

COMMUNICATION

MIGRATLANE : développement d'un réseau acoustique passif pour le suivi des Chiroptères et des Oiseaux en mer

Anais PESSATO, Juliette BARON, Cassandre TREYVAUD, Sébastien VILLA,
Antoine CHABROLLE & Christian KERBIRIOU
Centre d'Écologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle,
Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université,
Station Marine de Concarneau, place de la Croix, BP 225 Cedex, 29182 Concarneau, France
Auteur correspondant : anais.pessato@mnhn.fr

Résumé. – Lors de la mise en place de l'Observatoire de l'éolien en mer, un déficit de connaissances sur l'utilisation de l'espace maritime (Atlantique et Manche) par les Oiseaux et les Chiroptères, résidents et migrants, a été constaté. Le programme MIGRATLANE, qui a débuté en 2023, vise à combler ces déficits grâce au déploiement de dispositifs complémentaires de suivi (acoustique, radar, télémétrie...). Un des volets de ce programme repose sur des suivis acoustiques Oiseaux et Chiroptères réalisés sur des points fixes sur le littoral, sur des îles ou des structures en mer, ainsi que sur des campagnes bateaux effectuant des trajets dans le Golfe de Gascogne et en Manche. Les premiers sites équipés en 2023, 15 sites en Manche et 15 sites en Atlantique, ont permis de 1) tester le matériel dans des contextes maritimes très exposés aux vents et aux embruns, 2) évaluer des hauteurs de vol relatives sur certains sites et 3) mettre en lumière la présence de Chiroptères dans la Manche (septembre – octobre 2022 et 2023) lors d'une campagne bateaux de la flotte océanographique française (IFREMER, Observatoire PELAGIS). Ces données, recueillies lors de trois années consécutives pour le programme MIGRATLANE, permettront de préciser les déplacements migratoires des Chiroptères en mer mais aussi sur le littoral et de proposer les mesures nécessaires afin de limiter l'impact de projets d'aménagement, comme l'éolien en mer, sur ces populations.

Mots-clés. – Migration, Manche, Atlantique, éolien en mer, point fixe, transect bateaux, faune volante

Abstract. – When the French offshore wind observatory was established, a knowledge gap was identified regarding the use of the maritime space (Atlantic and English Channel) by birds and bats, both resident and migratory. The MIGRATLANE program, launched in 2023, aims to address these gaps through the deployment of several complementary monitoring tools (acoustics, radar, telemetry, etc.). One component of this program focuses on passive acoustic monitoring of birds and bats from fixed points along the coastline, on islands, or on offshore structures, as well as from boat surveys covering the Bay of Biscay and the English Channel. The first sites equipped, in 2023, 15 sites in the Channel and 15 sites in the Atlantic, enabled us to 1) test the equipment in maritime environments highly exposed to wind and spray, 2) assess relative flight heights at certain sites, and 3) highlight the presence of bats in the Channel (September–October 2022 and 2023) during a boat survey conducted by the French oceanographic fleet (IFREMER, PELAGIS observatory). Data collected over three consecutive years, for the MIGRATLANE program, will improve our understanding of bat migratory movements at sea as well as along the coast, and will help to identify appropriate measures to limit the impact of development projects, such as offshore wind farms, on these populations.

Keywords. – Migration, English Channel, Atlantic Ocean, offshore wind farm, fixed point, boat surveys, flying fauna

INTRODUCTION

Le constat de déficit de connaissances de l'utilisation de l'espace maritime français par les Oiseaux et les Chiroptères a été mis en évidence au niveau des façades Atlantique, Manche et sud de la mer du Nord par la communauté scientifique, les associations environnementales et les gestionnaires d'espaces naturels. Suite à ce constat, il est apparu nécessaire d'acquérir des connaissances sur les migrations, les comportements de vol et les zones fonctionnelles en mer des Oiseaux terrestres migrants, Oiseaux marins et Chiroptères, en considérant leurs interactions potentielles avec les activités anthropiques en mer, et en particulier le

développement de l'éolien. C'est dans ce contexte que le programme MIGRATLANE a été mis en place.

Le programme MIGRATLANE se compose de plusieurs volets (i.e. lots), dont quatre correspondant à différentes méthodes de suivi (télémétrie, acoustique et visuelle, radar et campagnes en mer par avion, fig. 1). Les quatre lots permettent le suivi de l'avifaune, cependant, seul le lot 3 permet l'étude spécifique des Chiroptères. Les objectifs du lot 3 sont de déterminer 1) les espèces en mer (Oiseaux et Chiroptères), 2) les variations saisonnières/journalières (temporelle), 3) les zones utilisées (spatiale), et 4) les comportements de vol (hauteur). Il s'agira d'étudier les variations spatio-temporelles en relation avec les conditions météo-

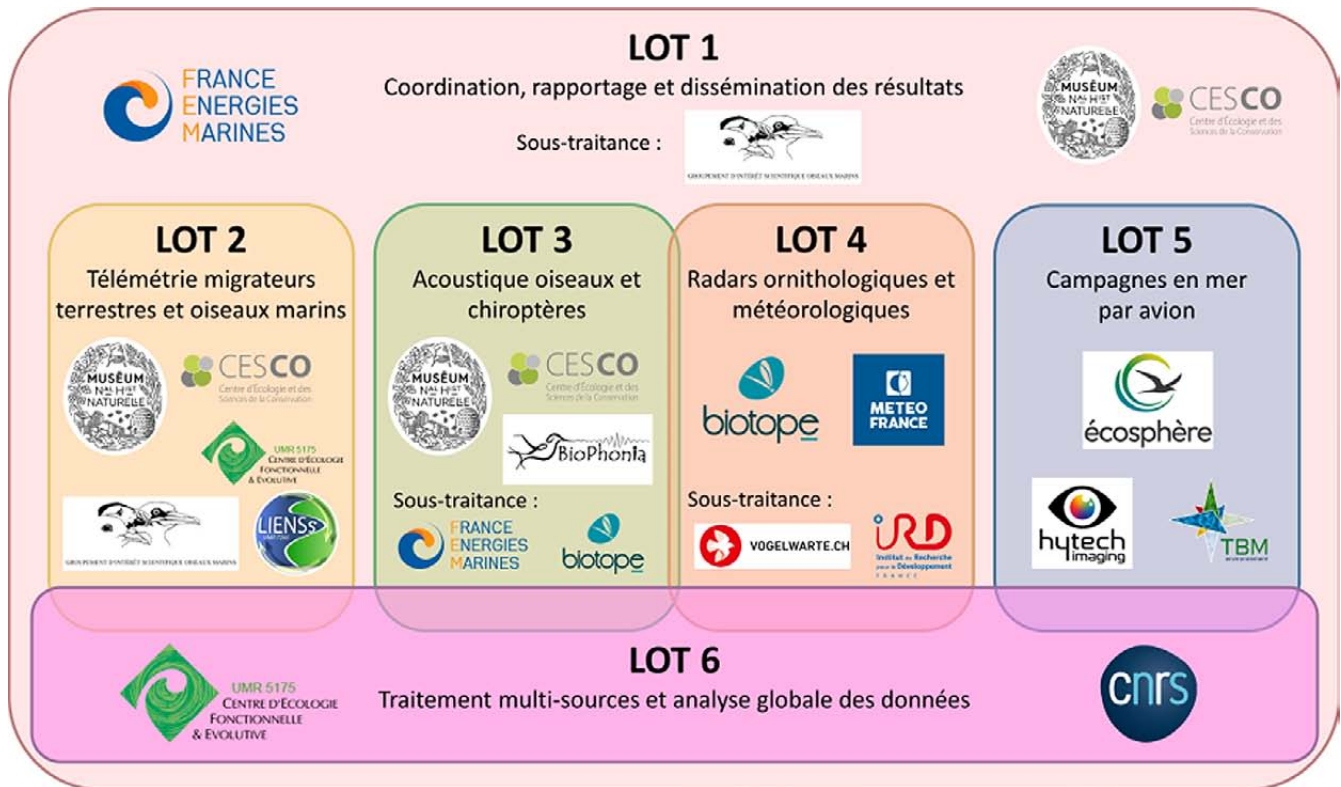


Figure 1. - Présentation des différentes thématiques et porteurs des différents volets (i.e. lots) impliqués dans le programme MIGRATLANE. Le lot 3 correspond aux suivis acoustiques des Oiseaux et Chiroptères et aux suivis visuels des Oiseaux depuis la côte ou des navires. Les titulaires du lot 3 sont le Muséum national d'Histoire naturelle et BioPhonia accompagnés de France Energies Marines et Biotope en sous-traitance. D'autres partenariats avec diverses structures (e.g. associations, services de l'État, compagnie maritime, particuliers) ont été mis en place au fil du projet (<https://www.eoliennesenmer.fr/observatoire/migratlane>, source : FEM)

rologiques, notamment lors des périodes de migration.

Ce programme de recherche est particulièrement important pour améliorer la compréhension de la migration des Chiroptères en Europe, spécifiquement en ce qui concerne l'exploitation de l'espace maritime dans l'ouest de l'Europe. Effectivement, Hutterer *et al.* [2005] ont rassemblé plus de sept décennies de données sur le baguage des Chiroptères en Europe et ont mis en évidence plusieurs routes de migration à travers l'Europe. De même, le projet « Bat Migration Routes in Europe » (<https://bat-migration-europe.netlify.app/project>) vise à déterminer les tendances spatio-temporelles de présence de trois espèces migratrices (*Pipistrellus nathusii*, *Nyctalus noctula* et *Nyctalus leisleri*) en utilisant des données acoustiques. Toutefois, ces travaux mettent en évidence une importante lacune en matière de données en zones côtières et maritimes.

La majorité des connaissances sur la migration des Chiroptères en mer provient d'études en mer du Nord et mer Baltique, sur la côte ou des îles, sur des plateformes pétrolières ou des parcs éoliens [e.g. AHLÉN *et al.* 2009, PETERSEN *et al.* 2014] et utilisant des méthodes de suivis acoustiques [e.g. JARZEMBOWSKI 2003, RYDELL *et al.* 2014] ou de télémétrie [e.g. BACH *et al.* 2022, LAGERVELD *et al.* 2024]. La Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*) est l'espèce la plus communément étudiée dans cette région, et son parcours de migration en mer commence à être révélé [KRUSZYNSKI *et al.* 2021, LAGERVELD *et al.* 2024]. Les migrations ont lieu généralement au printemps

d'avril à juin, tandis qu'en automne, elles se produisent d'août à octobre [AHLÉN *et al.* 2009, JARZEMBOWSKI 2003, LAGERVELD *et al.* 2021, PETERSONS 2004, RUSS *et al.* 2001, RYDELL *et al.* 2014]. De plus, à l'échelle de la nuit, il a été démontré que l'activité en mer ne débute pas immédiatement après le coucher du soleil, mais plutôt quelques heures plus tard [BACH *et al.* 2022, LAGERVELD *et al.* 2023, 2014].

En France, il existe des données sporadiques concernant les présences de Chiroptères sur certaines îles ou en mer lors de suivis réalisés dans le cadre d'études réglementaires [BIOTOPE 2024, LECORPS 2015, O-GEO 2024, OUVRARD & FORTIN 2014]. Cependant, ces données demeurent insuffisantes pour établir des phénologies ou des zones de passage au large. Afin de combler ces lacunes, nous détaillons ci-dessous la mise en place d'un réseau de capteurs acoustiques passifs sur la Côte Atlantique, la Manche et la mer du Nord française, depuis le choix des emplacements jusqu'à l'utilisation de technologies en milieu marin. Les premières acquisitions sur plusieurs années de suivi ont validé l'efficacité des équipements et ont révélé la présence de diverses espèces de Chiroptères en mer.

MATÉRIEL & MÉTHODES

Plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage points fixes a été élaboré de manière à assurer une répartition géographique relative-

ment uniforme des capteurs le long des façades Manche et Atlantique. En 2023, 30 emplacements, comprenant des sites à la côte, des îles (de préférence en face de points à la côte pour permettre une comparaison des flux) ou en mer, comme sur des plateformes expérimentales telles que le mât de Fécamp, ont été équipés. En 2024 et 2025, le plan d'échantillonnage a été complété (fig. 2).

Initialement, une collaboration inter-établissements publics entre le MNHN et le Service des Phares et Balises a été favorisée pour accéder à plusieurs sites sécurisés le long de la côte française et à des infrastructures (phare, feu, balise) permettant l'installation à des hauteurs conséquentes. D'autres sites ont été choisis en fonction de critères analogues, menant à des partenariats avec diverses structures incluant des gestionnaires d'espaces protégés, des organismes gouvernementaux (CROSS, Marine nationale), des associations ou même des entreprises et des particuliers. La date de mise en place a été influencée par les capacités d'accueil des partenaires sur le lieu d'installation, ainsi que par les délais liés aux procédures administratives et logistiques (e.g. convention, réception de matériels). Des capteurs ont donc été mis en place sur une variété de structures (comme des phares ou des toits de centres de soin) ou directement au sol, et ont nécessité la création du support de montage adapté à l'environnement marin (e.g. utilisation de mâts en

inox ou de poteaux ancrés dans des fondations en ciment).

Des capteurs acoustiques ont aussi été installés sur des bateaux durant des campagnes en mer couvrant la Manche et le golfe de Gascogne depuis 2022 (fig. 3). Ces campagnes comprennent les campagnes du Centre de la Mer de Biarritz (CMB, suivi à la journée de l'avifaune incluant les observations visuelles du projet ERMMA), les campagnes MEGASCOPE (PELGAS, CGFS et EVHOE, partenariat avec l'IFREMER et l'Observatoire PELAGIS, CNRS, université de La Rochelle, qui réalise également des observations visuelles de l'avifaune), des lignes de la Brittany Ferries (sous-traitance Biotope) et des lignes DFDS.

Enregistrements acoustiques

Le suivi des Chiroptères se fait à l'aide de capteurs acoustiques SM4-BAT (i.e. SM4 FS, Wildlife Acoustics) couplés à un microphone SMM-U2. Ces capteurs permettent d'enregistrer dans l'ultrason, ici à une fréquence de 384 ou 256 kHz. Suivant le protocole Vigie-Chiro, les capteurs ont été programmés pour débiter les enregistrements 30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil, avec un déclenchement à 12 dB. Ce protocole a été déployé sur tous les sites points fixes et les bateaux, sauf sur les bateaux de la Brittany Ferries équipés par le bureau d'étude Biotope. Sur ces navires de

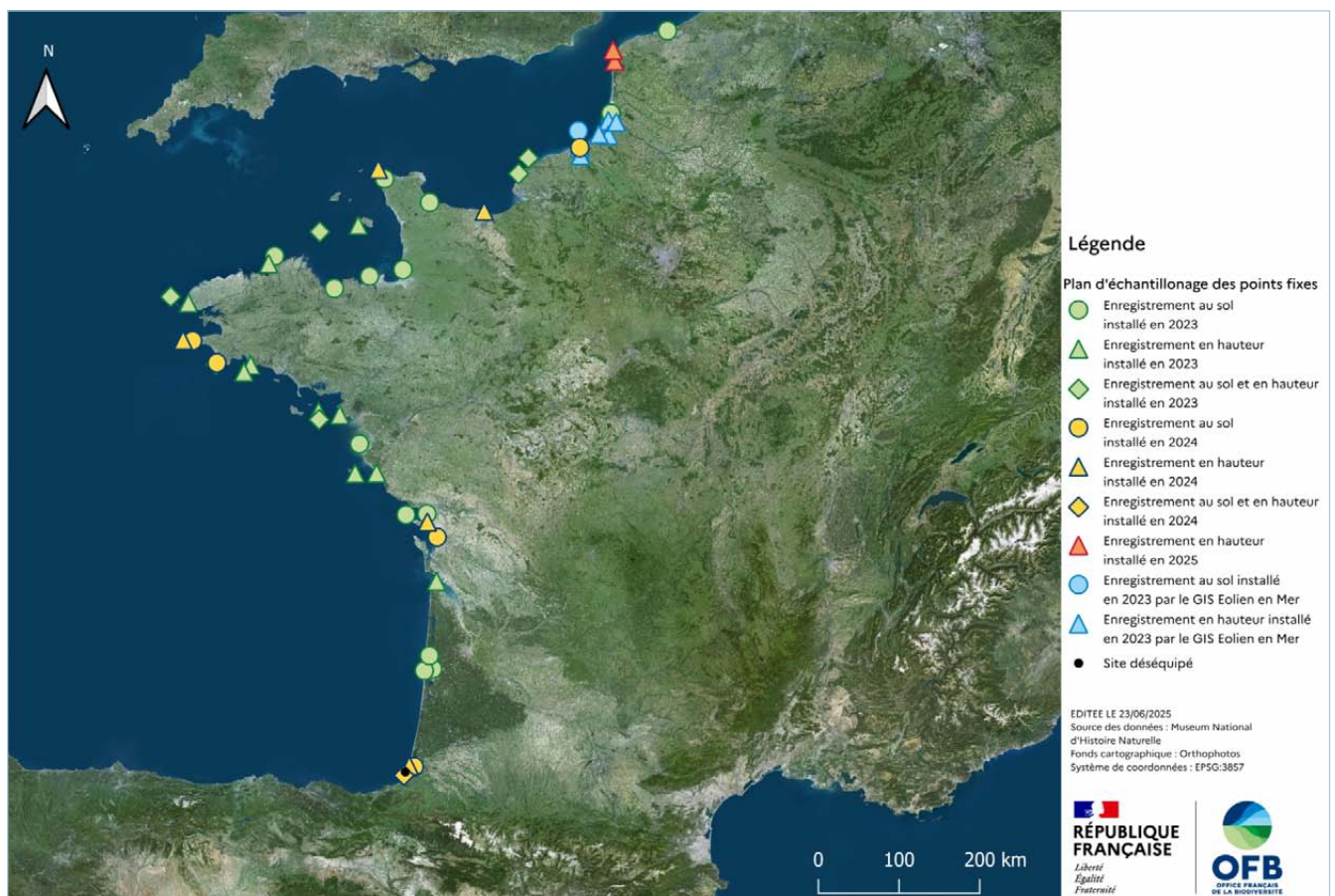


Figure 2. - Carte des sites échantillonnés de 2023 à 2025. Les couleurs correspondent à l'année d'installation et les symboles à la position des capteurs (haut et/ou bas). Les symboles bleus correspondent aux sites échantillonnés par le GIS Eolien en Mer Dieppe-Le Tréport qui sont intégrés au jeu de données MIGRATLANE (source: BARON *et al.* 2025)

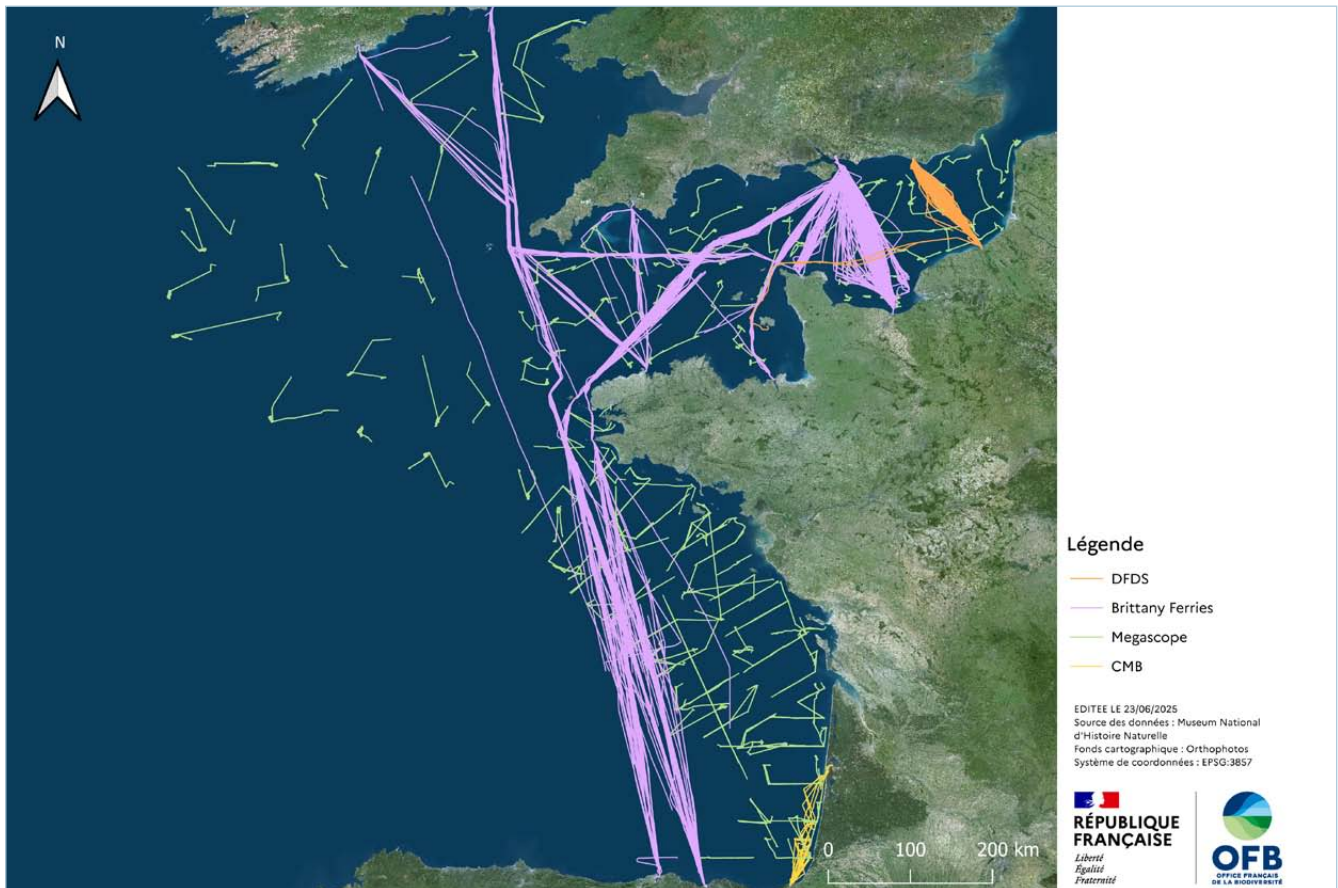


Figure 3. - Carte des transects échantillonnés depuis des navires en 2023 et 2024. Les couleurs correspondent au type de campagne/ferry (source : BARON *et al.* 2025)

la Brittany Ferries, les SM4-BAT sont couplés à des micros SMM-U1 et enregistrent de deux heures avant le coucher du soleil jusqu'à deux heures après le lever du soleil, à une fréquence d'échantillonnage de 192 kHz.

Avant installation, une première phase de test a été menée pour tester la résistance aux milieux marins (embruns, vents...), la capacité de stockage et l'autonomie du matériel. La capacité maximale de stockage s'est révélée être de 1 024 Go (deux cartes SD de 512 Go) suite à de nombreux dysfonctionnements de carte SD de 1 To. Afin d'augmenter l'autonomie des SM4-BAT il a été décidé de les brancher sur un capteur oiseau possédant un panneau solaire (Solar BAR, Frontier Labs). Ce branchement permet d'augmenter l'autonomie d'environ 3 semaines avec des piles D à plusieurs mois. Des maintenances sont toutefois nécessaires environ tous les quatre mois afin de récupérer les données des cartes SD. Sur les sites points fixes, les capteurs enregistrent tout au long de l'année.

Archivage et analyses acoustiques

Une fois collectées, les données (fichiers bruts.wav) sont, dans un premier temps, copiées en interne sur des disques durs puis envoyées en ligne via le portail Vigie-Chiro pour l'analyse acoustique et la bancarisation à l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3, CNRS, Lyon).

Via le portail Vigie-Chiro, les fichiers bruts sont analysés

automatiquement par le logiciel Tadarida [BAS *et al.* 2017] et les tableaux de résultats sont accessibles en ligne. À l'aide de ces tableaux, une vérification manuelle des identifications avec un score de confiance $\geq 0,5$ est faite sur les sites en mer afin de confirmer l'identification des espèces. Une vérification sur un sous-échantillon de sites sur le littoral sera aussi effectuée. Chaque identification correspond à la présence d'au moins un cri dans une fenêtre de 5 secondes et est appelée « contact » (score de confiance $\geq 0,5$).

À ce stade de l'étude et au vu du temps nécessaire au prétraitement et à l'analyse acoustique, aucune analyse statistique stabilisée n'a été produite sur le jeu de données collectées. Les résultats présentés ci-dessous sont descriptifs.

PREMIERS RÉSULTATS

Points fixes

Les données recueillies par les capteurs placés en bas et en haut de structures (phares et mâts de mesure en mer), séparés par au moins 28 mètres, révèlent une activité notable de la Pipistrelle de Nathusius en hauteur, comparable voire supérieure à celle observée au sol (fig. 4). La Pipistrelle de Nathusius est détectable jusqu'à environ 25 m en milieu ouvert [BARATAUD 2012]. Sur le phare d'Eckmühl, le capteur en hauteur est positionné à environ 60 m, indiquant que les cris détectés proviennent d'individus volant dans un intervalle d'environ 35 à 85 m au-dessus du sol. De façon similaire, sur le mât de Fécamp, installé en Manche

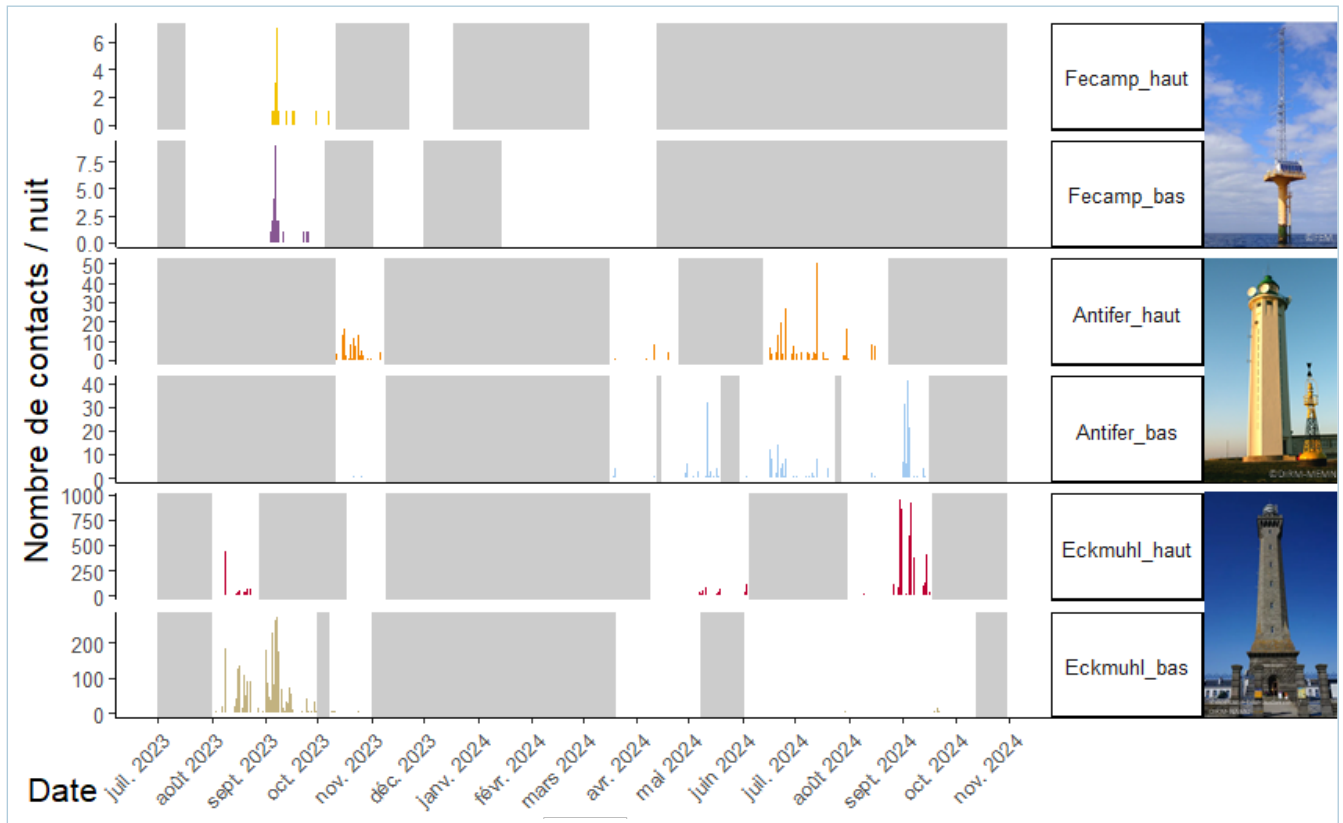


Figure 4. - Nombre de contacts de Pipistrelle de Nathusius (score de confiance $\geq 0,5$) par nuit sur trois sites (mât de mesure de Fécamp, phare d'Antifer et phare d'Eckmühl) avec des installations en bas et haut de la structure. Les zones grisées correspondent aux périodes non échantillonnées ou dont les données n'ont pas encore été traitées. L'échelle de l'axe des ordonnées diffère entre sites

à environ 13 km des côtes, des cris ont été enregistrés par le capteur positionné à environ 55 m au-dessus du zéro marégraphique, indiquant un intervalle de vol environ de 30 à 80 m.

Transects en mer

Depuis 2022, des capteurs acoustiques ont été installés chaque année sur la campagne CGFS de la flotte

océanographique française (IFREMER, Observatoire PELAGIS). Lors de ces campagnes effectuées en septembre et en octobre, au moins quatre espèces ont été identifiées et validées manuellement en 2022 et 2023 (fig. 5, analyse en cours des autres années de collecte) : la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Pipistrelle de Nathusius (*Pipistrellus nathusii*), la Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*) et la Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*). Deux

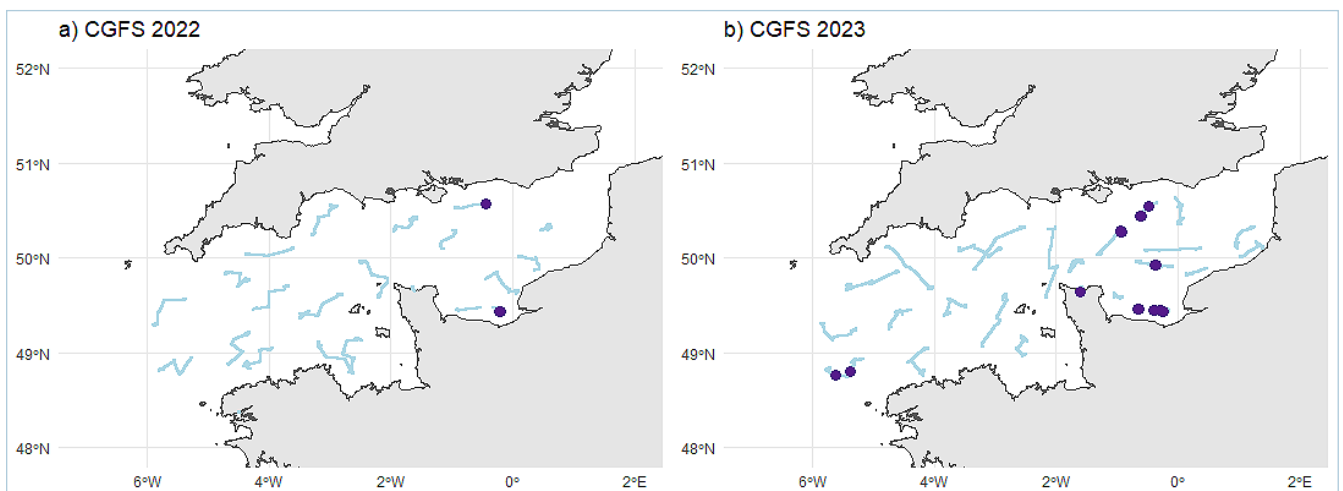


Figure 5. - Contacts de Chiroptères en Manche lors des campagnes CGFS de la flotte océanographique française (IFREMER, Observatoire PELAGIS) en a) 2022 (n = 12 contacts) et b) 2023 (n = 519 contacts). Les points violets représentent les positions des contacts vérifiés de Chiroptères. Les tracés gris correspondent aux transects échantillonnés lors de chaque année

autres espèces sont potentiellement présentes : la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) et la Sérotine commune (*Eptesicus serotinus*), mais ces espèces présentent de grandes similitudes acoustiques avec la Pipistrelle de Nathusius et la Noctule de Leisler respectivement.

La zone située à l'est de la Manche (à l'est de la pointe du Cotentin) semblerait être la plus utilisée par les espèces potentiellement transitant de l'Angleterre à la France en période de migration automnale. Cependant, plusieurs années de suivis sont nécessaires avant de pouvoir comprendre et modéliser les aires de déplacements utilisées par les Chiroptères.

DISCUSSION

En 2025, le plan d'échantillonnage comporte 50 sites points fixes, incluant des points fixes sur la côte, sur des îles ou sur des structures en mer, et ceux échantillonnés avec des partenaires tels que le GIS Eolien en Mer Dieppe-Le Tréport (fig. 2). De plus, des partenariats avec des institutions espagnoles (AZTI et IEO) ont permis d'installer des capteurs acoustiques sur d'autres navires de campagnes océanographiques. La couverture spatiale et temporelle du plan d'échantillonnage a ainsi été étendue en 2025. Les premiers résultats permettent de mettre en lumière la présence de Chiroptères en mer, et potentiellement une voie de migration en Manche, à des périodes similaires aux migrations connues en mer Baltique et mer du Nord [e.g. JARZEMBOWSKI 2003, LAGERVELD *et al.* 2021].

Retours d'expérience : problèmes identifiés

La première année d'échantillonnage a permis de repérer des points critiques concernant l'équipement et de mettre en place les solutions appropriées. Par exemple, pour optimiser la couverture temporelle, nous avons opté pour une fréquence d'échantillonnage de 256 kHz plutôt que de 384 kHz sur l'ensemble des sites et navires. Cette modification réduit la taille des fichiers audio, permettant ainsi une durée d'enregistrement plus longue sans manquer des espèces de Chiroptères ni altérer significativement la qualité du signal acoustique.

Les premières campagnes de collecte ont également révélé des différences dans les périodes d'enregistrement, principalement liées à la localisation des sites plus difficilement accessibles en mer pour les maintenances et au système d'alimentation. Par exemple, les capteurs sur secteur (ex. mât de Fécamp) offrent une continuité satisfaisante, alors que les capteurs fonctionnant avec des piles nécessitent des maintenances toutes les trois semaines. Il a ainsi été choisi d'équiper la majorité de sites avec des Solar BAR afin de pouvoir connecter les SM4-BAT au panneau solaire de celui-ci. Enfin, certains aléas imprévisibles comme les événements climatiques extrêmes (tempête Ciaran de 2023) ont provoqué des dégâts variables selon les sites, allant du détachement du capteur sur des rambarde à la corrosion du matériel.

Limites

Les capteurs utilisés dans notre étude sont non communicants et ne permettent donc pas de récupérer la donnée à

distance ni un suivi de son bon fonctionnement. Il est donc nécessaire de se rendre régulièrement sur site pour collecter la donnée et vérifier l'état du matériel. Le microphone est contrôlé au moins une fois par an (au début du printemps) en utilisant un dispositif de calibration de micros à ultrasons (Wildlife Acoustics). Etant donné la répartition des capteurs, de Dunkerque à Biarritz (fig. 2), il est difficile d'effectuer des maintenances régulières sur l'ensemble des sites. Le réseau repose donc, en majorité, sur la participation de nos partenaires sur chaque site, pour changer les cartes et nous envoyer les données (par voie postale). L'animation de ce réseau nécessite une organisation adaptée afin de prédire l'acquisition de données, et par conséquent les dates de maintenance, plusieurs semaines en amont.

CONCLUSION

Malgré des périodes de suivi non continues dans l'année, dues à des impossibilités de maintenance ou des défaillances de matériel, plus de 100 To de fichiers audios Chiroptères (et environ 70 To de fichiers audios Oiseaux) ont été collectés depuis 2023. Ces données, en cours d'analyse, permettront d'améliorer les connaissances sur la migration en milieu littoral et marin de plusieurs espèces de Chiroptères. De plus, les données alimenteront d'autres projets utilisant, par exemple, les données du suivi Vigie-Chiro. Finalement, dans le contexte du développement de l'éolien en mer, les connaissances acquises permettront d'élaborer des stratégies pour éviter ou réduire le potentiel impact de ces structures.

Remerciements. – Tous nos remerciements vont aux nombreuses structures partenaires qui nous ont permis d'installer des capteurs sur leurs sites et aux personnes effectuant des maintenances et des suivis des capteurs. Les données ont été recueillies avec le concours de la DFDS, DIRM NAMO, LPO et d'autres structures partenaires présentées ci-après (par ordre alphabétique) : AZTI, Birding Mont-Saint-Michel, Centre de la Mer de Biarritz, CLIPON, COBAN, Communauté de communes Cap Sizun-Pointe du Raz, Communauté des communes de l'île de Ré, Conservatoire du littoral, CREC (université de Caen), Département d'Ille-et-Vilaine, FOSIT Manche-mer du Nord, GEOCA, GMB, GON, Government of Jersey, IEO, IFREMER, Jardin botanique de Vauville, Jersey Heritage, LOG (université de Lille), LPO Vendée, Météo France, Nature Environnement 17, Observatoire PELAGIS (université de La Rochelle, CNRS), ONF, Parc du Marquenterre, Parc régional des Marais du Cotentin et du Bessin, Plein Phare sur Penfret, Réserves Naturelles de France, SEPANSO, Secrétariat d'Etat chargé de la Mer. Nous remercions aussi Cédric Caïn, Julien Piette, Kévin Barré et Stanislas Wroza pour leur aide sur site et la team Chiro du CESCO, en particulier Yves Bas et Charlotte Roemer qui participent à la validation des identifications.

Ce travail n'aurait pu avoir lieu sans les financements de l'Office Français de la Biodiversité, la Fondation de mécénat Engie et le Gis Eolien en mer Dieppe-Le Tréport.

RÉFÉRENCES

- AHLÉN I., BAAGØE H.J. & BACH L., 2009. - Behavior of Scandinavian bats during migration and foraging at sea. *Journal of Mammalogy* 90: 1318–1323.
- BACH P., VOIGT C.C., GÖTTSCHE M., BACH L., BRUST V., HILL R., HÜPPPO O., LAGERVELD S., SCHMALJOHANN H., SEEBENS-HOYER A., 2022. - Offshore and coastline migration of radio-tagged Nathusius' pipistrelles. *Conservation Science and Practice* 4(10): e12783.
- BARATAUD M., 2012. - *Écologie acoustique des Chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse*. Biotope, Mèze; Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 344 pp.
- BARON J., VILLA S., PESSATO A., PEYRET P., LOÏS T., BONGIORNI L., ROMANGIN I., BOURGET L., LINOSSIER J., CHABROLLE A., KERBIRIOU C., 2025. - 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: 2nd rapport d'analyse. Lot 3 – Suivis acoustiques et visuels. Rapport pour l'OFB, éditeur MNHN, 63pp.
- 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. <https://doi.org/10.5334/jors.154>
- BIOTOPE, 2024. - Rapport final de l'état initial - Zone de développement éolien en mer Centre Manche - Suivis de la mégafaune marine - DREAL Normandie - MTE - 592 p.
- HUTTERER R., IVANOVA T., MEYER-CORDS C. & RODRIGUES L., 2005. - Bat migrations in Europe: A review of banding data and literature. *Naturschutz und Biologische Vielfalt* 28: 162 pp.
- JARZEMBOWSKI T., 2003. - Migration of the Nathusius' pipistrelle *Pipistrellus nathusii* (Vespertilionidae) along the Vistula Split. *Acta Theriologica* 48(3), 301–308. <https://doi.org/10.1007/BF03194170>
- KRUSZYNSKI C., BAILEY L.D., COURTIOL A., BACH L., BACH P., GÖTTSCHE MATTHIAS, GÖTTSCHE MICHAEL, HILL R., LINDECKE O., MATTHES H., POMMERANZ H., POPA-LISSEANU A.G., SEEBENS-HOYER A., TICHOMIROWA M., VOIGT C.C., 2021. - Identifying migratory pathways of Nathusius' pipistrelles (*Pipistrellus nathusii*) using stable hydrogen and strontium isotopes. *Rapid Comm Mass Spectrometry* 35(6): e9031. <https://doi.org/10.1002/rcm.9031>
- LAGERVELD S., DE VRIES P., HARRIS J., PARSONS S., DEBUSSCHERE E., HÜPPPO O., BRUST V., SCHMALJOHANN H., 2024. - Migratory movements of bats are shaped by barrier effects, sex-biased timing and the adaptive use of winds. *Movement Ecology* 12(1): 81. <https://doi.org/10.1186/s40462-024-00520-7>
- LAGERVELD S., JONGE POERINK B., GEELHOED S.C.V., 2021. - Offshore occurrence of a migratory bat, *Pipistrellus nathusii*, depends on seasonality and weather conditions. *Animals*, 11(12): 3442.
- LAGERVELD S., POERINK B.J., HASELAGER R., VERDAAT H., 2014. - Bats in Dutch offshore wind farms in autumn 2012. *Lutra* 57(2): 61–69.
- LAGERVELD S., WILK T., VAN PUIJENBROEK M.E.B., NOORT B.C.A., GEELHOED S.C.V., 2023. - Acoustic monitoring reveals spatiotemporal occurrence of Nathusius' pipistrelle at the southern North Sea during autumn migration. *Environmental Monitoring and Assessment* 195(9): 1016. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11590-2>
- LECORPS F., 2015. - Éoliennes en mer des îles d'Yeu et de Noirmoutier - Thématique Chiroptères Livrable 1 - Méthodes et état des lieux provisoire, Biotope, Periscope, BRL ingénierie, LPO Vendée, 107 pp.
- O-GEO, 2024. - Saint-Nazaire (44) - Parc éolien en mer de Saint-Nazaire - Suivi de l'activité et du comportement des Chiroptères - Années 2022-2023. O-GEO. 86pp.
- OUVRARD E., FORTIN M., 2014. - Projet de Parc éolien en Mer de Saint-Nazaire. Diagnostic "chauves-souris." Bretagne Vivante – SEPNEB, LPO Loire-Atlantique, LPO Vendée. 445pp.
- PETERSEN A., JENSEN J.K., JENKINS P., BLOCH D., 2014. - A review of the occurrence of bats (Chiroptera) on islands in the North East Atlantic and on North Sea installations. *Acta Chiropterologica* 16(1): 169-195.
- PETERSONS G., 2004. - Seasonal migrations of north-eastern populations of Nathusius' bat *Pipistrellus nathusii* (Chiroptera). *Myotis* 41(42): 29–56.
- RUSS J.M., HUTSON A.M., MONTGOMERY W.I., RACEY P.A., SPEAKMAN J.R., 2001. - The status of Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii* Keyserling & Blasius, 1839) in the British Isles. *Journal of Zoology* 254(1): 91–100.
- RYDELL J., BACH L., BACH P., DIAZ L.G., FURMANKIEWICZ J., HAGNER-WAHLSTEN N., KYHERÖINEN E.-M., LILLEY T., MASING M., MEYER M.M., 2014. - Phenology of migratory bat activity across the Baltic Sea and the south-eastern North Sea. *Acta Chiropterologica* 16(1): 139–147.

Sitographie

- Éoliennes en mer en France - MIGRATLANE: Comprendre l'utilisation de l'arc Manche-Atlantique par la faune volante. <https://www.eoliennesenmer.fr/observatoire/migratlane> (consulté le 3 octobre 2025)