

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

1er rapport d'analyse des données – année 1 du programme

LOT 3

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

Juillet 2024





1^{er} rapport d'analyse

Livrable 3.8

LOT 3

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

Titulaires du lot

Muséum National d'Histoire Naturelle,
BioPhonia (co-traitant)

Auteurs

PESSATO Anaïs¹, BARON Juliette¹, TREYVAUD Cassandre¹, COMAU Anne-Constance¹, GOASGOZ Marion, NICOLAS Axelle, PEYRET Paul², LOIS Tanguy², LINOSSIER Juliette², CHABROLLE Antoine¹, KERBIRIOU Christian¹

¹ Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, 75005 Paris,

² BioPhonia, Sualello, 20232 OLETTA



Partenaires scientifiques et techniques du lot 3



Citation du document

PESSATO Anaïs, BARON Juliette, TREYVAUD Cassandre, COMAU Anne-Constance, GOASGOZ Marion, NICOLAS Axelle, PEYRET Paul, LOIS Tanguy, LINOSSIER Juliette, CHABROLLE Antoine, KERBIRIOU Christian. 2024. 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 : 1^{er} rapport d'analyse. Lot 3 – Suivis acoustiques et visuels (par stations à la côte, en mer et sur navires d'opportunité). *Rapport pour l'OFB*. 56 PP.

SUIVI DU DOCUMENT

Auteur.e.s du document	Pessato Anaïs ¹ , Baron Juliette ¹ , Treyvaud Cassandre ¹ , Comau Anne-Constance ¹ , Goasgoz Marion ¹ , Nicolas Axelle ¹ , Peyret Paul ² , Loïs Tanguy ² , Linossier Juliette ² , Chabrolle Antoine ¹ , Kerbiriou Christian ¹	¹ Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN), 75005 Paris ² BioPhonia, Sualello, 20232 OLETTA
Coordinateur scientifique et technique du projet	Yann Planque Antoine Chabrolle	France Energies Marines (FEM) (MNHN/CESCO)
Coordinateur du projet	Nina Cudennec Florian Le Bail	Office Français de la Biodiversité (OFB)
Titre du document	Premier rapport d'analyse du lot 3 du programme MIGRATLANE	
Statut du document	Version finale	
Date de sauvegarde	08/11/2024	
Date de diffusion	Novembre 2024	
Version du document	Version 2	
Nom du fichier	20240715_MIGRATLANE_L3.8_Lot 3_Rapportanalyse1_VF.pdf	
Nombre de pages	56	
Niveau de diffusion	Consortium / Gouvernance/ Public	

HISTORIQUE DES CHANGEMENTS

Version	Date	Modifié par	Modifications / Sections
1	16/07/2024	Pessato Anaïs, Baron Juliette, Treyvaud Cassandre, Comau Anne-Constance, Goasgoz Marion, Nicolas Axelle, Peyret Paul, Loïs Tanguy, Linossier Juliette, Chabrolle Antoine, Kerbiriou Christian	Première version
2	26/08/2024	Pessato Anaïs, MNHN ; Sophie Poncet, OFB ; Jehanne Rivet, FEM	Corrections mineures, mise en page

APPROBATION

Version	Date	Approuvé par	Titre
Finale	08/11/2024	Yann Planque, FEM Antoine Chabrolle, MNHN/CESCO	Coordinateurs scientifiques

Signature :




Finale	12/11/2024	Florian Le Bail, OFB	Pilote du projet
--------	------------	----------------------	------------------

Signature :

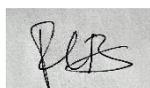


Table des matières

Table des matières	5
Table des figures.....	6
Table des tableaux.....	7
Objectifs du programme	9
Objectif de ce rapport	10
Lot 3 Suivis acoustiques et visuels (par stations à la côte, en mer et sur navires d’opportunité) 11	
3.1 Consortium du lot 3	11
3.2 Objectifs généraux du lot 3.....	11
3.3 Rappel sur le plan d’échantillonnage.....	11
3.3.1 Suivi acoustique	11
3.3.2 Suivi visuel.....	15
3.4 Traitements et analyses menés	15
3.4.1 Suivi acoustique	15
3.4.2 Suivi visuel.....	20
3.5 Résultats préliminaires	22
3.5.1 Suivi acoustique	22
3.5.2 Suivi visuel.....	35
3.6 Bilan et suite du programme	42
3.6.1 Frein lors de l’année 2023-2024	42
3.6.2 Suivi acoustique	42
3.6.3 Suivi visuel.....	44
Références bibliographiques	45
Annexes 46	

Table des figures

Figure 1 : Présentation du matériel utilisé pour le suivi acoustique passif des oiseaux (SM4 et solar BAR) et des chiroptères (SM4-BAT FS).	12
Figure 2 : Carte des sites échantillonnés en 2023 (cf. livrable L3.6). Les couleurs correspondent à la position des capteurs (haut et/ou bas) et les symboles à des couplages de capteurs acoustiques avec d'autres méthodes de suivi (radar ou observation visuelle).....	12
Figure 3 : Localisation des sites échantillonnés par le GIS éolien en mer Dieppe Le Tréport en 2023.	13
Figure 4 : Localisation des sites échantillonnés dans le cadre de l'état actuel de l'AO5 en 2022 (source : Echochiros, 2022, rapport Parc éolien au large de la Bretagne Sud AO5).	14
Figure 5 : Pipeline de transfert des fichiers bruts (.wav oiseaux et chiroptères) vers les plateformes d'archivage et d'identification. Pour transférer 100 Go d'enregistrement de chiroptères il faut environ (de la copie à l'envoi sur la plateforme) 16 heures de traitement au total, contre 7 heures pour les oiseaux.	16
Figure 6 : Emplacements et types de sites sur lesquels ont été déployés les enregistreurs exploités pour construire la base de données de référence. Des enregistrements effectués lors de la campagne CGFS 2023 ont aussi été analysés mais ne sont pas représentés sur cette figure. A noter que deux enregistreurs sont déployés sur le Phare d'Eckmühl (6) : un à sa base et un à son sommet.....	18
Figure 7 : Exemple d'annotations sur un enregistrement réalisé sur la digue de Tarnos.	19
Figure 8 : Nombre de segments d'une minute annotés par heure. Seuls trois enregistreurs sur quinze fonctionnent en journée, les segments annotés ont été principalement nocturnes.....	19
Figure 9 : Représentation des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) Sérotine commune (n=12 933 contacts), b) Noctule de Leisler (n=1 914 contacts), c) Pipistrelle commune (n= 67 768 contacts) et d) Pipistrelle de Nathusius (n = 3 970 contacts) enregistrés au parc du Marquenterre entre le 10/08/2023 et le 18/09/2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*	24
Figure 10 : Nombre de contacts enregistrés sur le site du Marquenterre du 10/08 au 18/09 2023 (toutes espèces confondues, probabilité vigie-chiro ≥ 0.5).*	25
Figure 11 : Représentations des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune (n = 81 contacts), b) noctule de Leisler (n = 125 contacts) et c) pipistrelle de Nathusius (n = 114 contacts) enregistrés sur le mât de Fécamp (position bas) entre le 18/07/2023 et le 3/10/2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*	26
Figure 12 : Représentations des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune (n = 120 contacts), b) noctule de Leisler (n = 99 contacts), c) pipistrelle de commune (n = 23386 contacts) et d) pipistrelle de Nathusius (n = 707 contacts) sur l'île Grande au cours des périodes échantillonnées en 2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*	27
Figure 13 : Représentations des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune (n = 5419 contacts), b) noctule de Leisler (n = 42558 contacts), c) pipistrelle de commune (n = 76709 contacts) et d) pipistrelle de Nathusius (n = 2697 contacts) au phare de Eckmühl (position bas) au cours des périodes échantillonnées en du 1 mars au 31 décembre 2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*	28
Figure 14 : Représentation des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de pipistrelle commune (n = 4 contacts) au phare de Penfret dans l'archipel des Glénan au cours des périodes échantillonnées du 1 mars au 31 décembre 2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*	28
Figure 15 : Représentations des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune (n= 271 contacts), b) noctule de Leisler (n= 162 contacts), c) pipistrelle de commune (n=31 421 contacts) et d) pipistrelle de Nathusius (n= 5 351contacts) sur le site de Noirmoutier au cours des périodes échantillonnées en du 24 août au 28 septembre et du 9 au 24 octobre 2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*	29
Figure 16 : Nombre de contacts enregistrés sur le site de Noirmoutier du 24/08 au 27/10 2023 (toutes espèces confondues, probabilité vigie-chiro ≥ 0.5).*	30

Figure 17 : Nombre de contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune, b) noctule de Leisler, et c) pipistrelle commune et d) pipistrelle de Nathusius sur le phare d'Antifer entre le 12 octobre et le 6 novembre 2023. Les contacts enregistrés en bas (~ 1.5 m) sont en rose et en haut en bleu (~ 30 m).*	31
Figure 18 : Nombre de contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune, b) noctule de Leisler, et c) pipistrelle de Nathusius sur le mât de Fécamp entre le 18 juillet et le 3 octobre 2023. Les contacts enregistrés en bas (~ 3 m) sont en rose et bleu en haut (~ 30 m).*	32
Figure 19 : Nombre de contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune, b) noctule de Leisler, c) pipistrelle communel et d) pipistrelle de Nathusius sur le phare d'Eckmühl à deux périodes distinctes : entre le 2 et le 27 août et le 19 au 31 octobre 2023 (la zone grisée correspond à la période en commun non échantillonnée). Les contacts enregistrés en bas (~ 3 m) sont en rose et en haut (~ 60 m) en bleu.*	33
Figure 20 : Nombre d'annotations par espèce (annotées plus de 30 fois) et correspondant à la sélection d'espèce pour la comparaison des modèles.*	34
Figure 21 : Localisations des 58 sites de Trektellen sélectionnés à ce jour pour l'analyse des données historiques illustrant a) le total des journées de suivis réalisées, toute durée confondue, et b) le cumul des individus observés, toutes espèces confondues.*	35
Figure 22 : Classement des 20 espèces les plus abondantes a) en période pré-nuptiale (mars à mai), b) en période post-nuptiale (septembre à octobre), et c) pour l'ensemble du jeu de données. Les complexes d'espèces (i.e. deux espèces proches difficilement dissociables en visuel) ont été supprimés de ces représentations.*	37
Figure 23 : Représentations des années de suivi pour différents sites regroupés par grand secteur, incluant un gradient représentant le nombre d'heure total allant du rose pour les cumuls les plus bas, au vert grisé pour les plus élevés. a) façade Manche, b) façade Atlantique, c) sud de l'Angleterre, d) nord de l'Espagne.*	38
Figure 24 : Cartes des taux de détection d'oiseaux terrestres (a,c) et d'oiseaux côtiers (b, d) lors des campagnes PELGAS (a,b) et EVHOE (c,d) en Atlantique en 2023.*	39
Figure 25 : Cartes des taux de détection d'oiseaux terrestres (a,c, e) et d'oiseaux côtiers (b, d, f) lors des campagnes CGFS (a,b), CAMANOC (c,d) et IBTS (e, f) en Manche.*	40
Figure 26 : Cartes des directions de vols des oiseaux terrestres et côtiers observés en Atlantique pendant les campagnes a) PELGAS et b) EVHOE et c) en Manche pendant la campagne CGFS, en 2023. La graduation des windroses n'est pas similaire entre les cartes : une graduation correspond à 20 observations sur PELGAS et CGFS et seulement 10 observations sur EVHOE.*	41
Figure 27 : Représentation des indices de confiances des identifications en fonctions des espèces de chauves-souris, le bas et le haut des rectangles représentent respectivement le 1er et le 3eme quartile de l'échantillon, la ligne centrale est la médiane et les traits représentent la valeur minimum et maximum. Pour les noms d'espèces, se référer au code espèces en annexe Tableau A2.*	43
Figure 28 : Représentation des indices de confiances des identifications en fonctions des sites, le bas et le haut des rectangles représentent respectivement le 1er et le 3eme quartile de l'échantillon, la ligne centrale est la médiane et les traits représentent la valeur minimum et maximum.*	43

Table des tableaux

Tableau 1 : Sites et périodes échantillonnées dans le cadre de l'état actuel de l'AO5 en 2022.	14
Tableau 2 : Espèces contactées (probabilité vigie-chiro ≥ 0.9) lors des périodes échantillonnées sur chacun des sites fixes présentés dans ce livrable. La présence d'espèce sur le mât de Fécamp a été vérifiée manuellement. Les zones grisées correspondent à de probables erreurs d'identifications en se basant sur les connaissances de distribution des espèces connues, et/ou des caractéristiques de cris (e.g. murin de Natterer dont le cri est semblable à un bruit parasite). Ces identifications seront à confirmer manuellement.*	22

Tableau 3 : Résultats du GLMM expliquant la présence de chiroptères sur les transects échantillonnés lors de la campagne CGFS (15/09/23 au 11/10/23).*	33
Tableau 4 : Comparatif des performances des modèles sur le jeu de donnée annoté.*	34

Objectifs du programme

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 pré-nuptiale puis post-nuptiale), 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 les 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.

Objectif de ce rapport

Ce document constitue le premier rapport intermédiaire d'analyse des jeux de données du lot 3 « Suivis acoustiques et visuels (par stations à la côte, en mer et sur navires d'opportunité) » du programme MIGRATLANE. Il vise à décrire les résultats des campagnes réalisées lors de la première année (campagnes de migrations pré-nuptiale et post-nuptiale) du programme MIGRATLANE. Ce rapport présente ainsi :

- Un bref rappel des objectifs du lot, du plan d'échantillonnage et des méthodologies employées dans le cadre de ce lot ; *des détails complémentaires sont plus amplement décrits dans le rapport de lancement du programme (cf. livrable L1.3) et le premier rapport de campagnes du lot (cf. livrable L3.6) ;*
- Une description des résultats des campagnes réalisées lors de la première année (campagnes de migrations pré-nuptiale et post-nuptiale), dont un bilan des données acquises à ce stade ;
- Une présentation des résultats issus des premières analyses des données traitées ;
- Une note sur les difficultés associées à la méthode mise en œuvre (biais, incertitudes) et les éventuels ajustements devant être apportés.
- Des informations sur les prochains objectifs du lot (prochaines campagnes, ajustements sur le plan d'échantillonnage initial, etc.).

Ce premier rapport d'analyse du lot 3 présente les premiers résultats disponibles à ce stade du programme, issus de l'analyse des premiers jeux de données. Cependant, **ces résultats sont intermédiaires** à l'échelle du programme, et **doivent donc être interprétés avec précaution**. Ce rapport illustre l'avancement des travaux d'analyses à ce stade, ainsi que les résultats associés, mais ceux-ci pourront évoluer tout au long du programme. L'acquisition de données sur trois années consécutives, au cours du programme, est essentielle pour obtenir des résultats fiabilisés et représentatifs de l'écologie des espèces. **Les résultats du présent rapport ne peuvent donc servir, en l'état, d'informations abouties/finalisées.**

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 co-traitante : BioPhonia, qui apporte son expertise en acoustique. Deux partenaires scientifiques et techniques accompagnent le MNHN comme sous-traitants : France Energie Marine et Biotope qui effectuent 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 Kerbirou (christian.kerbirou@mnhn.fr) et Antoine Chabrolle (antoine.chabrolle@mnhn.fr) pour le MNHN.

3.2 Objectifs généraux du lot 3

Les objectifs principaux du lot 3 sont d'acquérir des données sur :

- L'identification des espèces d'oiseaux et chiroptères utilisant l'espace maritime de l'arc Atlantique Nord-Est,
- Les voies de migration empruntées par les espèces et les zones fonctionnelles,
- La phénologie des espèces (échelle journalière et annuelle),
- Le flux des migrants à des macro-échelles dans le Golfe de Gascogne et la Manche,
- Les caractéristiques de vol (e.g. hauteur de vol).

Il s'agira d'étudier les variations spatio-temporelles de ces patterns/données et de les mettre en relations avec les conditions météorologiques.

3.3 Rappel sur le plan d'échantillonnage

3.3.1 Suivi acoustique

Le suivi acoustique des oiseaux se fait à l'aide de capteurs acoustiques : SM4-BIRD (Wildlife Acoustics) ou Solar BAR (Frontier Labs, **Figure 1**). Les capteurs acoustiques enregistrent en continu du coucher jusqu'au lever du soleil, à une fréquence d'échantillonnage de 44.1 kHz (permettant de couvrir la gamme de fréquences de l'audible, 22 kHz). Sur certains sites où la méthode acoustique est couplée avec une autre méthode (visuel ou radar), les capteurs enregistrent en continu aussi en journée. Des gains différents sont 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 si besoin 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, ont été rajoutées sur les microphones sur quelques sites (e.g. campagnes bateaux). Les fichiers bruts (au format .wav) seront analysés à l'aide d'un outil en cours de développement par BioPhonia (cf. 3.4.1.2).

Le suivi des chiroptères se fait à l'aide de capteurs acoustiques SM4-BAT (i.e. SM4 FS, Wildlife Acoustics, **Figure 1**) couplés à un microphone SMM-U2. Suivant le protocole Vigie-Chiro, ils enregistrent 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 ou 256 kHz (permettant de couvrir l'ensemble des fréquences ultrasonores des chiroptères, 192 kHz). Sur les navires de la Brittany Ferries, en 2023, les capteurs SM4-BAT déployés par Biotope sont couplés à un microphone SMM-U1. Ils enregistrent de deux heures avant le coucher du soleil jusqu'à deux heures après le lever du soleil. Les fichiers bruts obtenus (.wav) sont ensuite analysés automatiquement par le logiciel Tadarida, avec des vérifications manuelles post-traitement.

Pour plus de détails sur le protocole et les données recueillis en 2023, veuillez-vous référer au livrable L3.6.



Figure 1 : Présentation du matériel utilisé pour le suivi acoustique passif des oiseaux (SM4 et solar BAR) et des chiroptères (SM4-BAT FS).

3.3.1.1 Points fixes

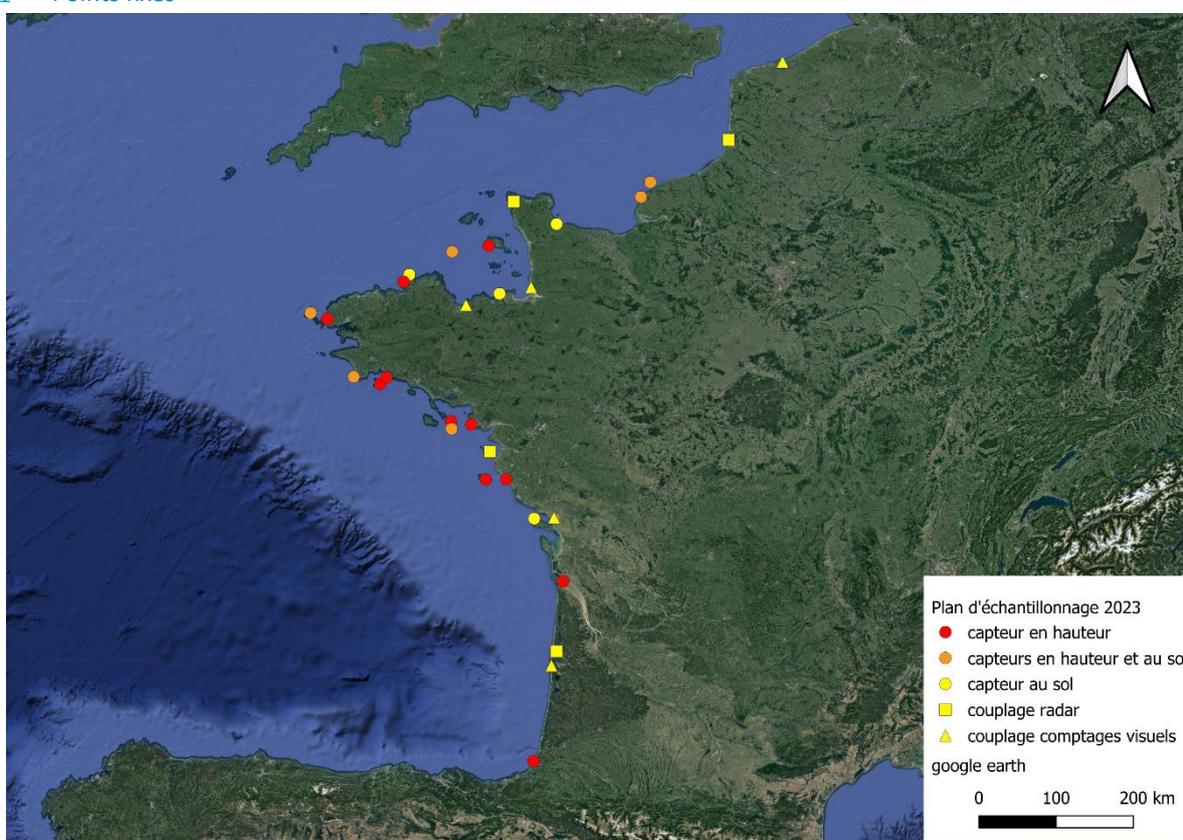


Figure 2 : Carte des sites échantillonnés en 2023 (cf. livrable L3.6). Les couleurs correspondent à la position des capteurs (haut et/ou bas) et les symboles à des couplages de capteurs acoustiques avec d'autres méthodes de suivi (radar ou observation visuelle).

Le plan d'échantillonnage se divise en 30 sites incluant des points fixes sur la côte, sur des îles ou sur des structures en mer. L'installation des capteurs a débuté en août et s'est poursuivie jusqu'en octobre 2023. Les capteurs ont été installés sur une diversité de structure (e.g. phares, bâtiments) ou à même le sol (**Figure 2**). Des capteurs ont également été installés sur des sites permettant un couplage méthodologique, incluant les quatre radars ornithologiques installés dans le cadre du lot 4 de MIGRATLANE, ainsi qu'à proximité des camps de migration réalisant des suivis visuels à la côte sur les oiseaux

(Figure 2). Les capteurs ne sont pas retirés des sites en hiver afin d'enregistrer sur l'ensemble des années de campagne d'acquisition de MIGRATLANE.

3.3.1.2 Bateaux (transects en mer)

En 2023, des capteurs ont été déployés sur des bateaux durant des campagnes en mers couvrant les secteurs de la Manche et du golfe de Gascogne (cf. livrable L3.6). Trois types de campagnes bateaux ont été équipés de capteurs acoustiques : les campagnes du Centre de la Mer de Biarritz (CMB, suivi journalier d'oiseaux), les campagnes MEGASCOPE (missions annuelles dans des zones et périodes données, suivis oiseaux et chiroptères, partenariat avec l'Observatoire PELAGIS et l'IFREMER) et une ligne de la Brittany Ferries (entre Ouistreham-Portsmouth, suivi chiroptère seulement, installation de capteurs oiseaux prévue en 2024, Biotope).

3.3.1.3 Autres données

En plus de la collecte de données issues de sites fixes et de campagnes maritimes, des données collectées par d'autres structures pour leurs propres suivis ont pu être récupérées en 2024.

3.3.1.3.1 GIS éolien en mer Dieppe - Le Tréport

Une collaboration avec le GIS éolien en mer Dieppe – Le Tréport a été mis en place depuis avril 2024. Cette collaboration consiste à analyser les données acoustiques chiroptères recueillis par Biotope entre mai et novembre 2023 sur une bouée en mer (mavéo) et sur trois sites sur la côte et trois sites à environ 6 km des côtes (Figure 3). Les données ont été collectées par Biotope avec les paramètres suivants : enregistrement de 2 heures avant le coucher du soleil jusqu'à 2 heures après, déclenché à 12 dB avec une fréquence d'échantillonnage de 192 kHz. Des données seront aussi collectées pendant la phase de construction du parc de 2024 à 2026. Les données seront également traitées avec le logiciel Tadarida (Bas et al. 2017) dans un but de production de données homogènes à celles produites dans les autres suivis et permettant ainsi une intégration à l'échantillonnage MIGRATLANE.



Figure 3 : Localisation des sites échantillonnés par le GIS éolien en mer Dieppe Le Tréport en 2023.

3.3.1.3.2 AO5 Sud - Bretagne

Avec l'aide de la DREAL Bretagne, nous avons récupéré les enregistrements bruts (fichiers acoustiques) de chiroptères collectés en 2022 pour l'état actuel de l'environnement de la zone du projet de parc éolien flottant au large de la Bretagne

Sud (AO5, rapport Parc éolien au large de la Bretagne Sud AO5 ; Echochiros, 2022). Les données ont été collectées sur des phares de l'île de Groix et de Belle-île, sur plusieurs stations à terre sur la côte et lors de transects bateaux (**Tableau 1** et **Figure 4** tirée du rapport Parc éolien au large de la Bretagne Sud AO5 ; Echochiros, 2022).

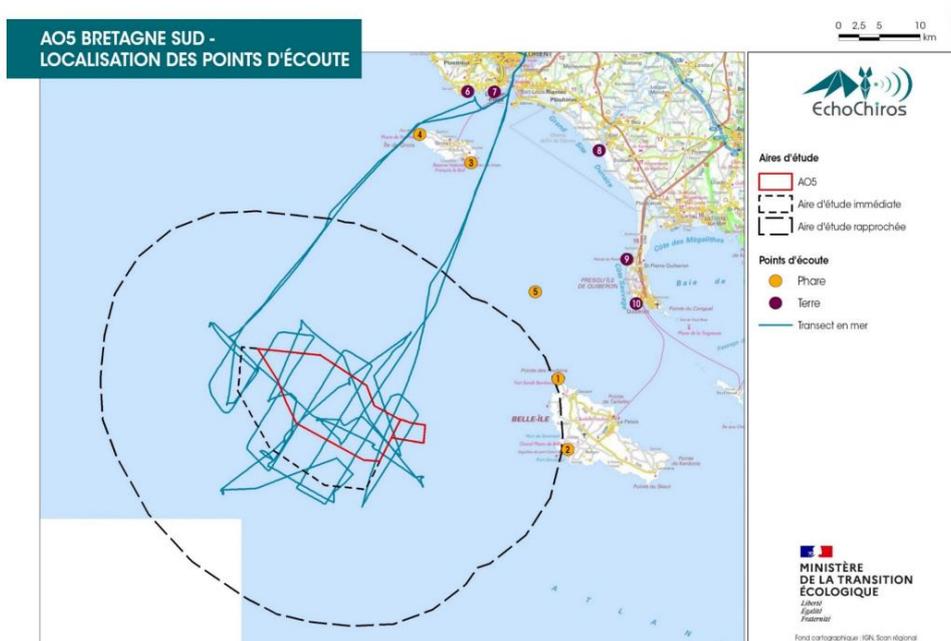


Figure 4 : Localisation des sites échantillonnés dans le cadre de l'état actuel de l'AO5 en 2022 (source : Echochiros, 2022, rapport Parc éolien au large de la Bretagne Sud AO5).

Tableau 1 : Sites et périodes échantillonnées dans le cadre de l'état actuel de l'AO5 en 2022.

Site	Localisation	Périodes
Phare de Pen-Men- 4	Ile de Groix	19/10/2022-04/11/2022 15/12/2022 - 01/01/2023
Phare Goulphar - 2	Ile de Belle-île	18/10/2022 - 19/11/2022 18/12/2022-01/01/2023
Phare des Poulains - 1	Ile de Belle-île	18/10/2022 - 08/11/2022 16/12/2022 - 28/12/2022
Terre station - 6	Ploemeur	11/08/2022 - 16/12/2022
Terre station - 7	Larmor-Plage	11/08/2022 - 30/09/2022 02/10/2022 - 10/12/2022
Terre station - 8	Etel	11/08/2022 - 30/09/2022 02/10/2022 - 14/12/2022
Terre station - 9	Saint-Pierre-de-Quiberon	11/08/2022 - 05/12/2022
Terre station - 10	Saint-Pierre-de-Quiberon	11/08/2022 - 30/09/2022 01/10/2022 - 17/12/2022
Bateau	Aide d'étude rapprochée du parc	13/05/2022 - 15/05/2022 14/06/2022 - 16/06/2022 11/07/2022 - 13/07/2022 22/08/2022 - 24/08/2022 11/10/2022 -13/10/2022 12/11/2022 - 14/11/2022

3.3.2 Suivi visuel

3.3.2.1 Campagnes d'acquisition

En 2023, des suivis de migration active ont été menés sur deux sites à la côte situés sur les falaises de Carolles (Manche) et sur La Cotentin (Côtes-d'Armor). Ces suivis ont été respectivement réalisés par Birding Mont-Saint-Michel (Sébastien Provost) et par le GEOCA (Groupe d'Etudes Ornithologiques des Côtes d'Armor ; observateur principal : Théo Aubry). Ils se sont déroulés entre début septembre et fin novembre à raison de trois jours par semaine. Les suivis ont été réalisés sur les mêmes journées sur les deux sites et se limitent à des matinées de comptage à l'exception de deux journées sur La Cotentin où ils se sont étendus sur l'après-midi. Sur ces deux spots de migration, des protocoles dits « classiques » de dénombrement d'individus en migration ont été ou sont réalisés depuis plusieurs années. Pour répondre aux demandes du projet de MIGRATLANE, la collecte d'informations supplémentaires sur les 15 premières minutes de chaque heure de suivi a été rajoutée, incluant la notation de l'heure à la minute de l'observation (ce qui diffère des cumuls horaires par espèce qui sont généralement effectués), l'estimation de la hauteur de vol des individus et la description de la taille du groupe (c.f. livrable L3.6).

3.3.2.2 Données historiques

Le fondateur et développeur principal de Trektellen, Gerard Troost, a été contacté par l'équipe en début d'année 2024, pour échanger sur la mise en place d'un partenariat avec la structure SOVON (organisme national de gestion des données ornithologiques aux Pays-Bas). L'objectif était de récupérer des données historiques hébergées sur Trektellen et de modifier des fonctionnalités de l'application smartphone pour optimiser les campagnes de suivis à la côte. Afin de réaliser une sélection des données pertinente, un tableur comprenant des informations générales (nombre d'heure, de jour, d'année de suivis et nombre d'observation total) sur 114 sites suivis sur les façades Manche et Atlantique référencées sur Trektellen nous a été transmis. Nous avons souhaité ajouter des sites côtiers du sud de l'Angleterre (n = 42) et du nord de l'Espagne (n = 11) par soucis de cohérence avec la biologie des espèces migratrices qui traversent la zone d'étude. Sur la base des critères disponibles et à l'aide de ce tableau, nous avons sélectionné 60 sites qui regroupent la majorité des informations disponibles, avec plus de 90% des données conservées pour chacun des critères à l'exception des années (60%). A ce jour, nous avons reçu l'ensemble des données déposées sur la plateforme depuis les années 2000, pour 58 sites pour lesquels nous avons reçu un accord de la part des référents/gestionnaires. La même démarche sera mise en place pour la plateforme Migration et nous avons déjà contacté le référent de la LPO.

3.4 Traitements et analyses menés

3.4.1 Suivi acoustique

3.4.1.1 Chiroptères

Les enregistrements bruts (fichiers .wav) chiroptères sont envoyés sur Vigie-Chiro pour le workflow de traitement du signal : (i) détection des événements sonores, (ii) extraction des paramètres acoustiques et (iii) identification des espèces de chauves-souris par le logiciel Tadarida (Bas *et al.* 2017) et *in fine* pour un archivage sur l'espace de stockage du CNRS (in2p3) (**Figure 5**). Suite à l'envoi, un tableur contenant les identifications et leur probabilité est reçu pour chaque participation (période envoyée pour un site donné). Une vérification manuelle des identifications est faite pour tous les sites en mer (e.g. mat de Fécamp, campagnes bateaux...). Pour les sites côtiers ou sur les îles, le nombre de contact étant trop volumineux pour autoriser une validation manuelle, nous nous basons sur une approche de prise en compte de l'incertitude des identifications : avec un seuil de probabilité de 0.5 et/ou 0.9 (recommandé par Barré *et al.* 2019). Utiliser le seuil 0.9 permet de vérifier la robustesse des résultats obtenus avec le seuil 0.5, cependant ce seuil peut considérablement réduire les tailles d'échantillons (i.e. la taille du jeu de données).

Pour la suite du rapport, les analyses exploratoires ont été faites sur les identifications avec une probabilité ≥ 0.5 (sauf pour le **Tableau 2** du nombre de contact par site, pour lequel le seuil 0.9 a été utilisé afin de présenter une liste d'espèce plus sûre). Un contact correspond à la présence d'au moins un cri dans une fenêtre d'enregistrement de 5 secondes.

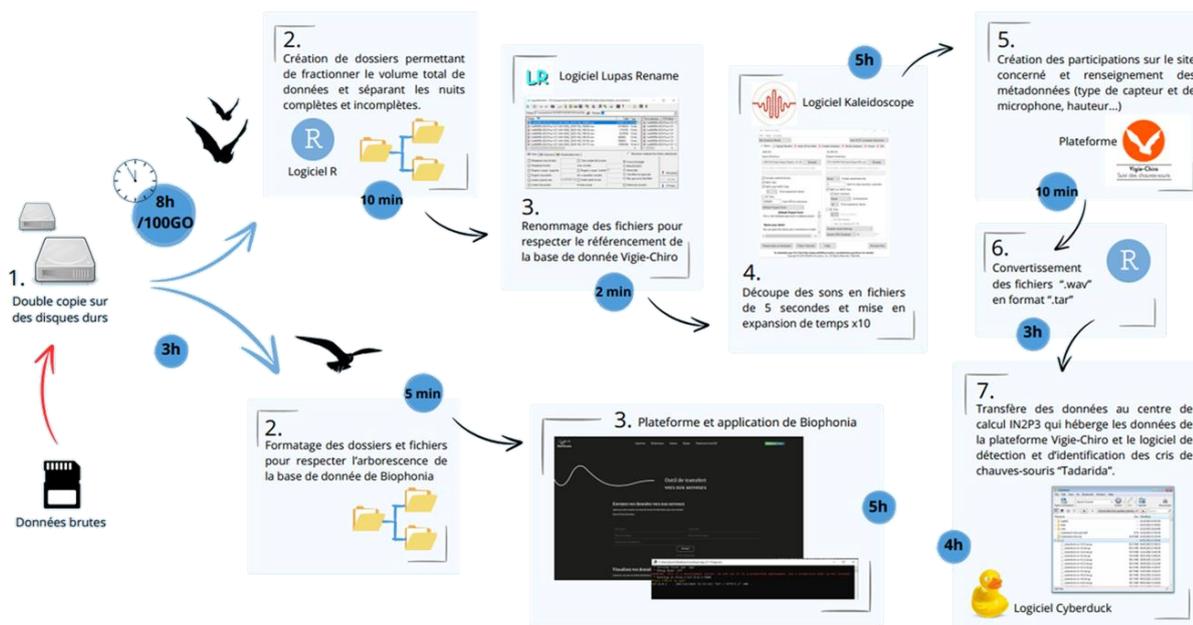


Figure 5 : Pipeline de transfert des fichiers bruts (.wav oiseaux et chiroptères) vers les plateformes d’archivage et d’identification. Pour transférer 100 Go d’enregistrement de chiroptères il faut environ (de la copie à l’envoi sur la plateforme) 16 heures de traitement au total, contre 7 heures pour les oiseaux.

3.4.1.1.1 Points fixes : phénologie

Aucune analyse statistique n’a pour le moment été effectuée pour décrire les variations temporelles d’activités des chiroptères. Néanmoins des descriptions de la phénologie sur les données de 2023 ont été faites sur une sélection de sites, à la fois sur la côte et en mer (île ou structure), en Manche (Marquenterre, mât de Fécamp et ile Grande) et en Atlantique (phare d’Eckmühl, phare de Penfret et Noirmoutier) dont deux sites qui sont également équipés d’un radar (lot 4 de MIGRATLANE). Des fiches de présentation de chacun des sites sont visibles en annexe (**Figure A2**). Les espèces décrites sont la sérotine commune (*Eptesicus serotinus*), la noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*), la pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) et la pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*). Ces espèces ont été choisies pour leurs caractères migrateurs ou car elles sont communes en France.

3.4.1.1.2 Points fixes : hauteur de vol

Toutes les espèces de chiroptères ne sont pas détectables à la même distance : les pipistrelles (commune, Kuhl et Nathusius) ne sont détectables qu’à 25 m alors que la sérotine commune est détectable jusqu’à 30 m et la noctule de Leisler a une plus grande distance (80 m, Barataud 2015). Ainsi, positionner des capteurs à la fois en hauteur et à la base d’une structure permet de comparer l’activité en altitude et d’estimer les hauteurs de vols de certaines espèces.

Au total, en 2023, six structures ont été équipées d’un capteur chiroptère en hauteur et à sa base (cf. **Figure 2**). Les représentations du nombre de contact enregistré en haut et en bas (lors de période d’échantillonnage commune) qui sont présentées visent à explorer les données dans un premier temps, et n’ont pas encore fait l’objet d’analyse statistique. Les représentations ont été effectuées pour deux sites en Manche (phare d’Antifer et le mat de Fécamp) et un site en Atlantique nord (phare d’Eckmühl), en se concentrant sur les espèces les plus détectées : la sérotine commune, la noctule de Leisler, la pipistrelle commune et la pipistrelle de Nathusius.

3.4.1.1.3 Bateaux : CGFS 2023

Les données brutes provenant des campagnes maritimes sont toujours en cours de transfert vers l’outil Tadarida. Seuls les enregistrements de la campagne CGFS de 2023 ont pour le moment été analysés (Tadarida et vérification manuelle de chaque identification de chiroptères).

Lors de la campagne CGFS de 2023, plusieurs espèces de chiroptères ont été contactées en Manche (cf. livrable L3.6). Afin de mieux comprendre les conditions expliquant la présence de chiroptères lors de cette campagne, nous avons étudié la probabilité de présence des chiroptères en fonction de la distance aux côtes (françaises ou anglaises), et de conditions météorologiques (température et vitesse du vent). Pour cela, un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) a été réalisé comme suit :

GLMM (présence ~ distance min + distance totale + température + vitesse du vent + (1|Date))

Avec présence codée « 0 » lorsqu'aucun chiroptère n'a été détecté sur un point GPS (1 point GPS toutes les 30 secondes, n = 41409 durant la période d'échantillonnage) et « 1 » lorsqu'un ou plusieurs chiroptères ont été contactés (pas de différenciation entre les espèces). « Distance min » correspond à la distance minimum à la côte la plus proche (française, anglaise ou des îles britanniques), « distance totale » correspond à la largeur de la Manche à un point GPS donné. Les données météo ont été extraites depuis la base de données Copernicus (https://surfobs.climate.copernicus.eu/dataaccess/access_eobs.php#datafiles) à une échelle de 0.25 deg. La température et la vitesse du vent ont été moyennées au cours de la nuit. La date de la nuit a été mise en effet aléatoire car plusieurs points GPS ont été échantillonnés au cours de chaque nuit.

Ce modèle permet d'obtenir des résultats préliminaires sur une seule année de suivi et sera mis à jour et complexifié au fil des années d'acquisition de données. Il ne présage que partiellement du modèle définitif.

3.4.1.2 Oiseaux

Les enregistrements bruts (fichiers .wav) d'oiseaux ont été envoyés à BioPhonia via une plateforme dédiée (**Figure 5**). A terme, ces enregistrements seront également archivés à l'in2p3 (procédure en cours avec les services dédiés).

BioPhonia a concentré ses efforts sur la comparaison des modèles de détection acoustique automatiques de l'avifaune. En effet, dans l'état de l'art, il existe 3 modèles disponibles et applicables au suivi de la migration en France : BirdNet (Cornell Labs), Perch (Google) et NBM (Association NBM). La comparaison de ces modèles reste cependant difficile. En effet, afin de permettre la comparaison, il est nécessaire d'annoter des sons d'oiseaux en migrations sur les côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche. Or, à ce jour, il n'existe pas de telle base de données.

3.4.1.2.1 Création d'une base de données d'annotation

Pour pouvoir comparer les modèles, une base de données d'annotations de référence a été construite. Afin de rendre compte des performances des différents modèles de détection automatiques dans le contexte spécifique de MIGRATLANE (environnement sonore marin et côtier de France), nous avons décidé d'annoter des enregistrements collectés sur une sélection de sites MIGRATLANE répartis du nord de la Manche au sud de l'Atlantique (**Figure 6**) entre août 2023 et octobre 2023. Cette sélection couvre l'ensemble de la zone d'étude et inclut la variété des situations rencontrées dans l'ensemble du réseau : falaise, structure en mer, phare et position au sol.

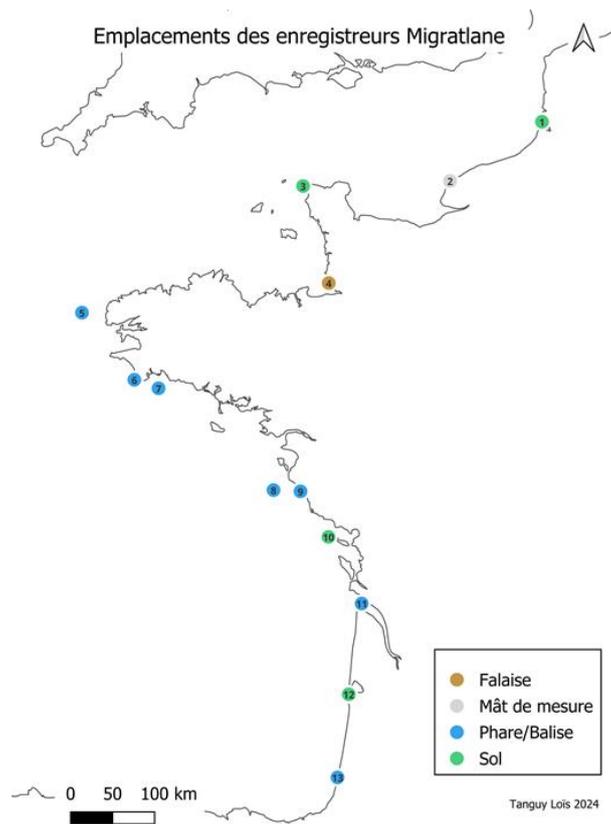


Figure 6 : Emplacements et types de sites sur lesquels ont été déployés les enregistreurs exploités pour construire la base de données de référence. Des enregistrements effectués lors de la campagne CGFS 2023 ont aussi été analysés mais ne sont pas représentés sur cette figure. A noter que deux enregistreurs sont déployés sur le Phare d’Eckmühl (6) : un à sa base et un à son sommet.

Pour extraire des échantillons sonores pertinents à annoter, BirdNET a été utilisé pour une pré-détection des vocalisations d’oiseaux, en retenant seulement les annotations avec un score de confiance supérieur à 0.8 (afin de maximiser la pré-détection de cris d’oiseaux et minimiser les faux positifs liés au bruit). Cette pré-détection a permis de ne garder que les enregistrements dans lesquels BirdNET avait détecté un oiseau, et donc de s’assurer que la majorité des enregistrements retenus contenait des vocalisations d’oiseaux.

Les extraits sonores à annoter ont été construits en extrayant une minute complète autour de chaque détection pour y ajouter du contexte sonore, facilitant l’identification des vocalisations. Chaque minute d’enregistrement extraite a été annotée de manière exhaustive en suivant un protocole d’annotation préalablement défini. Ce protocole implique d’annoter dans le logiciel Audacity chaque événement correspondant à un cri (ou chant) en temps et en fréquence sur un spectrogramme (**Figure 7**).

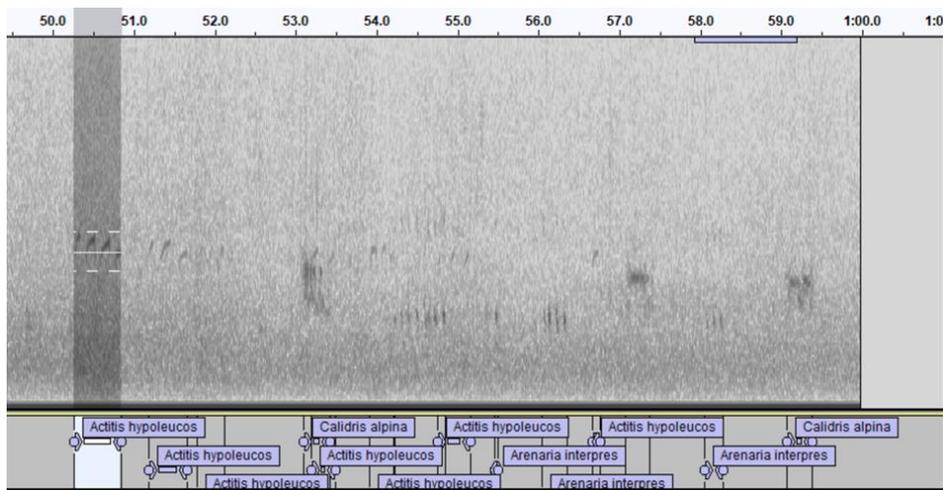


Figure 7 : Exemple d’annotations sur un enregistrement réalisé sur la digue de Tarnos.

A noter que lorsqu’un enregistrement comprenait trop de vocalisations (majoritairement chorus matinaux et laridés), il n’a pas été annoté. 662 segments d’une minute ont ainsi été annotés. Les extraits annotés sont principalement nocturnes, avec seuls trois des quinze enregistreurs qui fonctionnent en journée (**Figure 8**).

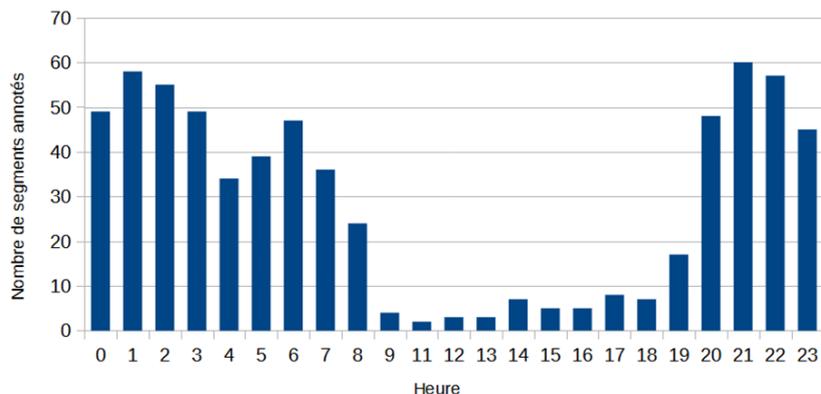


Figure 8 : Nombre de segments d’une minute annotés par heure. Seuls trois enregistreurs sur quinze fonctionnent en journée, les segments annotés ont été principalement nocturnes.

3.4.1.2.2 Benchmark des modèles de détection acoustique d’avifaune existants

3.4.1.2.2.1 Modèles

Les recherches bibliographiques nous ont conduites à identifier 3 modèles candidats permettant la détection et classification acoustique d’oiseaux en migration en France. Les modèles étudiés sont des classificateurs audio qui analysent un fichier son en découpant ce dernier en segments de durée prédéfinie. La sortie des modèles associe la “probabilité” de présence d’une espèce sur un segment donnée à un score de confiance. Si le score de confiance est supérieur à un certain seuil, on considère que c’est une détection.

Les modèles disponibles pour la classification sonore d’oiseaux en France en 2024 sont :

- *BirdNet* (v2.4), un modèle développé par le Cornell Lab (USA). Initialement décrit par Kahl *et al.* (2021), la nouvelle version de BirdNET (plus performante) totalise maintenant plus de 6000 espèces et se présente comme un modèle généraliste global pour détecter et identifier les espèces d’oiseaux par le son. Le modèle permet une classification multi-label (co-occurrence de plusieurs espèces possible) sur des segments de 3 secondes. Le modèle utilise l’architecture EfficientNet-B0 et a été entraîné sur des grandes bases de données ouvertes souvent issus

d'enregistrements amateurs (XenoCanto, Macauley...). La version du modèle évalué correspond à la release v1.1.0 du package birdnet-Analyzer disponible sur Github.

- *Perch*, le modèle de détection et classification acoustique d'oiseaux développé par Google. Il adresse plus de 10000 espèces (avec des performances variables selon les espèces), et est fondé sur un réseau de neurones EfficientNet-B1 entraîné sur l'ensemble du corpus d'enregistrements de chants d'oiseaux de Xeno-Canto (XC) téléchargé en juillet 2022. La taille des segments analysée est de 5 secondes. La version utilisée pour ce benchmark est disponible sur Github du modèle (commit id: 77edeff).
- *NBM* (v2.0), créé par des bénévoles de l'association française Nocturnal Bird Migration (<https://nocturnal-bird-migration.com/>). L'objectif de cette association est de créer un outil open source de détection automatique pour aider à suivre la migration nocturne en France grâce à l'acoustique passive. Nous nous sommes procuré la nouvelle version en construction de ce modèle open source auprès des bénévoles de l'association. Ce classifieur fondé sur l'algorithme Detr (Detection Transformer) permet de détecter les événements correspondant à des cris de vol nocturnes dans un spectrogramme. Le nombre d'espèces adressées par ce modèle est de 145 avec une prédilection pour les espèces migratrices nocturnes de France.

Les résultats de détections des 3 modèles étant sur des pas de temps différents (BirdNet : 3 sec, Perch : 5 sec, NBM : variable), nous avons homogénéisé les résultats de détections à une base de temps de 5 secondes (utilisation d'un recouvrement de 1 seconde pour BirdNet). Pour chaque espèce, la prédiction a été considérée comme une détection si le score de confiance était supérieur à un seuil fixé à 0.5. Dans le cas contraire, l'événement n'est pas considéré comme une détection de l'espèce. Le résultat ainsi obtenu prend la forme d'un tableau indiquant pour chaque segment d'enregistrement la ou les espèce(s) présente(s) (ou absente(s)).

3.4.1.2.2 Métriques

Pour comparer ces modèles, plusieurs métriques ont été calculées. La première étape du calcul consiste à compter les nombres de "*true positives*" (prédictions positives correctes), "*true negatives*" (prédictions négatives correctes), "*false positives*" (fausses détections), et "*false negatives*" (manques à détecter) pour chaque espèce. Nous utilisons par la suite les trois métriques les plus largement utilisées en comparaison de modèles de détection/classification (Rauch *et al.* 2024) : La Precision (precision), le Recall (rappel) et le F1-score, tous trois compris entre 0 et 1.

- La *precision* mesure la proportion d'exemples correctement classés parmi tous les exemples que le modèle a classés comme appartenant à une espèce particulière. En d'autres termes, c'est la proportion de "vrais positifs" parmi tous les résultats positifs de l'espèce.
- Le *recall* mesure la proportion d'exemples correctement classés parmi tous les exemples qui appartiennent réellement à une espèce particulière. En d'autres termes, c'est la proportion de "vrais positifs" parmi tous les exemples de l'espèce ciblée.
- Le *F1-score* est la moyenne harmonique de la Precision et du Recall et permet de résumer leurs valeurs en une seule métrique. Un F1-score égal à 1 indique que le modèle identifie correctement toutes les vocalisations d'une espèce et n'en identifie aucune de manière erronée.

Ces trois métriques sont calculées pour chaque espèce puis moyennées (Macro average) afin d'observer les performances globales.

3.4.2 Suivi visuel

3.4.2.1 Données de suivis à la côte

La constitution d'une base de données exploitable sur les comptages à la côte d'oiseaux nécessite plusieurs étapes d'analyses exploratoires et des discussions avec les partenaires pour mieux comprendre la procédure de collecte et de saisie des données et identifier les modifications à entreprendre. L'extraction des données sur Trektellen comprend plusieurs tableurs intégrant des informations détaillées ou agrégées sur les comptages et les métadonnées associées (informations sur le site, la session, les observateurs, les conditions environnementales...). Le traitement des données et les représentations sont exécutés sur les logiciels R (version R 4.3.3) et RStudio.

Ces données historiques proviennent de sites avec des méthodologies différentes (observations opportunistes ou suivant des protocoles standardisés variables) et ayant été collecté par des personnels externes au lot 3, la phase d'exploration des données permet d'appréhender les différentes étapes à mettre en place en termes de nettoyage, filtrage et transformation ou rééchantillonnage. Au-delà de la nécessité de corriger les éventuelles erreurs ou encore d'intégrer les données manquantes, il y a également plusieurs aspects d'harmonisation qui ont été identifiés, dont quelques exemples sont listés :

- Taxonomie : uniformiser les noms d'espèces et les différents niveaux taxonomiques associés aux observations ;
- Echantillonnage : comprendre les disparités dans les périodes et durée des sessions et l'unité d'effort associé aux observations ;
- Condition météorologique : résumer les informations disponibles pour obtenir un indice de visibilité et ajouter des variables environnementales pertinentes provenant d'autres plateformes (Météo France ou Copernicus).

Aucune nouvelle analyse n'a été réalisée sur les données des sites de suivis des falaises de Carolles et de la Cotentin depuis le 1er rapport intermédiaire (livrable L3.6) dans lequel des éléments descriptifs étaient présentés. Des analyses statistiques sont envisagées sur ces données en les agrégant à des données historiques et/ou provenant de nouvelles campagnes de suivi.

3.4.2.2 Depuis des bateaux : observations visuelles depuis les campagnes MEGASCOPE

En partenariat avec l'Observatoire PELAGIS (université de la Rochelle), nous avons pu obtenir les données d'observations visuelles d'oiseaux (terrestres et côtiers) collectées via le programme MEGASCOPE sur les campagnes PELGAS (avril-mai), CGFS (septembre-octobre), CAMANOC (septembre-octobre, seulement en 2014), EVHOE (octobre-novembre) et IBTS (janvier) entre 2003 et 2021.

Des cartes du taux de détection (maille de 20 km) par campagne ont été créées à l'aide du plugin QGis pelaSIG développé par l'Observatoire PELAGIS (<https://www.observatoire-pelagis.cnrs.fr/les-outils/pelagis/>).

Des cartes illustrant les directions de vols toutes espèces confondues ont été créées sur R (version R4.3.3) et Rstudio (2023.03.0) pour les campagnes avec le plus d'oiseaux observés c'est-à-dire PELGAS, EVHOE et CGFS. Une représentation des directions en windrose (rose des vents) n'a été effectuée que lorsqu'il y avait au minimum 20 observations dans une maille de 100 km. A noter que les windroses ont été centrés dans le centroïde des mailles ce qui ne correspond pas au centre de la zone échantillonnée lorsque la maille est à la fois sur terre et en mer.

3.5 Résultats préliminaires

3.5.1 Suivi acoustique

3.5.1.1 Chiroptères

Tableau 2 : Espèces contactées (probabilité vigie-chiro ≥ 0.9) lors des périodes échantillonnées sur chacun des sites fixes présentés dans ce livrable. La présence d'espèce sur le mât de Fécamp a été vérifiée manuellement. Les zones grisées correspondent à de probables erreurs d'identifications en se basant sur les connaissances de distribution des espèces connues, et/ou des caractéristiques de cris (e.g. murin de Natterer dont le cri est semblable à un bruit parasite). Ces identifications seront à confirmer manuellement.*

	Manche					Atlantique				
Site	Fécamp bas	Fécamp haut	Antifer bas	Antifer haut	Mar-querterre	Île Grande Côtier	Eckmuhl bas Côtier	Eckmuhl haut Côtier	Penfret Ile	Noirmou-tier Ile
Type	Mer	Mer	Côtier	Côtier	Côtier	Côtier	Côtier	Côtier	Ile	Ile
Nb nuit éch.	104	108	27	26	38	54	45	32	105	41
Période	18/07/2	18/07/2	12/10	12/10	10/08/23 -	08/08/2	02/08/2	02/08/2	01/03/2	24/08/23
	3 -	3 -	/23 -	/23 -	18/09/23	3 -	3 -	3 -	3 -	-
	30/11/2	17/12/2	17/03	17/03		03/11/2	11/02/2	24/03/2	16/10/2	07/02/24
	3	3	/24	/24		3	4	4	3	
Nb sp contactée	3	3	6	9	19	18	18	12	0	12
Nombre de contact par espèce										
Barbastelle commune	0	0	42	3	12	333	1599	174	0	0
Sérotine commune	22	5	11	3	7947	19	1638	425	0	118
Vespère de savi	0	0	0	0		1	6	21	2	0
Minioptère de Schreibers	0	0	0	0		4	9	1	1	0
Murin à oreilles échançrées	0	0	0	0		8	11	73	0	0
Murin de Natterer	0	0	557	159		85	46	79	643	0
Murin de Capaccini	0	0	0	0		32	0	1	0	0
Murin à moustaches	0	0	0	0		202	0	0	0	0
Murin de Daubenton	0	0	0	0		8483	2	4	0	0
Murin de grandes tailles	0	0	0	0		4	0	1	2	0
Noctules communes	0	0	0	1	1588	9	5	0	0	1
Noctule de Leisler	70	59	0	64	970	22	39144	14667	0	59
Pipistrelle de Nathusius	20	1	0	28	565	66	189	57	0	1589

Pipistrelle commune	0	0	980	779	57667	14381	70683	2615	0	28073
Pipistrelle Pygmée	0	0	0	0	11	0	12	0	0	1
Pipistrelle de Kuhl	0	0	147	59	1152	1648	48550	761	0	3481
Grand Rhinolophe	0	0	0	0	27	2	921	4	0	0
Petit Rhinolophe	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Oreillard roux	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
Oreillard gris	0	0	0	1	546	93	940	104	0	225
Oreillard montagnard			0	0	2	3			0	1
Molosse de Cestonie	0	0	0	0	0	47	6	0	0	0
Total	112	65	1738	1097	79306	16699	163867	19455	0	33606
Contact /nuit	1.1	0.6	64.4	42.2	2087.0	309.2	3641.5	608.0	0	819.7

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

Les sites les plus riches en matière de diversités spécifiques sont les sites côtiers avec le parc du Marquenterre et ces 19 espèces contactés pour 2 087 contacts par nuit, ou encore le bas du phare d'Eckmühl avec 3641 contacts par nuit pour 18 espèces contactées (probabilité vigie-chiro ≥ 0.9 , **Tableau 2**). Les sites en mer et insulaires semblent moins fréquentés avec 3 espèces pour le mât de Fécamp, et aucune espèce pour Penfret (probabilité vigie-chiro ≥ 0.9 , **Tableau 2**). Ces différences peuvent être dues aux populations alentours avec sur la côte des enregistrements d'espèces résidentes en chasse (plus d'habitats propices à la chasse), alors qu'en mer ou sur les îles on retrouverait principalement des espèces en migration.

Certaines identifications aberrantes ont été enregistrées, on peut par exemple citer des espèces méditerranéennes comme le molosse de Cestonie (*Tadarida teniotis*), le minioptère de Schreibers (*Miniopterus schreibersii*) ou encore le Vespère de Savi (*Hypsugo savii*) qui ont été contactés sur plusieurs sites loin de leurs aires de répartition. On peut noter également de nombreux enregistrements de murins de Natterer (*Myotis nattereri*), qui est une espèce connue pour être forestière et pour chasser en milieu fermé (Arthur et Lemaire, 2021) mais dont les cris d'écholocations ressemblent à des bruits parasites. Sur le mât de Fécamp, les analyses manuelles réalisées ont révélé que de nombreux contacts à probabilités élevées étaient en fait des bruits environnants. La poursuite des analyses et les vérifications manuelles permettront d'obtenir plus de précisions sur les résultats. Des figures présentant les différentes valeurs d'indices de confiances des identifications en fonction des sites et des espèces sont disponibles en partie 3.6.2 du livrable.

3.5.1.1.1 Points fixes : phénologie

3.5.1.1.1.1 Manche : Parc du Marquenterre, mât de Fécamp et île Grande

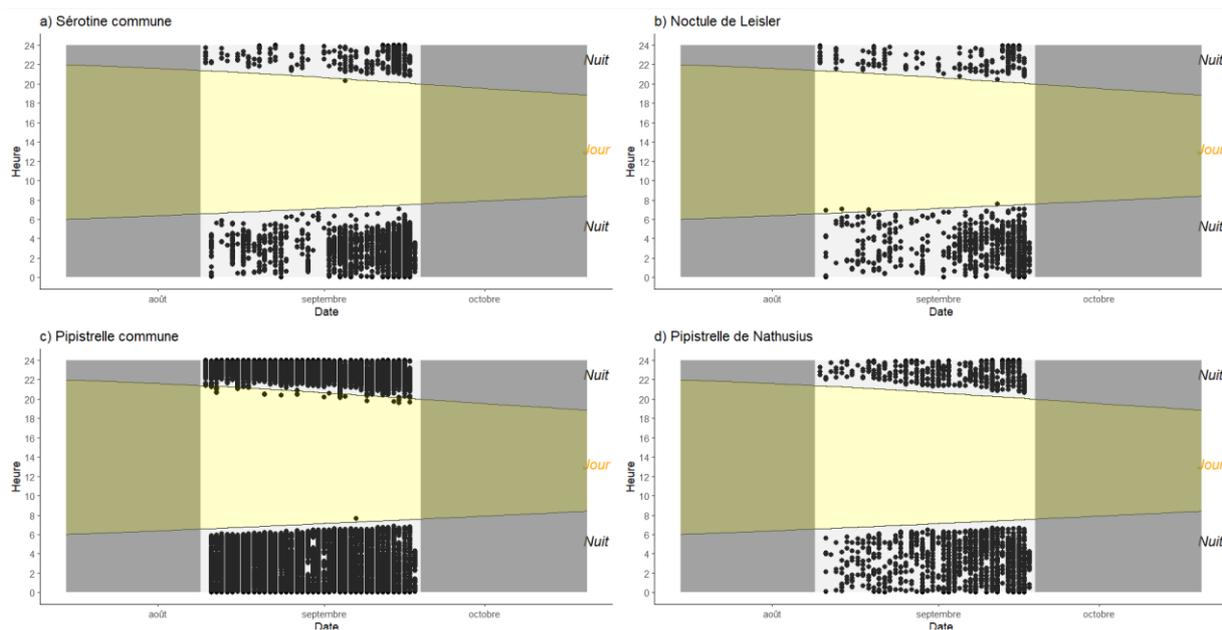


Figure 9 : Représentation des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) Sérotine commune (n=12 933 contacts), b) Noctule de Leisler (n=1 914 contacts), c) Pipistrelle commune (n= 67 768 contacts) et d) Pipistrelle de Nathusius (n = 3 970 contacts) enregistrés au parc du Marquenterre entre le 10/08/2023 et le 18/09/2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

Au parc du Marquenterre, l'échantillonnage présenté s'étend du 10 août au 18 septembre. De nombreux contacts ont été enregistrés sur ce site avec notamment des espèces migratrices comme la pipistrelle de Nathusius ou la noctule de Leisler (**Tableau 2, Figure 9**). La **Figure 9** semble montrer que la quantité de contact enregistrée augmente à partir du mois de septembre pour la sérotine commune, la noctule de Leisler et la pipistrelle de Nathusius. La pipistrelle commune est l'espèce la plus contactée sur le site. Si nous considérons toutes les espèces confondues, il semblerait y avoir un pic de contact fin août (**Figure 10**). Il serait intéressant de comparer ces résultats de variations d'activité avec les pics d'oiseaux, notamment détectés par le radar à proximité.

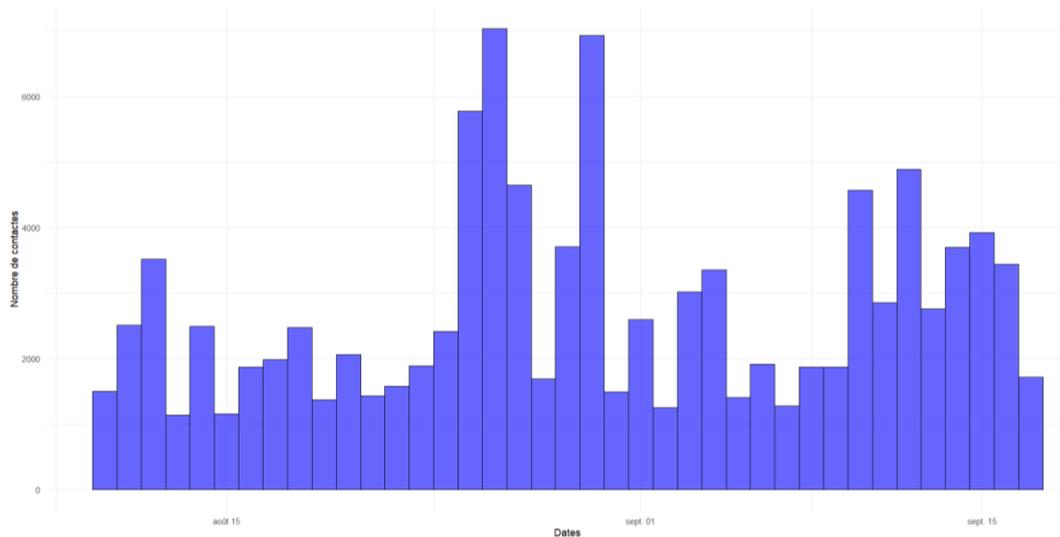


Figure 10 : Nombre de contacts enregistrés sur le site du Marquenterre du 10/08 au 18/09 2023 (toutes espèces confondues, probabilité vigie-chiro ≥ 0.5).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

Sur le mât de Fécamp, en position basse, pour la période du 18 juillet au 3 octobre 2023, trois espèces ont été validées après vérifications manuelles : la sérotine commune, la noctule de Leisler et la pipistrelle de Nathusius (**Tableau 2**). Sur la période échantillonnée, l'activité de ces trois espèces se concentre du 18 août au 1er octobre avec quelques variations entre les espèces (**Figure 11**) dont une période d'activité plus longue pour la pipistrelle de Nathusius (du 29 août au 1 octobre contre du 4 au 13 septembre pour la noctule de Leisler, **Figure 11**).

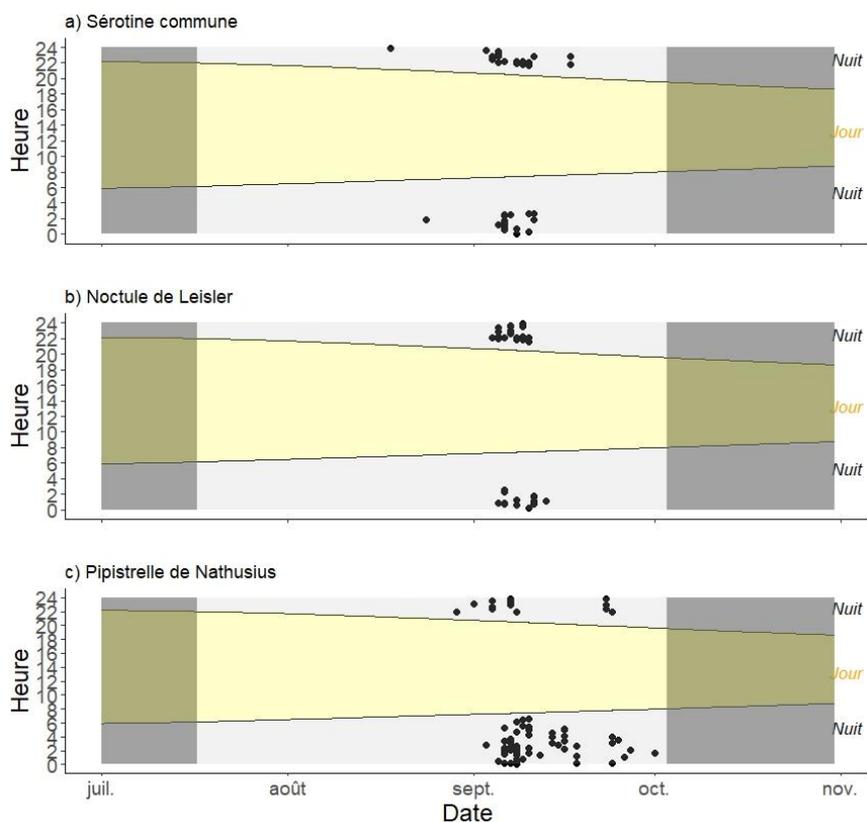


Figure 11 : Représentations des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune (n = 81 contacts), b) noctule de Leisler (n = 125 contacts) et c) pipistrelle de Nathusius (n = 114 contacts) enregistrés sur le mât de Fécamp (position bas) entre le 18/07/2023 et le 3/10/2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

Sur l'île Grande, les capteurs ont enregistré du 08 août au 27 octobre 2023, entrecoupés de périodes non échantillonnées, lorsque des maintenances n'ont pas pu être effectuées (**Figure 12**). Plusieurs espèces ont été détectées dont la sérotine commune, la noctule de Leisler, la pipistrelle commune et la pipistrelle de Nathusius. Comme sur les autres sites, ils semblent exister des différences entre espèces, avec notamment une très forte activité de la pipistrelle commune et une activité plus marquée pour la pipistrelle de Nathusius durant la période échantillonnée en septembre (**Figure 12**).

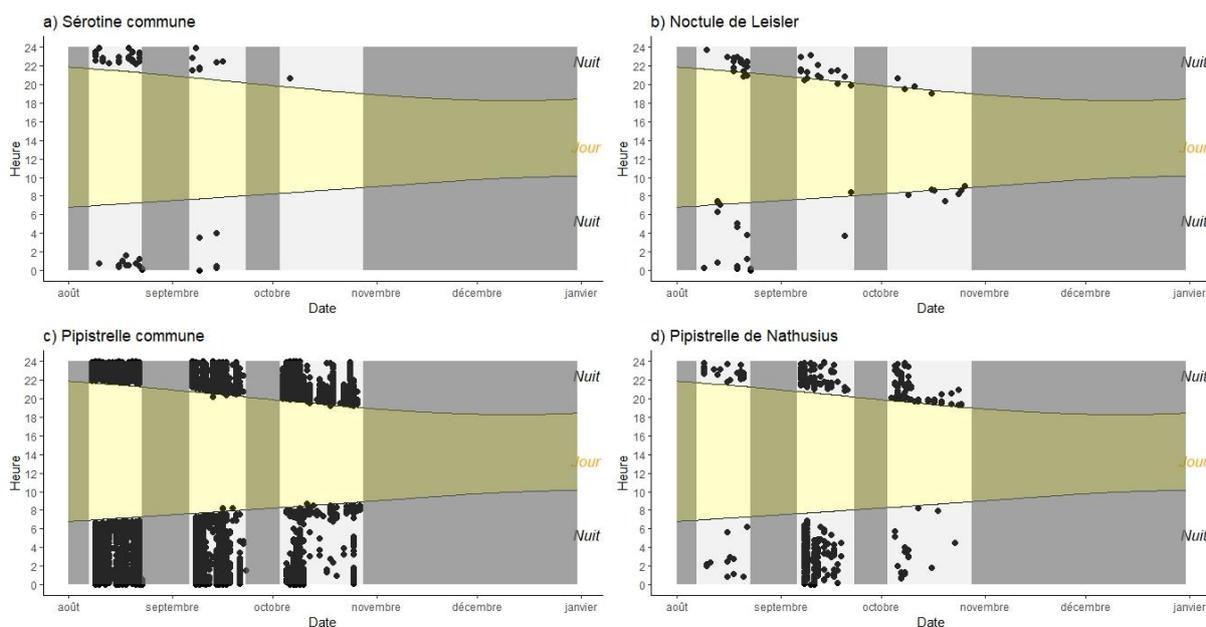


Figure 12 : Représentations des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune (n = 120 contacts), b) noctule de Leisler (n = 99 contacts), c) pipistrelle de commune (n = 23386 contacts) et d) pipistrelle de Nathusius (n = 707 contacts) sur l'île Grande au cours des périodes échantillonnées en 2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

3.5.1.1.1.2 Atlantique : phare d'Eckmühl, phare de Penfret et Réserve Naturelle de Noirmoutier

Comme sur les autres sites côtiers, plusieurs espèces ont été identifiées au phare d'Eckmühl (capteur en position basse, **Tableau 2**) durant la période échantillonnée du 2 août au 31 octobre 2023 (**Figure 13**). L'activité semble moins importante durant la période octobre-novembre que pendant la période d'août à octobre. Cette tendance sera à valider par des analyses statistiques de données sur plusieurs années.

En comparaison, sur le phare de Penfret, situé sur un îlot à environ 32 km d'Eckmühl, nous ne retrouvons que 4 contacts de la pipistrelle commune avec une probabilité ≥ 0.5 durant la période du 1er mars au 14 octobre 2023 (**Figure 14**). Ces premiers résultats peuvent suggérer une activité réduite sur des îles au large, cependant, il est important de noter qu'il n'y a eu aucun enregistrement du 11 août au 1er octobre, une période propice à une forte activité des chiroptères en milieu côtier (**Figure 13**). De plus, les capteurs ont été récupérés après la tempête *Ciaran* en novembre et le micro ne fonctionnait plus. Il est possible que le micro ait été défaillant bien avant. En effet, dans le cadre d'un autre projet du MHNH, en septembre 2022, des enregistrements ont été effectués sur ce même phare et ont démontré la présence d'autres espèces telle que les sérotules et d'autres pipistrelles (données non publiées).

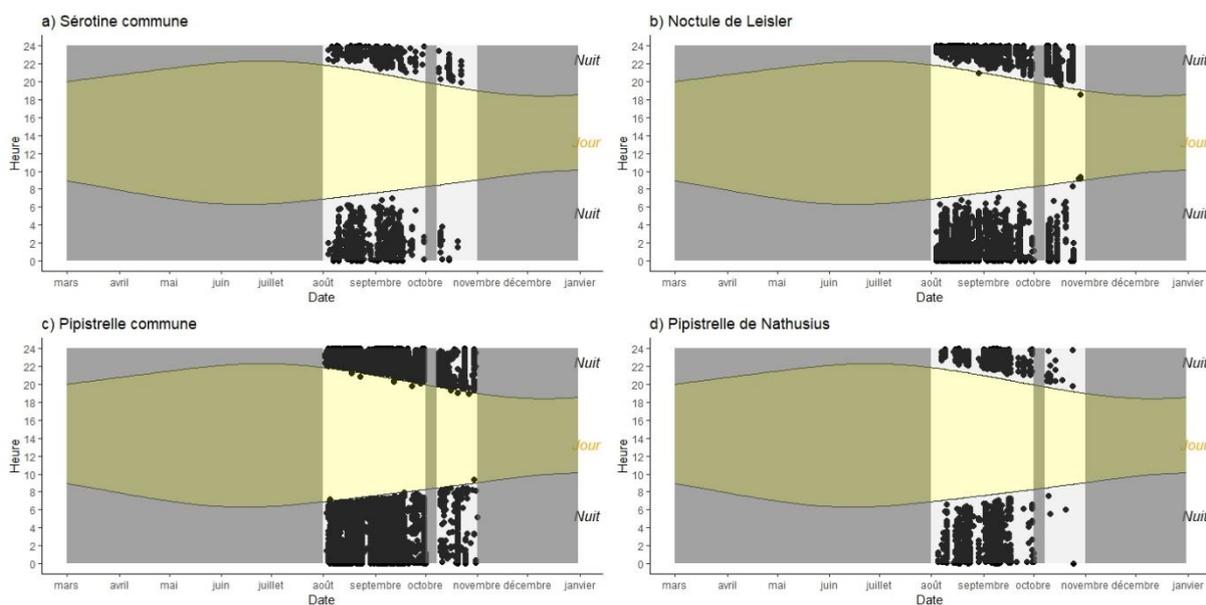


Figure 13 : Représentations des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune (n = 5419 contacts), b) noctule de Leisler (n = 42558 contacts), c) pipistrelle de commune (n = 76709 contacts) et d) pipistrelle de Nathusius (n = 2697 contacts) au phare de Eckmühl (position bas) au cours des périodes échantillonnées en du 1 mars au 31 décembre 2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

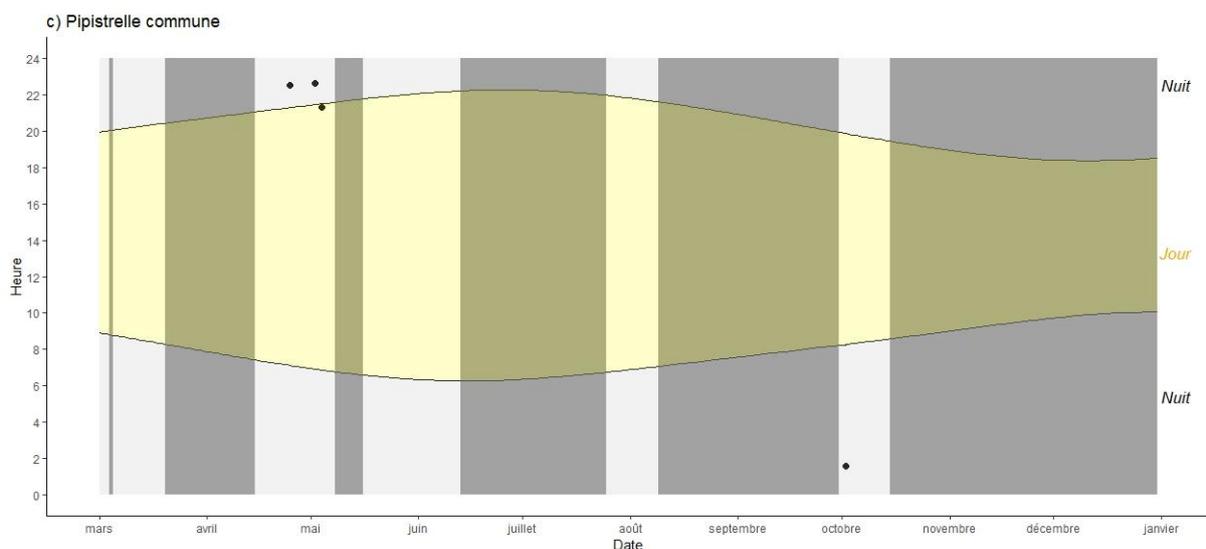


Figure 14 : Représentation des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de pipistrelle commune (n = 4 contacts) au phare de Penfret dans l'archipel des Glénan au cours des périodes échantillonnées du 1 mars au 31 décembre 2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

Pour le site de Noirmoutier, des coupures dues à des problèmes techniques, séparent la période d'échantillonnage en deux ; du 24 août au 9 septembre et du 9 au 27 octobre (**Figure 15**). La pipistrelle commune est de nouveau l'espèce la plus contactée sur le site avec une densité de contact plus importante en septembre qu'en octobre. Le même pattern est présent pour les trois espèces (**Figure 15**), avec une très légère différence pour la pipistrelle de Nathusius, avec de nombreux contacts enregistrés en début de nuit au début octobre, probablement en lien avec son caractère migratoire. L'histogramme représentant l'ensemble des contacts enregistré (probabilité d'identification de minimum 0.5) permet de constater d'importants pics d'activités fin août ainsi qu'une grande disparité dans le nombre de contacts enregistrés en octobre (**Figure 16**). Certains jours, on retrouve jusqu'à 2500 contacts enregistrés et d'autres jours pratiquement aucun contact. Ces disparités pourraient être dues à la météo ou aux pics migratoires. Les analyses approfondies qui seront réalisées prochainement permettront une meilleure compréhension de ces graphiques exploratoires.

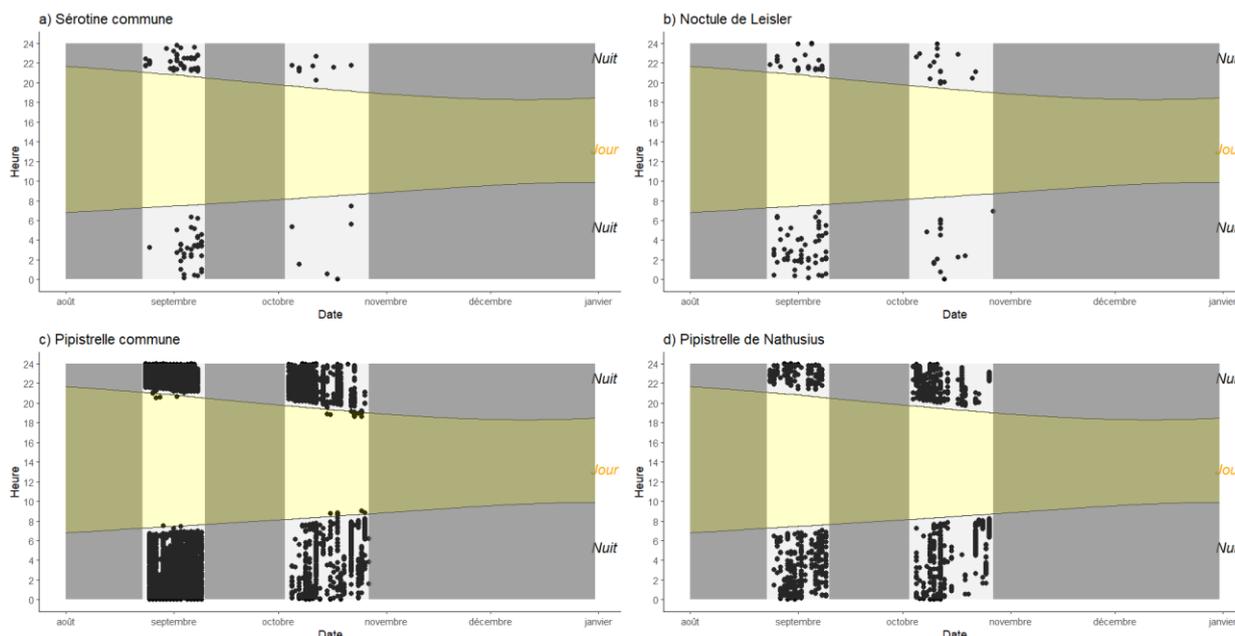


Figure 15 : Représentations des contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune (n= 271 contacts), b) noctule de Leisler (n= 162 contacts), c) pipistrelle de commune (n=31 421 contacts) et d) pipistrelle de Nathusius (n= 5 351 contacts) sur le site de Noirmoutier au cours des périodes échantillonnées de du 24 août au 28 septembre et du 9 au 24 octobre 2023 (les zones grises foncées correspondent aux périodes non échantillonnées).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

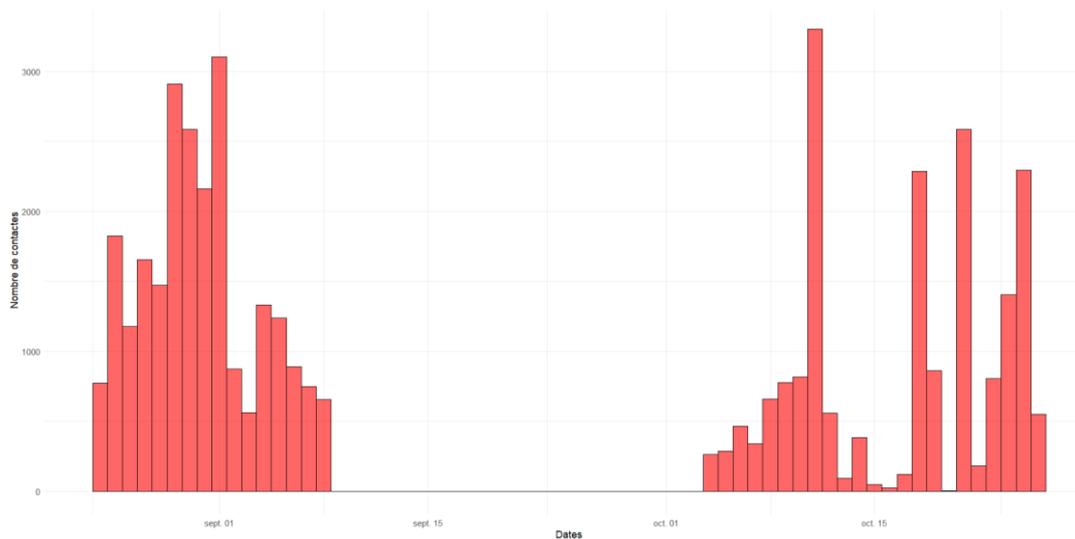


Figure 16 : Nombre de contacts enregistrés sur le site de Noirmoutier du 24/08 au 27/10 2023 (toutes espèces confondues, probabilité vigie-chiro ≥ 0.5).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

3.5.1.1.2 Points fixes : hauteur de vol

3.5.1.1.2.1 Manche : mât de Fécamp & phare d'Antifer

Sur le phare d'Antifer, plusieurs espèces de chiroptères ont été identifiées (**Tableau 2**). Cependant, on peut noter qu'aucune noctule de Leisler n'a été enregistrée par le capteur du haut avec une probabilité vigie-chiro ≥ 0.5 (**Figure 17**). A l'opposé, la pipistrelle de Nathusius a été très peu enregistrée en bas du phare (n = 2 contacts vs n = 90 contacts en haut) suggérant qu'elle volerait à une hauteur au moins supérieure à 7 m (annexe **Figure A1**).

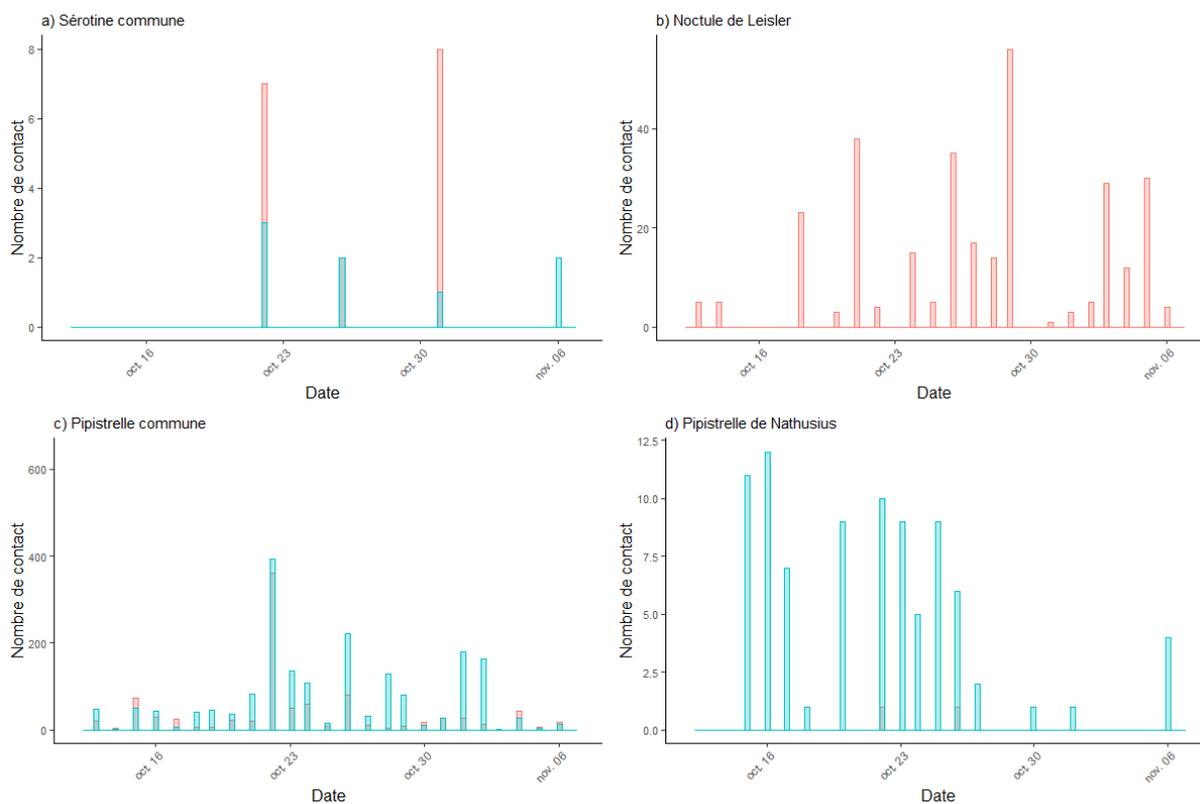


Figure 17 : Nombre de contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune, b) noctule de Leisler, et c) pipistrelle commune et d) pipistrelle de Nathusius sur le phare d’Antifer entre le 12 octobre et le 6 novembre 2023. Les contacts enregistrés en bas (~ 1.5 m) sont en rose et en haut en bleu (~ 30 m).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu’une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

Au niveau du mât de Fécamp (mât en mer), situé à environ 18.5 km du phare d’Antifer (côtier), il semblerait qu’il y ait plus de contact en bas de la structure qu’en haut pour les trois espèces détectées (**Figure 18**). Ce résultat suggérerait que les chiroptères volent à plus basse altitude en mer que sur terre (e.g. pipistrelle de Nathusius à Antifer, **Figure 17**). Cette tendance sera à confirmer à l’aide d’analyse statistique avec les données récoltées au cours du projet MIGRATLANE et mises en relation avec les conditions météorologiques et d’autres variables (e.g. marée, distance à la côte...).

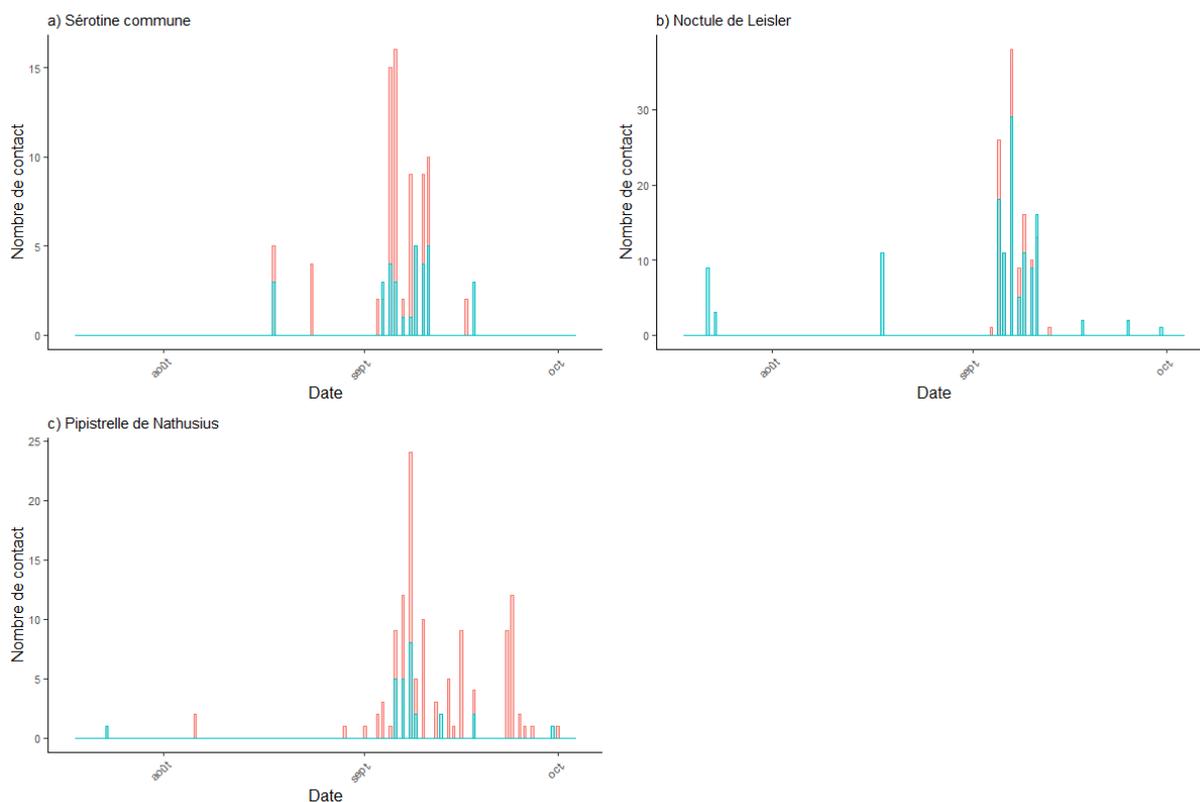


Figure 18 : Nombre de contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune, b) noctule de Leisler, et c) pipistrelle de Nathusius sur le mât de Fécamp entre le 18 juillet et le 3 octobre 2023. Les contacts enregistrés en bas (~ 3 m) sont en rose et bleu en haut (~ 30 m).*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

3.5.1.1.2.2 Atlantique : phare d'Eckmühl

Sur le phare d'Eckmühl, contrairement au phare d'Antifer (**Figure 17**), il semblerait qu'on retrouve la noctule de Leisler autant en haut qu'en bas du phare (**Figure 19**). Pour les autres espèces, il semblerait qu'elles soient plus souvent détectées en bas du phare (hors pic autour du 10 août de la pipistrelle de Nathusius, **Figure 19**). Cette différence entre espèces peut être due à des différences de comportement ou des différences de détection (i.e. distance de détection, Barataud 2015).

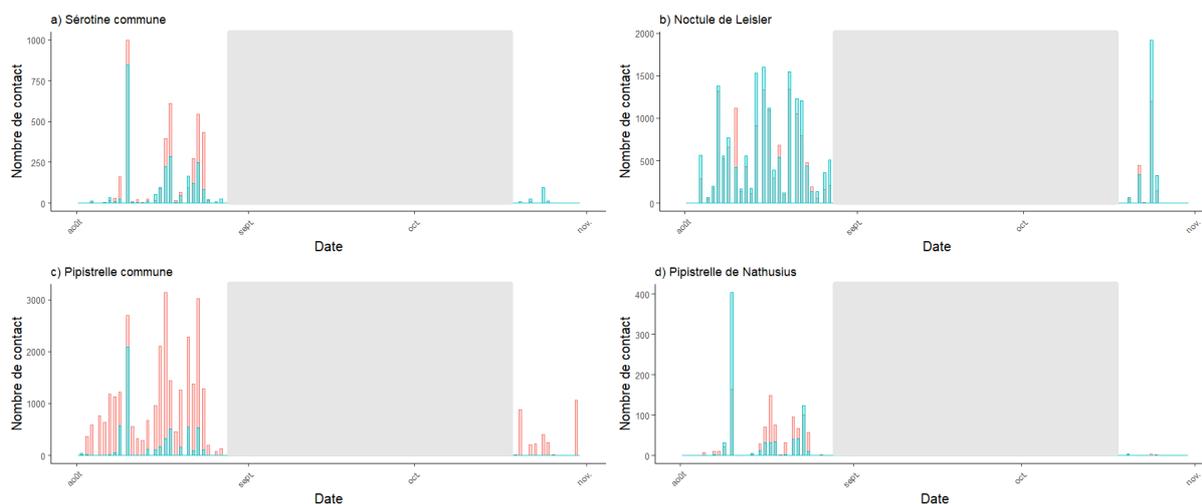


Figure 19 : Nombre de contacts (probabilité vigie-chiro ≥ 0.5) de a) sérotine commune, b) noctule de Leisler, c) pipistrelle communel et d) pipistrelle de Nathusius sur le phare d'Eckmühl à deux périodes distinctes : entre le 2 et le 27 août et le 19 au 31 octobre 2023 (la zone grisée correspond à la période en commun non échantillonnée). Les contacts enregistrés en bas (~ 3 m) sont en rose et en haut (~ 60 m) en bleu.*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

En résumé, ces premières explorations permettent de suggérer qu'il pourrait exister des différences de hauteur de vol entre espèces et/ou sites, mais elles ne permettent pas, en l'état, de tirer davantage de conclusion. La collecte des données sur plusieurs années permettra de quantifier des variations temporelles (au cours des saisons et de la nuit) et des variations en fonction des conditions météorologiques. De plus, l'analyse sera étendue aux autres sites équipés de dispositifs en bas et en haut d'une même structure, permettant ainsi de déterminer si les patterns observés sont généralisables ou localisés.

3.5.1.1.3 Bateaux : CGFS 2023

Tableau 3 : Résultats du GLMM expliquant la présence de chiroptères sur les transects échantillonnées lors de la campagne CGFS (15/09/23 au 11/10/23).*

Variables	Estimation	Erreur standard	p-value
Intercept	-4.863	15.534	0.737
Distance min	-0.033	<0.0001	<0.0001
Distance totale	0.112	<0.0001	<0.0001
Température	33.163	13.08	<0.0001
Vitesse de vent	77.185	2.757	0.011

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

Les distances à la côte et les conditions météorologiques ont un effet significatif sur la présence de chiroptères en Manche, lors de la campagne CGFS 2023 (**Tableau 3**). Comme attendu, il est plus probable de retrouver des chiroptères proches des côtes (distance min), cependant, à l'inverse de ce qui était attendu, la probabilité augmente aussi avec la largeur de la Manche (distance totale, **Tableau 3**). A noter que la partie orientale de la Manche, globalement plus étroite que la partie occidentale, est échantillonnée en fin de saison, période moins propice à la migration des chiroptères et enfin que la zone la plus étroite de la Manche (Calais-Douvres) n'est pas couverte par ces campagnes. En ce qui concerne les conditions météorologiques, la probabilité de présence augmente avec la température et la vitesse du vent (**Tableau 3**). La relation concernant la vitesse du vent est surprenante, car opposée à d'autres résultats en mer (e.g. Brabant *et al.* 2021) et sur terre (e.g. Barré *et al.* 2023). Ces premières tendances décrites seront à confirmer ou à infirmer avec les données des années à

venir. De plus, lors de futures analyses d'autres variables seront à prendre en compte, notamment l'heure de la nuit et la direction du vent.

3.5.1.2 Oiseaux

3.5.1.2.1 Base de donnée annotée

Au total, 5057 vocalisations de 93 espèces d'oiseaux ont donc été annotées selon ce protocole, avec des quantités d'annotations variables selon les espèces, reflétant leur abondance dans les enregistrements (par exemple, 442 annotations pour le rougegorge familier, *Erithacus rubecula*, contre seulement 1 pour le chevalier arlequin, *Tringa erythropus*, cf. annexe **Tableau A1**). Un échantillon de taille significative étant nécessaire pour comparer les modèles, seules les espèces annotées plus de 30 fois ont été conservées pour la comparaison. Cette sélection nous a permis de considérer 4040 vocalisations annotées de 44 espèces pour notre base de données de test (**Figure 20**).

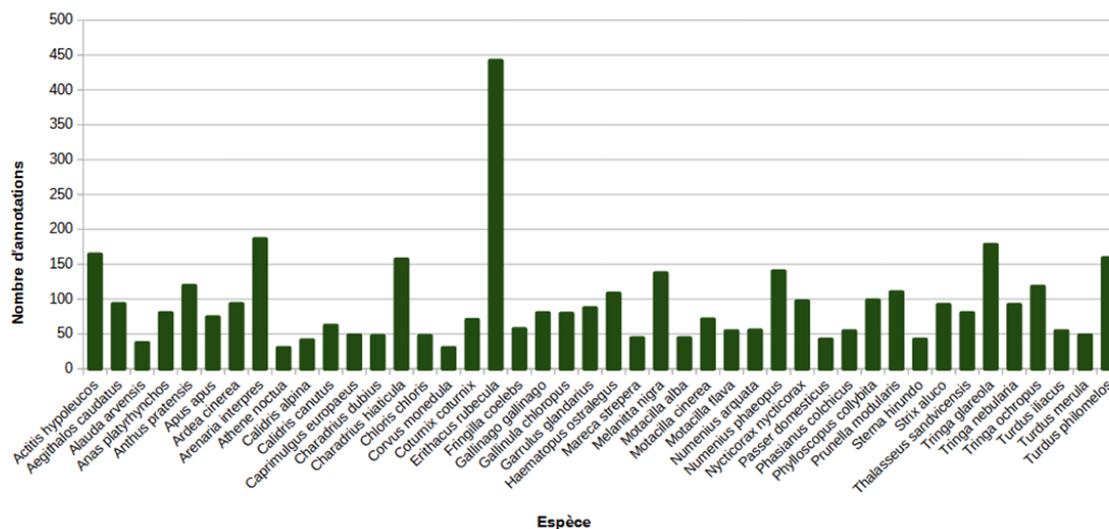


Figure 20 : Nombre d'annotations par espèce (annotées plus de 30 fois) et correspondant à la sélection d'espèce pour la comparaison des modèles. *

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoire et à interpréter avec précaution.

3.5.1.2.2 Comparaison de modèle : Résultats préliminaires

En se basant sur la base de données annotées, on observe que les performances varient selon les modèles (**Tableau 4**). Le modèle présentant la meilleure Precision et le meilleur Recall est Perch. Vient ensuite BirdNET qui obtient une précision quasiment équivalente mais un Recall plus faible sur ce jeu de données. On peut donc s'attendre à ce que BirdNET rate plus de cris d'oiseaux que Perch (32% contre 25% pour Perch avec ce seuil de confiance à 0.5). Le modèle NBM a quant à lui une précision très basse qui est symptomatique d'un nombre important de fausses détections (faux positifs).

Tableau 4 : Comparatif des performances des modèles sur le jeu de donnée annoté. *

Modèle	Macro avg. Precision	Macro avg. Recall	Macro Avg. F1-Score
Nocturnal Bird Migration (v2.0)	0.13	0.49	0.16
BirdNET (2.4)	0.59	0.68	0.57
Perch	0.6	0.75	0.62

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoire et à interpréter avec précaution.

Comme souvent pour les modèles de réseaux de neurones profonds, il est difficile de déterminer les causes des variations de performances des modèles observées. Les performances plus faibles observées sur le modèle NBM sont très probablement d'abord liées aux nombres d'extraits utilisés pour l'entraînements (base de données d'entraînement) qui est assez faible pour NBM (quelques milliers de sons) en comparaison des autres modèles (BirdNET et Perch qui utilisent quelques centaines de milliers de sons). De manière générale, un modèle ayant été entraîné sur plus de données de qualité montre bien souvent de meilleures performances (tout autre paramètre étant égal par ailleurs). De plus, étant donné que la pré-détection des extraits à annoter a été réalisée avec BirdNET, cela introduit un biais avec une tendance à surestimer les performances de BirdNET par rapport aux autres modèles. Cependant, Perch surpasse légèrement les performances de BirdNET sur cette base de données.

De plus amples analyses sont nécessaires pour mieux comprendre ces résultats comme une comparaison des modèles par espèce. Ce travail constitue une première base pour l'utilisation et l'amélioration de modèles de détection acoustiques d'oiseaux pour le programme MIGRATLANE. Elle conforte dans l'idée que cette méthode est efficace pour détecter les espèces d'oiseaux en mer et sur les côtes.

3.5.2 Suivi visuel

3.5.2.1 Données historiques : Trektellen

Les différentes représentations incluses ci-dessous, permettent de se rendre compte de la quantité ($n > 750\,000$ lignes) et de l'hétérogénéité des données acquises sur la plateforme Trektellen. Au-delà des informations préliminaires qu'elles peuvent donner sur l'écologie des espèces, elles servent pour le moment, principalement à construire la base de données finales.

La majeure partie des données se concentrent sur la façade Manche, que ce soit en termes de nombre d'oiseaux comptabilisés ou de sessions de suivi à la côte (**Figure 21**). Sur la façade Atlantique, la couverture est beaucoup moins régulière et les observations sont regroupées autour du bassin d'Arcachon (de nouvelles données sont en discussion pour être intégrées). Les sites ayant des caractéristiques techniques très différentes, il est attendu que certains soient plus propices pour l'observation des flux de migrateurs que d'autres. Les différents sites à l'étranger permettront de faire des comparaisons intéressantes des flux observés si les périodes d'échantillonnage le permettent.

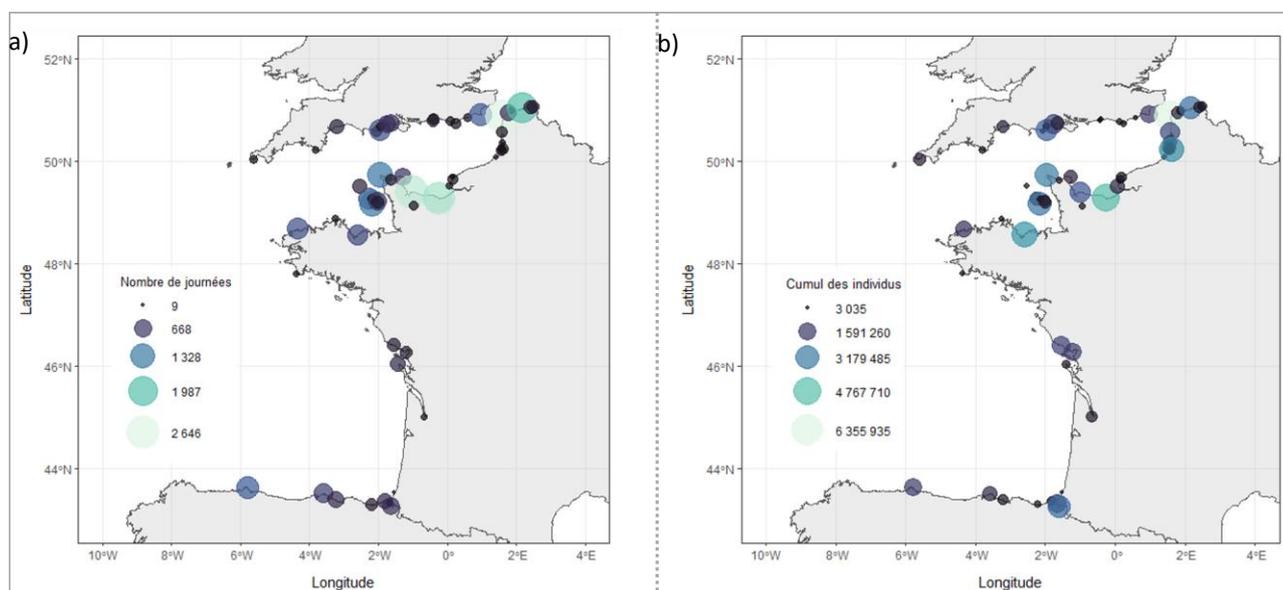
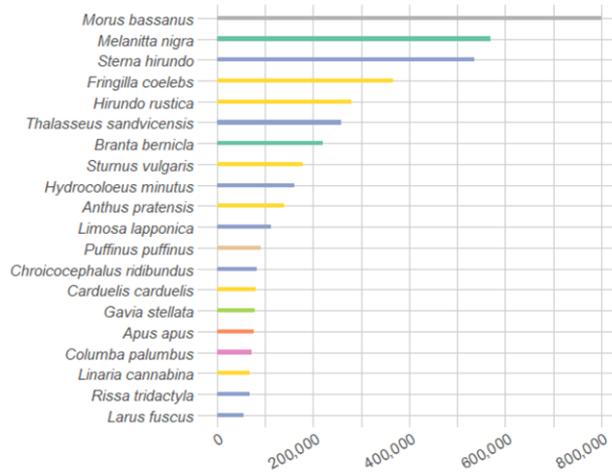


Figure 21 : Localisations des 58 sites de Trektellen sélectionnés à ce jour pour l'analyse des données historiques illustrant a) le total des journées de suivis réalisées, toute durée confondue, et b) le cumul des individus observés, toutes espèces confondues.*

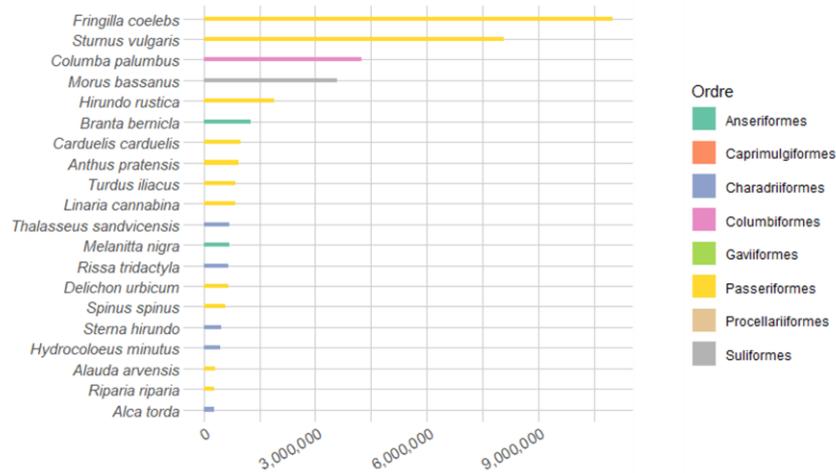
** Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.*

Pour le moment, on retrouve plus de 500 entrées différentes dans la colonne « espèces », mais une poignée d'entre elles regroupe la grande majorité des observations du jeu de donnée (**Figure 22**), comme en atteste la rupture des effectifs sur les histogrammes au-delà de la 4^{ème} espèce. Bien que l'on se restreigne aux 20 espèces les plus abondantes et que les passeriformes soient majoritaires, ces espèces appartiennent à des ordres distincts et donc à des biologie et écologie contrastées. En période postnuptiale (**Figure 22, b**) les chiffres atteints sont bien plus élevés qu'en période pré-nuptiale (**Figure 22, a**). A dire d'expert, il est admis que les flux sont plus diffus dans le temps et dans l'espace, et donc plus difficiles à observer durant la période de mars-mai ce qui pourrait expliquer cette différence, mais cela peut également refléter des efforts d'échantillonnage déséquilibrés. De futures analyses permettront d'explorer ces hypothèses.

a)



b)



c)

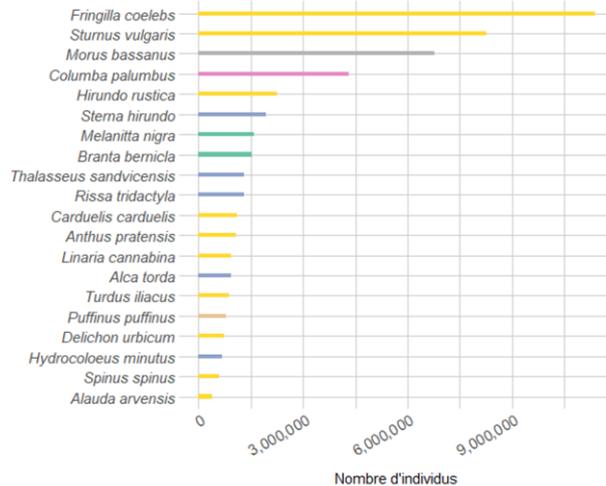


Figure 22 : Classement des 20 espèces les plus abondantes a) en période pré-nuptiale (mars à mai), b) en période post-nuptiale (septembre à octobre), et c) pour l'ensemble du jeu de données. Les complexes d'espèces (i.e. deux espèces proches difficilement dissociables en visuel) ont été supprimés de ces représentations.*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

En ce qui concerne l'échantillonnage au niveau temporel, on retrouve des séries plus discontinues et brèves sur les sites de la façade Atlantique (**Figure 23, b**) en comparaison avec ceux de la façade Manche (**Figure 23, a**), et des côtes anglaise (**Figure 23, c**) et espagnole (**Figure 23, d**). Le même exercice sera réalisé sur des échelles temporelles plus fines (annuelle et journalière), qui permettront, notamment, d'identifier les périodes de recouvrement des observations entre les sites. Le gradient de couleur permet de mettre en avant les disparités d'effort d'échantillonnage entre les sites, mais aussi d'une année sur l'autre pour un même site.

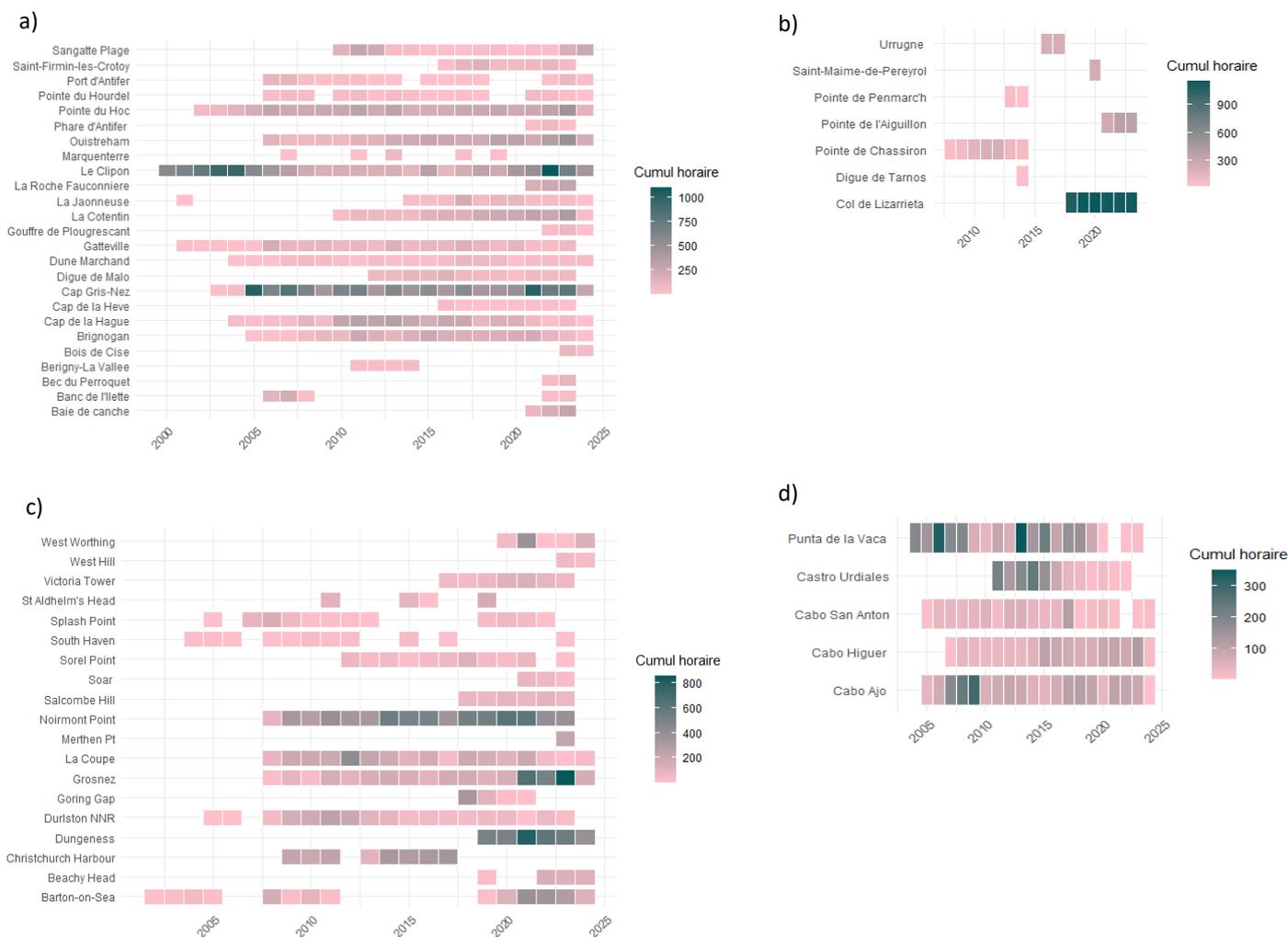


Figure 23 : Représentations des années de suivi pour différents sites regroupés par grand secteur, incluant un gradient représentant le nombre d'heure total allant du rose pour les cumuls les plus bas, au vert grisé pour les plus élevés. a) façade Manche, b) façade Atlantique, c) sud de l'Angleterre, d) nord de l'Espagne.*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

3.5.2.2 Depuis des bateaux : observations visuelles depuis les campagnes MEGASCOPE

3.5.2.2.1 Taux de détection

Dans le golfe de Gascogne, les campagnes océanographiques PELGAS et EVHOE totalisent 1666 et 1049 observations d'oiseaux terrestres et côtiers incluant 80 et 63 espèces (respectivement). Les espèces les plus observées sur PELGAS sont l'hirondelle rustique (*Hirundo rustica*, 352 observations), le martinet noir (*Apus apus*, 196 observations) et la tourterelle turque (*Streptopelia decaocto*, 130 observations). Les espèces les plus observées sur EVHOE sont l'alouette des champs

(*Alauda arvensis*, 126 observations), la bergeronnette grise (*Motacilla alba*, 155 observations) et le pipit farlouse (*Anthus pratensis*, 148 observations). Le taux de détection d'oiseaux terrestres et côtiers semble ne pas varier sur toute la zone échantillonnée au cours de PELGAS (Figure 24 a et b), cependant, il semblerait y avoir plus d'oiseaux terrestres détectés au sud du golfe de Gascogne durant EVHOE (Figure 24).

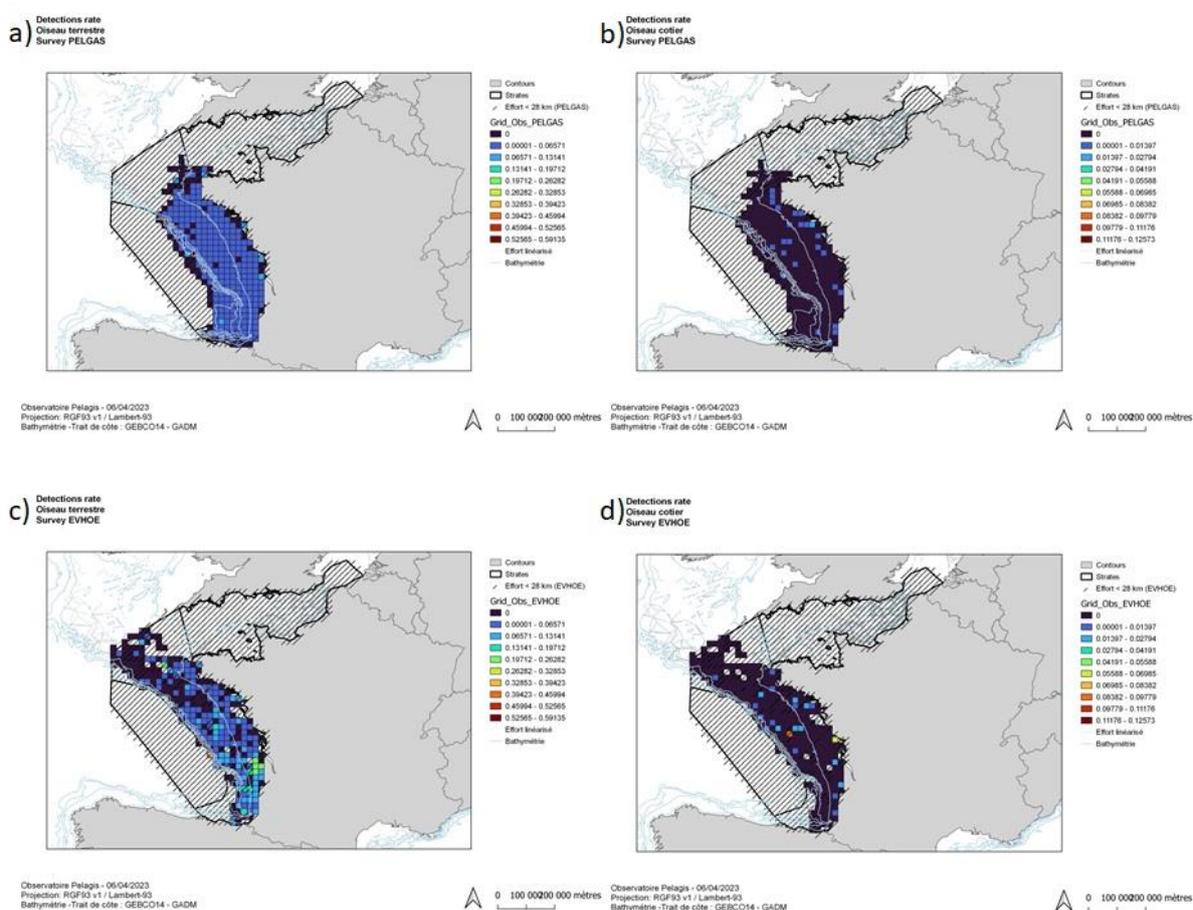


Figure 24 : Cartes des taux de détection d'oiseaux terrestres (a,c) et d'oiseaux côtiers (b, d) lors des campagnes PELGAS (a,b) et EVHOE (c,d) en Atlantique en 2023.*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

En Manche, les campagnes CGFS, CAMANOC et IBTS totalisent respectivement 1250, 142 et 311 observations d'oiseaux terrestres et côtiers. Le taux de détection d'oiseaux terrestres et côtiers semble être plus élevé dans la partie est de la Manche pour les trois campagnes, de septembre à janvier (Figure 25). À noter qu'aucune campagne MEGASCOPE n'a lieu en Manche durant la période de migration prénuptiale.

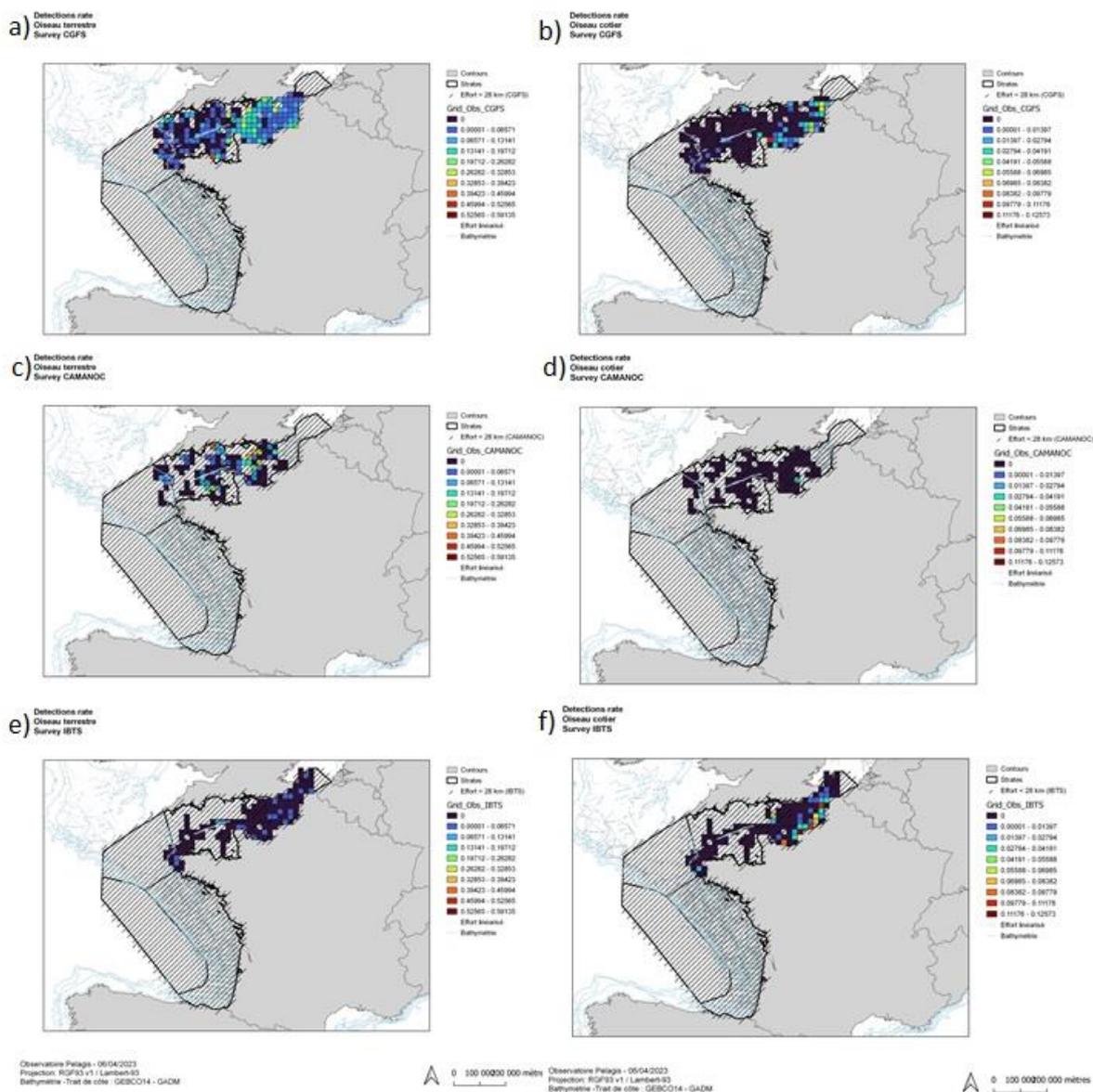


Figure 25 : Cartes des taux de détection d’oiseaux terrestres (a,c, e) et d’oiseaux côtiers (b, d, f) lors des campagnes CGFS (a,b), CAMANOC (c,d) et IBTS (e, f) en Manche.*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu’une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

3.5.2.2.2 Direction de vol

En Atlantique, pendant la période pré-nuptiale (ici avril-mai), les oiseaux terrestres et côtiers observés en mer se dirigent principalement vers l’est alors qu’en automne (octobre-novembre), ils tendent à descendre vers le sud comme attendu (e.g. *Exo et al.* 2019, *Pederson et al.* 2022, **Figure 26**). De la même façon, pendant la période post-nuptiale (septembre-octobre), les flux en Manche se dirigent de l’Angleterre vers la France (**Figure 26**).

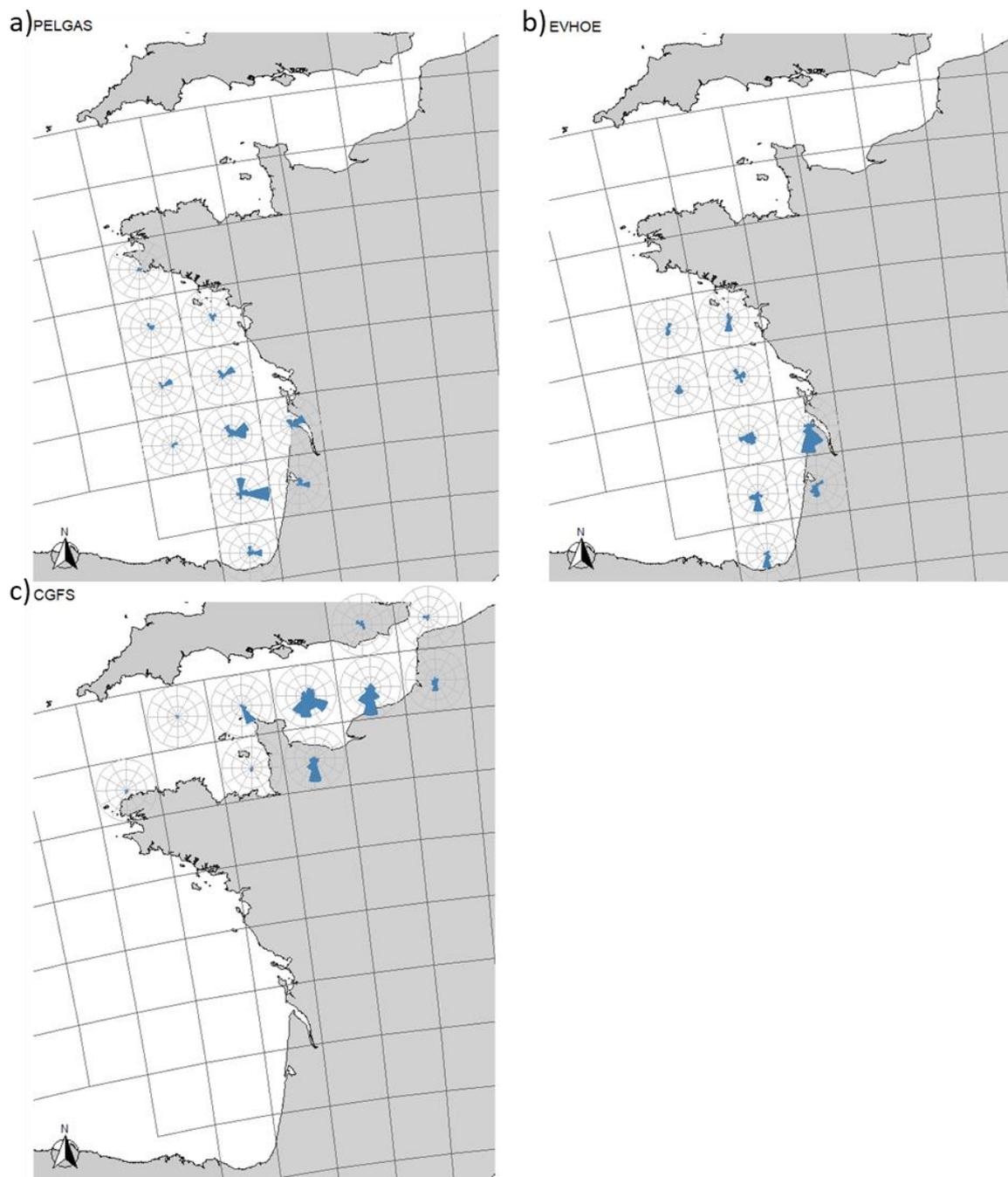


Figure 26 : Cartes des directions de vols des oiseaux terrestres et côtiers observés en Atlantique pendant les campagnes a) PELGAS et b) EVHOE et c) en Manche pendant la campagne CGFS, en 2023. La graduation des windroses n'est pas similaire entre les cartes : une graduation correspond à 20 observations sur PELGAS et CGFS et seulement 10 observations sur EVHOE.*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

3.5.2.2.3 Conclusion

Les résultats présentés ici ne sont que descriptifs, aucune analyse statistique n'a été effectuée pour le moment. De plus, il est important de noter que les variations spatiales au cours de ces campagnes sont peut-être corrélées aux variations

temporelles étant donné que les points ne sont pas tous échantillonnés au même moment (e.g. durant CGFS, le bateau se dirige vers l'est au cours de la campagne).

3.6 Bilan et suite du programme

3.6.1 Frein lors de l'année 2023-2024

Afin de mener à bien les actions devant être mises en œuvre par le MNHN, notamment la mise en place de dispositifs acoustiques (oiseaux et chiroptères), ainsi que la réalisation de suivis visuels (oiseaux marins et terrestres), les montants financiers concernés (achat de matériel ; prestations) nous ont contraint à nous conformer aux règles administratives du MNHN et donc à mettre en œuvre un marché public spécifique à ce projet.

Depuis le printemps 2023, l'équipe en charge du projet collabore avec les services administratifs du MNHN pour mettre en œuvre ce marché (composé de 13 lots). Compte tenu de certains délais incompressibles (mise en œuvre, publication, consultation, réserve, ...), les prestataires n'ont été mandatés qu'en juin 2024, soit près d'un an après le début des démarches.

Ce délai administratif nous a contraint à revoir notre calendrier opérationnel de 2023, que ce soit pour l'équipement de certains sites préalablement identifiés, où la mise en œuvre de suivis visuels par des partenaires.

Malgré tout, le MNHN a pu dès 2023, équiper un grand nombre de stations pour les suivis acoustiques et collaborer avec des partenaires pour des suivis visuels.

La dynamique d'acquisition de connaissance va donc se poursuivre et s'intensifier à partir du deuxième semestre 2024, conformément à ce qui était prévu.

3.6.2 Suivi acoustique

En 2024, une vérification du matériel en fin d'hiver a été prévue sur tous les sites fixes. De plus, l'effort sera mis sur l'homogénéisation du matériel (*i.e.* coupler tous les SM4-BAT avec des solar BARS) et sur l'installation de capteurs sur de nouveaux sites fixes afin de combler les zones sous échantillonnées (nord de la Manche et sud de l'Atlantique).

3.6.2.1 Chiroptères

Les résultats de ce rapport ne correspondent qu'à des analyses exploratoires sur un faible échantillonnage de sites et d'espèces des données collectées en 2023. Tous les résultats seront mis à jour au fur et à mesure du projet.

De plus, les analyses descriptives présentées dans ce livrable sont principalement réalisées sans vérification manuelle des identifications avec des seuils de confiances à 0.5 ou 0.9 (Barré *et al.* 2019). Comme attendu il existe une importante disparité de probabilité en fonction des espèces (**Figure 27**), en effet certaines espèces ont des signatures acoustiques qui se chevauchent partiellement avec d'autres espèces et leurs identifications sont bien souvent délicates, (c'est notamment le cas de la pipistrelle de Nathusius se chevauchant avec la pipistrelle commune et la pipistrelle de Kuhl) générant des indices de confiance plus faibles. Les probabilités peuvent varier en fonction des sites (**Figure 28**) en partie liées justement à la composition des espèces contactées. De futures analyses nous permettront de déterminer les facteurs influençant ces variations. Comme nous avons pu le constater (**Tableau 3**), certaines espèces méditerranéennes ont été contactées dans le nord de la France, ces contacts sont très probablement des erreurs d'identification, des validations manuelles permettront de mieux comprendre ces phénomènes en réduisant les erreurs.

Les enregistrements effectués en 2023 par le GIS éolien en mer et l'AO5, seront ajoutés aux analyses effectuées dans le cadre de MIGRATLANE. Une attention sera portée sur la différence de paramètres acoustiques utilisés lors des enregistrements. Les données ultérieures (*i.e.* enregistrements 2022 de l'AO5) seront ajoutées à de potentielles analyses de données historiques.

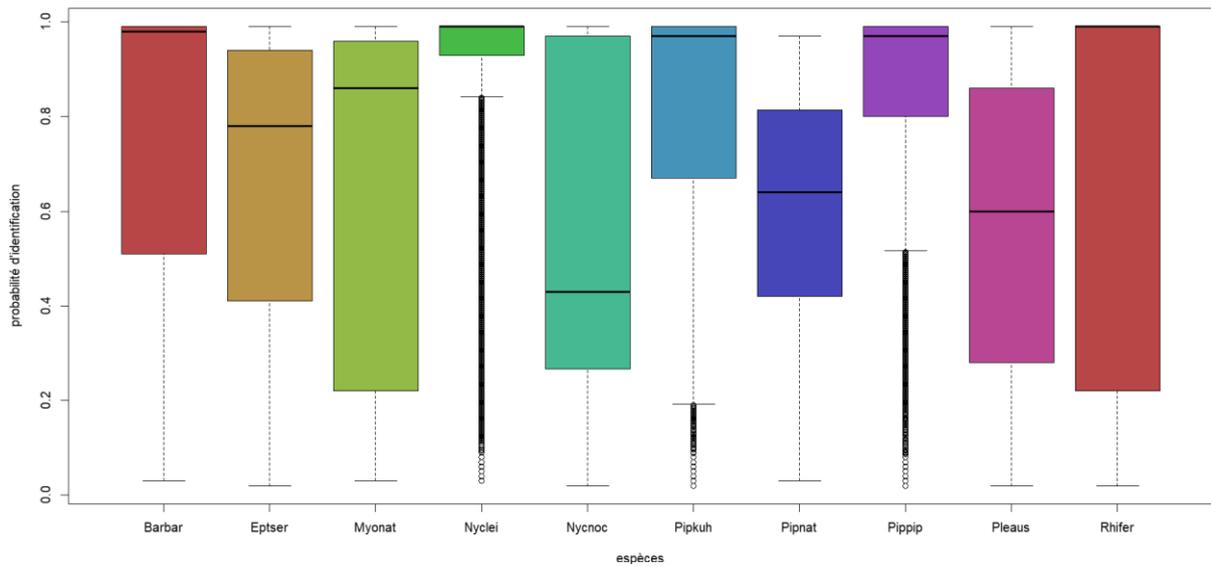


Figure 27 : Représentation des indices de confiances des identifications en fonctions des espèces de chauves-souris, le bas et le haut des rectangles représentent respectivement le 1er et le 3eme quartile de l'échantillon, la ligne centrale est la médiane et les traits représentent la valeur minimum et maximum. Pour les noms d'espèces, se référer au code espèces en annexe Tableau A2.*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

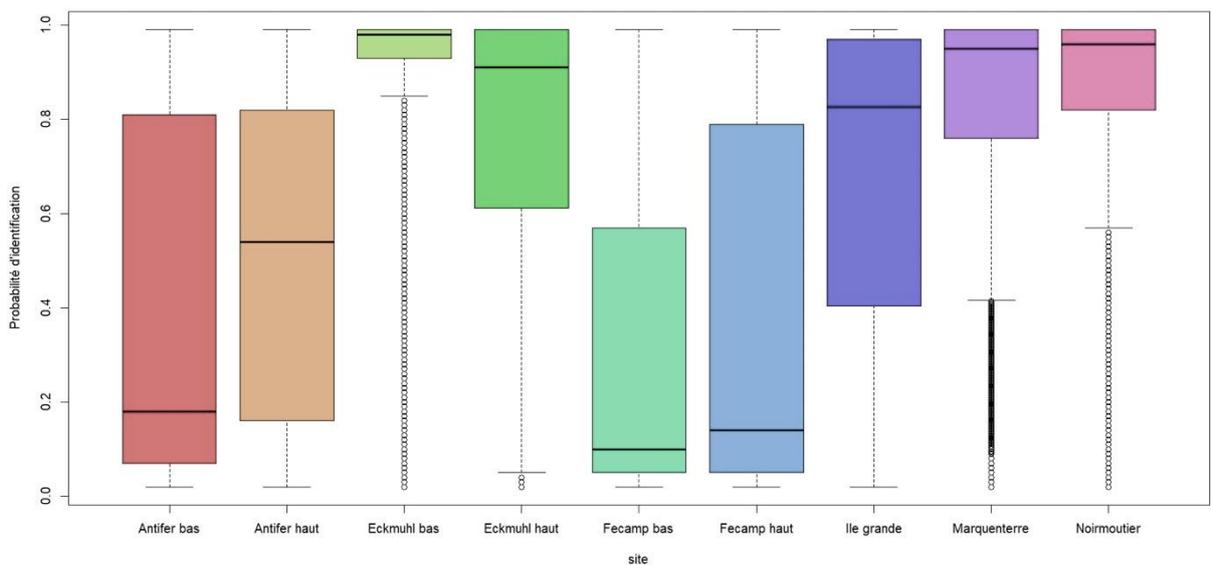


Figure 28 : Représentation des indices de confiances des identifications en fonctions des sites, le bas et le haut des rectangles représentent respectivement le 1er et le 3eme quartile de l'échantillon, la ligne centrale est la médiane et les traits représentent la valeur minimum et maximum.*

* Ces résultats intermédiaires ne concernent qu'une année de suivi du programme MIGRATLANE, sur les 3 années prévues. Les informations fournies sont donc provisoires et à interpréter avec précaution.

3.6.2.2 Oiseaux

Les perspectives de développement pour BioPhonia sont les suivantes :

- **Construction d'un jeu de donnée de test avec les données de migration pré-nuptiale** : Le jeu de données de test ici présenté était uniquement étendu sur la période d'automne 2023. Afin d'évaluer pleinement les performances du modèle pour notre problématique, il conviendrait de réaliser la même étude sur un jeu de données construit à partir des données acoustiques issues de la migration de printemps.
- **Étude de l'influence du seuil de confiance sur les performances** : l'étude a été menée avec un seuil de confiance pour les détections fixé à 0.5. Il conviendrait d'étudier la distribution des scores de prédictions pour chaque modèle et d'évaluer l'effet de la variation du seuil de confiance sur les indicateurs Recall et Precision.
- **Enrichissement des bases de données annotées** : la base de données de test pourra être complétée avec des enregistrements issus de bases de données libres (Xeno-Canto, <https://xeno-canto.org/>) pour les espèces. Il conviendra cependant de s'assurer que les données extraites n'ont pas été utilisées pour entraîner ces modèles.
- **Entraînement de nouveaux modèles** : la base de données annotée collectée pourra aussi être utilisée pour entraîner de nouveaux modèles et tenter d'améliorer les performances de ces derniers.
- **Analyse des données acoustiques collectées sur la première année** avec les modèles les plus performants afin de détecter et identifier les espèces présentes sur chaque site.

Par la suite, le MNHN pourra effectuer des analyses pour étudier les variations spatio-temporelles de la migration nocturne. Les premiers résultats sont attendus pour 2025.

3.6.3 Suivi visuel

Un partenariat avec la LPO Aquitaine a permis de mettre en place le protocole complémentaire propre à MIGRATLANE (c.f. annexe 2 du L3.6) sur le site de la Pointe de Grave, entre le 1^{er} avril et le 31 mai 2024. Ce protocole se rajoute au suivi standardisé réalisé en période pré-nuptiale depuis plusieurs années sur ce site. Trois journées par semaine sont dédiées au suivi des migrateurs terrestres et trois jours au suivi des oiseaux marins.

Nous finalisons actuellement des partenariats avec plusieurs structures pour réaliser des nouvelles campagnes d'acquisition de données en période post-nuptiale pour l'année 2024. Les sites ciblés incluent à la fois ceux déjà échantillonnés en 2023 (deux sites à la côte situés sur les falaises de Carolles (Manche) et sur La Cotentin (Côtes-d'Armor), cf. section 3.3.2.1) et de nouveaux sites sur les deux façades.

Nous envisageons de mettre en place un nouveau dispositif participatif "Guet à la mer" qui permettrait d'acquérir des données sur l'avifaune en contexte littoral/marin sur une couverture spatiale et temporelle plus étendue.

Concernant les données de suivi visuels sur les campagnes MEGASCOPES (PELAGIS, IFREMER), il sera envisagé d'effectuer des modèles qui permettront de mieux comprendre la présence d'oiseaux terrestres et limicoles en mer. Plusieurs paramètres pourront ainsi être mis en relation, telle que les conditions météorologiques ou la distance aux côtes. Ces futures analyses prendront en compte les nouvelles données acquises durant la période du programme MIGRATLANE.

Références bibliographiques

Arthur, L. & Lemaire, M. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse : Troisième édition. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 592 p. (Hors collection ; 46), 2021.

Barataud, M. Acoustic Ecology of European Bats, Species Identification, Study of Their Habitats and Foraging Behaviour; Muséum National d'Histoire Naturelle: Paris, France, 2015.

Barré, K., Le Viol, I., Julliard, R., Pauwels, J., Newson, S. E., Julien, J. F., ... & Bas, Y. (2019). Accounting for automated identification errors in acoustic surveys. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(8), 1171-1188.

Barré, K., Froidevaux, J. S., Sotillo, A., Roemer, C., & Kerbiriou, C. (2023). Drivers of bat activity at wind turbines advocate for mitigating bat exposure using multicriteria algorithm-based curtailment. *Science of the Total Environment*, 866, 161404.

Bas, Y., Bas, D., & Julien, J. F. (2017). Tadarida: A toolbox for animal detection on acoustic recordings. *Journal of open research software*, 5(1), 6-6.

Brabant, R., Laurent, Y., Jonge Poerink, B., & Degraer, S. (2021). The relation between migratory activity of Pipistrellus bats at sea and weather conditions offers possibilities to reduce offshore wind farm effects. *Animals*, 11(12), 3457.

Exo, K. M., Hillig, F., & Bairlein, F. (2019). Migration routes and strategies of Grey Plovers (*Pluvialis squatarola*) on the East Atlantic Flyway as revealed by satellite tracking. *Avian Research*, 10, 1-14.

Kahl, S., Wood, C. M., Eibl, M., & Klinck, H. (2021). BirdNET: A deep learning solution for avian diversity monitoring. *Ecological Informatics*, 61, 101236.

Parc éolien au large de la Bretagne Sud (AO5) Etat actuel de l'environnement. Rapport intermédiaire – 3.4 Chiroptère

Pederson, R., Bocher, P., Garthe, S., Fort, J., Mercker, M., Auernhammer, V., ... & Schwemmer, P. (2022). Bird migration in space and time: chain migration by Eurasian curlew *Numenius arquata* along the East Atlantic Flyway. *Journal of Avian Biology*, 2022(9), e02924.

Rauch, L., Schwinger, R., Wirth, M., Heinrich, R., Lange, J., Kahl, S., ... & Scholz, C. (2024). BirdSet: A Multi-Task Benchmark for Classification in Avian Bioacoustics. *arXiv preprint arXiv:2403.10380*.

TREYVAUD, C., PESSATO, A., BARON, J., PEYRET, P., LINOSSIER, J., CHABROLLE, A., KERBIRIOU, C. 2024. 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 : 1^{er} rapport intermédiaire. Lot 3 – Suivis acoustiques oiseaux et chiroptères & suivis visuels oiseaux. *Rapport pour l'OFB*. 55 PP.

Annexes

Tableau A1 : Nombre d'annotations par espèce dans la base de données annotée d'automne 2023.

Nom de l'espèce	Nom Scientifique	Nombre d'annotations
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	442
Tourneepierre à collier	<i>Arenaria interpres</i>	186
Chevalier sylvain	<i>Tringa glareola</i>	178
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucos</i>	164
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	159
Grand Gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i>	157
Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i>	140
Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>	136
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	130
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	119
Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i>	118
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	110
Huîtrier pie	<i>Haematopus ostralegus</i>	108
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	98
Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i>	97
Bernache cravant	<i>Branta bernicla</i>	94
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>	93
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	93
Chouette hulotte	<i>Strix aluco</i>	92
Chevalier aboyeur	<i>Tringa nebularia</i>	92
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>	87
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	80
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>	80
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	80
Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>	79
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	74
Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>	71
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	70
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	65
Bécasseau maubèche	<i>Calidris canutus</i>	62
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	57
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>	55
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	54
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	54
Grive mauvis	<i>Turdus iliacus</i>	54
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>	51
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	48
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	48
Petit Gravelot	<i>Charadrius dubius</i>	47
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	47
Canard chipeau	<i>Mareca strepera</i>	44
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	44
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	42

Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	42
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>	41
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>	41
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>	40
Grand Corbeau	<i>Corvus corax</i>	38
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	37
Goéland marin	<i>Larus marinus</i>	36
Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>	33
Martin-pêcheur d'Europe	<i>Alcedo atthis</i>	32
Fauvette pitchou	<i>Curruca undata</i>	31
Chevêche d'Athéna	<i>Athene noctua</i>	30
Choucas des tours	<i>Corvus monedula</i>	30
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>	29
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicanus</i>	24
Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>	22
Goéland leucopnée	<i>Larus michahellis</i>	21
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	20
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>	19
Engoulevent d'Europe	<i>Caprimulgus europaeus</i>	18
Pipit maritime	<i>Anthus petrosus</i>	17
Pinson du Nord	<i>Fringilla montifringilla</i>	17
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>	17
Pipit rousseline	<i>Anthus campestris</i>	16
Tarin des aulnes	<i>Spinus spinus</i>	16
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>	15
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	13
Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>	12
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>	12
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>	11
Corbeau freux	<i>Corvus frugileus</i>	11
Bruant zizi	<i>Emberiza ciris</i>	11
Grue cendrée	<i>Grus grus</i>	11
Bécasse des bois	<i>Scolopax rusticola</i>	11
Effraie des clochers	<i>Tyto alba</i>	11
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i>	10
Fauvette grisette	<i>Curruca communis</i>	9
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	8
Grive litorne	<i>Turdus pilaris</i>	8
Bouvreuil pivoine	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	6
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	6
Oie cendrée	<i>Anser anser</i>	5
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	5
Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i>	5
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	2
Locustelle tachetée	<i>Locustella naevia</i>	2
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	2
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	1
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	1
Chevalier arlequin	<i>Tringa erythropus</i>	1
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>	1

Tableau A2 : Correspondance code et nom des chiroptères.

Code	Nom Latin	Nom Français
Barbar	<i>Barbastella barbastellus</i>	Barbastelle d'Europe
Eptser	<i>Eptesicus serotinus</i>	Serotine commune
Myonat	<i>Myotis nattereri</i>	Murin groupe Natterer
Nyclei	<i>Nyctalus leisleri</i>	Noctule de Leisler
Nycnoc	<i>Nyctalus noctula</i>	Noctule commune
Pipkuh	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrelle de Kuhl
Pipnat	<i>Pipistrellus nathusii</i>	Pipistrelle de Nathusius
Pippip	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrelle commune
Pleaus	<i>Plecotus austriacus</i>	Oreillard gris
Rhifer	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Grand Rhinolophe

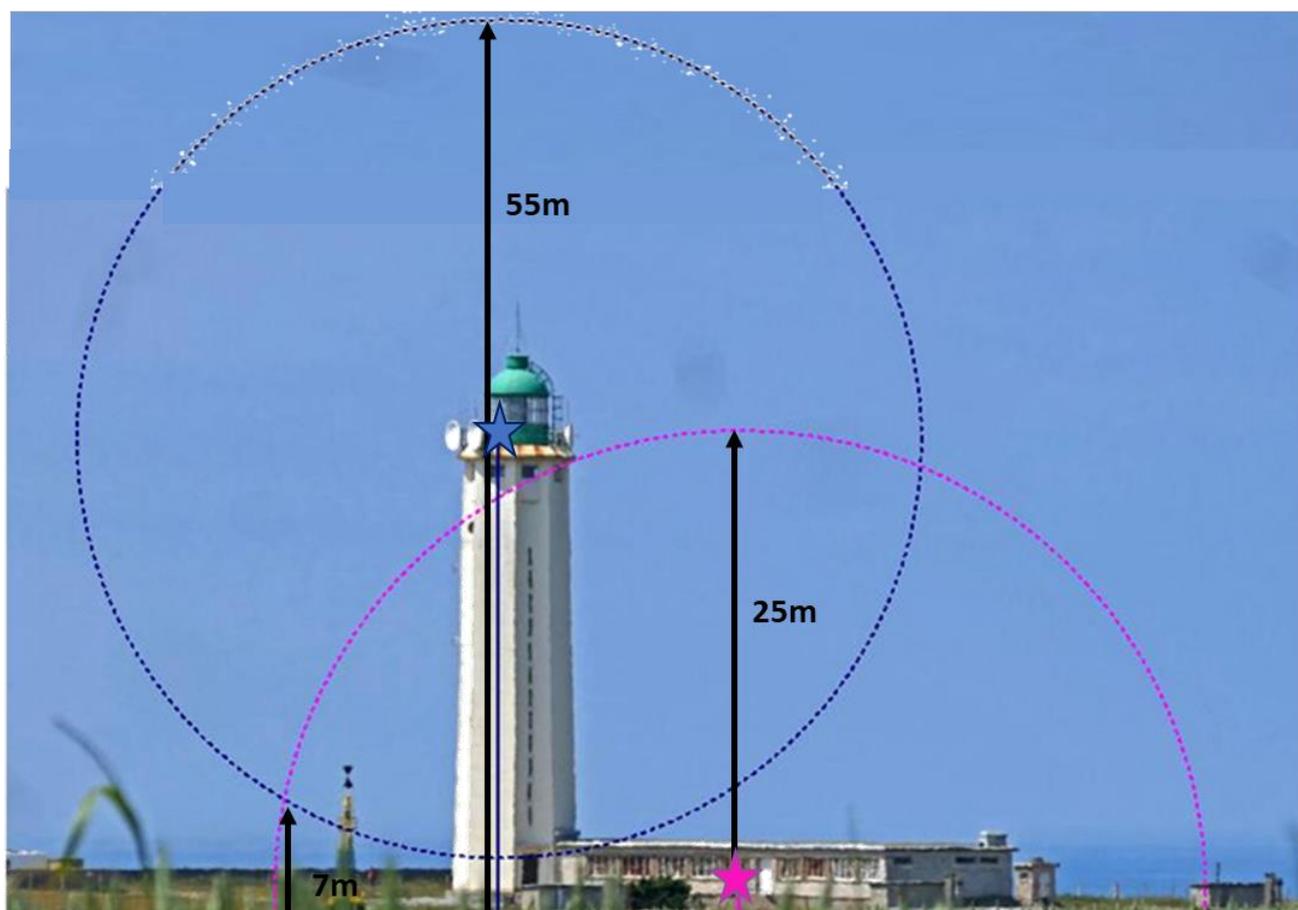


Figure A1 : Représentation simplifiée de la zone échantillonnée, par rapport au niveau du sol, par les capteurs en fonction de la distance de détection des pipistrelles (25m, Barataud 2015). Les étoiles représentent la position du capteur haut (bleu, ~30m) et bas (rose, ~1.5m). Les cercles correspondent au périmètre échantillonné par les capteurs. Photos du phare d'Antifer de © Grain Photographique / Michael Pierre-Louis.

Figure A2 : Fiches de présentation des sites présentés dans le livrable.

Mât de Fécamp

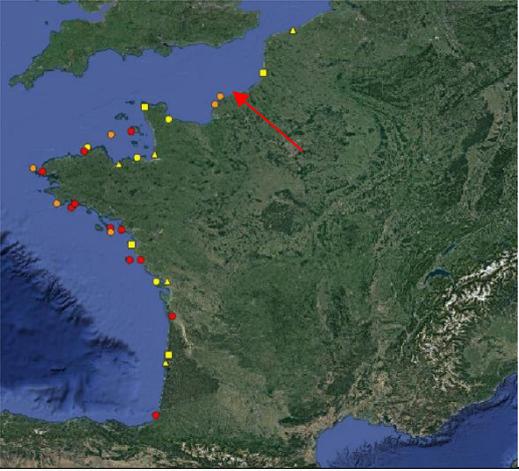
Date de pose : 08/08/23
Type d'appareil :



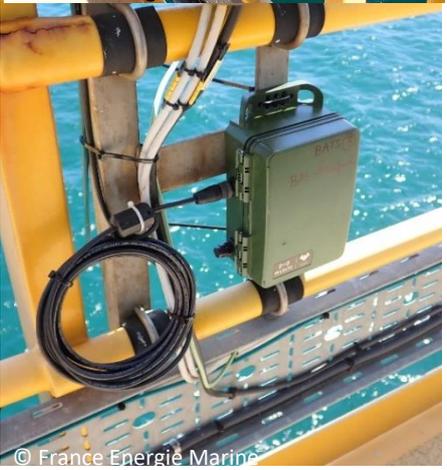
SM4 bird et SM4 bat

Hauteur :
Haut : 55,5 m
Bas : 19,5 m
Partenaire : France Energies Marines

Localisation :



© France Énergie Marine



© France Énergie Marine



© France Énergie Marine

Phare d'Antifer

Date de pose : 12/10/23

Type d'appareil :



SM4 bat



Solar BAR

Hauteur :

Haut : 30 m

Bas : 2 m

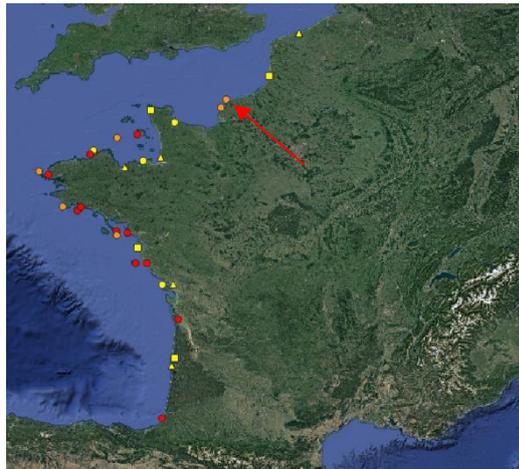
Orientation des micros :

Haut : SM4 = 30° Solar Bar = 40°

Bas : SM4 = 100°

Partenaire : Phares et Balises, DIRM MEMN

Localisation :



Haut :



Bas :



Parc du Marquenterre

Date de pose : 10/08/23

Type d'appareil :



SM4 bat



Solar BAR

Hauteur :

Sm4 et Solarbar : 1.5 m

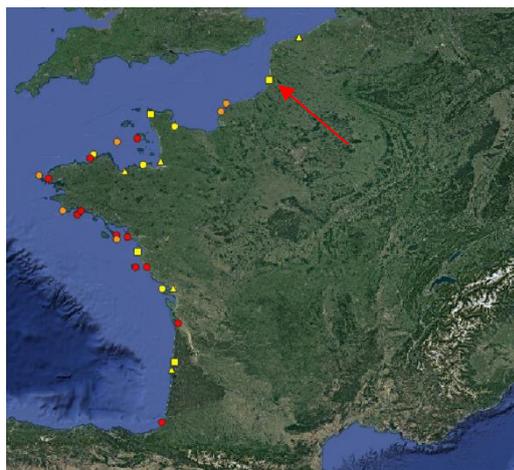
Orientation des micros :

SM4 = 150° Solar Bar = 150°

Partenaire : Syndicat Mixte baie de somme, Grand littoral Picard.

Spécificité : Couplage avec un suivi radar.

Localisation :



Centre de soin - Ile Grande

Date de pose : 10/08/23

Type d'appareil :



SM4 bat

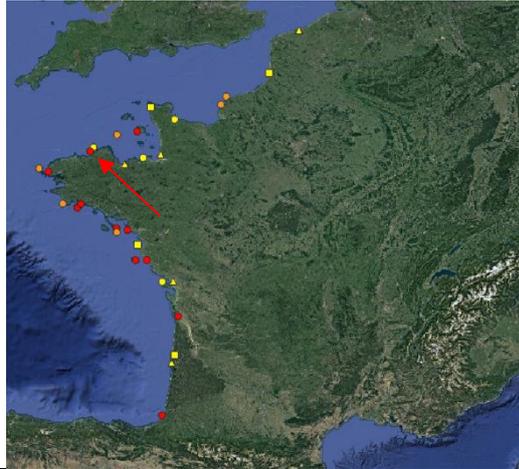


Solar BAR

Hauteur : / m

Partenaire : Ligue de protection des oiseaux

Localisation :



Phare d'Eckmühl

Date de pose : 02/08/23

Type d'appareil :



SM4 bat



Solar BAR

Hauteur :

Haut : 64 m

Bas : 2 m

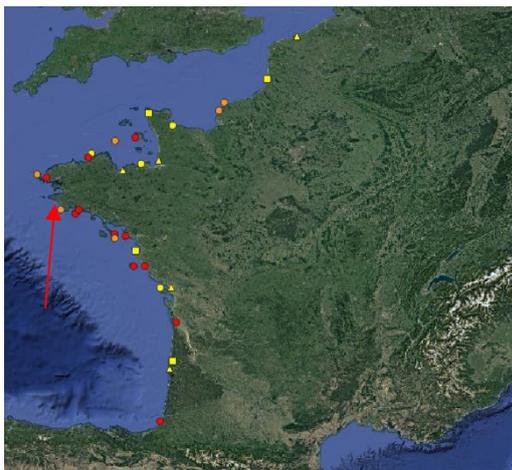
Orientation des micros :

Haut : SM4 = nc, Solar BAR = nc

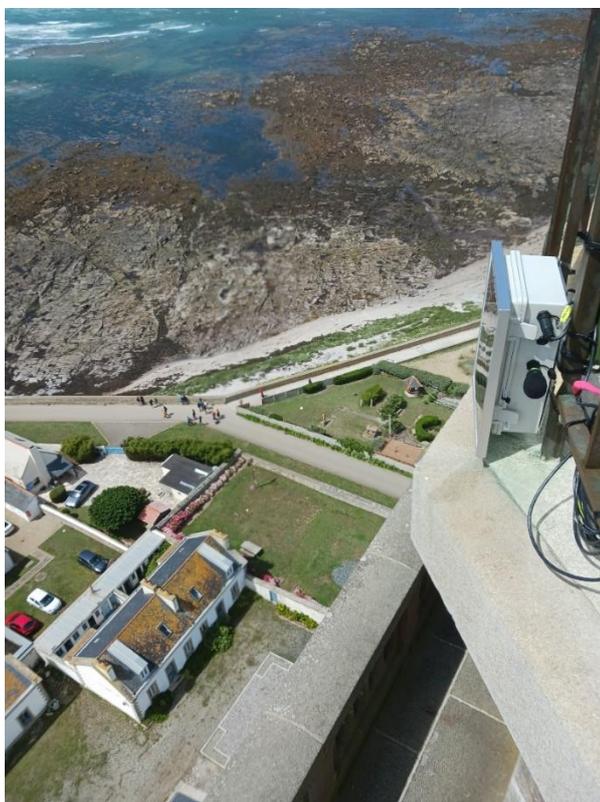
Bas : SM4 = 160°, Solar BAR = 160°

Partenaire : Phares et Balises, DIRM NAMO

Localisation :



Haut du phare :



Bas du phare :



Phare de Penfret

Date de pose : 02/08/23

Type d'appareil :



SM4 bat



Solar BAR

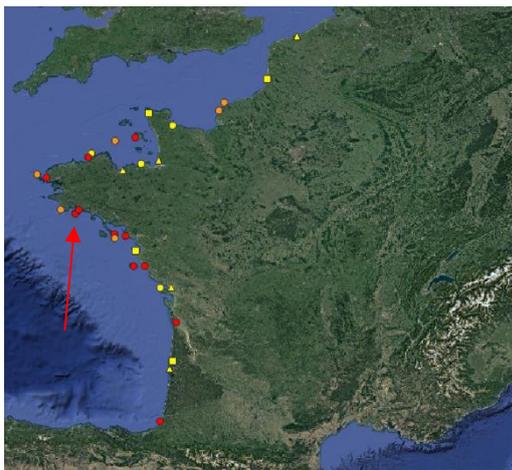
Hauteur :

SM4 et Solarbar : 2 m

Partenaire : Phares & Balises - DIRM NAMO & Association plein phare sur Penfret

Spécificité : Les capteurs ont été retiré après le passage de la tempête Ciaran.

Localisation :



Phare de l'Île d'Yeu

Date de pose : 23/08/23

Type d'appareil :



SM4 bat



Solar BAR

Hauteur :

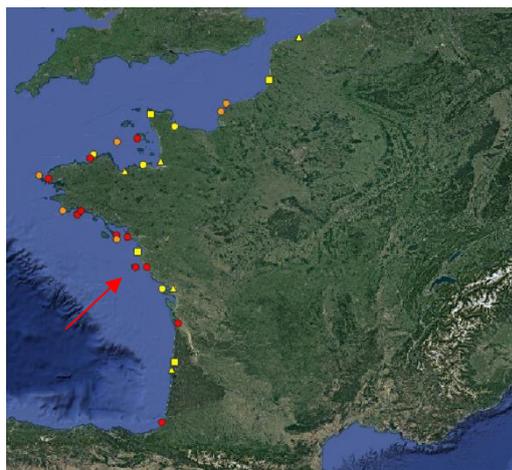
SM4 et Solarbar : 21 m

Orientation des micros :

SM4 et Solar Bar = 100 °

Partenaire : Phare et balise

Localisation :



île de Noirmoutier

Date de pose : 24/08/23

Type d'appareil :



SM4 bat



Solar BAR

Hauteur :

SM4 et Solarbar : 1.5 m

Orientation des micros :

SM4 et Solar Bar = 275 °

Partenaire : Ligue de protection des oiseaux

Spécificité : Couplage avec un suivi radar

Localisation :

