godwits_2018-2021	
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**110**	Movebank	Duemmer Chicks Godwits_2018-2021	
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**111**	Movebank	GrassBirdHabitats Adult Godwits_2022-2023	
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**112**	Movebank	GrassBirdHabitats chicks Godwits_2022-2023	
BARGE À QUEUE NOIRE ***LIMOSA LIMOSA***	**113**	Hooijmeijer, et al. 2014	Post-Breeding Migration of Dutch-Breeding Black-Tailed Godwits: Timing, Routes, Use of Stopovers, and Nonbreeding Destinations	https://doi.org/10.5253/078.101.0209

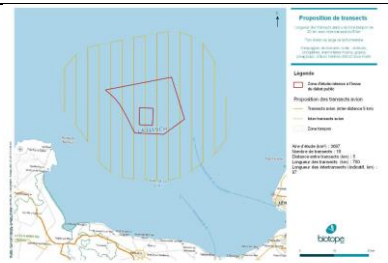
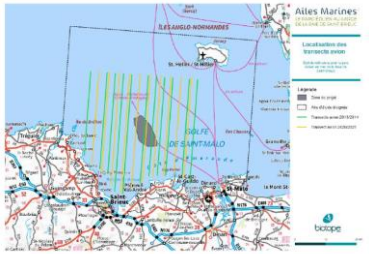
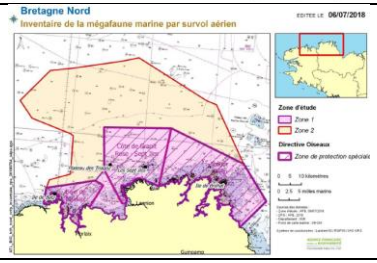
BARGE À QUEUE NOIRE *LIMOSA LIMOSA*	**114**	data team T Piersman (NIOZ) - ADULTES	voir les références sur : https://www.nioz.nl/en/about/organisation/staff/theunis-piersma Age-dependent timing and routes demonstrate developmental plasticity in a long-distance migratory bird	https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2656.13641 https://link.springer.com/article/10.1007/s10336-020-01807-3
BARGE À QUEUE NOIRE *LIMOSA LIMOSA*	**115**	Senner et al. 2015	Data from: When Siberia came to The Netherlands: the response of continental black-tailed godwits to a rare spring weather event	https://datarepository.movebank.org/entities/datapackage/18e3d4c3-5820-40a0-a2de-e1ad38cec51b
BARGE À QUEUE NOIRE *LIMOSA LIMOSA*	**116**	Verhoeven et al. 2021, Haanmeer Adults	Migration route, stopping sites, and non-breeding destinations of adult Black-tailed Godwits breeding in southwest Fryslân, The Netherlands	https://link.springer.com/article/10.1007/s10336-020-01807-3
BARGE À QUEUE NOIRE *LIMOSA LIMOSA*	**117**	Loonstra et al. 2023 data team Piersman (NIOZ) - JUVENILES élevage	Translocation of shorebird siblings shows intraspecific variation in migration routines to arise after fledging	https://doi.org/10.1016/j.cub.2023.05.014
BARGE À QUEUE NOIRE *LIMOSA LIMOSA*	**118**	Verhoeven et al. 2021 data Team Piersman (NIOZ) - JUVENILES sauvages	Age-dependent timing and routes demonstrate developmental plasticity in a long-distance migratory bird	https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2656.13641
BARGE À QUEUE NOIRE *LIMOSA LIMOSA*	**119**	Movebank Programme LIMITRACK	Programme LIMITRACK	https://limitrack.univ-lr.fr/
BECASSEAU VARIABLE *CALIDRIS ALPINA*	**120**	Pakanen et al. 2018	Migration strategies of the Baltic dunlin: rapid jump migration in the autumn but slower skipping type spring migration	https://doi.org/10.1111/jav.01513
SPATULE BLANCHE *PLATALEA LEUCORODIA*	**121**	Movebank - Eurasian Spoonbill Tracking project (NIOZ)	Eurasian Spoonbill - Lok - Netherlands 2019-2023	https://www.nioz.nl/en/expertise/wadden-delta-research-centre/expertise-wadden/birds/how-do-migratory-birds-find-their-way
HERON POURPRE *HERON POURPRE*	**122**	Winden et al. 2010	Large Birds can Migrate Fast: The Post-Breeding Flight of the Purple Heron *Ardea purpurea* to the Sahel	https://doi.org/10.5253/078.098.0313
BALBUZARD PECHEUR *PANDION HALIAETUS*	**123**	Mackrill, 2017	Migratory behaviour and ecology of a trans-Saharan migrant raptor, the osprey Pandion haliaetus	https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.718693
BALBUZARD PECHEUR *PANDION HALIAETUS*	**124**	Varanis et al. 2016	Consistency in long-distance bird migration: contrasting patterns in time and space for two raptors	https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2015.12.014 https://doi.org/10.1111/jav.01839
BALBUZARD PECHEUR *PANDION HALIAETUS*	**125**	Crawford & Long, 2016	Habitat preferences of juvenile Scottish Ospreys Pandion haliaetus at stopover and wintering sites	https://doi.org/10.1080/03078698.2017.1323998
BALBUZARD PECHEUR *PANDION HALIAETUS*	**126**	Østnes et al., 2019	Migratory patterns of Ospreys (Pandion haliaetus) from central Norway	https://hdl.handle.net/11250/2658612

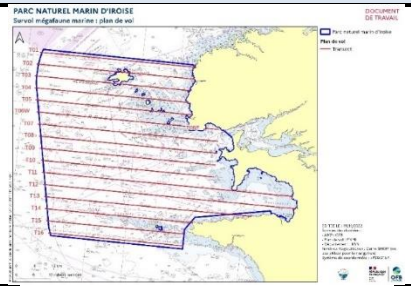
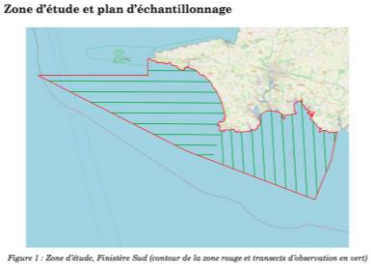
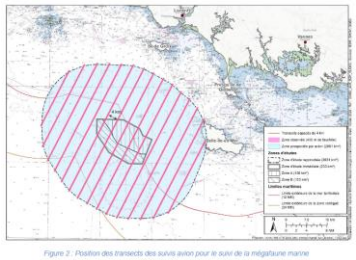
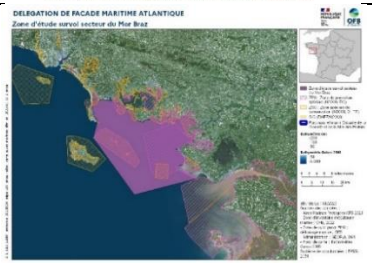
BALBUZARD PECHEUR ***PANDION HALIAETUS***	**127**	Meyburg et al. 2018 (preprint)	Sex-specific migration strategies of ospreys (Pandion haliaetus) from Germany	https://doi.org/10.1101/398735
HIBOU DES MARAIS ***ASIO FLAMMEUS***	**128**	BTO	Short-eared Owl Tracking project	https://www.bto.org/our-science/topics/tracking/tracking-studies/short-eared-owl-tracking
PIE-GRIECHE ECORCHEUR ***LANIUS COLLURIO***	**129**	Tøttrup et al. 2017, Pedersen et al. 2020	Migration of red-backed shrike populations (data from Pedersen et al. 2020)	https://www.doi.org/10.1111/jav.01352 https://www.doi.org/10.5441/001/1.4bt7365c
BRUANT ORTOLAN ***EMBERIZA HORTULANA***	**130**	Jiguet et al. 2016	Migration strategy of the ortolan bunting - final report of the scientific committee	https://www.researchgate.net/profile/Romain-Lorrilliere/project/Identification-of-flyways-for-the-Ortolan-Bunting/attachment/58820d639349400ff437b1f1/AS:452593529954306@1484918114512/download/Final+Report_Ortolan_English.pdf

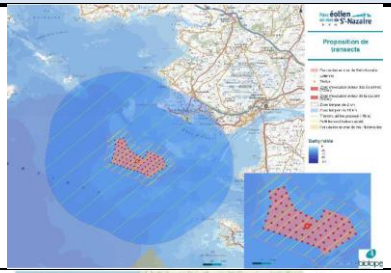
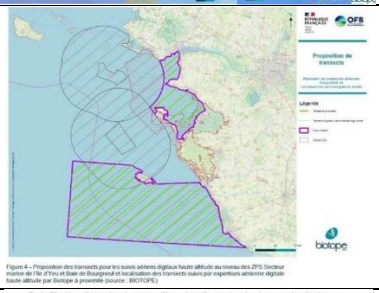
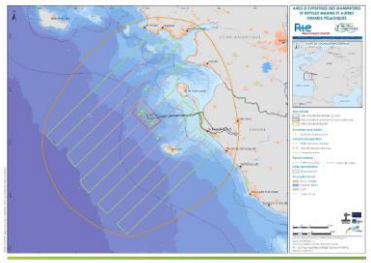
Annexe 2 : Recensement des campagnes de suivi de la mégafaune marine réalisés (ou prévus) dans l'arc Manche-Atlantique à partir de 2018, effectué par le lot 5 du programme MIGRATLANE.

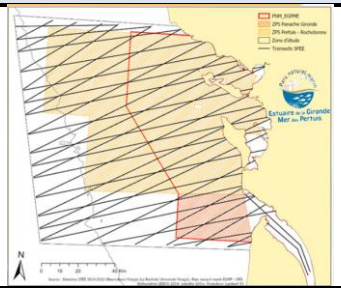
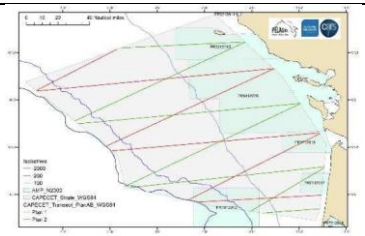
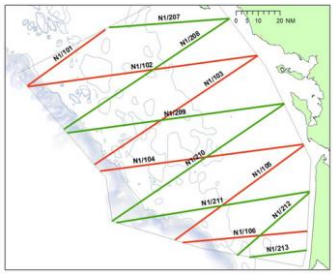
Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
SAMM II / SCANS IV	2021-2023	1 passage soit 30 jours à deux équipes à chaque saison	Hiver, printemps/été		324 616 à 342 751 km²	Environ 6% pour les mammifères marin Environ 2% pour les oiseaux marins	SAMMOA Observation visuelle + digitale partielle	Pelagis	MEDD, Pelagis Hytech-imaging …
Survol côtier Manche Est-Mer du Nord (montage campagne en cours)	2023-2024	1 passage (nombre de jours à compléter)	Hiver		7549 km²	10%	SAMMOA Observation digitale	OFB	OFB
Dunkrisk LEDKOA : levée des risques au large de Dunkerque	2017-2018	6 sessions de 2 à 3 jours	Printemps, été, automne, hiver		9 354 km²	16% (mammifères marin) 7% (oiseaux)	SAMMOA Observation visuelle	Pelagis	DGEC Pelagis
EMR Dunkerque : inventaires complémentaires à l'étude d'impact	2020-2021	1 passage mensuel (à vérifier)	Printemps, été, automne, hiver		1 079 km²	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
MAMO : Mégafaune marine en Manche Orientale	2023-2025	1 passage annuel sur 2 ans	Printemps, été, automne, hiver		8045 km²	20% (mammifères marin) 8% (oiseaux)	SAMMOA Observation visuelle + digitale partielle	Pelagis	OFB Pelagis Hytech-imaging PNM EPMO
EMR Dieppe-le-Tréport : Suivis	2024-2028 ?	1 passage mensuel	Printemps, été, automne, hiver		1 953 km²	A compléter	A compléter	A compléter	ENGIE Edp renewbles Caisse des Dépôts BRL ingénierie Biotope
EMR Fécamp : Suivis	2019-2021	1 à 2 passages par an en hiver	Hiver		2 871 km²	A compléter	Protocole Observation visuelle	A compléter	LPO GONm Cohabys PixAir Survey Biotope
Survols Baie de Seine : Courseulles	2018-2019	8 vols en 1 année	Printemps, été, automne, hiver		2 560 km²	A compléter	A compléter	OFB	Agence de l'eau DFM MMN OFB / Setec in vivo GONm

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
EMR Courseulles : Suivis	2021-2027	2 survols par an, 1 an avant construction, pendant et 2 ans après	Printemps, été, automne, hiver	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	DGEC A compléter Hytech Imaging
EMR Centre Manche I et II Normandie : Inventaires de l'étude d'impact	2021-2023	Une sortie par mois pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver		2641 km²	10% (oiseaux) 25% (mammifères marins)	Autre protocole/données sous SAMMOA depuis juin 2022 Observation visuelle Observation digitale partielle	DGEC	DGEC Biotope Hytech Imaging
Survol PNA Puffin des Baléares (montage campagne en cours)	2024-2025 ?	A compléter	Printemps, été, automne	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	OFB	OFB
EMR Saint-Brieuc (Ailes marines) : Suivis	2020-2027	1 survol par mois chaque année jusqu'au 3 premières années d'exploitation	Printemps, été automne, hiver		2 816 km²	A compléter	Observation digitale	Ailes marines/OFB	DGEC Ailes marines Biotope
Survol Bretagne Nord	2019-2022	2 suivis par saison dans la ZPS et 1 suivi par saison en zone étendue pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver		4 817 km²	10% (oiseaux) 25% (mammifères marins)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale partielle	OFB	OFB Setec In vivo Hytech Imaging

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
Campagne Parc Naturel Marin d'Iroise	2021-2022	1 suivi par saison pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver		3 426 km²	10% (oiseaux) 25% (mammifères marins)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale	OFB	OFB Setec In vivo Hytech Imaging
Survol Bretagne sud Finistère	2021-2023	1 suivi par saison pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver	 Figure 1 : Zone d'étude, Finistère Sud (contour de la zone rouge et transects d'observation en vert)	2 213 km²	10% (oiseaux) 25% (mammifères marins	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale	OFB	OFB Cohabys ADRERA WipSea L'Avion jaune
EMR Bretagne sud	2023-2025 ?	Une sortie par mois pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver	 Figure 2 : Position des transects des suivis avion pour le suivi de la mégafaune marine	2151 km²	20% aire d'étude rapprochée 10% aire d'étude éloignée	A compléter	DGEC	DGEC Setec In vivo Hytech Imaging
Survols Mor Braz (montage campagne en cours)	2024-2026	1 suivi par saison pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver		1487 km²	>10% (oiseaux) >25% (mammifères marins)	A compléter	OFB	OFB DFM ATL A compléter

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
EMR Saint-Nazaire : Suivis	2021-2022	2 suivis par saison pendant 1 an	Printemps, été automne, hiver		1 986 km²	10%	Protocole Observation digitale	A compléter	PBG – EMF Biotope
Survols ZPS Ile d'Yeu/Estuaire de la Loire externe	2023-2025	1 suivi par saison pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver		4 126 km²	10%	Transects en bandes Observation digitale	OFB	OFB DFM ATL HiDef Biotope
EMR Noirmoutier-Yeu	2024-2027 ?	10 passages entre décembre 14 et avril 16	Printemps, été automne, hiver		3 008 km²	10%	Transects en bandes Observation digitale	A compléter	EMYN Biotope
EMR Oléron : Inventaires de l'étude d'impact	2023-2025	Une sortie par mois pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver		2 280 km²	20% aire d'étude rapprochée 10% aire d'étude éloignée	A compléter	DGEC	A compléter

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
SPEE I, II et III : Suivi de la mégafaune marine au large des PErtuis charentais	2019-2022	13 sessions sur 3 ans : 3 printemps, été, automne et 4 en hiver	Hiver, printemps, été, automne		15 000 km²	SPEE I et II : 23% (MM) 10% (OM) SPEE III: 17% (MM) 7% (OM	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale (6 sessions soit 33 vols)	Pelagis	Hytech-imaging PNM EGMP
SPEE IV : Reprise du suivi de la mégafaune marine au large des Pertuis charentais	2023-2024	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	Pelagis	Hytech-imaging Pelagis A compléter
CAPECET	2020	4 sessions de 2 à 3 jours	Hiver		35 000	5% (visuel) 2% (STORMM)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale (2 jours en session 4)	Pelagis	DEB Pelagis
CAPECET 2	2023	6 sessions (nombre de jours à compléter)	Hiver		35 000 km²	5% (visuel) 2%(STORMM) (à confirmer)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale (à compléter)	Pelagis	DEB Pelagis (à confirmer)