



MIGRALION

Caractérisation de l'utilisation du golfe du Lion
par les migrants terrestres et l'avifaune marine
à l'aide de méthodes complémentaires

Rapport final Lot 5 « Radars ornithologiques à la côte » Livrable 31

Octobre 2025

Partenaires scientifiques et techniques



Financeurs du programme



Programme financé par l'Office français de la biodiversité (OFB), la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC), Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB), la région Occitanie et la région Sud

SUIVI DU DOCUMENT

Auteur.e.s	Vincent DELCOURT, Hélène SCHOPPER, Alexandre HAMON, Camille ASSALI, Cyprien DAÏDÉ, Baptiste SCHMID	BIOTOPE - Département RADAR Station ornithologique suisse
Coordinateurs scientifiques et techniques du projet	Yann PLANQUE Aurélien BESNARD	France Énergies Marines (FEM) Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) – EPHE
Pilotage du projet	Constance AUDIFFREN	Office Français de la Biodiversité (OFB)
Titre du document		MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : Rapport final d'analyses du Lot 5 « Radars ornithologiques à la côte ». Livrable L25.
Statut du document		Version finale
Date de sauvegarde		29/09/2025
Date de diffusion		08/10/2025
Version du document		VF
Nom du fichier		MIGRALION_L31_Lot5_Rapport_final_2025-10_VF.pdf
Nombre de pages		124 pages
Niveau de diffusion		Public

HISTORIQUE DES CHANGEMENTS

Version	Date	Modifié par	Modifications / Sections
1	11/03/2025	Vincent DELCOURT, Biotope	Rédaction du document initial
2	29/09/2025	Vincent DELCOURT, Biotope	Mise à jour des résultats Intégration des commentaires OFB/DGEC/DEB/DREAL

APPROBATION

Version	Date	Approuvé par	Titre
Finale	14/10/2025	Yann PLANQUE, FEM	Coordinateur du projet
Signature :			
Finale	14/10/2025	Constance AUDIFFREN, OFB	Pilote du projet
Signature :			

CITATION DU DOCUMENT / HOW TO CITE THIS DOCUMENT

Comment citer ce document : DELCOURT, V., SCHOPPER, H., SCHMID, B., HAMON, A., ASSALI, C., DAÏDÉ, C. 2025. **MIGRALION** - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : **Rapport final d'analyses du Lot 5 « Radars ornithologiques à la côte »**. Rapport por l'OFB. [MIGRALION : lot 5 | Eoliennes en mer](#)

Contexte et objectifs du programme MIGRALION

Située au carrefour de voies majeures de migration, la France joue un rôle clé dans les déplacements migratoires de l'avifaune. Le golfe du Lion (Méditerranée française) constitue notamment un espace maritime stratégique pour l'avifaune marine et l'avifaune terrestre migratrice, fréquenté ou ponctuellement survolé par des millions d'individus appartenant à de nombreuses espèces d'oiseaux - environ 300 espèces migratrices fréquentent la zone.

Cependant, un constat de déficit de connaissances sur l'avifaune en mer au niveau du golfe du Lion a été mis en évidence par la communauté scientifique, les associations naturalistes, les gestionnaires d'espaces naturels et les services de l'État. Ces lacunes de connaissances concernent à la fois l'avifaune terrestre migratrice — de nombreuses espèces peuvent passer ponctuellement en mer pendant les périodes de migration prénuptiale (Sud-Nord) et de migration postnuptiale (Nord-Sud) — et l'avifaune marine, dont les connaissances sur les zones d'utilisations du milieu marin par certaines espèces s'avéraient parcellaires ou peu documentées.

Le secteur du golfe du Lion est marqué par de multiples projets d'usage, dont notamment le développement de parcs éoliens en mer flottants. En effet, 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 (posé et flottant) d'environ 45 GW à l'horizon 2050, destinée à la production d'électricité.

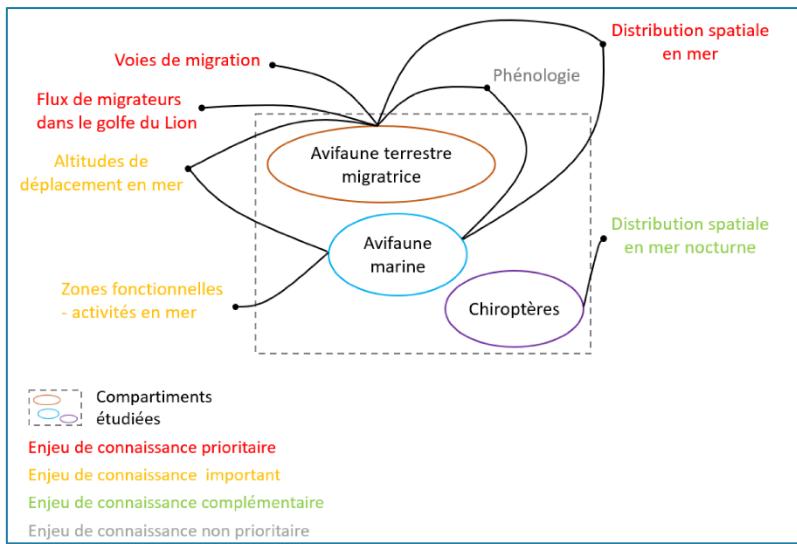
À la suite du débat public « la mer un débat », portant sur la mise à jour des volets stratégiques des documents stratégiques de façade (DSF) et la cartographie des zones maritimes et terrestres prioritaires pour l'éolien en mer, l'État a détaillé les zones de développement de l'éolien en mer. Ces éléments ont été publiés au Journal officiel de la République française du 18 octobre 2024 (https://www.legifrance.gouv.fr/download/file/Jb5GEIw-g4nOgkwvqUCu6yplGEbOXgie4-T-nS53g=/JOE_TEXTE)

Dans le contexte de développement de parcs éoliens en mer dans le golfe du Lion, il est apparu essentiel d'améliorer les connaissances sur l'avifaune marine et terrestre migratrice à l'échelle de ce secteur. Cela concerne notamment les flux migratoires et les fonctionnalités des zones en mer, qu'il s'agisse d'espèces résidentes, de passage, présentes durant une partie de leur cycle biologique annuel ou ponctuellement. Cette acquisition de connaissances est cruciale pour anticiper au mieux les zones d'impact potentiel liées à ces nouveaux usages.

Un travail d'identification des enjeux liés à l'acquisition de connaissances a été mené (cf. *Figure ci-après*). Pour y répondre, l'Office français de la biodiversité (OFB) a lancé en 2021 le programme MIGRALION, prévu pour une durée de quatre ans, dont trois années consécutives ont été consacrées à l'acquisition de données.

Les objectifs de MIGRALION sont ainsi d'acquérir des connaissances sur :

- Les espaces maritimes du golfe du Lion utilisés par les oiseaux marins ;
- Les zones de passages principales (flux les plus intenses) des oiseaux migrants terrestres dans le golfe du Lion ;
- Les hauteurs de vol des oiseaux marins et des oiseaux migrants terrestres sur cet espace maritime ;
- La phénologie des migrations en mer ;
- Les caractéristiques de vols de l'avifaune en mer.

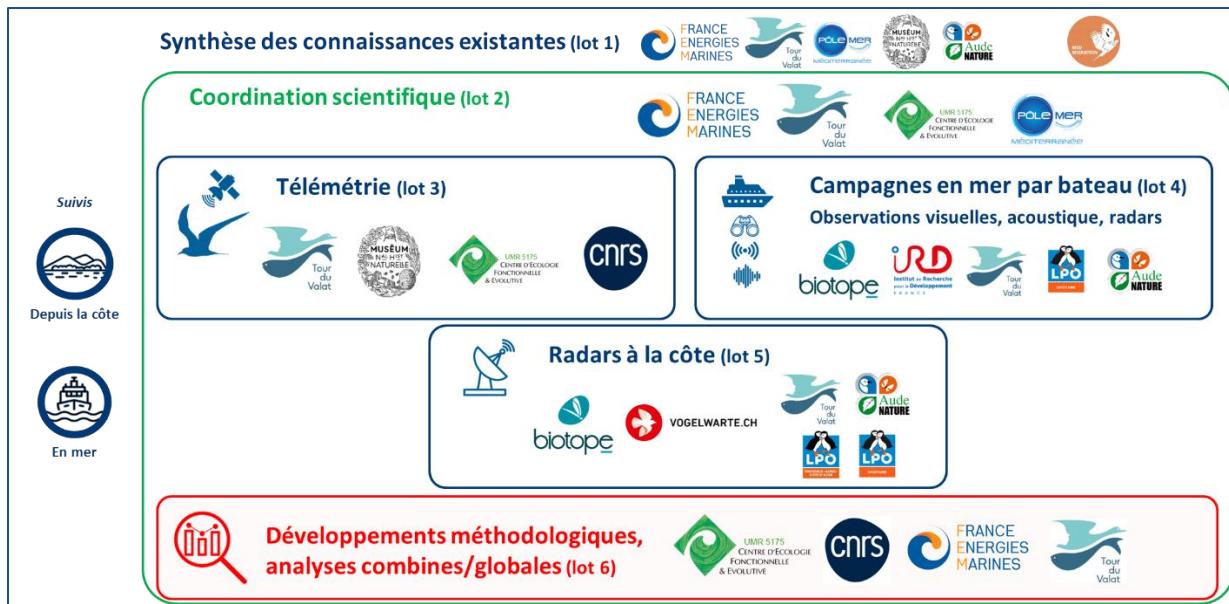


Besoins de connaissance identifiés avant la mise en place de MIGRALION sur les compartiments « avifaune terrestre migratrice », « avifaune marine » et « chiroptères », et hiérarchisation de ces enjeux de connaissance

MIGRALION s'appuie sur une large diversité de moyens humains et techniques, mobilisés pour acquérir ces nouvelles connaissances : observations visuelles à terre, baguage, suivis télémétriques, campagnes en mer (observations visuelles, radars embarqués et acoustique), ainsi que suivis par radars ornithologiques à la côte. La plus-value du programme réside également dans la combinaison de ces jeux de données et dans une analyse intégrée globale, afin de répondre aux questions scientifiques. Ce programme est structuré autour de six lots, dont un d'état de l'art des connaissances préalables (lot 1), un de coordination (lot 2), trois consacrés à l'acquisition des données (lots 3 à 5) et un dédié à l'analyse globale (lot 6) :

- **Lot n°1** : Synthèse bibliographique, recensement de données, gestion de l'accessibilité des données
- **Lot n°2** : Coordination, expertise et dissémination des résultats du programme
- **Lot n°3** : Télémétrie migrants terrestres et oiseaux marins
- **Lot n°4** : Campagnes en mer par bateau
- **Lot n°5** : Radar ornithologique à la côte
- **Lot n°6** : Développement de méthodes permettant l'analyse des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets.

Chaque lot du programme a fait office d'un marché public ouvert par l'OFB. La mise en œuvre des actions de chaque lot a reposé sur la réalisation de différents livrables, tout au long du programme. Le consortium qui a été retenu pour mettre en place les actions du programme projet est présenté schématiquement dans la **Figure ci-après**. Il est composé de laboratoires d'instituts de recherche, de bureaux d'études ainsi que d'associations naturalistes, experts sur les thématiques adressées.



Composition du consortium du programme MIGRALION (2021-2025)

MIGRALION est ainsi un programme inédit, par l'ampleur des jeux de données acquis sur l'avifaune en mer, dans le golfe du Lion. Pour la première fois en France, et plus particulièrement dans le golfe du Lion, des méthodes de suivis complémentaires de l'avifaune ont été mises en œuvre sur plusieurs années consécutives, puis les données ont été combinées pour une analyse intégrée. L'objectif de cette acquisition de connaissances est d'éclairer la mise en œuvre des politiques publiques de préservation des espèces et de leurs habitats naturels, afin de mieux évaluer et encadrer les interactions entre ces espèces et les activités humaines.

L'ensemble des livrables, ainsi que les jeux de données brutes et prétraitées, ont vocation à être rendus publics.

Le budget total pour la réalisation du projet est de 4.4M€.

MIGRALION est financé par l'Office français de la biodiversité (OFB), la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC), Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB), la région Occitanie et la région Sud.

Objectifs de ce rapport

Ce document correspond au **rapport final d'analyses du lot 5 « Radars ornithologiques à la côte » du programme MIGRALION**, et constitue le livrable L25 du cahier des clauses techniques particulières (CCTP) du programme. Il présente l'ensemble des **résultats finaux acquis par le lot 4 du programme MIGRALION**, obtenus à l'issue de quatre années du programme (2021 – 2025), incluant trois années consécutives d'acquisition des données.

Il s'intègre dans une série de quatre rapports finaux de présentation des résultats de MIGRALION (un rapport par lot d'acquisition des données ou d'analyse globale des données) :

- CHAMPAGNON, J., COURBIN N., DUFOUR P., TILLO S., DENOUAL L., GREMILLET D., JIGUET F., DURIEZ O. 2025. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : **Rapport final d'analyses du Lot 3 « Télémétrie, migrants terrestres et oiseaux marins »**. Rapport pour l'OFB. [MIGRALION : lot 3 | Eoliennes en mer](#)
- ASSALI, C., DELCOURT, V., DELELIS, N. 2025. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : **Rapport final d'analyses du Lot 4 « Campagnes en mer par bateau »**. Rapport pour l'OFB. [MIGRALION : lot 4 | Eoliennes en mer](#)
- DELCOURT, V., SCHOPPER, H., SCHMID, B., HAMON, A., ASSALI, C., DAÏDÉ, C. 2025. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : **Rapport final d'analyses du Lot 5 « Radars ornithologiques à la côte »**. Rapport pour l'OFB. [MIGRALION : lot 5 | Eoliennes en mer](#)
- CANONNE, C., QUEROUÉ, M., ROQUES, S., LAURET, V., SCHROLL, L., CAT, V., COURBIN, N., PLANQUE, Y., CHAMPAGNON, J., DURIEZ, O., BESNARD, A. 2025. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : **Rapport final du Lot 6 « Développement de méthodes permettant l'analyse des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets »**. Rapport pour l'OFB. [MIGRALION : lot 6 | Eoliennes en mer](#)

Une synthèse de l'ensemble de ces rapports finaux, regroupant les résumés (en français) et abstracts (en anglais), est également disponible :

- Collectif MIGRALION. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : **Rapport de synthèse des résultats finaux du programme et bilan du programme**. Rapport pour l'OFB. [MIGRALION | Eoliennes en mer](#)

Le programme MIGRALION est également valorisé à travers des **rapports bibliographiques** préalablement réalisés par le lot 1 « Synthèse bibliographique, recensement de données, gestion de l'accessibilité des données », et des **outils de communication des résultats finaux** produits par le lot 2 « Coordination, expertise et dissémination des résultats du programme » :

- BON, C., DE GRISSAC, S., GIRARD, T. 2021. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires. **Rapport final lot 1 : « Rapport sur l'état des connaissances de la faune volante dans le golfe du Lion ».** *Rapport pour l'OFB.* 111 PP. [MIGRALION | Synthèse bibliographique](#)
- DEYNA, C., CHAMPAGNON, J. 2021. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires. **Rapport final lot 1 : « Rapport du recensement et analyse des données non traitées et non publiées sur la faune volante migratrice en Méditerranée française ».** *Rapport pour l'OFB.* 25 PP. [MIGRALION | Rapport recensement données](#)
- PLANQUE, Y., AUDIFFREN, C., ASSALI, C., BESNARD, A., BON, C., CANONNE, C., CAT, V., CHAMPAGNON, J., CHATEAUGIRON, T., COURBIN, N., DAÏDE, C., DEFANCESCHI, C., DELELIS, N., DE GRISSAC, S., DELCOURT, V., DENOUAL, L., DRAGONNET, T., DUFOUR, P., DURIEZ, O., FRETIN, M., GAILLY, V., GREMILLET, D., HERMELOUP, C., HERROUIN, G., JEANNIN, B., JIGUET, F., LAURET, V., LECORPS, F., LIEBAULT, V., PREVOT, J., QUEROUÉ, M., REY, F., ROQUES, S., ROUSSEAU, R., SAEZ, J., SCHMID, B., SCHROLL, L., TILLO, S. 2025. **MIGRALION – A large-scale research programme on the flying fauna of the Gulf of Lion (Mediterranean Sea, France). A series of five scientific posters presenting the main results.** 8th Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), Montpellier, France. 8-12 September 2025

Ces livrables ont été remis par le consortium à l'Office Français de la Biodiversité (OFB), maître d'œuvre du programme. Ils ont été relus par l'OFB, la Direction Générale de l'Énergie et du Climat (DGEC), la Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB) et la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Occitanie, puis validés par l'OFB.

Résumé étendu – Lot 5 « Radars ornithologiques à la côte »

Introduction

Ce rapport présente les résultats finaux du Lot 5 Radars ornithologiques à la côte du programme MIGRALION.

L'objectif principal de ce lot est de caractériser et de quantifier les flux d'oiseaux migrateurs qui traversent le golfe du Lion chaque année. Cette analyse repose essentiellement sur les données radar qui fournissent de longues séries temporelles avec un dénombrement précis, complétées par des suivis parallèles permettant de décrire les cortèges d'oiseaux détectés (suivis acoustiques, suivis visuels et capture d'oiseaux).

Méthode

L'acquisition des données radar a été effectuée à partir de deux radars BirdScan MR1, spécialisés dans l'étude de la migration des oiseaux.

Ce radar détecte toutes les espèces d'oiseaux volant au-dessus du radar, entre 50 et 1500 mètres d'altitude (800 mètres pour les plus petites espèces), de jour comme de nuit.

Pour chaque cible sont enregistrées les hauteurs de vol, direction de vol, vitesse, caractéristique des échos, mais aussi la fréquence de battement d'ailes qui permet de classer les oiseaux en grandes catégories (petits et grands passereaux, oiseaux d'eau, grands oiseaux, groupes d'oiseaux, etc.).

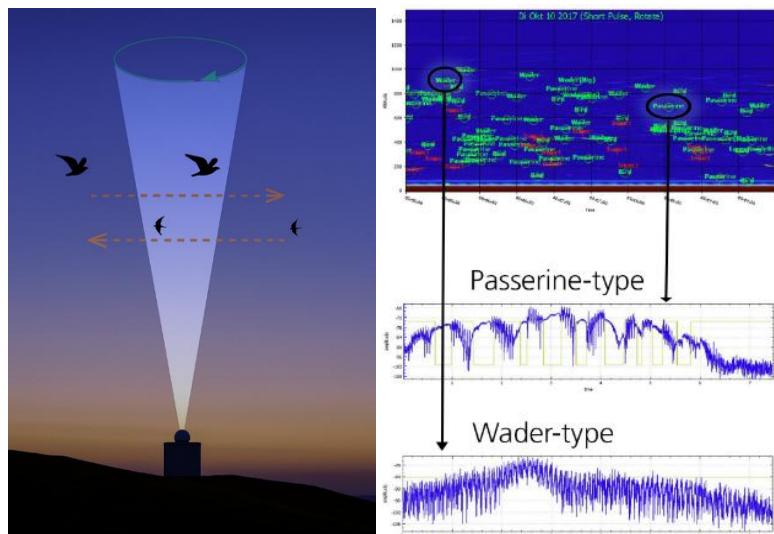


Schéma de fonctionnement (déttection et classification) du radar BirdScan MR1

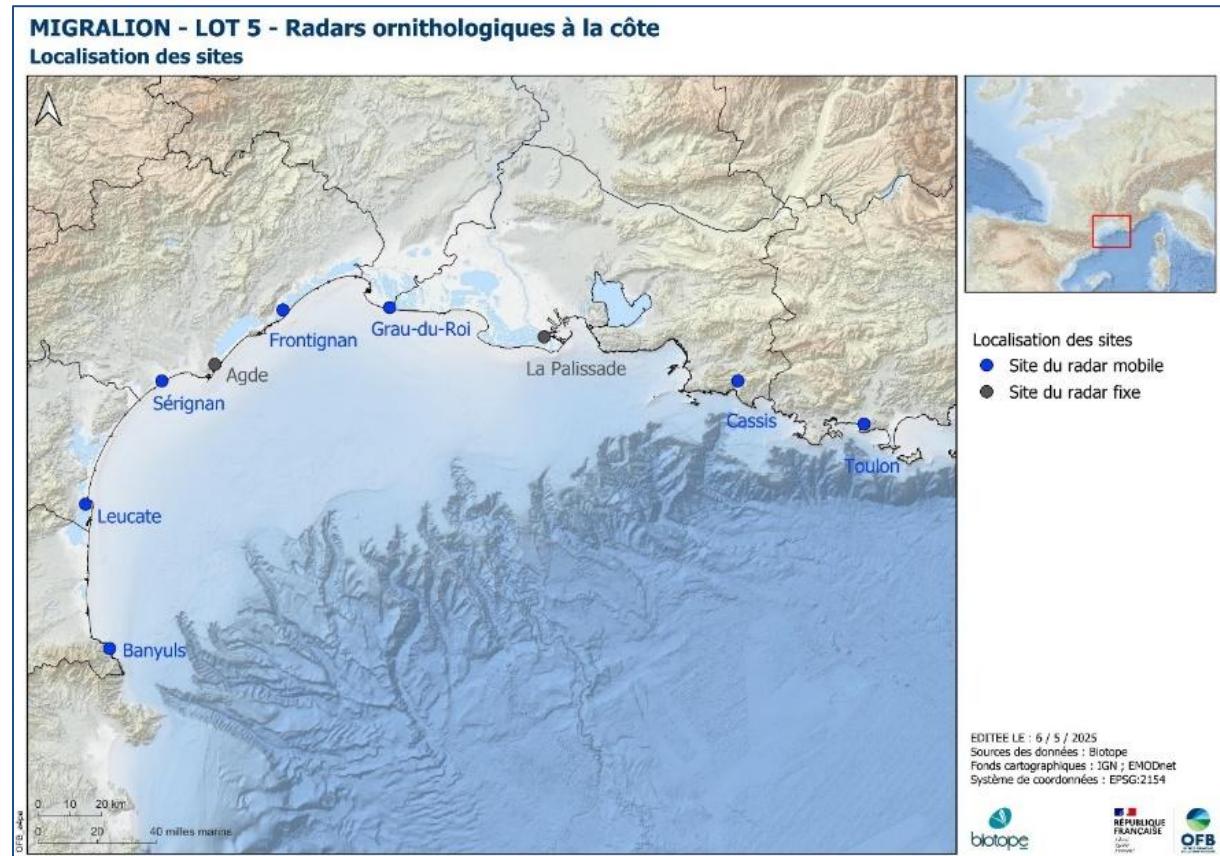
Afin d'étudier les flux migratoires au sein du golfe du Lion, le suivi a été réalisé à l'aide de deux unités radar réparties le long de la côte. En 2022 et 2023, le choix a été fait de privilégier la couverture spatiale, en suivant sept sites le long du golfe du Lion à raison de sessions de sept jours d'acquisition en continu par site, répétées deux fois par saison (deux sessions en migration prénuptiale, et deux sessions en migration postnuptiale). Ce suivi a été mené avec un radar installé dans une remorque autonome en énergie et facilement déplaçable.



Dispositifs déployés pour les suivis par radars ornithologiques à la côte. A gauche, l'unité radar mobile et à droite le radar fixe installé au domaine de la Palissade (Camargue).

En parallèle de ce suivi par unité mobile, des données ont été acquises depuis un radar fixe installé en Camargue au domaine de la Palissade, pour obtenir des données de référence sur un site et sur une longue durée. Ce radar a fonctionné en continu (7j/7, 24h/24) sur ce site en 2022, 2023 et 2024. En 2024, la remorque a été installée de manière à fonctionner en continu au sein de la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas à proximité d'Agde, pour avoir deux enregistrements longue durée à l'est et à l'ouest du golfe du Lion.

Au total, plus de 40 000 heures de données radar ont été enregistrées et analysées dans le cadre ce lot.



Sites de suivi par radar à la côte : en bleu, les stations suivies par radar mobile (2022-2023), en gris, les stations suivies par radar fixe (La Palissade 2022-2024, Agde 2024).

Compte-tenu de la localisation des radars le long de la côte, les oiseaux détectés sont principalement des oiseaux terrestres (par opposition aux oiseaux marins migrant strictement uniquement au-dessus de la mer).

En parallèle des acquisitions de données par radar, des suivis acoustiques des oiseaux migrateurs (cris nocturnes) et des chauves-souris ont été menés au niveau du radar fixe à La Palissade, ainsi qu'une campagne de baguage au printemps 2023 sur ce même site.

En 2023 et 2024, des suivis visuels de la migration et des haltes migratoires ont été réalisés sur différents points de la côte entre la frontière espagnole et Toulon, afin d'étudier les cortèges d'oiseaux migrant en mer ou le long de la côte.

Résultats

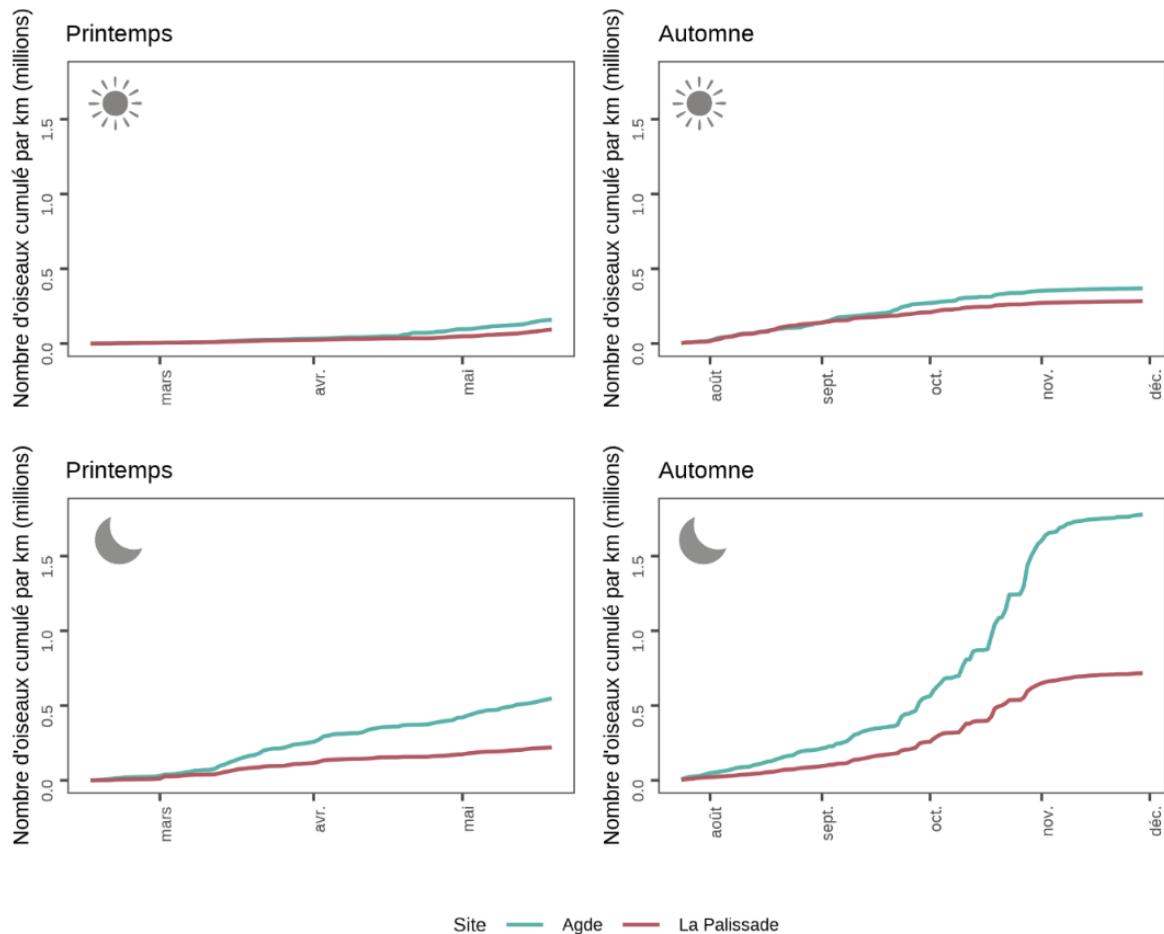
L'analyse des données radar a permis de préciser les périodes et dates moyennes de migration au niveau du golfe du Lion, notamment concernant les mouvements nocturnes. La migration de printemps s'étale ainsi en moyenne du 15 février au 20 mai, et la migration postnuptiale du 20 juillet au 30 novembre.

Les flux les plus importants sont notés en mars et avril au printemps, et entre fin septembre et début novembre pour la migration d'automne. L'intensité de la migration est variable entre les nuits d'une même période, avec des flux pouvant cumuler 140 000 oiseaux par kilomètre pour les nuits les plus importantes. Sur une heure, les flux peuvent dépasser 25 000 oiseaux par heure et par kilomètre lors des pics les plus intenses.

Au printemps, la moitié des flux migratoires se concentrent sur une vingtaine de nuits (19 à 21 nuits selon les années, sur 90 nuits correspondant à la période de migration). A l'automne, la variabilité interannuelle est plus importante, et la moitié des flux sont enregistrés sur 14 à 22 nuits (sur 130 nuits).

La comparaison des données de 2024 entre La Palissade et Agde, et entre les sites suivis par le radar mobile montre que le flux total d'oiseaux migrateurs est nettement plus important à l'ouest qu'à l'est du golfe du Lion.

Sur le site d'Agde par exemple, 1,8 millions d'oiseaux par kilomètre ont été enregistrés en migration à l'automne 2024, contre 700 000 à La Palissade.

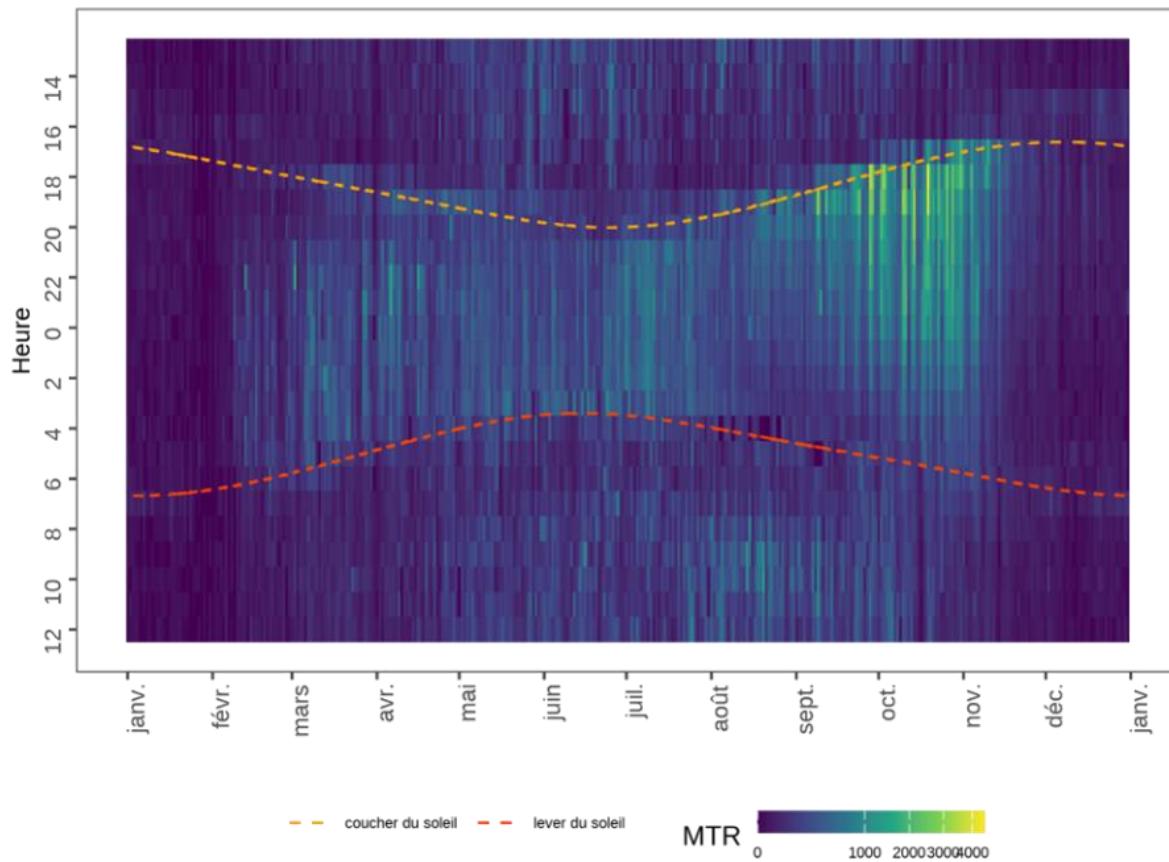


Nombre d'oiseaux cumulé (par km) par saisons (printemps à gauche, automne à droite) en 2024, comparant le site de La Palissade (rose) et celui d'Agde (bleu). Les graphiques en haut représentent les mouvements de jour, ceux d'en bas les mouvements de nuit

Au printemps, les flux nocturnes représentent 70% des flux totaux enregistrés, avec une répartition des mouvements tout au long de la nuit. Cet étalement des flux est lié au temps que mettent les oiseaux pour atteindre les côtes selon leurs zones de décollage (Afrique, Espagne, côtes languedociennes)

A l'automne, 75% des flux sont enregistrés la nuit, avec une concentration de la migration en début de nuit. A l'inverse du printemps, les oiseaux qui décident de partir en mer s'engagent dans leur migration au cours des premières heures de la nuit, et peu en milieu ou fin de nuit.

Le graphique suivant illustre l'évolution et les différences des flux au cours des jours (en colonne : 1^{er} janvier à gauche, 31 décembre à droite, chaque ligne verticale correspond à une journée) et des heures (en ligne : midi et après-midi en haut, minuit au centre, matin en bas)



Carte de chaleur montrant l'évolution horaire et journalière du nombre d'oiseaux détectés par km (en moyenne sur les 3 années) à La Palissade. Les courbes orange et rouge désignent respectivement les coucher et lever du soleil.

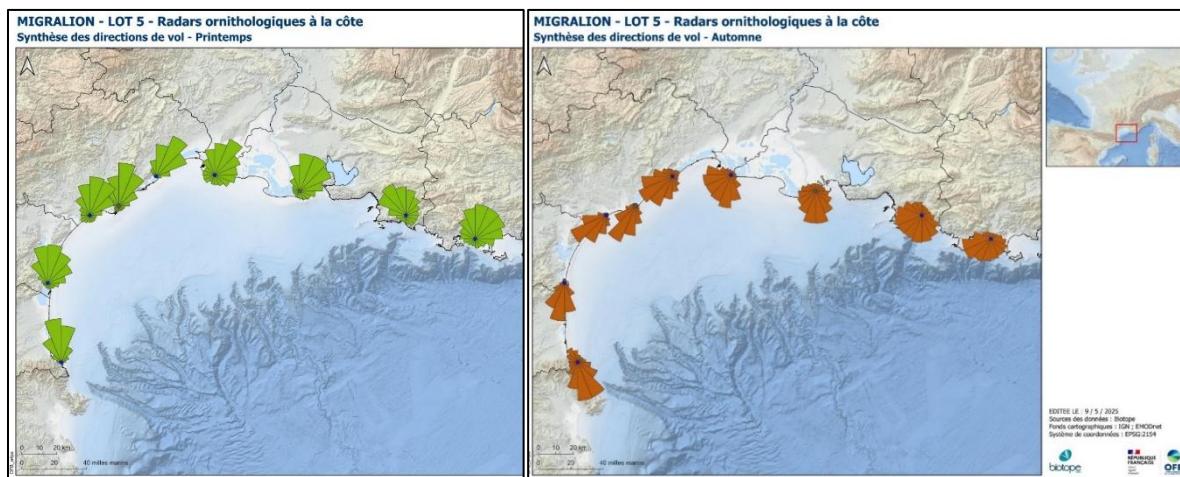
Au niveau des cortèges, les passereaux représentent plus de 80% des flux enregistrés, avec une prépondérance des grands passereaux (type grives et alouettes) en début de migration prénuptiale (février – mars) et fin de migration postnuptiale (octobre – novembre), à l'inverse des petits passereaux qui sont majoritaires en fin de migration prénuptiale (avril – mai) et début de migration postnuptiale (août – septembre).

Les oiseaux volent à toutes classes d'altitude, jusqu'à la hauteur maximale de détection (1500 mètres). Le radar détecte toutefois peu les oiseaux au-dessus de 1000 mètres d'altitude, et les mouvements à très haute altitude ne sont donc pas étudiés dans ce rapport. Il est par contre possible d'étudier précisément les flux d'oiseaux volant à basse altitude. Les analyses des altitudes de vol montrent ainsi que, au sein de la classe 50-1000m, 45% des mouvements migratoires ont lieu entre 50 et 300 mètres d'altitude au printemps, et 37% à l'automne.

Au niveau des directions de vol, celles-ci s'étalent au printemps entre le nord (oiseaux arrivant directement de la mer) et l'est (oiseaux longeant la côte) au niveau de la Camargue, avec une proportion importante d'oiseaux venant du sud-ouest, probablement en provenance des côtes catalanes ou sud languedociennes et qui ont ainsi coupé le golfe du Lion. A l'ouest (Agde), les directions sont plus marquées nord ou nord-est, avec des oiseaux arrivant ainsi de la mer ou longeant la côte, mais peu qui décident de couper le nord du golfe du Lion en direction de l'est.

A l'automne, les déplacements sont encore plus focalisés et parallèles à la côte à l'ouest (Agde), alors qu'à l'est (Camargue) les directions sont plus étalées et essentiellement en direction de la mer, du sud-ouest vers les côtes espagnoles, le sud vers l'Afrique, et le sud-est vers la Sardaigne.

L'analyse des directions de vol issues des données du radar mobiles de 2022 et 2023 confirme cette différence, avec des mouvements préférentiellement parallèles à la côte pour les sites situés à l'ouest du golfe du Lion (Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault), et des directions plus orientées en mer pour les sites à l'est (Gard, Bouches du Rhône, Var).



Synthèse des directions de vol (printemps à gauche, automne à droite)

La répartition des directions de vol change aussi au cours de la nuit, avec des flux principalement orientés vers le nord-est au printemps en début de nuit à la Palissade, issus d'oiseaux ayant coupé le golfe du Lion depuis les côtes languedociennes ou espagnoles. Cette direction change progressivement pour s'orienter vers le nord en milieu et fin de nuit, avec des oiseaux qui arrivent directement de la Méditerranée et probablement d'Afrique. Cette tendance est aussi visible mais beaucoup moins marquée au niveau d'Agde. A l'automne, la situation inverse est observée à La Palissade : en début de nuit les oiseaux partent directement au sud en mer, puis s'orientent progressivement vers le sud-ouest ou l'ouest avec l'avancement de la nuit.

Enfin, la dernière partie des analyses s'est concentrée sur la modélisation du nombre d'oiseaux traversant le golfe du Lion chaque année, pour la migration de printemps et la migration d'automne. Un modèle statistique permettant de quantifier les flux sur l'ensemble du golfe a été utilisé, intégrant toutes les données enregistrées au cours des 3 années de suivi.

Les résultats indiquent que le flux total d'oiseaux migrateurs traversant chaque année le golfe du Lion, à moins de 1000 mètres d'altitude, est estimé entre 45 et 90 millions d'oiseaux au printemps, et entre 140 et 210 millions d'oiseaux à l'automne.

Extended abstract – WP5 “Coastal bird radar”

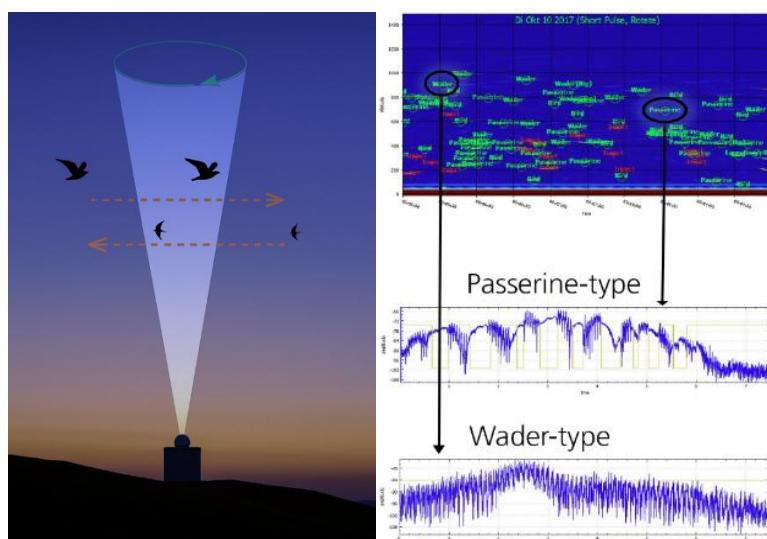
Introduction

This report presents the **final results of Work Package 5 “Bird Radars on the coast” of MIGRALION project**. The main objective of this work package is to characterise and quantify the flows of migratory birds crossing the Gulf of Lion each year. This analysis is essentially based on radar data, which provides long time series with accurate counts, complemented by additional monitoring methods that help describe the types of birds detected (acoustic monitoring, visual monitoring and bird capture).

Method

Radar data were collected using two BirdScan MR1 radars, which are specifically designed to study bird migration. These radars detect all bird species flying overhead at altitudes between 50 and 1,500 metres (up to 800 metres for the smallest species), both during the day and at night.

Each detection includes information such as flight altitude, direction, speed, echo characteristics, and wingbeat frequency. This data is used to classify birds into broad categories (e.g. small and large passerines, waterbirds, large birds, flocks, etc.).



BirdScan MR1 radar operating diagram (detection and classification)

To study migratory flows within the Gulf of Lion, monitoring was conducted using two radar units positioned along the coastline. In 2022 and 2023, the decision was made to prioritise spatial coverage by monitoring seven sites across the Gulf, with each site undergoing seven consecutive days of data acquisition, repeated twice per season (two sessions during spring migration and two during fall migration). This monitoring was carried out using a radar system installed in a self-sufficient and easily transportable trailer.

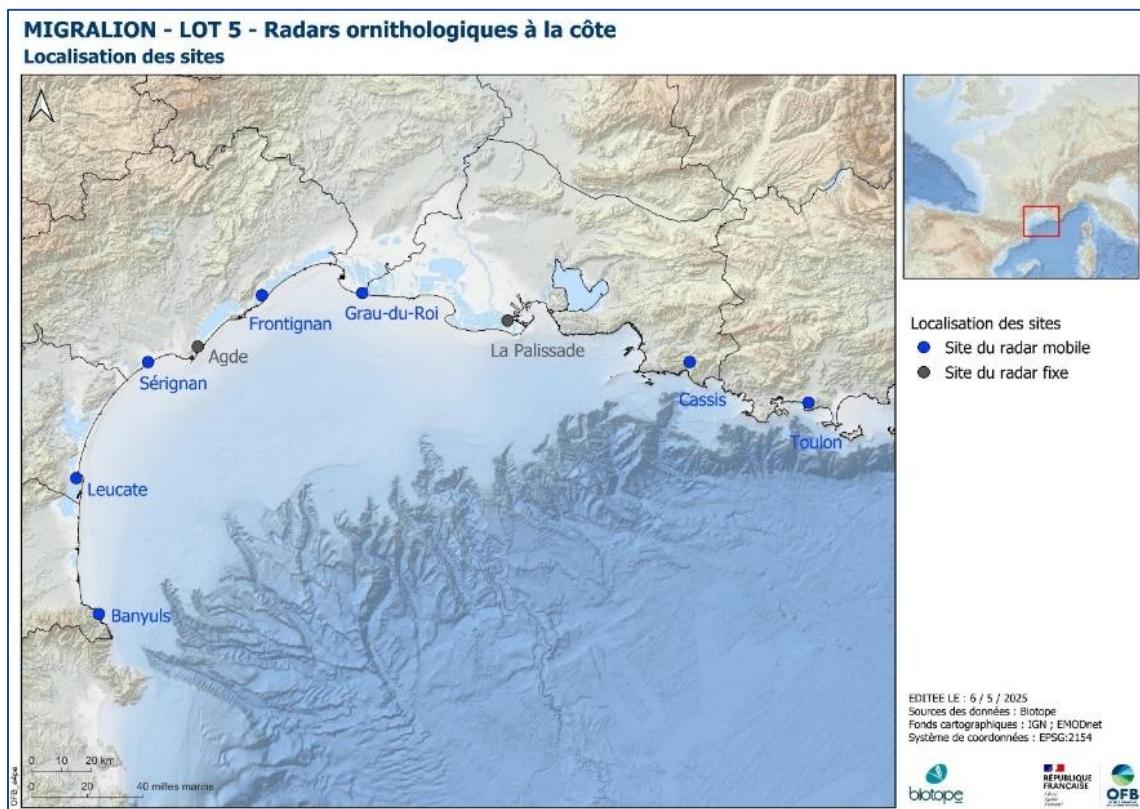


Equipment deployed for bird radar tracking on the coast. On the left, the mobile radar unit and on the right, the stationary radar installed at the Domaine de la Palissade (Camargue).

In addition to the mobile unit monitoring, data were also collected from a stationary radar installed in the Camargue, at the Domaine de la Palissade, providing long-term reference data at a single location. This radar operated continuously (24/7) at the site throughout 2022, 2023, and 2024.

In 2024, the mobile trailer was relocated to the Bagnas National Nature Reserve near Agde, where it also operated continuously, in order to obtain two long-term data series—one to the east and one to the west of the Gulf of Lion.

In total, more than 40,000 hours of radar data were recorded and analysed as part of this batch.



Coastal radar tracking sites: in blue, stations tracked by mobile radar (2022–2023); in grey, stations tracked by stationary radar (La Palissade 2022–2024, Agde 2024).

Given the location of the radars along the coastline, the birds detected were predominantly landbirds, as opposed to seabirds, which migrate strictly over the open sea.

In parallel with radar data acquisition, acoustic monitoring of nocturnal bird calls and bat activity was conducted at the fixed radar station in La Palissade. Additionally, a bird ringing campaign was carried out at the same site during spring 2023.

In 2023 and 2024, visual monitoring of migration and stopover activity was also conducted at several locations along the coast, between the Spanish border and Toulon, to study bird groups migrating over the sea or along the shoreline.

Results

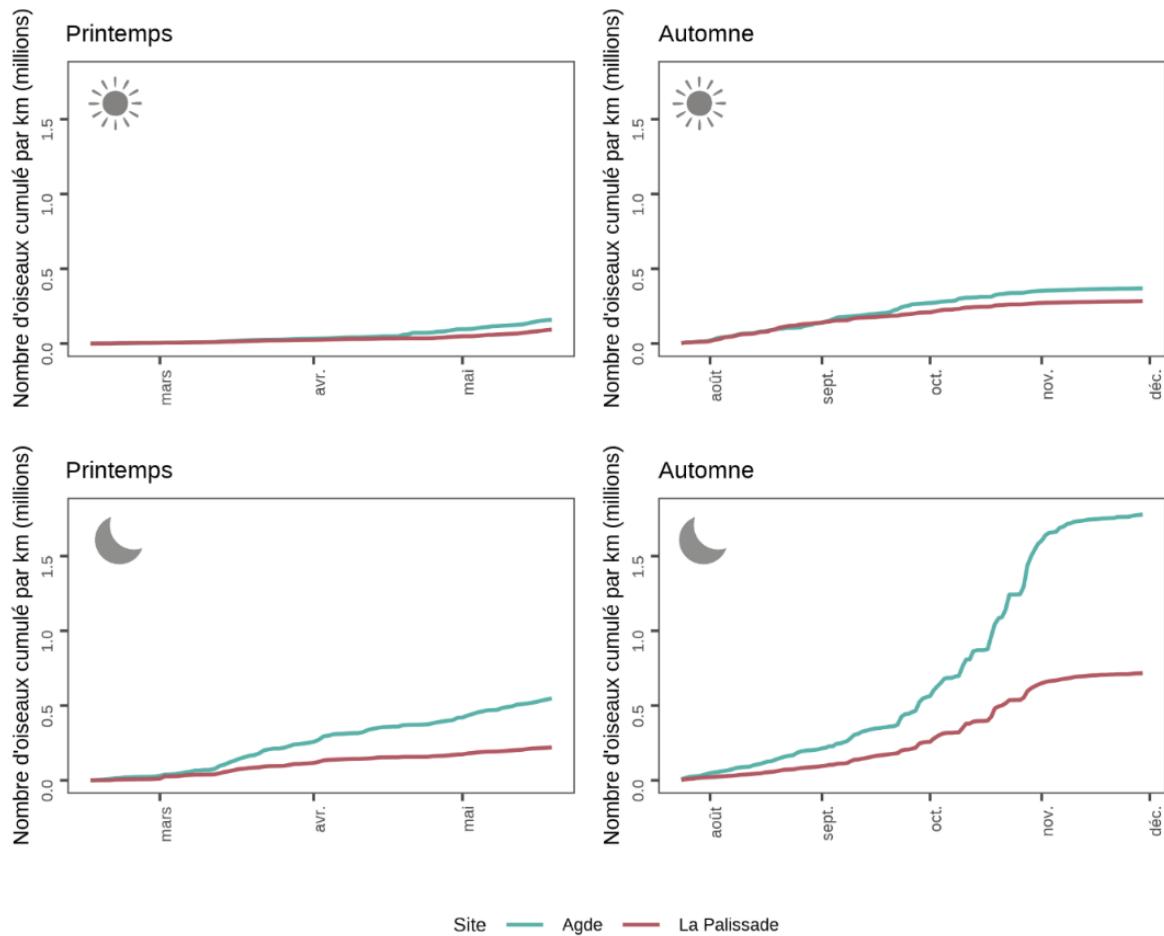
The analysis of radar data provided precise insights into the average migration periods and timing in the Gulf of Lion, particularly regarding nocturnal movements. On average, spring migration occurs between 15 February and 20 May, while fall (autumn) migration extends from 20 July to 30 November.

The highest migratory flows are observed in spring during March and April, and in autumn between late September and early November. Migration intensity varies greatly from night to night within the same season, with peak flows reaching up to 140,000 birds per kilometre on the most active nights. During the most intense one-hour intervals, flows can exceed 25,000 birds per hour per kilometre.

In spring, approximately half of the total migratory flow is concentrated over a period of around 20 nights (ranging from 19 to 21 nights depending on the year, out of a total of 90 migration nights). In autumn, interannual variability is higher, with half of the flow recorded over 14 to 22 nights (out of 130 possible nights).

A comparison of data collected in 2024 between La Palissade and Agde, as well as among the sites monitored by the mobile radar, shows that total migratory flow is significantly higher in the western part of the Gulf of Lion than in the eastern part.

For example, at the Agde station, 1.8 million birds per kilometre were recorded during autumn 2024, compared to 700,000 at La Palissade.

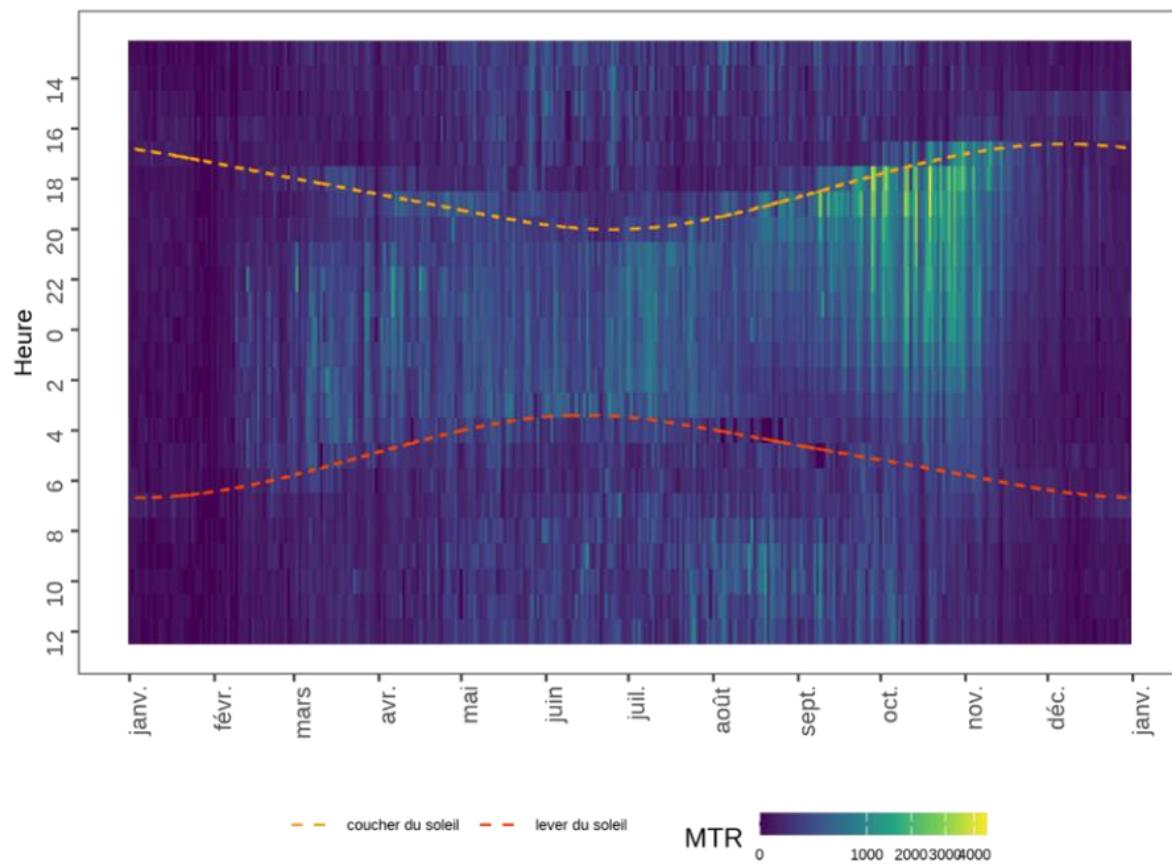


Cumulative number of birds (per kilometre) by season (spring on the left, autumn on the right) in 2024, comparing the La Palissade site (pink) and the Agde site (blue). The upper graphs represent daytime movements, while the lower graphs represent night-time movements.

In spring, nocturnal migration accounts for approximately 70% of the total recorded flow, with movements distributed fairly evenly throughout the night. This temporal distribution is linked to the varying distances birds travel before reaching the coast, depending on their take-off locations (e.g., Africa, Spain, or the Languedoc coast).

In autumn, 75% of the migratory flow also occurs at night, but is more concentrated during the early hours of the night. Unlike in spring, birds choosing to cross the sea tend to begin their migration shortly after sunset, with relatively few departures occurring in the middle or later parts of the night.

The following graph illustrates the evolution and differences in flows over the course of the day (columns: 1 January on the left, 31 December on the right, each vertical line corresponds to one day) and over the course of the night (rows: midday and afternoon at the top, midnight in the centre, morning at the bottom).



Heat map showing hourly and daily fluctuations in numbers of birds detected per kilometre (average over the three years) at La Palissade. The orange and red curves indicate sunset and sunrise, respectively.

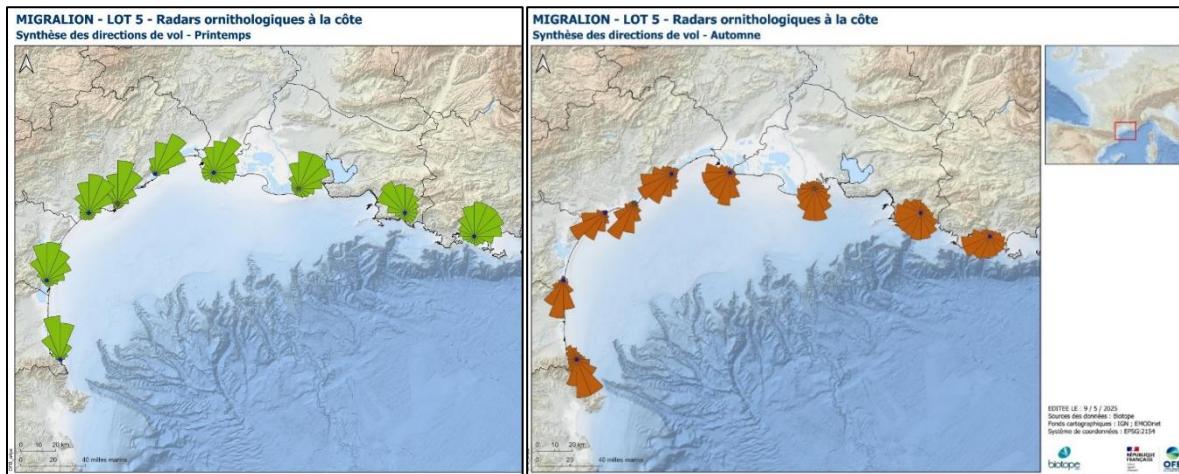
Passerines account for more than 80% of the recorded migratory flows, with a predominance of large passerines (such as thrushes and larks) at the start of the pre-nuptial migration (February–March) and at the end of the post-nuptial migration (October–November). In contrast, small passerines predominate at the end of the spring migration (April–May) and the beginning of the post-nuptial migration (August–September).

Birds fly at various altitudes up to the maximum radar detection height of 1,500 metres. However, few birds are detected above 1,000 metres, and therefore movements at very high altitudes are not addressed in this report. Conversely, the radar provides precise data on low-altitude flights. Analysis shows that, within the 50–1,000 metre range, 45% of migratory movements occur between 50 and 300 metres in spring, and 37% in autumn.

Regarding flight directions, in spring at the Camargue site, movements spread between north (birds arriving directly from the sea) and east (birds flying along the coast), with a significant proportion coming from the southwest—likely originating from the Catalan or southern Languedoc coasts—thus crossing the Gulf of Lion. In the west (Agde), flight directions are more sharply oriented north or northeast, with birds arriving either from the sea or flying along the coast; few birds cross the northern Gulf of Lion towards the east.

In autumn, movements in the west (Agde) are even more concentrated and parallel to the coast, while in the east (Camargue), they are more dispersed and mainly directed towards the sea—from the southwest towards the Spanish coast, south towards Africa, and southeast towards Sardinia.

Analysis of flight directions based on mobile radar data from 2022 and 2023 confirms these patterns, with movements preferentially parallel to the coast at sites west of the Gulf of Lion (Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault), and more seaward-oriented directions at sites to the east (Gard, Bouches-du-Rhône, Var).



Synthesis of flight directions (spring on the left, autumn on the right)

The distribution of flight directions also varies throughout the night. In spring, migratory flows at La Palissade primarily head northeast at the beginning of the night, originating from birds that have crossed the Gulf of Lion from the Languedoc or Spanish coasts. This direction gradually shifts northwards during the middle and late night, with birds arriving directly from the Mediterranean and likely from Africa. A similar pattern is observed at Agde, though it is much less pronounced.

In autumn, the opposite trend is observed at La Palissade: birds fly directly south over the sea at the beginning of the night, then gradually turn southwest or west as the night progresses.

The final part of the analysis focused on modelling the annual number of birds crossing the Gulf of Lion during spring and autumn migrations. A statistical model was applied to quantify flows across the entire gulf, using all data recorded during the three years of monitoring.

The results estimate that the total number of migratory birds crossing the Gulf of Lion each year at altitudes below 1,000 metres ranges from 45 to 90 million in spring and from 140 to 210 million in autumn.

Table des matières

Contexte et objectifs du programme MIGRALION	4
Objectifs de ce rapport.....	7
Résumé étendu – Lot 5 « Radars ornithologiques à la côte ».....	9
Extended abstract – WP5 “Coastal bird radar”	15
Table des matières	21
Table des figures.....	23
Table des tableaux.....	27
1. Objectifs du lot	29
1.1 Objectifs généraux du lot 5	29
1.2 Consortium du lot 5.....	29
1.2.1 Suivi radar	29
1.2.2 Suivis acoustiques	30
1.2.3 Suivis visuels.....	30
1.2.4 Baguage.....	31
2. Méthodologie et protocoles	32
2.1 Espèces visées	32
2.1.1 Suivi radar	32
2.1.2 Suivis acoustiques	32
2.1.3 Suivis visuels.....	32
2.1.4 Baguage.....	32
2.2 Technologies employées	32
2.2.1 Suivi radar	32
2.2.2 Suivis acoustiques	34
2.2.3 Suivis visuels.....	35
2.2.4 Baguage.....	36
2.3 Plan d'échantillonnage	36
2.3.1 Suivi radar	36
2.3.2 Suivis acoustiques	39
2.3.3 Suivis visuels.....	39
2.3.4 Baguage.....	40
2.4 Méthodes de traitements et d'analyse des données	41
2.4.1 Suivi radar	41
2.4.2 Suivis acoustiques	43
2.4.3 Suivis visuels.....	45
2.4.4 Baguage.....	45
3. Description des campagnes et bilan des données acquises.....	46
3.1.1 Suivi radar	46
3.1.2 Suivis acoustiques	46
3.1.3 Suivis visuels.....	46
3.1.4 Baguage.....	46
4. Résultats et discussions	47
4.1 Résultats des suivis par radar	47

4.1.1	Introduction	47
4.1.2	Description générale des mouvements enregistrés	50
4.1.3	Détail des oiseaux en migration	55
4.1.4	Comportement des oiseaux traversant la mer	82
4.1.5	Etude des flux à basse altitude vers/depuis les zones propices à l'éolien	86
4.1.6	Effet des conditions météorologiques sur la migration	91
4.1.7	Quantification du nombre d'oiseaux migrants traversant le golfe du Lion	95
4.1.8	Estimation des flux totaux d'oiseaux en mer	96
4.2	Résultats des suivis acoustiques.....	98
4.2.1	Oiseaux.....	98
4.2.2	Chauves-souris	101
4.3	Résultats des suivis visuels	106
4.3.1	Suivis à la côte	106
4.3.2	Suivis à proximité du radar	107
4.4	Synthèse des données visuelles et acoustiques oiseaux	108
4.5	Résultats de la campagne de baguage	112
5.	Bilan du lot 5 et perspectives.....	114
6.	Références bibliographiques.....	116
7.	Remerciements du lot 5.....	117
8.	Valorisation des résultats du lot 5.....	118
9.	Remerciements généraux	120
10.	Annexes.....	121

Table des figures

Figure 1 : Schéma de fonctionnement (détection et classification) du radar BirdScan MR1	33
Figure 2 : Dispositif acoustique oiseaux avec la parabole (à gauche) et le coffret contenant l'enregistreur (au centre)	34
Figure 3 : Dispositifs déployés pour les suivis par radars ornithologiques à la côte. En haut, le radar fixe installé au domaine de la Palissade (Camargue), au milieu, l'unité radar mobile dans sa configuration autonome pour les années 2022 et 2023, et en bas la remorque modifiée pour acquérir les données en continu sur le site du Bagnas (Agde).	37
Figure 4 : Sites de suivi par radar à la côte : en bleu, les stations suivies par radar mobile (2022-2023), en gris, les stations suivies par radar fixe (La Palissade 2022-2024, Agde 2024).	38
Figure 5 : Emplacement des filets de baguage sur le site de La Palissade	41
Figure 6 : Exemples de sonogrammes - de haut en bas et de gauche à droite : Gros-bec casse-noyaux, Héron pourpré, Grive mauvis, Petit-gravelot	44
Figure 7 : Illustration du processus d'analyse des enregistrements ultrasonores	45
Figure 8 : zone définie pour les oiseaux en migration en mer.....	48
Figure 9 : Zone définie pour l'étude des oiseaux en migration à basse altitude vers/depuis les zones propices à l'éolien en mer.....	49
Figure 10 : Structuration des analyses et des chapitres de résultats	50
Figure 11 : Diagramme circulaire de la proportion moyenne d'oiseaux et d'insectes sur les sites d'Agde et de la Palissade.....	51
Figure 12 : Phénologie annuelle des mouvements d'insectes calculée sur les flux moyens hebdomadaires, sur le site de La Palissade (Camargue) en haut, et Agde en bas. Les courbes de gauche (jaune) représentent les mouvements de jour, les courbes de droite (bleu) les mouvements de nuit. L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle ± l'écart-type.....	51
Figure 13 : Phénologie horaire des mouvements d'insectes par mois sur les sites de La Palissade (2022, 2023 et 2024) et Agde (2024). L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle ± l'écart-type.	52
Figure 14 : Altitudes de vol en mètres des insectes détectés par radar au printemps (vert) et en automne (orange) sur le site d'Agde (gauche) et La Palissade (droite)	53
Figure 15 : Proportions d'insectes (en gris) et d'oiseaux (en rose) détectés par mois.....	53
Figure-16 : Phénologie annuelle des mouvements d'oiseaux calculée sur des flux moyens hebdomadaires, sur le site de La Palissade (Camargue) en haut, et Agde en bas. Les courbes de gauche (jaune) représentent les mouvements de jour, les courbes de droite (bleu) les mouvements de nuit. L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle ± l'écart-type.....	54
Figure 17 : Représentation du premier filtre de sélection des oiseaux en migration	55
Figure 18 : Proportion de flux dans le sens attendu de migration et de déplacements locaux	56
Figure 19 : Nombre journalier d'oiseaux par million et par km, de nuit, détaillé par classe d'oiseau, par site et par année.	57
Figure 20 : Courbes annuelles lissées du MTR moyen nocturne rapporté aux proportions de vols directionnels (vert) et non-directionnels (orangé) calculés par test de Rayleigh (Agde).	58
Figure 21 : Phénologie annuelle des mouvements migratoires d'oiseaux calculés sur les flux moyens hebdomadaires, comparant le site de La Palissade (rose) et celui d'Agde (bleu). Le graphique du haut représente les mouvements de jour, celui d'en bas les mouvements de nuit. L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle ± l'écart-type.	59
Figure 22 : Nombre d'oiseaux cumulé (par km) par saisons (printemps à gauche, automne à droite) à La Palissade, comparant les 3 années. Les graphiques en haut représentent les mouvements de jour, ceux d'en bas	

<i>les mouvements de nuit</i>	60
Figure 23 : Nombre d'oiseaux cumulé (par km) par saisons (printemps à gauche, automne à droite) en 2024, comparant le site de La Palissade (rose) et celui d'Agde (bleu). Les graphiques en haut représentent les mouvements de jour, ceux d'en bas les mouvements de nuit.....	61
Figure 24 : MTR moyen selon les sites du radar mobile et les sessions (printemps en vert, automne en orange). Les sessions ayant eu lieu durant le printemps sont en vert, celles pendant l'automne en orange. Les valeurs sont moyennées sur les 2 années (2022 et 2023).	62
Figure 25 : Proportion de migration selon le nombre de nuits pour La Palissade. Le chiffre encadré gris correspond, pour chaque année, au nombre de nuits concentrant 50% des flux enregistrés.	63
Figure 26 : Proportion de migration selon le nombre de nuits à Agde. Le chiffre encadré gris correspond au nombre de nuits concentrant 50% des flux enregistrés.....	63
Figure 27 : Carte de chaleur montrant l'évolution horaire et journalière du nombre d'oiseaux détectés par km (en moyenne sur les 3 années) à La Palissade. Les courbes orange et rouge désignent respectivement les coucher et lever du soleil.	64
Figure 28 : Phénologie horaire mensuelle des oiseaux migrateurs, calculée à partir des MTR moyens sur les sites de La Palissade et Agde.....	65
Figure 29 : Proportions des flux de migration de jour et de nuit (La Palissade 2022, 2023 et 2024, Agde 2024). 66	
Figure 30 : Répartition horaire des flux par mois en 2024 à Agde et à La Palissade. Les couleurs du violet au jaune correspondent à l'intensité migratoire (nombre d'oiseaux.km ⁻¹), le fond gris à la période de nuit.....	67
Figure 31 : Répartition horaire des flux par site du radar mobile et par session. La boîte correspond aux 50% des flux migratoires, la barre à la médiane et les points aux valeurs extrêmes.	68
Figure 32 : Répartition des classes d'oiseaux selon la saison, basée sur les données de La Palissade (3 années) et d'Agde.....	69
Figure 33 : Répartition mensuelle des classes d'oiseaux, de jour (haut) et de nuit (bas) calculée sur les données de La Palissade (3 années) et d'Agde.....	70
Figure 34 : Répartition horaire des classes d'oiseaux selon le mois, calculée sur les données de La Palissade (3 années) et d'Agde.	71
Figure 35 : Distribution des hauteurs de vol calculée à l'aide du MTR moyen par altitude et par saison, à La Palissade et Agde.	72
Figure 36 : Distribution mensuelle des hauteurs de vol, en comparant l'ouest (Agde, en bas) et l'est (La Palissade, en haut) du golfe du Lion. La couleur correspond à l'intensité migratoire (nombre d'oiseaux /km).	73
Figure 37 : Cartes de chaleur présentant le MTR moyen selon l'heure et la hauteur de vol, au printemps (La Palissade et Agde).	74
Figure 38 : Cartes de chaleur présentant le MTR moyen selon l'heure et la hauteur de vol, à l'automne (La Palissade et Agde).	75
Figure 39 : Répartition des directions de vol par mois à l'est (La Palissade), 3 années confondues.	76
Figure 40 : Répartition des directions de vol par mois à l'ouest (Agde).	76
Figure 41 : Synthèse des directions de vol – Printemps.....	77
Figure 42 : Synthèse des directions de vol - Automne	77
Figure 43 : Directions de vol moyennes journalières de nuit au printemps à La Palissade (en haut) et à Agde (en bas). La taille des points est proportionnelle à l'intensité du flux, et la couleur indique si les directions sont focalisées (jaune) ou dispersées (violet).	78
Figure 44 : Directions de vol moyennes journalières de nuit à l'automne à La Palissade (en haut) et à Agde (en bas). La taille des points est proportionnelle à l'intensité du flux, et la couleur indique si les directions sont focalisées (jaune) ou dispersées (violet).	79
Figure 45 : Directions de vol par heure pour les sites d'Agde (gauche) et La Palissade (droite) pour le mois de	

<i>mars</i>	80
Figure 46 : Directions de vol par heure pour les sites d'Agde (gauche) et La Palissade (droite) pour le mois d'octobre	81
Figure 47 : Zone définie pour les oiseaux migrant en mer	82
Figure 48 : Phénologie annuelle des flux d'oiseaux calculés sur les flux moyens hebdomadaires, comparant oiseaux traversant la mer (bleu) et de ceux longeant la côte (marron). Le graphique du haut représente les mouvements de jour, celui d'en bas les mouvements de nuit. L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle ± l'écart-type.	83
Figure 49 : Proportions d'oiseaux traversant la mer ou longeant la côte. Pourcentages calculés à partir des directions des échos et appliqués aux MTR, pour chaque site, au printemps (haut) et à l'automne (bas) et de nuit.	84
Figure 50 : Comparaison de la phénologie horaire des oiseaux traversant la mer et de ceux longeant la côte. La ligne correspond au MTR moyen sur les sites La Palissade (haut) et Agde (bas) et l'enveloppe correspond à cette moyenne ± l'écart-type pour La Palissade.	85
Figure 51 : Comparaison des hauteurs de vol moyennes mensuelles entre les oiseaux traversant la mer et ceux longeant la côte, par site. La ligne correspond au MTR moyen et l'enveloppe correspond à cette moyenne ± l'écart-type.	86
Figure 52 : Zones propices au développement de l'éolien en mer.....	87
Figure 53 : Délimitation des zones pour les oiseaux migrant en mer (bleu) et au niveau des zones propices à l'éolien (rose).....	88
Figure 54 : Phénologies annuelles de l'ensemble des oiseaux en migration (beige), oiseaux migrant en mer (bleu) et oiseaux à basse altitude en direction des zones propices à l'éolien (rouge) pour chaque site fixe (Agde à gauche et La Palissade à droite), de jour (haut) et de nuit (bas).....	89
Figure 55 : Phénologies horaires par mois de l'ensemble des oiseaux en migratoirn (beige), oiseaux migrant en mer (bleu) et oiseaux à basse altitude en direction des zones propices à l'éolien (rouge) pour les sites d'Agde et La Palissade. Le MTR correspond au MTR moyen hebdomadaire calculé sur 2022, 2023 et 2024 pour La Palissade et 2024 pour Agde.	90
Figure 56 : Répartition des classes d'oiseaux lors des flux migratoires vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude enregistrés, selon la saison, calculée sur les données de La Palissade (3 années) et d'Agde.	91
Figure 57 : Effet des variables météorologiques locales à La Palissade sur le flux d'oiseaux total et vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude. Les MTR correspondent aux moyennes par classe de chaque variable et l'enveloppe correspond à cette moyenne ± l'écart-type. Les histogrammes correspondent à la distribution des fréquences observées pour les variables météorologiques.	92
Figure 58 : Contributions des variables explicatives à partir des valeurs absolues de Shapley estimées par le modèle. Les barres d'erreur correspondent à l'erreur standard de la moyenne.....	93
Figure 59 : Impact relatif de chaque variable explicative sur la valeur des anomalies des MTR à travers les valeurs de Shapley estimées à partir du modèle. Le point noir correspond à la moyenne, le trait à la médiane, et les bornes à 25% et 75%.	94
Figure 60 : Synthèse des flux estimés, au printemps.....	97
Figure 61 : Synthèse des flux estimés, à l'automne.....	97
Figure 62 : Nombre de cris par groupe d'espèces et par année	99
Figure 63 : Nombre de cris des espèces de petits passereaux les plus abondants	99
Figure 64 : Nombre de cris des espèces de limicoles les plus abondantes (2023/2024)	100
Figure 65 : Phénologie annuelle de l'activité des Pipistrelles pygmée et commune	101
Figure 66 : Phénologie annuelle de l'activité des Pipistrelles de Nathusius et de Kuhl	102
Figure 67 : Phénologie annuelle de l'activité de la Sérotine commune.....	103

Figure 68 : Phénologie annuelle de l'activité de la Noctule de Leisler.....	103
Figure 69 : Phénologie annuelle de l'activité de la Minioptère de Schreibers	104
Figure 70 : Phénologie annuelle de l'activité du Molosse de Cestoni.....	104
Figure 71 : Phénologie horaire des oiseaux migrants par classe pour le suivi visuel à la côte	106
Figure 72 : Phénologie annuelle des oiseaux migrants par classe pour le suivi visuel à la côte	107

Table des tableaux

Tableau 1 : Spécifications techniques des radars utilisés (source : Swiss Birdradar solution)	33
Tableau 2 : Paramétrages du SM4BAT	35
Tableau 3 : Dates des suivis radar à la côte	38
Tableau 4 : Localisation des suivis visuels à la côte.....	39
Tableau 5 : Synthèse des dates de suivi visuel sur les sites du radar mobile.....	40
Tableau 6 : Synthèse des dates de suivi visuel depuis la plage de Piémanson (La Palissade).	40
Tableau 7 : Synthèse des dates de baguage et de contrôle à la Palissade	41
Tableau 8 : Dates analysées - suivi acoustique oiseaux	43
Tableau 9 : Cumul d'heures enregistrées par les unités fixes et mobiles	46
Tableau 10 : Correspondance entre heure en UTC et heure légale	47
Tableau 11 : Définition des périodes de migration	58
Tableau 12 : Nombre de nuits cumulant 50% et 90% des flux en migration.....	63
Tableau 13 : Proportions de flux nocturnes par saison et par année sur les sites de La Palissade et Agde	66
Tableau 14 : Flux totaux estimés.....	96
Tableau 15 : Résultats par groupes d'espèces (printemps - automne 2023).....	98
Tableau 16 : Résultats par groupes d'espèces (printemps - automne 2024).....	98
Tableau 17 : Liste des espèces de chiroptères identifiées sur le site de La Palissade en 2022 et 2023 avec leur statut, classées par ordre décroissant d'abondance	101
Tableau 18 : Somme des individus observés à la côte par suivi visuel, par classe	107
Tableau 19 : Synthèse des observations visuelles et détections acoustiques.....	108
Tableau 20 : Liste des espèces baguées (en gris : les espèces transsahariennes)	113



Lot-5 Radars ornithologiques à la côte

Livrable L31 : rapport final d'analyse des données



Crédits photos : Vincent Delcourt

Auteurs

DELCOURT Vincent¹, SCHOPPER Hélène¹, SCHMID Baptiste², HAMON Alexandre¹, ASSALI Camille¹, DAÏDÉ Cyprien¹

¹ Biotope, Mèze, France

² Station Ornithologique Suisse, Sempach, Suisse

Partenaires scientifiques et techniques du lot 5



VOGELWARTE.CH



swiss-birdradar.com



1. Objectifs du lot

1.1 Objectifs généraux du lot 5

Les objectifs généraux du lot 5 sont de caractériser et de quantifier les flux d'oiseaux migrateurs qui traversent le golfe du Lion. Cette analyse repose essentiellement sur les données radar qui fournissent de longues séries temporelles avec un dénombrement précis, complétée par des suivis parallèles permettant de décrire les cortèges d'oiseaux détectés (suivis acoustiques, suivis visuels et capture d'oiseaux).

1.2 Consortium du lot 5

Sept structures regroupant 25 personnes ont participé activement à la réalisation de ce lot 5. La coordination, la définition des méthodes d'acquisition et d'analyse des données, l'acquisition de données radar et acoustiques et la rédaction du rapport ont été assurées par Biotope. La Station Ornithologique Suisse a apporté son expertise dans le suivi radar, les LPO PACA, Occitanie et Aude Nature ont réalisé les suivis visuels, et la Tour du Valat a effectué la campagne de baguage.

1.2.1 Suivi radar



Biotope a assuré l'acquisition, l'analyse et l'interprétation des données radar.

Intervenant	Rôle
Vincent DELCOURT	Coordination, acquisition des données, analyses, rédaction du rapport
Hélène SCHOPPER	Analyses
Cyprien DAIDE	Acquisition des données, analyses
Alexandre HAMON	Acquisition des données
Camille ASSALI	Acquisition des données, analyses
Manon DAVID, Alban JOUET, Rémi PARRIEUS	Analyses



VOGELWARTE.CH Station Ornithologique Suisse (Vogelwarte)

La Station Ornithologique Suisse a apporté son expérience dans l'acquisition et l'analyse des données par radar BirdScan MR1.

Intervenant	Rôle
Baptiste SCHMID	Acquisition des données, analyses



L'acquisition des données a été réalisée en lien étroit avec le fournisseur des radars pour s'assurer de la qualité et comparabilité des données.

1.2.2 Suivis acoustiques



Les suivis acoustiques ont été réalisés par Biotope.

Intervenant	Rôle
Vincent DELCOURT	Acquisition des données, rédaction du rapport
Alexandre HAMON	Acquisition des données, analyse des données oiseaux, rédaction du rapport
Cyprien DAÏDÉ	Acquisition des données, analyse des données chauves-souris
Myriam MOUNAÏM	Analyse des données chauves-souris, rédaction du rapport
Fintan MILLET LE TARNEC	Analyse des données oiseaux

1.2.3 Suivis visuels

Les suivis visuels ont été réalisés par la LPO PACA, la LPO OCCITANIE (délégations Hérault, Aude, Pyrénées-Orientales) et Aude Nature.



LPO Provence-Alpes-Côte d'Azur

Intervenant	Rôle	Site de suivi
Aurélie TORRES	Suivi visuel	Cassis, La Palissade
Benjamin SALVARELLI	Suivi visuel	La Palissade
Ryan BOSWARTHICK	Suivi visuel	La Palissade
Aurélien AUDEVARD	Suivi visuel	Salins d'Hyères



LPO Occitanie – Délégation Aude

Intervenant	Rôle	Site de suivi
Mathieu BOURGEOIS	Suivi visuel	Banyuls



LPO Occitanie – Délégation Pyrénées-Orientales

Intervenant	Rôle	Site de suivi
Alice GOOSENS	Suivi visuel	Banyuls



LPO Occitanie – Délégation de l'Hérault

Intervenant	Rôle	Site de suivi
Thomas MARCHAL	Suivi visuel	Frontignan, Grau-du-Roi
Pablo MAURIN	Suivi visuel	Grau-du-Roi
Lucie DONADILLE	Suivi visuel	Grau-du-Roi



Aude Nature

Intervenant	Rôle	Site de suivi
Dominique CLEMENT	Suivi visuel	Banyuls, Leucate, Sérignan

1.2.4 Baguage

Le suivi par baguage a été réalisé par la Tour du Valat.



Tour du Valat

Intervenant	Rôle
Thomas DAGONET	Baguage
Yves KAYSER	Baguage
Antoine ARNAUD	Baguage
Jocelyn CHAMPAGNON	Baguage

23 bagueurs et aides bagueurs ont par ailleurs participé aux opérations de captures : Antoine ARNAUD (Bagueur généraliste), Nina BÈGUE, Quentin BETTENCOURT, Sylvain CEYTE, Thomas DAGONET (Bagueur généraliste), Céline DECAUX, Tatiana FUENTES, Carolina HADDEN, Rolland JAMAULT, Antoine KAYSER, Yves KAYSER (Bagueur généraliste), Chloé LEFEBVRE, Lucia LLORENTE, Columba MARTINEZ-ESPINOSA, Robin MONCHÂTRE (Bagueur généraliste), Laura PARIS, Isabelle PERROUD, Margot ROCHALEAOU, Fanny REY, Stéphan TILLO (Bagueur généraliste), Emmanuel VIALET, Vincent VUILLERMET.

2. Méthodologie et protocoles

2.1 Espèces visées

2.1.1 *Suivi radar*

Les espèces détectées par le radar sont toutes les espèces d'oiseaux volant dans le volume du radar, entre 50 et 1500 mètres d'altitude (800 mètres pour les plus petites espèces), de jour comme de nuit. Compte-tenu de la localisation des radars le long de la côte, les oiseaux détectés sont principalement des oiseaux terrestres (par opposition aux oiseaux marins migrant strictement uniquement au-dessus de la mer). Les insectes sont également détectés par le radar et sont présentés succinctement dans ce rapport.

2.1.2 *Suivis acoustiques*

► Oiseaux

Les oiseaux détectés par le suivi acoustique sont les espèces qui émettent des cris en migration et qui volent suffisamment bas pour être captées par les microphones. Ces espèces sont principalement des Passereaux, Ardéidés, Limicoles, Sternidés.

► Chauves-souris

Les chauves-souris détectées par le suivi acoustique sont toutes les espèces qui volent dans le volume de détection du microphone (de quelques dizaines de mètres pour les espèces aux sonars les plus faibles à une centaine de mètres pour les espèces de haut vol).

2.1.3 *Suivis visuels*

Les espèces visées dans le cadre des suivis visuels sont toutes les espèces d'oiseaux en migration active en mer de jour (oiseaux marins et oiseaux terrestres), et les oiseaux en halte migratoire sur la côte.

2.1.4 *Baguage*

Les espèces visées sont les oiseaux en halte migratoire ou en migration rampante sur le site de baguage, et notamment les Passereaux.

2.2 Technologies employées

2.2.1 *Suivi radar*

Le suivi de la migration par radar est effectué à partir de 2 radars BirdScan MR1, développés par la société Swiss Birdradar en partenariat avec la Station Ornithologique Suisse.

Le radar BirdScan MR1 est un système radar compact conçu pour la surveillance quantitative à long terme des oiseaux, mais aussi des insectes. Il utilise une antenne de forme conique dirigée verticalement et mise en rotation.

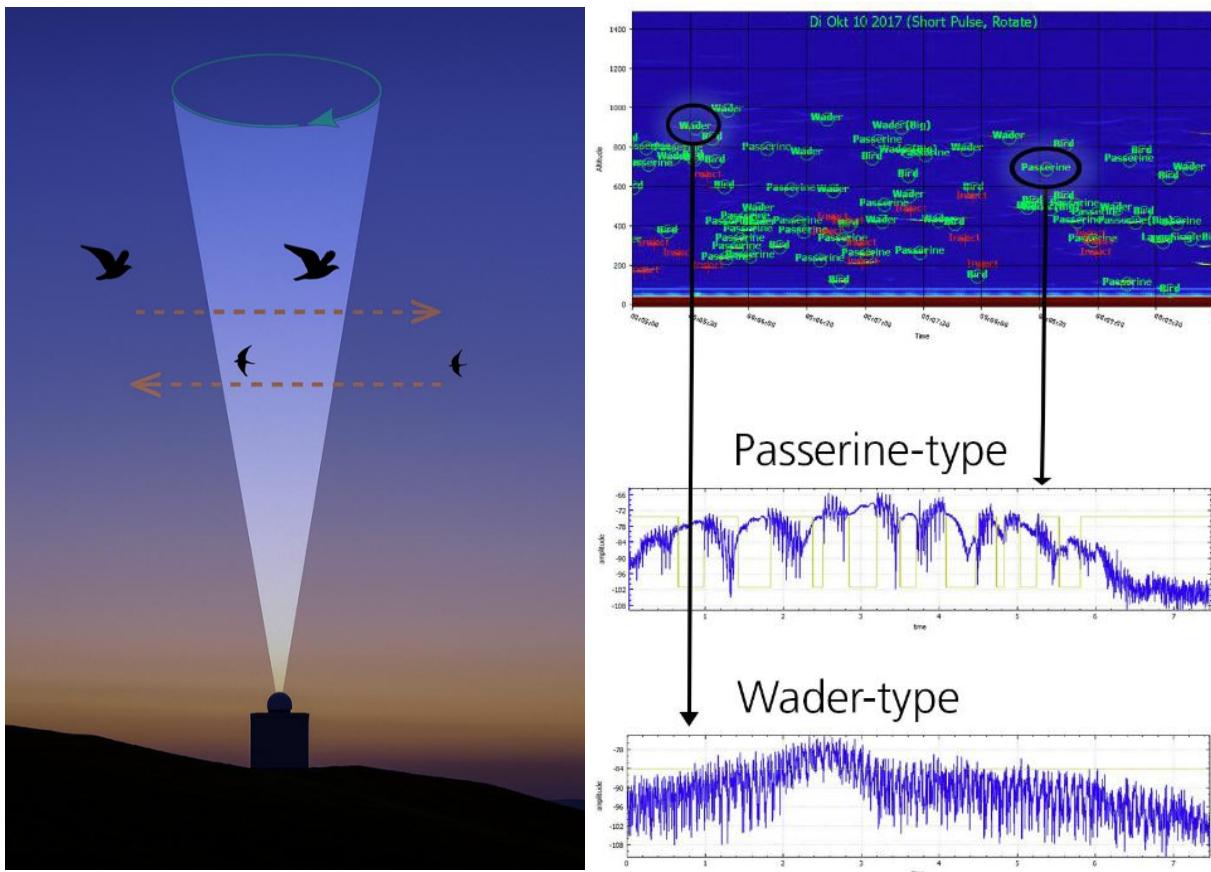


Figure 1 : Schéma de fonctionnement (détection et classification) du radar BirdScan MR1

Cette configuration permet d'enregistrer pour chaque cible les caractéristiques suivantes :

- Hauteur au-dessus du sol ;
- Direction de vol ;
- Vitesse ;
- Fréquence de battement d'ailes et propriétés des échos, permettant de classer les échos en différentes catégories, notamment précipitations, insectes, oiseaux (petit passereau, grand passereau, passereau, oiseau d'eau, grand oiseau, groupe d'oiseau, oiseau non identifié).

Les spécifications techniques des radars sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Spécifications techniques des radars utilisés (source : Swiss Birdradar solution)

System designation	BirdScan MR
Usage	Continuous long term monitoring
sensing technology	pulse radar
antenna system	corrugated horn (rotating)
transmitter frequency	x-band fixed
transmitting power	25 kW peak
range (height)	2000 m (large birds)
resolution in space	10m
spatiotemporal distribution	height, speed, direction
Classification	per species group

2.2.2 Suivis acoustiques

► Oiseaux

Le suivi acoustique dédié aux oiseaux a été réalisé à l'aide d'un enregistreur acoustique Song Meter 4 (SM4) connecté à 2 microphones SMM-A2. L'un des deux microphones est focalisé par une parabole pour augmenter la distance de détection des cris, et le second est installé au niveau du coffret pour assurer une redondance. L'enregistreur est configuré pour enregistrer sur les deux entrées micro (parabole et micro nu) en continu, avec une fréquence d'échantillonnage de 24 kHz.



Figure 2 : Dispositif acoustique oiseaux avec la parabole (à gauche) et le coffret contenant l'enregistreur (au centre)

► Chauves-souris

Le suivi acoustique dédié aux chauves-souris a été réalisé à l'aide d'un enregistreur acoustique Song Meter 4 Bat (SM4BAT) connecté à un microphone SMM-U2.

Le tableau suivant synthétise le paramétrage utilisé.

Tableau 2 : Paramétrages du SM4BAT

Paramètres d'enregistrement	Réglage
Gain	12 dB
Type de microphone utilisé	SMM-U2
Filtre Passe-haut	Off
Fréquence d'échantillonnage	384 KHz
Fréquence minimale	10 KHz
Fréquence maximale	192 KHz
Durée minimale de déclenchement	1,5 ms
Niveau du trigger	12 dB
Trigger maximal	5 secondes
Déclenchement avant le coucher du soleil	1 heure
Arrêt après le lever du soleil	1 heure

2.2.3 Suivis visuels

Le suivi visuel a été décliné en deux protocoles : un suivi de la migration des oiseaux en mer, et un suivi des oiseaux en halte migratoire au niveau des sites de suivi radar.

Le premier protocole a pour objectif d'acquérir des données d'oiseaux en migration active en mer, pour obtenir des informations qualitatives sur les espèces et leur comportement. Ce suivi permet d'avoir un aperçu des espèces capables de migrer en mer, de leur fréquence d'observation, et donc indirectement de leur participation aux flux enregistrés par radar. Ce protocole permet par ailleurs de compléter les données du lot 4 (Suivi par bateau) sur les migrants terrestres et sur les oiseaux marins qui ne sont pas suivis par les radars à la côte.

Ce suivi a été réalisé depuis des sites en bord de mer situés au plus près de la localisation des points de suivi radar, et offrant une visibilité importante sur le large. Les observations ont été réalisées à l'œil, aux jumelles et à la longue-vue, afin de détecter le maximum de migrants. Les zones scannées comprenaient le large et la bande côtière, et le suivi était réalisé du lever du soleil à 4 heures après.

Après ce suivi côtier, le second protocole de suivi des oiseaux en halte migratoire était mis en œuvre dans la continuité. Un parcours d'une heure autour des sites de suivi radar était effectué, avec réalisation d'un inventaire de toutes les espèces présentes pour pouvoir comparer ces observations aux détections réalisées par le radar.

2.2.4 Baguage

Les captures ont été réalisées avec un système classique de filets installés verticalement, et vérifiés régulièrement pour en extraire les oiseaux capturés. Le dispositif de capture était constitué de 11 filets totalisant 147 mètres linéaires.

Aucune repasse n'a été effectuée lors des opérations de captures afin de ne pas perturber les nicheurs locaux, mais également de ne pas augmenter la quantité de captures. Une utilisation de la repasse aurait par ailleurs potentiellement fait descendre des oiseaux en migration active vers les filets, et le choix a été fait de ne pas utiliser cette option pour ne pas biaiser les données du radar.

2.3 Plan d'échantillonnage

2.3.1 Suivi radar

► Localisation

Afin d'étudier les flux migratoires au sein du golfe du Lion, le suivi a été réalisé à l'aide de deux unités radar réparties le long de la côte.

En 2022 et 2023, le choix a été fait de privilégier la couverture spatiale, en suivant sept sites le long du golfe du Lion à raison de sessions de sept jours d'acquisition en continu par site, répétées deux fois par saison (deux sessions en migration prénuptiale, et deux sessions en migration postnuptiale). Ce suivi a été fait avec un radar installé dans une remorque autonome en énergie et facilement déplaçable.

Le nombre et la localisation de ces sites suivis ont été définis en croisant les contraintes suivantes :

- Répartition des sites de manière homogène le long du golfe du Lion ;
- Possibilité de faire deux sessions d'une semaine par site au cours d'une même période de migration ;
- Sites offrant une accessibilité pour véhicule avec remorque, une zone dégagée pour l'émission des ondes radar, une communication réseau suffisante pour le suivi à distance, et une sécurisation du matériel ;
- Obtention des différentes autorisations.

En parallèle de ce suivi par unité mobile, des données ont été acquises depuis un radar fixe installé en Camargue au domaine de la Palissade, pour obtenir des données de référence sur un site et sur une longue durée. Ce radar a fonctionné en continu (7j/7, 24h/24) sur ce site en 2022, 2023 et 2024.

En 2024, le choix a été fait, suite aux résultats des deux premières années de suivi, de réaliser des acquisitions depuis deux stations fixes en simultané, à l'est et à l'ouest du golfe du Lion. La remorque a ainsi été installée de manière à fonctionner en continu au sein de la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas à proximité d'Agde, en parallèle du suivi effectué depuis le site de la Palissade.



Figure 3 : Dispositifs déployés pour les suivis par radars ornithologiques à la côte. En haut, le radar fixe installé au domaine de la Palissade (Camargue), au milieu, l'unité radar mobile dans sa configuration autonome pour les années 2022 et 2023, et en bas la remorque modifiée pour acquérir les données en continu sur le site du Bagnas (Agde).

La carte suivante présente la localisation des sept sites suivis par l'unité radar mobile en 2022 et 2023 (en bleu), et les deux stations fixes pour la Palissade (2022 à 2024) et Agde en 2024 (en gris).

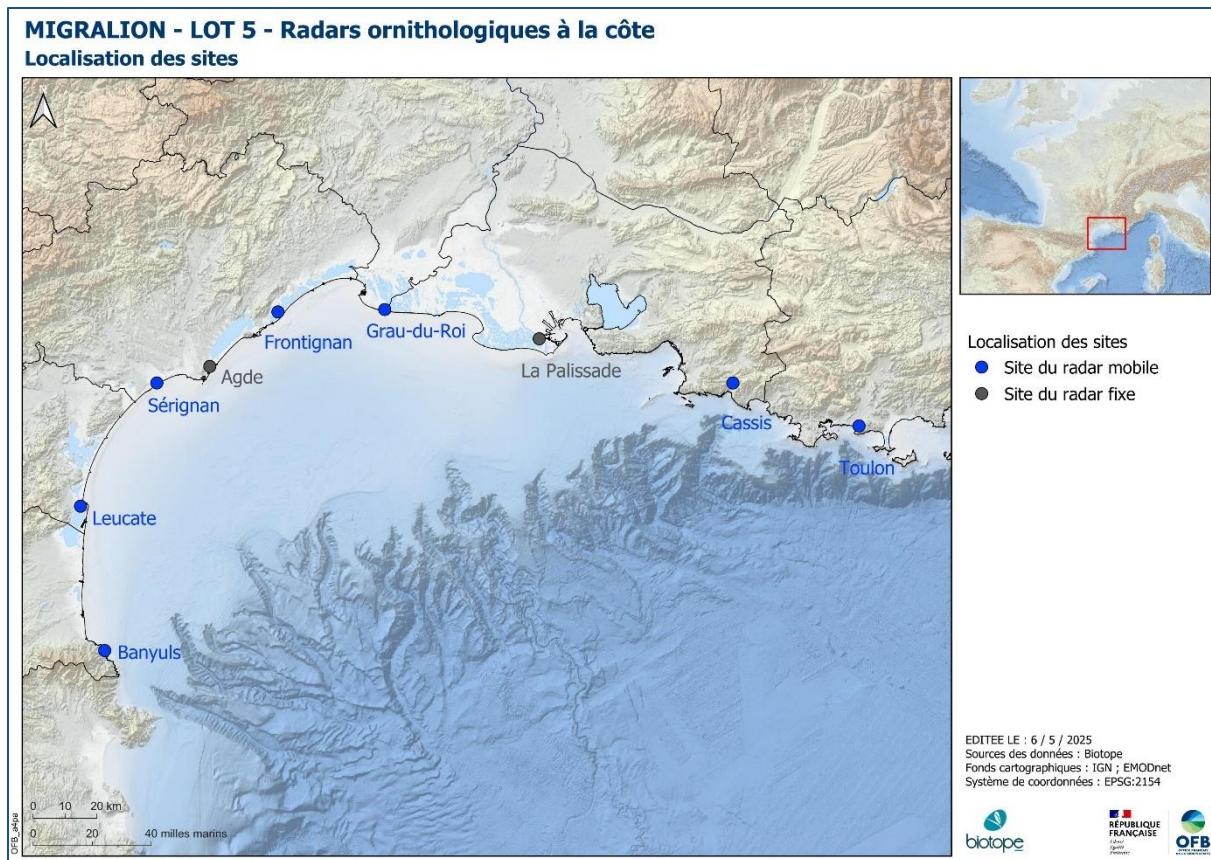


Figure 4 : Sites de suivi par radar à la côte : en bleu, les stations suivies par radar mobile (2022-2023), en gris, les stations suivies par radar fixe (La Palissade 2022-2024, Agde 2024).

► Dates de suivi

Les dates de suivi pour les différentes unités sont présentées dans le tableau qui suit.

Tableau 3 : Dates des suivis radar à la côte

2022				2023				2024	
Station	Prénuptiale		Postnuptiale		Prénuptiale		Postnuptiale		
	Session 1	Session 2	Session 1	Session 2	Session 1	Session 2	Session 1	Session 2	
Unité mobile	Banyuls	14/02-21/02	28/03-04/04	01/08-08/08	12/09-19/09	14/02-21/02	04/04-11/04	01/08-08/08	12/09-19/09
	Leucate	04/04-11/04	16/05-23/05	19/09-26/09	18/10-27/10	28/03-04/04	10/05-17/05	19/09-27/09	02/11-15/11
	Sérignan	21/02-28/02	09/05-16/05	05/09-12/09	11/10-18/10	21/02-28/02	02/05-10/05	09/08-16/08	25/10-02/11
	Frontignan	21/03-28/03	11/04-19/04	08/08-16/08	26/09-03/10	20/03-28/03	11/04-18/04	05/09-12/09	27/09-04/10
	Grau-du-Roi	28/02-07/03	02/05-09/05	16/08-22/08	27/10-03/11	28/02-03/03	17/05-24/05	16/08-22/08	17/10-25/10
	Cassis	14/03-21/03	19/04-26/04	29/08-05/09	03/11-14/11	14/03-20/03	18/04-25/04	29/08-05/09	04/10-10/10
	Toulon	07/03-14/03	26/04-02/05	22/08-29/08	14/11-21/11	07/03-14/03	25/04-02/05	22/08-29/08	10/10-27/10
Unité fixe	La Palissade	En continu du 14/02/22 au 31/12/24							
	Agde	En continu du 15/02/24 au 31/12/24							

2.3.2 Suivis acoustiques

► Localisation

Les dispositifs acoustiques oiseaux et chauves-souris ont été installés à proximité du radar fixe de la Palissade pour obtenir des données d'espèces complémentaires aux données radars (cf. Figure 2 et Figure 3).

► Dates du suivi

Le suivi acoustique a été mené sur trois ans. À partir du 09/02/2022, les deux dispositifs ont fonctionné en continu à l'exception de périodes d'interruption liées à des problèmes techniques (surtensions dues à des orages, mise en sécurité suite à une humidité trop importante après de fortes pluies, bugs de la carte-mère du détecteur ou des cartes mémoires).

Pour les oiseaux les périodes d'interruption de données ont eu lieu du 30/05/2022 au 18/07/2022, du 15/09/2022 au 08/11/2022 et du 07/06/2024 au 06/07/2024.

Pour les chauves-souris, ces périodes ont eu lieu du 30/05/2022 au 18/07/2022, du 31/10/2022 au 03/11/2022, du 18/09/2023 au 09/11/2023, du 09/03/2024 au 04/04/2024, du 30/07/2024 au 09/08/2024.

2.3.3 Suivis visuels

► Localisation

Les suivis à la côte en mer ont été réalisés à partir des localisations indiquées dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Localisation des suivis visuels à la côte.

Localisation du suivi à la côte (Site)	Latitude	Longitude
Cap Béar (Banyuls)	42°30'55.97"N	3°8'27.29"E
Falaise de Leucate (Leucate)	42°55'12.85"N	3°3'32.76"E
Plage de Sérignan (Sérignan)	43°16'5.17"N	3°20'30.30"E
Plage de Frontignan (Frontignan)	43°27'3.42"N	3°48'34.42"E
Plage de l'Espiguette (Grau-du-Roi)	43°28'43.05"N	4°9'0.96"E
Plage de Piémanson (La Palissade)	43°20'51.85"N	4°47'2.06"E
Cap Canaille (Cassis)	43°11'3.38"N	5°33'49.21"E

Les suivis des haltes migratoires ont été réalisés au niveau des sites radar.

► Dates du suivi

Les dates de suivis visuels pour les deux protocoles sont présentées dans les deux tableaux ci-dessous.

Tableau 5 : Synthèse des dates de suivi visuel sur les sites du radar mobile.

2023				2024				
Prénuptiale		Postnuptiale		Prénuptiale		Postnuptiale		
Sites	Session 1	Session 2	Session 1	Session 2	Session 1	Session 2	Session 1	Session 2
Banyuls	18/02	31/03	07/08	13/09	21/02	12/04	14/08	04/10
Leucate	07/04	17/05	22/09	08/11	23/03	12/05	14/09	03/11
Sérignan	24/02	16/05	16/08	26/10	04/03	23/04	26/08	19/10
Frontignan	22/03	17/04	11/09	29/09	27/03	15/05	19/09	11/11
Grau-du-Roi	02/03	05/05	21/08	16/11	29/02	19/04	22/08	09/10
Cassis	20/03	19/04	04/09	09/10	13/03	02/05	04/09	25/09

Tableau 6 : Synthèse des dates de suivi visuel depuis la plage de Piémanson (La Palissade).

2023		2024	
Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
25/02	09/08	22/02	06/08
09/03	25/08	07/03	19/08
21/03	07/09	20/03	03/09
07/04	26/09	03/04	18/09
18/04	06/10	16/04	01/10
09/05	23/10	03/05	17/10
23/05	01/11	17/05	31/10

2.3.4 Baguage

► Localisation

La station de baguage des oiseaux migrateurs a été mise en place sur le domaine de la Palissade, pour plusieurs raisons :

- Proximité avec le radar (< 200m) ;
- Accessibilité ;
- Sécurité : le site est accessible au public uniquement en journée, les filets sont donc restés en place toute la saison ;
- Effet « entonnoir » sur le site de capture. Les oiseaux en migration « rampante » arrivant sur la plage de Piémanson (5km de large) remontent théoriquement le long des roubines et haies jusqu’au site de capture. Ils sont canalisés de part et d’autre entre le Rhône et les salins.



Figure 5 : Emplacement des filets de baguage sur le site de La Palissade

► Dates du suivi

En accord avec le protocole « PHENO » du CRBPO, les captures ont été réalisées durant 11 semaines consécutives entre le 23 mars 2023 et le 30 mai 2023. Les filets ont été ouverts à 18 reprises uniquement le matin, avec 1 à 3 sessions de captures par semaine, le nombre de sessions dépendant des opportunités d'ouvertures liées à la météo venteuse du printemps.

Tableau 7 : Synthèse des dates de baguage et de contrôle à la Palissade

Semaine	Date de baguage/contrôle	Semaine	Date de baguage/contrôle
S1	23/03/2023	S10	04/05/2023
S2	29/03/2023	S11	05/05/2023
S3	06/04/2023	S12	06/05/2023
S4	07/04/2023	S13	14/05/2023
S5	12/04/2023	S14	18/05/2023
S6	18/04/2023	S15	20/05/2023
S7	23/04/2023	S16	23/05/2023
S8	27/04/2023	S17	25/05/2023
S9	28/04/2023	S18	30/05/2023

2.4 Méthodes de traitements et d'analyse des données

2.4.1 Suivi radar

Les grands principes de la méthode déployée pour traiter les données obtenues, présentés ci-après, sont tirés de la publication de Schmid et al. 2019 et basés sur le package *birdscanR* (Haest et al. 2025).

Pour rappel, la technologie radar repose sur l'émission d'ondes électromagnétiques se propageant dans un faisceau en trois dimensions le long d'un axe principal. La forme et la dimension du faisceau définissent le volume d'air scanné par le radar.

En plus des caractéristiques propres au système radar déployé, l'échelle de détection d'une cible -et par conséquent le volume scanné- dépend de la taille de l'objet et de ses propriétés à refléter les ondes électromagnétiques (i.e. les grands objets reflétant de manière importante les ondes sont détectés (1) plus loin et (2) à un angle à l'axe principal du faisceau plus important que pour les petits objets).

Détection au sein du faisceau et surface équivalente radar

La perte d'énergie en fonction de la distance au radar relève d'une équation connue. Ainsi, la taille d'un objet peut être estimée à partir de sa réflectivité appelée surface équivalente radar (SER, ou RCS radar cross section). Cette RCS est une valeur réelle si l'objet est détecté au centre du faisceau, sinon elle est considérée comme une valeur estimée. La RCS permet de corriger l'effet de la perte d'énergie avec la distance au radar.

La puissance de l'écho diminue aussi lorsque l'angle par rapport à l'axe principal du faisceau augmente. Les cibles scannées en bordure de faisceau apparaissent donc plus petites que si elles avaient été détectées au centre du faisceau. Les RCS apparentes sont donc à considérer comme une valeur *a minima* des RCS réelles. Le volume scanné pour un objet de RCS donnée est ainsi défini en fonction de sa distance de détection et de la RCS spécifique liée à la largeur angulaire du faisceau.

Fréquence de battement d'ailes

La fréquence de battement d'ailes des oiseaux est fortement corrélée à leur taille (les oiseaux les plus gros battant généralement plus lentement des ailes, e.g. Bruderer et al. 2010). Au sein du signal radar, la fréquence de battement d'ailes d'une cible peut être estimée à partir de la variation de son intensité au cours du temps (signature de l'écho). Ainsi, la taille d'un oiseau peut aussi être estimée à partir de sa fréquence de battement d'ailes, indépendamment de la RCS apparente.

En associant la fréquence de battement d'ailes à la RCS, le volume scanné spécifique par type d'oiseaux est estimé pour permettre une correction et une quantification précise des flux.

Flux – Migration Traffic Rate (MTR)

Le MTR est une mesure standard des mouvements d'oiseaux qui correspond au nombre d'oiseaux traversant un transect virtuel d'un kilomètre pendant une heure. Le MTR prend ainsi en compte la RCS et la variation du volume scanné avec la distance. Pour un objet de RCS donnée, on peut estimer la largeur du faisceau à sa distance de détection. Le rapport entre 1 km de transect et la largeur de faisceau est utilisé comme facteur de correction pour calculer les facteurs MTR de chaque cible. Ces facteurs MTR sont sommés pendant une période donnée et rapportés à l'heure (proportion).

Filtrage du signal

La sensibilité du radar est forte à proximité et diminue lorsque la distance au radar augmente. Pour écarter les échos parasites des analyses, un premier filtre supprimant les cibles d'intensité très faible est appliqué. Un second filtre (STC, pour Sensitivity Time Control), dépendant de la distance, permet quant à lui de supprimer les petites cibles proches qui ne sont pas des oiseaux.

Caractéristiques du traitement de données pour cette étude

Le déploiement des deux radars BirdScan MR1 dans le cadre du lot 5 du programme MIGRALION permet l'enregistrement de cibles entre 50 et 1500 m de hauteur (au-dessus du sol). À chaque écho détecté sont associées des valeurs d'altitude, de direction de vol, de vitesse, ainsi qu'un type de cible parmi plusieurs classes déterminées selon la fréquence de battement d'ailes estimée.

L'acquisition des données s'est effectuée selon le mode d'émission « short-pulse », avec rotation de l'antenne en continu.

Les données ont été vérifiées visuellement et les bruits de pluie résiduels ou les cas de mauvaise détection ont été exclus manuellement. Lors d'épisodes de précipitations soutenues, le radar bascule automatiquement en mode aveugle (pas de détection de cibles).

Ainsi, les valeurs quantitatives présentées par heure sont corrigées par le temps réel d'observation en excluant les périodes de mauvaise détection liées aux conditions météorologiques ou aux éventuels arrêts du radar.

2.4.2 Suivis acoustiques

► Oiseaux

Il n'existe actuellement pas d'outil complètement fiable permettant de détecter et d'identifier automatiquement les cris d'oiseaux en migration. L'analyse a donc été réalisée manuellement, en regardant les sonogrammes et en écoutant les cris. Cette analyse étant très chronophage, un échantillon de 28 nuits entre la mi-février et la mi-mai et de 28 nuits entre le 1^{er} août et la mi-novembre ont été sélectionnés et analysés (soit 2 nuits par semaine), pour les années 2023 et 2024 de manière à comparer et compléter les résultats obtenus lors des suivis visuels. Les nuits ont été choisies lors des mouvements les plus intenses détectés par radar à basse altitude.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des nuits analysées.

Tableau 8 : Dates analysées - suivi acoustique oiseaux

Mois	Nuits 2023	Nuits 2024
Février	11-12, 12-13, 17-18, 23-24, 24-25	11-12, 13-14, 22-23, 26-27
Mars	03-04, 09-10, 10-11, 12-13, 13-14, 19-20, 21-22, 22-23, 28-29	05-06, 06-07, 13-14, 15-16, 19-20, 21-22, 23-24, 28-29
Avril	04-05, 06-07, 10-11, 11-12, 18-19, 22-23, 26-27, 29-30	01-02, 02-03, 03-04, 08-09, 09-10, 12-13, 15-16, 19-20, 26-27, 29-30
Mai	03-04, 10-11, 14-15, 15-16, 16-17, 17-18	02-03, 03-04, 04-05, 08-09, 09-10, 11-12
Août	02-03, 05-06, 09-10, 14-15, 18-19, 19-20, 22-23, 25-26	31-01, 04-05, 07-08, 09-10, 19-20, 22-23, 26-27, 29-30
Septembre	02-03, 05-06, 09-10, 14-15, 18-19, 19-20, 24-25, 28-29	02-03, 05-06, 08-09, 10-11, 17-18, 22-23, 23-24, 28-29
Octobre	01-02, 04-05, 07-08, 08-09, 16-17, 21-22, 22-23, 28-29	04-05, 07-08, 10-11, 12-13, 18-19, 22-23, 27-28, 30-31
Novembre	31-01, 01-02, 07-08, 08-09	02-03, 05-06, 09-10, 18-19

L'analyse des données est basée sur le protocole Nocturnal Flight Call – NFC développé dans le but d'uniformiser l'analyse des données acoustiques des oiseaux en migration.

La période d'analyse est définie entre le coucher et le lever du soleil. Tous les NFC ont été analysés sans préjuger du comportement migratoire des oiseaux. Les résultats intègrent donc des oiseaux en migration active, mais peuvent aussi intégrer des oiseaux en halte migratoire (oiseaux au sol) ou encore des oiseaux locaux déjà installés. Il est en effet difficile de séparer les types de comportement avec les cris uniquement, et ces comportements peuvent se chevaucher au sein d'une même période (des oiseaux en migration peuvent être enregistrés sur une nuit en même temps que des individus de la même espèce en halte tandis que d'autres sont déjà cantonnés sur leur zone de reproduction).

Lors de l'identification, le nom de l'espèce, le nombre de cris ainsi que l'effectif estimé étaient évalués. Ce procédé était réitéré sur l'ensemble des bandes auditives composant la nuit (une bande = 1 heure).

La figure ci-dessous présente des exemples de sonogrammes de cris enregistrés en 2024.

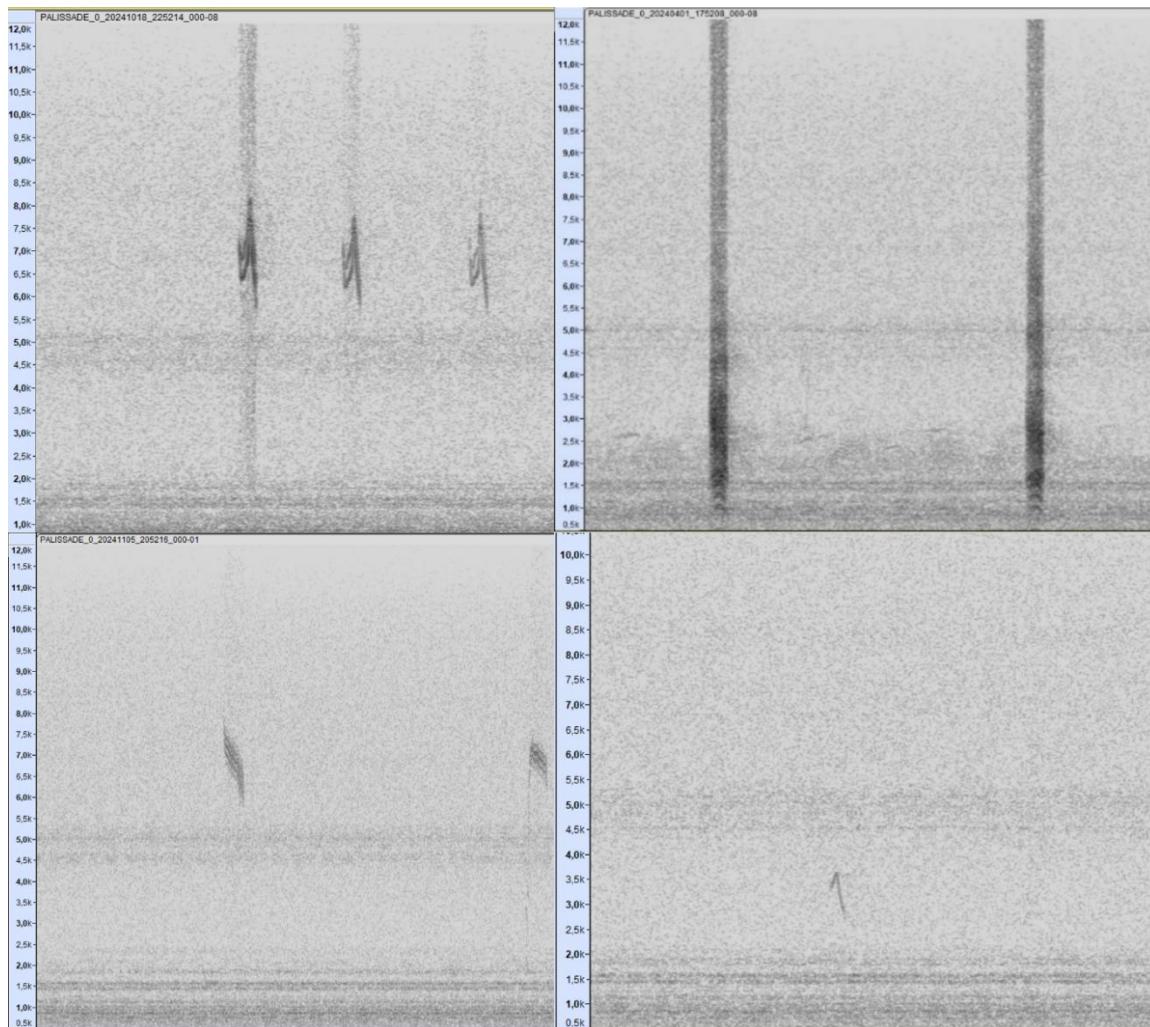


Figure 6 : Exemples de sonogrammes - de haut en bas et de gauche à droite : Gros-bec casse-noyaux, Héron pourpré, Grive mauvis, Petit-gravelot

L'identification est effectuée en écoutant chaque cri. Les cas complexes ont été analysés en s'appuyant sur la bibliographie.

► Chauves-souris

La présence de nombreuses pipistrelles locales au niveau du point d'enregistrement a entraîné un nombre très important de déclenchements et de fichiers enregistrés. Pour analyser toutes ces données, le traitement a été réalisé en plusieurs étapes : extraction des données d'intérêt et suppression des fichiers parasites à l'aide du logiciel Kaleidoscope, analyse des sons de chauves-souris via le logiciel Sonochiro, et validation manuelle des séquences d'intérêt (pour dresser la liste d'espèces présentes, et pour réaliser les courbes de phénologie par espèce). Les critères d'identification sont basés sur les variations de fréquence, la durée du signal (quelques millisecondes), les variations d'amplitude (puissance du signal) et le rythme des émissions.

Compte-tenu du nombre très important de fichiers à analyser, des seuils ont été établis à partir des identifications proposées par le logiciel de classification afin de faire ressortir les tendances globales des périodes d'occupation du site des espèces d'intérêt (migratrices) et/ou les plus présentes. Pour cela, un chiroptérologue a recherché pour chaque espèce le seuil de confiance à partir duquel l'identification proposée par le logiciel était correcte. Les identifications avec un indice de confiance supérieur ou égal à ce seuil ont ensuite toutes été considérées comme valides et ont ainsi servi de base pour dresser les courbes de phénologie annuelle. Concernant la Pipistrelle de Nathusius, qui est très présente sur le site et en recouvrement fréquentiel avec la Pipistrelle de Kuhl, le seuil a été établi à partir de la F_{min} (=FT) : tous les contacts ayant une F_{min} comprise entre 39 et 42 kHz (bornes incluses) ont été considérés comme appartenant à la Nathusius. Pour la Pipistrelle de Kuhl, aucun seuil n'est ressorti. Pour les autres espèces, il s'agissait ici de simplement valider leur présence en vérifiant les séquences aux indices de confiance spécifiques les plus élevés, afin de dresser la liste des espèces fréquentant le site.

Le schéma suivant illustre le type de données recueillies lors des inventaires à l'aide d'enregistreurs, et les différentes étapes menant à l'identification des espèces de chiroptères présentes sur l'aire d'étude.

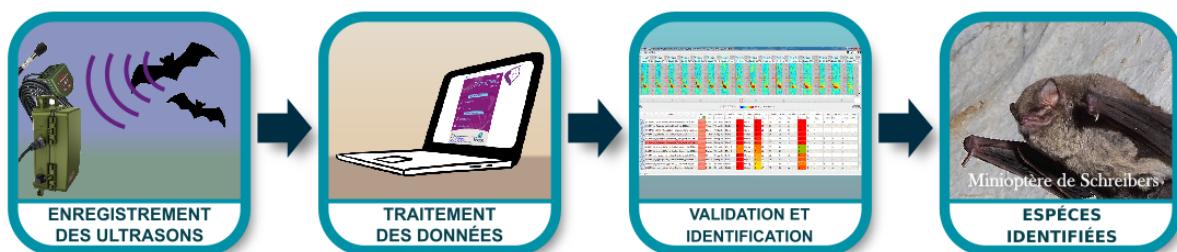


Figure 7 : Illustration du processus d'analyse des enregistrements ultrasonores

2.4.3 Suivis visuels

Une synthèse des oiseaux observés en migration active en mer et des oiseaux observés en halte migratoire a été effectuée, et le cumul des effectifs observés a été présenté par période.

2.4.4 Baguage

Les données ont été analysées et synthétisées par espèces et capture/recaptures.

3. Description des campagnes et bilan des données acquises

Les acquisitions de données se sont déroulées comme prévu. Quelques problèmes techniques ont été classiquement rencontrés pour ce type de suivis autonomes longue durée, comme des défauts d'alimentation électrique (liés à des coupures réseau, ou à des événements météorologiques extrêmes comme la foudre, les fortes chaleurs ou des pluies intenses), des problèmes réseau (problèmes sur antennes relais, modems ou cartes SIM) ou des bugs logiciels ou de supports mémoire. Ces problèmes ont été identifiés à distance grâce à la veille quotidienne et ont pu être résolus sur place rapidement. Les taux de disponibilité des données, notamment radar (> 98%), sont ainsi très élevés, permettant des analyses complètes et quantitatives.

3.1.1 Suivi radar

Au total, près de 40 000 heures de données ont été enregistrées sur les 3 ans de l'étude. Sur les périodes d'acquisition ciblées, le radar fixe affiche un taux de disponibilité de 99,2 %, celui du radar mobile 98,5 %.

Tableau 9 : Cumul d'heures enregistrées par les unités fixes et mobiles

Unité	Année	Nombre d'heures d'acquisition
Radar Fixe	2022	7 680
	2023	8 554
	2024	8 784
Radar Mobile	2022	4 835
	2023	4 692
	2024 (Agde)	7 692
Total		38 398

3.1.2 Suivis acoustiques

► Oiseaux

Entre 2022 et 2024, sur une base d'acquisition de données sur la période du 15 février au 20 mai et du 01 août au 30 novembre, 14 808 heures de données ont été acquises, pour un taux de disponibilité des données de 92%.

► Chauves-souris

Entre 2022 et 2024, sur une base d'acquisition de données sur la période du 15 février au 20 mai et du 23 juillet au 30 novembre, 568 nuits ont été enregistrées, pour un taux de disponibilité des données de 86%.

3.1.3 Suivis visuels

En 2023 et 2024, 345 heures de suivi visuel ont été réalisées au total sur les différents sites.

3.1.4 Baguage

La campagne de baguage s'est déroulée au cours du printemps 2023 sur un total de 18 journées.

4. Résultats et discussions

4.1 Résultats des suivis par radar

4.1.1 Introduction

Ce chapitre synthétise l'ensemble des données enregistrées à partir des deux radars déployés au cours des 3 années de suivi (2022-2024).

► Unités utilisées

Pour rappel, l'unité utilisée pour quantifier la migration par radar est le **MTR** (*Migration Traffic Rate* ou Flux migratoire), qui décrit le **nombre d'individus traversant une ligne d'un kilomètre pendant une heure**.

Le MTR est ainsi exprimé en nombres d'oiseaux.km⁻¹.h⁻¹ dans l'ensemble des résultats présentés dans ce rapport.

Les flux cumulés sont agrégés sur le pas de temps indiqué, mais toujours rapportés au kilomètre.

Les **heures** (h) sont données en **UTC** (*Universal Time Coordinated* ou Temps Réel Coordonné), qui correspond en période d'heure d'hiver à l'heure légale moins une heure (ex : au 15 février, 20h UTC correspond à 21h heure légale), et en période d'été à l'heure légale moins deux heures. Le tableau ci-dessous détaille les dates de changement d'heure et les décalages avec l'heure légale.

Tableau 10 : Correspondance entre heure en UTC et heure légale

Année	Saison	Date	Heure en UTC
2022	Été	Du 27/03 au 29/10	Heure légale -2 heures
2022-2023	Hiver	Du 30/10 au 26/03	Heure légale -1 heure
2023	Été	Du 26/03 au 28/10	Heure légale -2 heures
2023-2024	Hiver	Du 28/10 au 30/03	Heure légale -1 heure
2024	Été	Du 31/03 au 26/10	Heure légale -2 heures
2024	Hiver	Du 27/10 au 31/12	Heure légale -1 heure

Les heures indiquées correspondent par ailleurs à la tranche horaire [h ; h+1] ; par exemple 18h correspond aux données enregistrées entre 18 et 19h.

Les périodes de **nuit** sont indiquées dans les graphiques par des pictogrammes en forme de **lune**, ou par un **fond grisé**.

Les **hauteurs** de vol sont exprimées en **mètres** (m) au-dessus du sol.

La **migration de printemps** est aussi dénommée **migration prénuptiale** dans le rapport, et la **migration d'automne** appelée **migration postnuptiale**.

► Organisation des résultats

Les résultats sont décomposés en 4 sous-parties, faisant l'objet de chapitres dédiés. Une approche descendante a été utilisée, en partant (1) des résultats généraux pour zoomer progressivement sur (2) les oiseaux migrateurs, puis (3) les oiseaux migrant en mer, et enfin (4) les oiseaux migrant en mer à faible altitude et en direction ou en provenance des zones propices au développement de l'éolien en mer.

- **(1) Tous oiseaux et insectes**

Cette partie décrit l'ensemble des données enregistrées par radar, pour les oiseaux et les insectes. Elle intègre donc les mouvements migratoires et les mouvements locaux.

- **(2) Oiseaux en migration**

Cette seconde partie détaille les mouvements migratoires des oiseaux, en se basant (i) sur les directions de vol (vers le nord au printemps, et vers le sud à l'automne) et (ii) sur les dates de l'année en excluant notamment les périodes d'été et d'hiver.

- **(3) Oiseaux en migration au-dessus de la mer**

Cette partie focalise les résultats sur les oiseaux migrateurs partant ou arrivant de la mer. Seuls les oiseaux migrateurs volant en mer à plus de 5km de toute côte (zone en bleu sur la carte suivante) ont été conservés dans cette analyse.

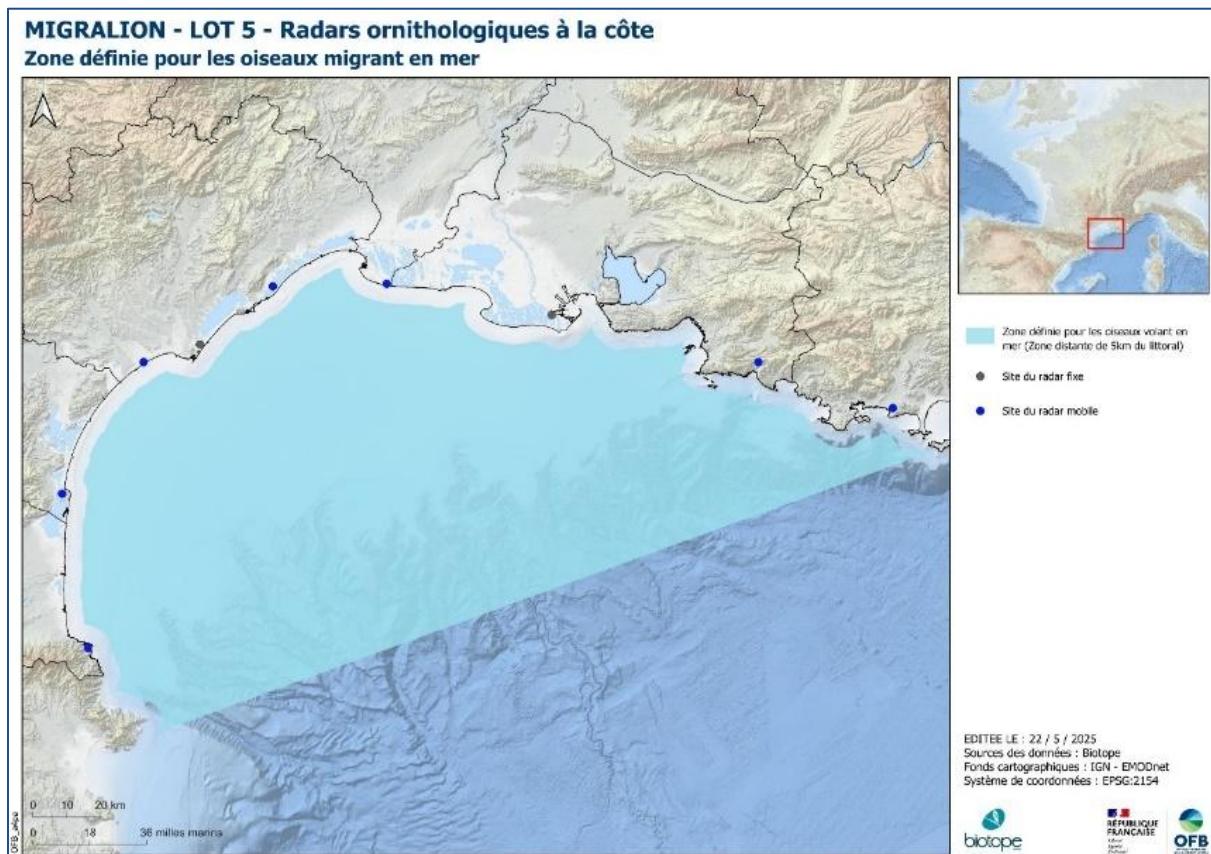


Figure 8 : zone définie pour les oiseaux en migration en mer

- **(4) Oiseaux en migration à basse altitude en direction ou en provenance des zones propices au développement de l'éolien en mer**

Cette dernière partie fait un focus sur les oiseaux volant à basse altitude (50-300m) en provenance ou en direction des zones propices au développement de l'éolien en mer, qui sont donc susceptibles d'être impactés par les futurs parcs éoliens, notamment en termes de collision, perturbation ou d'effet barrière.

La zone retenue pour cette analyse regroupe l'ensemble des zones potentiellement favorables au développement de l'éolien. Cette aire d'étude englobe les différentes zones propices comprises entre la limite de 12 mille nautiques (hors sites pilotes) et les têtes de canyons. Les espaces entre ces grandes zones ont été intégrés compte-tenues des directions principales de migration (nord/sud et nord-est/sud-ouest) qui impliquent une traversée probable d'une ou plusieurs zones.

MIGRALION - LOT 5 - Radars ornithologiques à la côte

Zones propices au développement de l'éolien en mer et aire d'étude pour les flux d'oiseaux survolant ces secteurs

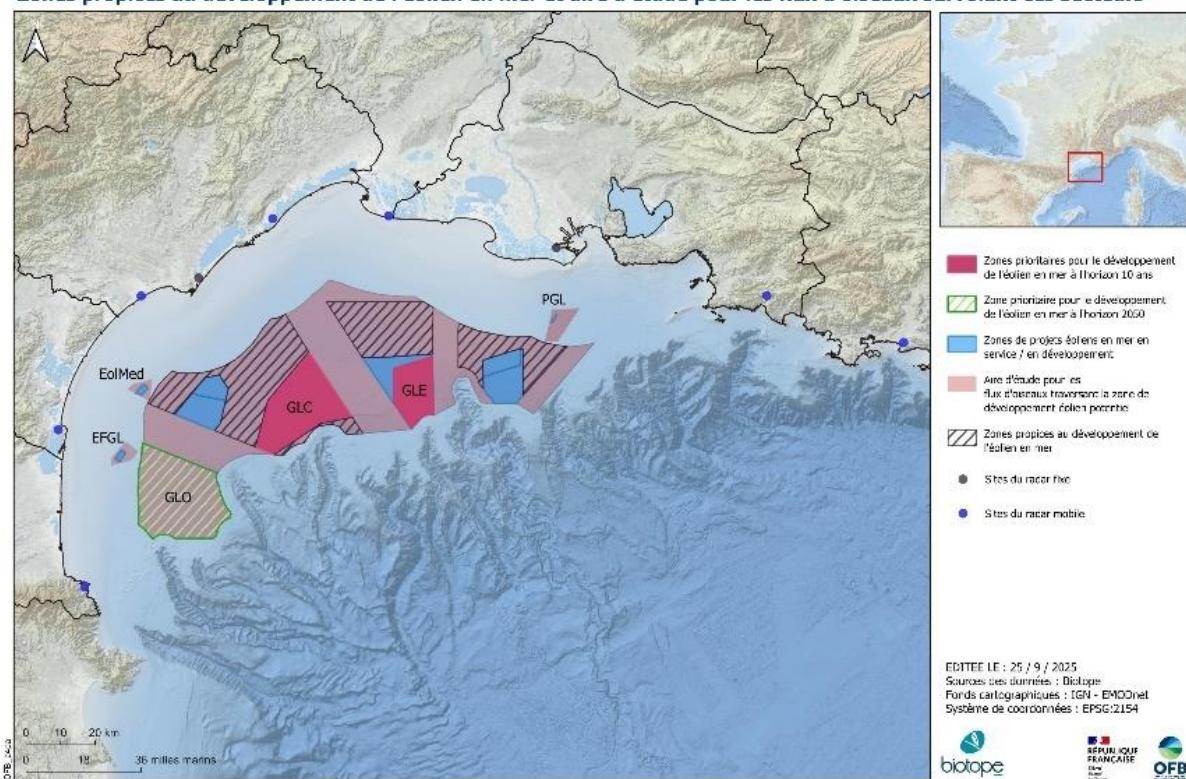


Figure 9 : Zone définie pour l'étude des oiseaux en migration à basse altitude vers/depuis les zones propices à l'éolien en mer

La figure suivante schématise cette approche et illustre les chapitres détaillés ci-dessous.

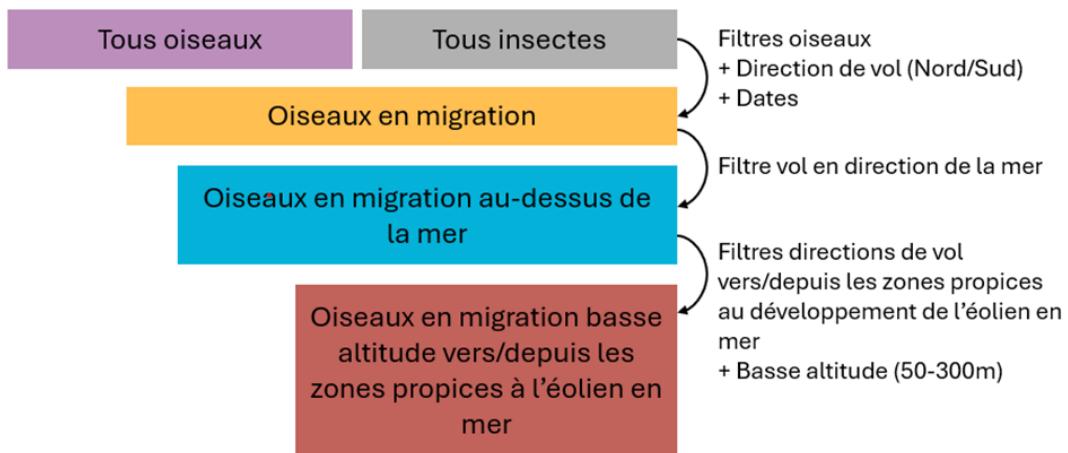
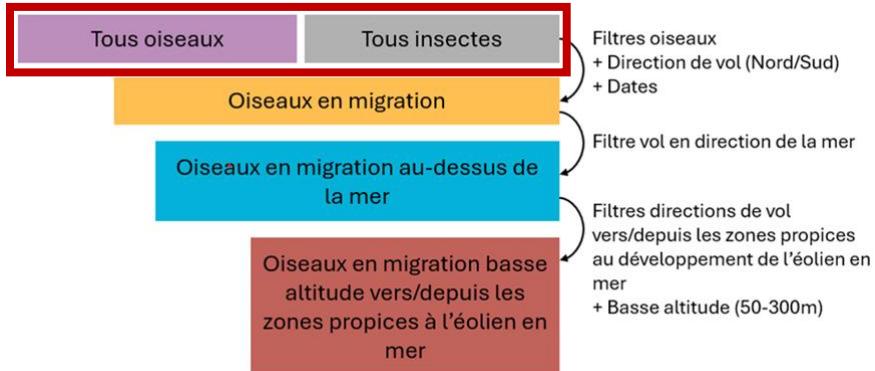


Figure 10 : Structuration des analyses et des chapitres de résultats

4.1.2 Description générale des mouvements enregistrés

► Flux d'oiseaux et d'insectes

Ce chapitre présente la totalité des flux enregistrés, pour tous les oiseaux et les insectes.



- Insectes

Le radar utilisé détecte les oiseaux volant à moins de 1500 mètres, mais il détecte aussi les insectes de grande taille à moins de 500 mètres d'altitude. Même si ce groupe taxonomique n'est pas un objectif de suivi du programme MIGRALION, une partie importante de cette biomasse est aussi migratrice, et les résultats principaux sont donc présentés succinctement ci-dessous en introduction.

Les détections des insectes sont très majoritaires par rapport aux oiseaux, et cumulent 93 % des flux d'animaux volants enregistrés.

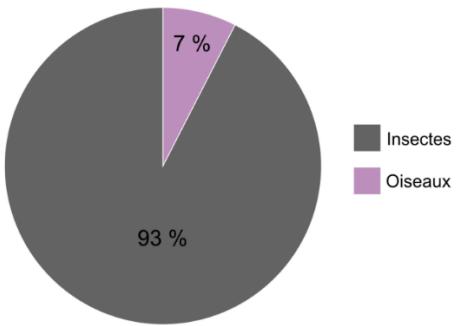


Figure 11 : Diagramme circulaire de la proportion moyenne d'oiseaux et d'insectes sur les sites d'Agde et de la Palissade

Au total, 49 millions d'insectes ont été détectés en moyenne, par an et par kilomètre, sur le site de la Palissade, et 48 millions sur le site d'Agde (sur la période de mi-février à fin décembre pour ce site). Le flux maximum horaire a été enregistré sur le site de la Palissade le 03/11/2022 à 20h UTC, avec plus de 83 000 insectes enregistrés par heure et par kilomètre.

Les mouvements les plus importants d'insectes sont notés entre avril et novembre, avec des flux nocturnes d'autant plus importants à l'ouest du golfe du Lion (site d'Agde).

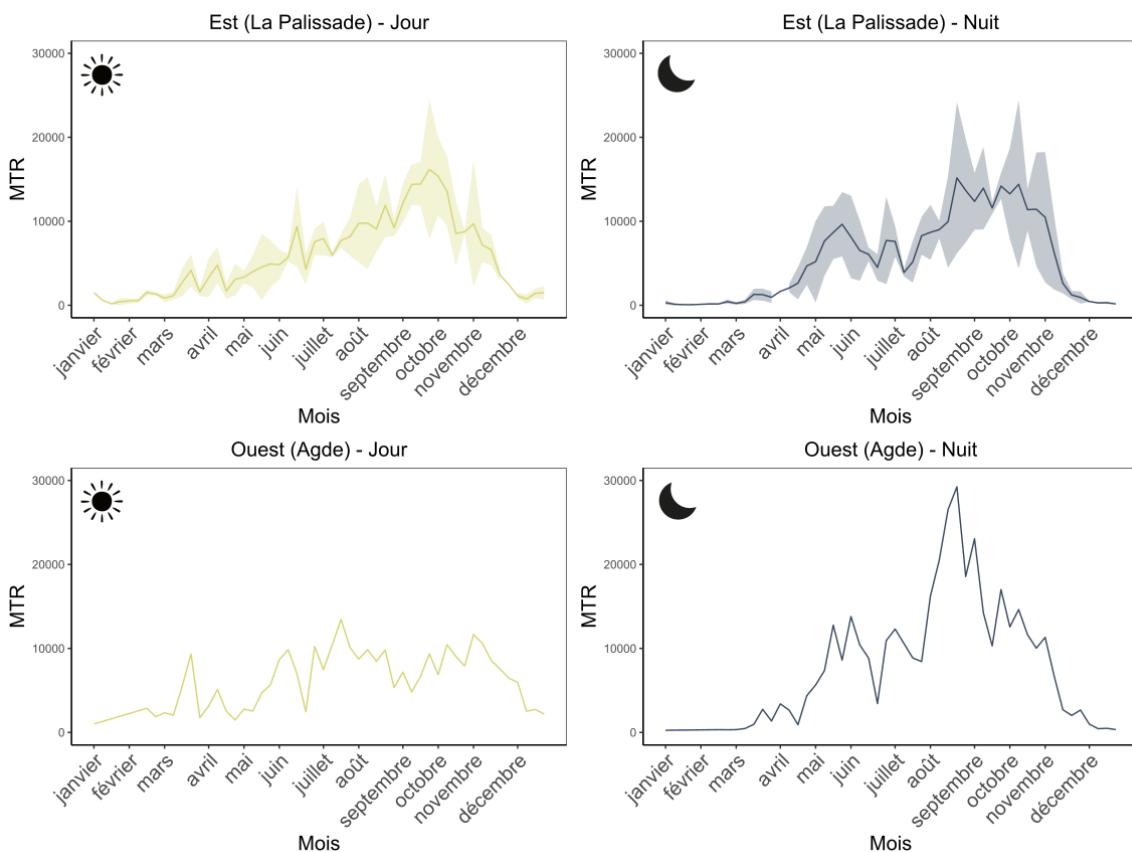


Figure 12 : Phénologie annuelle des mouvements d'insectes calculée sur les flux moyens hebdomadiaires, sur le site de La Palissade (Camargue) en haut, et Agde en bas. Les courbes de gauche (jaune) représentent les mouvements de jour, les courbes de droite (bleu) les mouvements de nuit. L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle ± l'écart-type.

Les pics horaires de mouvements d'insectes sont principalement observés en milieu de journée (9h – 13h UTC) et en début de nuit (voir figure suivante).

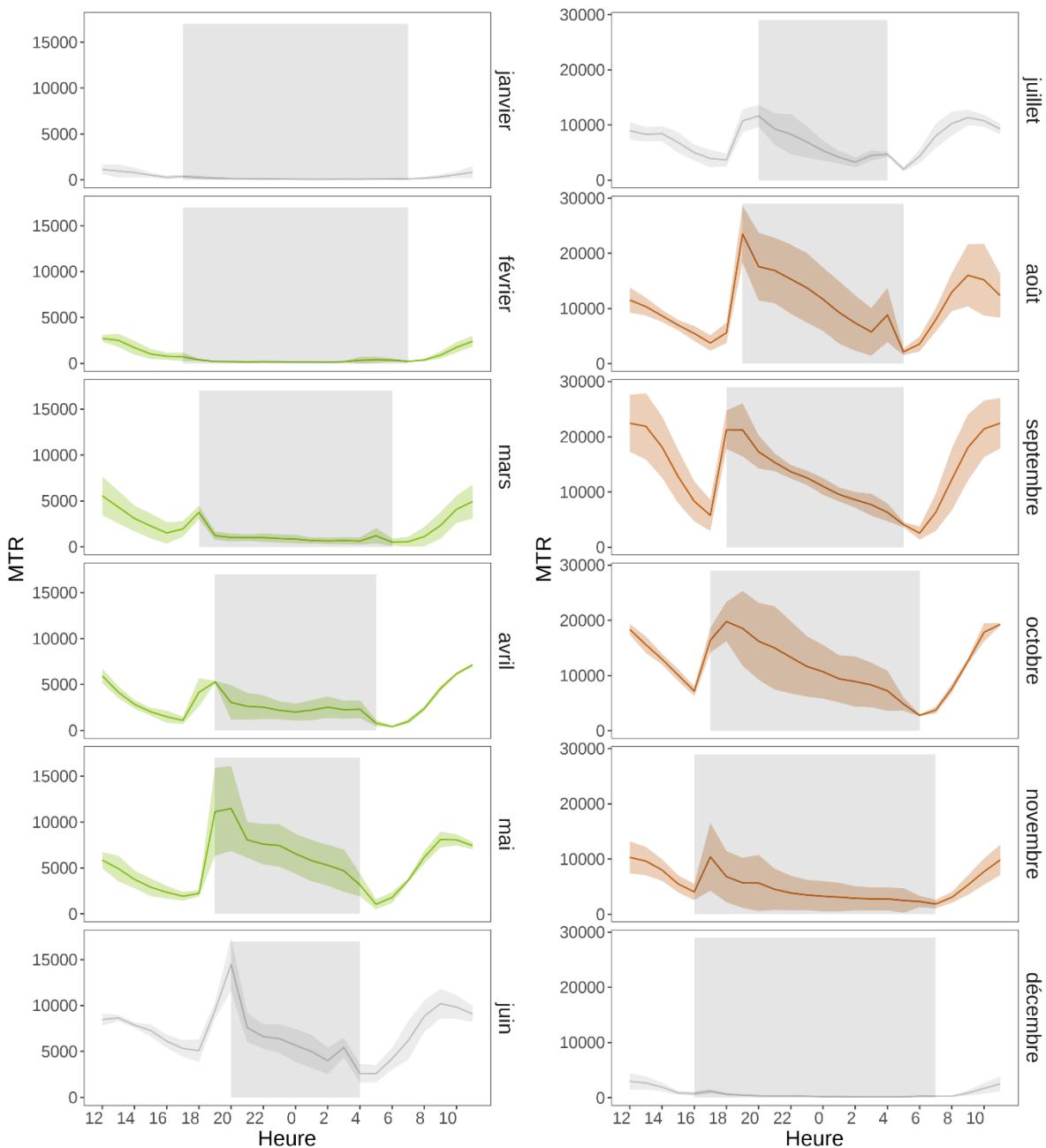


Figure 13 : Phénologie horaire des mouvements d'insectes par mois sur les sites de La Palissade (2022, 2023 et 2024) et Agde (2024). L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle \pm l'écart-type.

Dans la tranche d'altitude de détection (50-500 m), une part importante des déplacements est enregistrée à moins de 200 mètres, même si l'intégralité des classes de hauteur sont utilisées par les insectes.

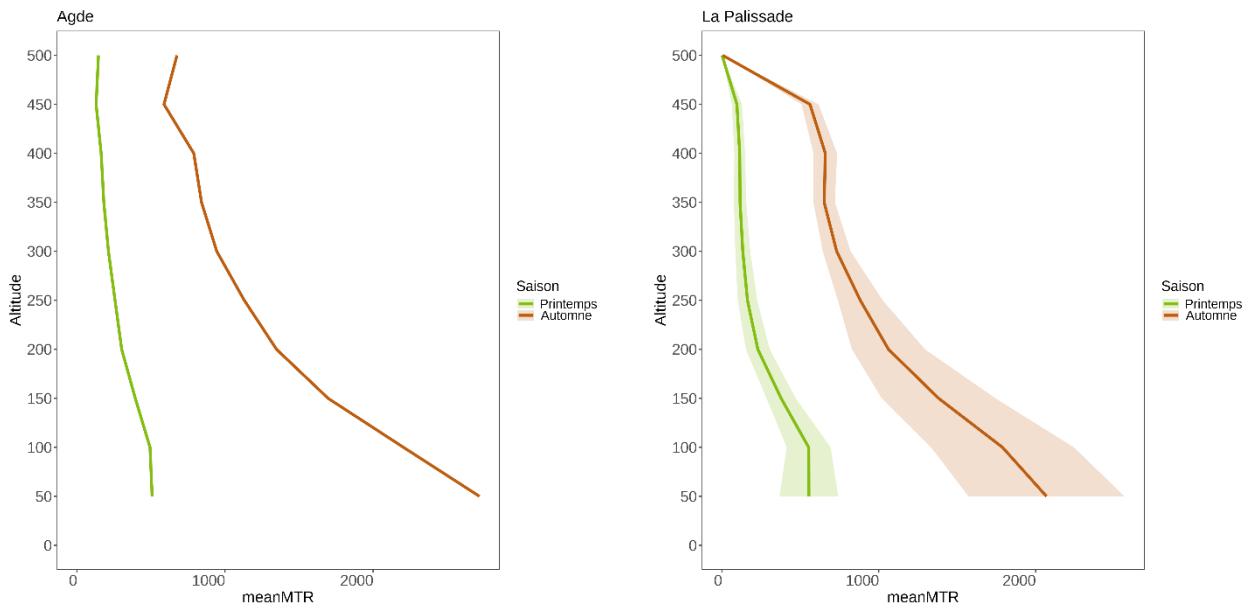


Figure 14 : Altitudes de vol en mètres des insectes détectés par radar au printemps (vert) et en automne (orange) sur le site d'Agde (gauche) et La Palissade (droite)

- Oiseaux

En comparaison, les oiseaux sont proportionnellement plus détectés en début de migration prénuptiale et en fin de migration postnuptiale, de nuit, quand les flux d'oiseaux sont importants et les mouvements d'insectes plus faibles.

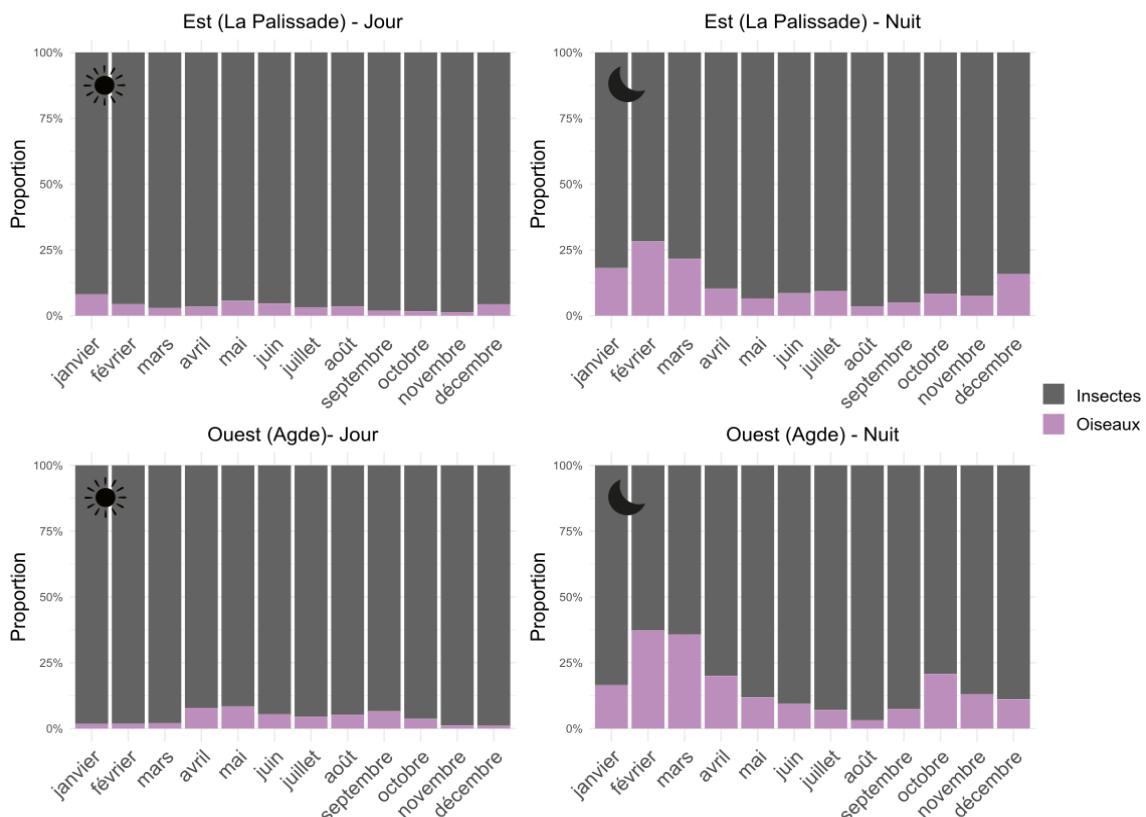


Figure 15 : Proportions d'insectes (en gris) et d'oiseaux (en rose) détectés par mois

Plusieurs millions d'oiseaux ont été détectés par an et par kilomètre sur les sites de la Palissade et d'Agde.

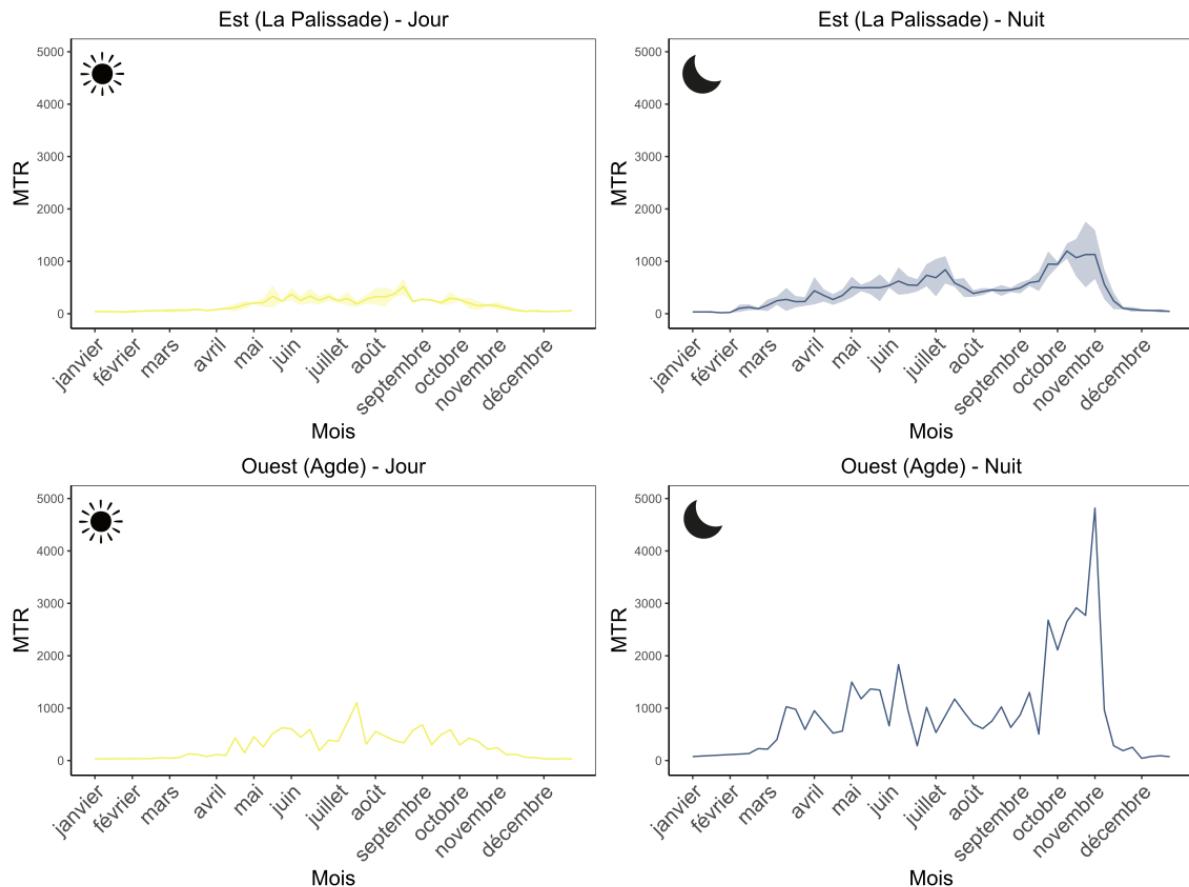


Figure-16 : Phénologie annuelle des mouvements d'oiseaux calculée sur des flux moyens hebdomadaires, sur le site de La Palissade (Camargue) en haut, et Agde en bas. Les courbes de gauche (jaune) représentent les mouvements de jour, les courbes de droite (bleu) les mouvements de nuit. L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle \pm l'écart-type.

► Classes d'oiseaux

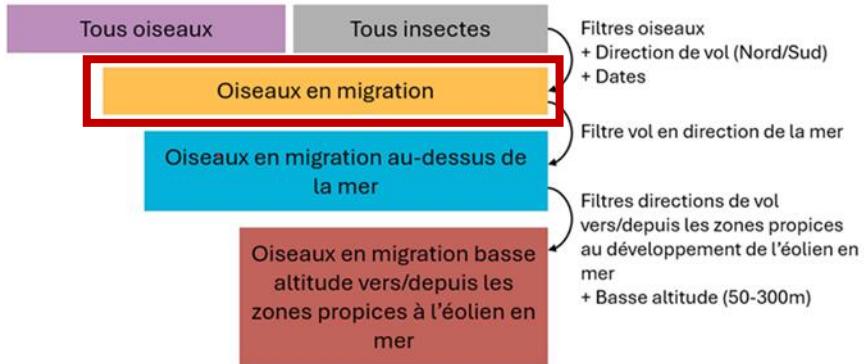
La majorité des oiseaux détectés sont des **passereaux**, répartis en « Petit passereau » (fréquence de battements d'ailes supérieure à 12,5 Hz), « Grand passereau » (fréquence de battements d'ailes inférieure à 12,5 Hz), « Type passereau », et par une majorité d'oiseaux classés en « Oiseaux sp. » (Oiseaux non identifiés) qui concernent principalement ce groupe.

Les oiseaux de « Type oiseau d'eau », désignant les oiseaux volant avec un battement d'ailes continu, représentent un dixième des flux totaux enregistrés. Les grands oiseaux et groupes d'oiseaux représentent 1% des flux, mais les effectifs associés sont sous-estimés car le radar ne peut dénombrer les individus volant au sein d'un groupe dense. Ce cas est d'autant plus vrai de jour, lorsque les oiseaux migrent de façon moins diffuse qu'au cours de la nuit.

4.1.3 Détail des oiseaux en migration

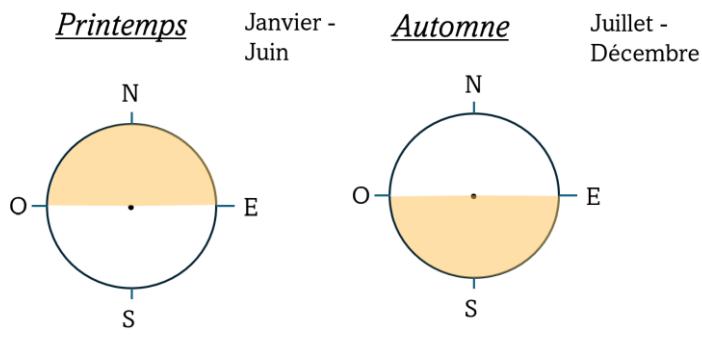
► Méthode

Cette partie détaille l'ensemble des mouvements d'oiseaux en migration.



• Filtre selon les directions de vol nord / sud

Afin de sélectionner les oiseaux se déplaçant dans le sens attendu de migration et d'isoler les oiseaux ayant un comportement de vol local, un premier filtre a été appliqué selon les directions de vol nord pour le printemps (oiseaux montant vers leurs zones de reproduction situées au nord de la Méditerranée) et sud pour l'automne (oiseaux descendant vers l'Afrique).



Directions de vol sélectionnées

Figure 17 : Représentation du premier filtre de sélection des oiseaux en migration

Les vols sont nettement directionnels dans le sens attendu de la migration entre février et avril, et entre aout et novembre.

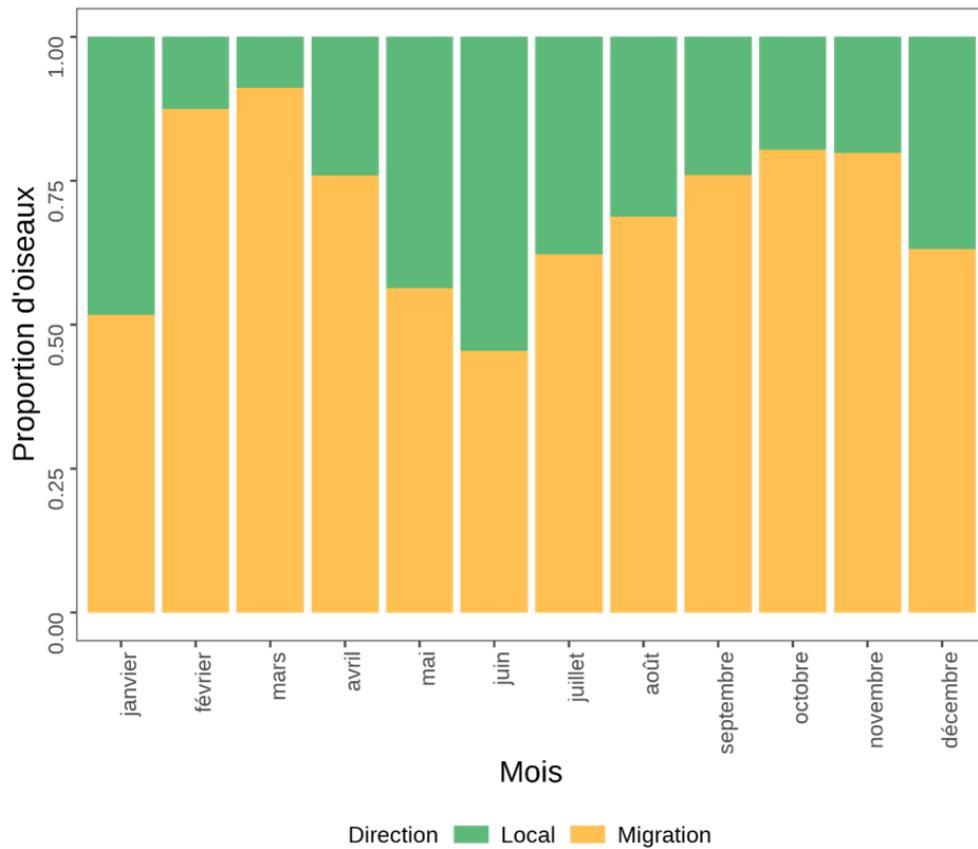


Figure 18 : Proportion de flux dans le sens attendu de migration et de déplacements locaux

Le graphique suivant présente la phénologie annuelle des mouvements d'oiseaux par classes vers le nord au premier semestre et vers le sud au second semestre. Ce premier niveau d'analyse permet d'identifier facilement les deux périodes de migration : migration prénuptiale entre février et mai et migration postnuptiale entre juillet/août et novembre. En été et en hiver, les déplacements dans le sens attendu de la migration sont plus faibles et la composition des classes est différente, avec notamment une proportion plus importante d'oiseaux alternant les vols battus et planés (type martinets, en vert) et oiseaux à vol battu (type oiseaux d'eau, en bleu).

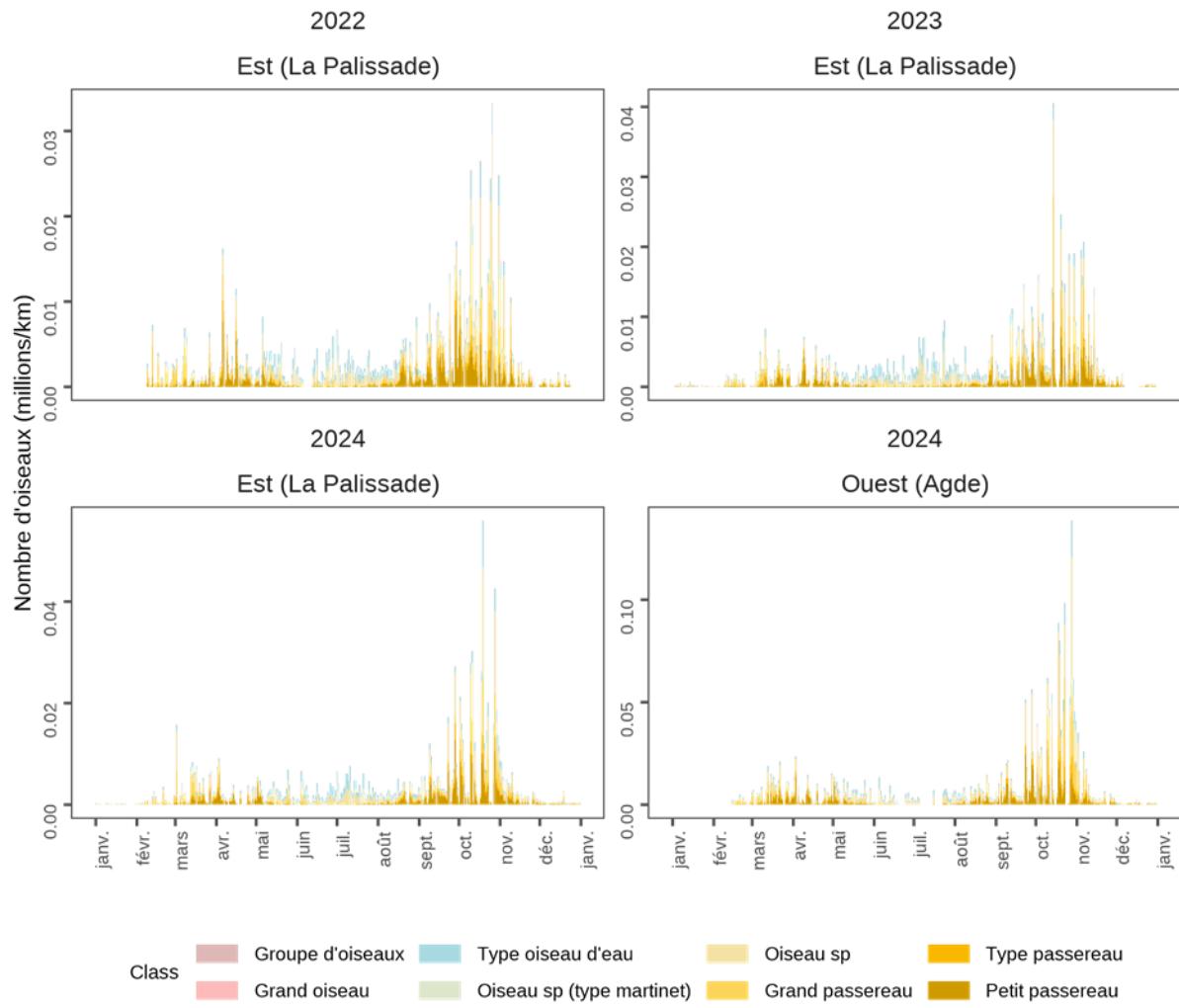


Figure 19 : Nombre journalier d'oiseaux par million et par km, de nuit, détaillé par classe d'oiseau, par site et par année.

- **Analyse de la directionnalité des vols**

Afin de préciser les périodes de migration, des tests de directionnalité des trajectoires ont été réalisés (test de Rayleigh, voir Shi et al 2021). L'hypothèse retenue est qu'en période de migration les mouvements sont directionnels, alors qu'en période de reproduction ou d'hivernage, la distribution des directions de vol est plus homogène. Les courbes suivantes représentent les pourcentages de vol directionnels (orangé) et non-directionnels (vert) corrigés par les flux.

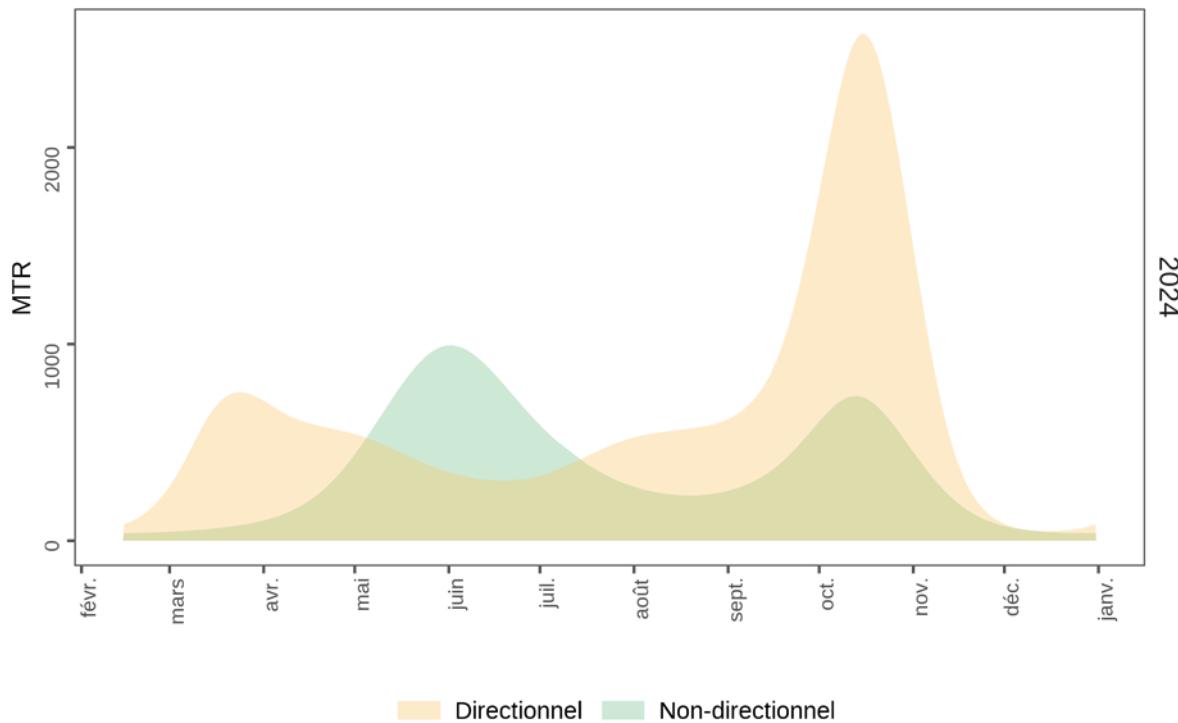


Figure 20 : Courbes annuelles lissées du MTR moyen nocturne rapporté aux proportions de vols directionnels (vert) et non-directionnels (orange) calculés par test de Rayleigh (Agde).

Les mouvements migratoires sont prépondérants entre mi-février et fin-avril, et entre aout et fin novembre. Les mois de mai et juillet présentent des mouvements mixtes, avec un mélange de mouvements migratoires et d'activité locale.

En analysant plus en détail les flux journaliers par année, les dates de début et de fin de migration sont assez stables même si elles présentent une certaine variabilité interannuelle. De manière schématique, la **migration prénuptiale** débute au niveau du golfe du Lion autour du **15 février** pour s'achever vers le **20 mai**, et la **migration postnuptiale** se déroule du **20 juillet au 30 novembre**.

Pour réaliser les analyses comparatives entre sites et entre années présentées ci-après, les dates retenues sont du 15 février au 20 mai et du 23 juillet au 30 novembre, qui regroupent les périodes d'acquisition communes au cours de 3 années (non-acquisition de données sur Agde du 20 au 23 juillet pour cause de surchauffe du radar).

Tableau 11 : Définition des périodes de migration

	Début	Fin	Durée (en jours)
Migration prénuptiale	15 février	20 mai	94 jours
Migration postnuptiale	20 juillet	30 novembre	133 jours

► Phénologie annuelle

- **Flux annuel**

De jour, les flux sont plus faibles et présentent une variabilité interannuelle plus importante qu'au cours de la nuit. L'activité diurne est importante entre avril et novembre, quand les flux nocturnes les plus élevés sont concentrés entre septembre et novembre.

Le flux maximum horaire a été enregistré sur le site d'Agde le 28/10/2024 à 18h UTC, avec plus de 26 000 oiseaux.km⁻¹.h⁻¹.

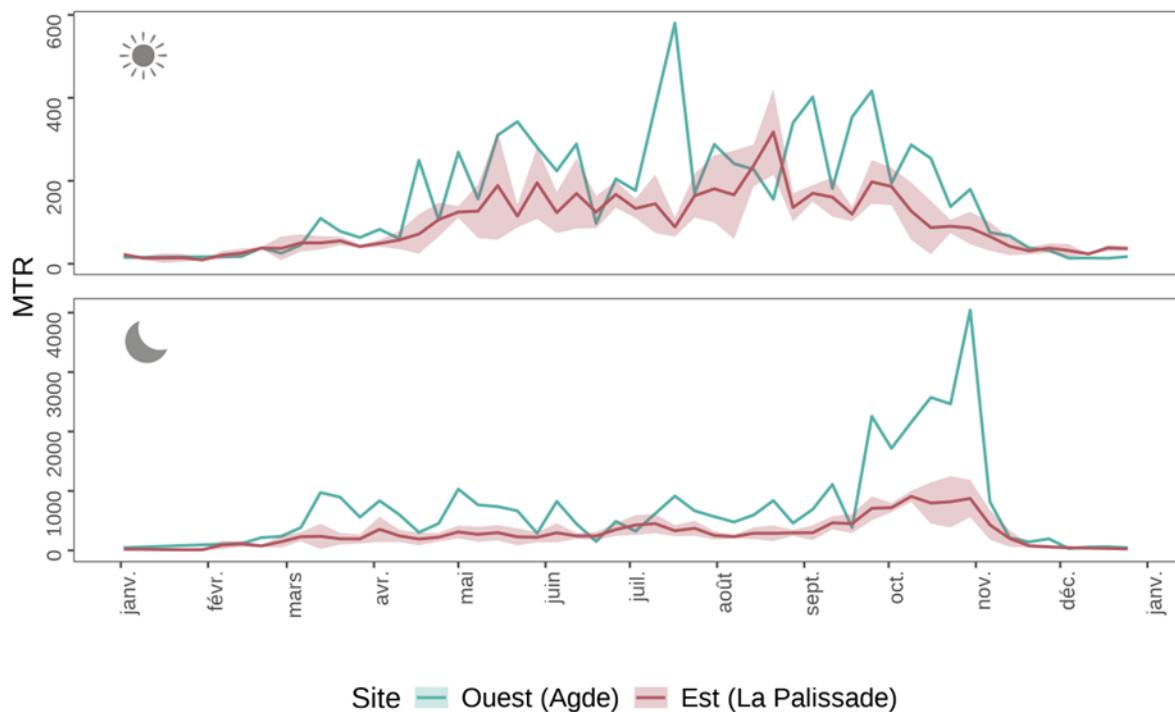


Figure 21 : Phénologie annuelle des mouvements migratoires d'oiseaux calculés sur les flux moyens hebdomadaires, comparant le site de La Palissade (rose) et celui d'Agde (bleu). Le graphique du haut représente les mouvements de jour, celui d'en bas les mouvements de nuit. L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle \pm l'écart-type.

- **Flux cumulé par saison**

Variabilité temporelle

La comparaison des 3 années de données à La Palissade (2022, 2023, 2024) révèle une variabilité interannuelle modérée. En journée, durant la migration de printemps, le nombre total d'oiseaux enregistré est très proche entre les années. A l'automne, la variation maximale du flux total diurne est de 15% entre années (entre 2023 et 2024). De nuit, le flux annuel varie de 25% au maximum au printemps entre années, et de 10% de nuit.

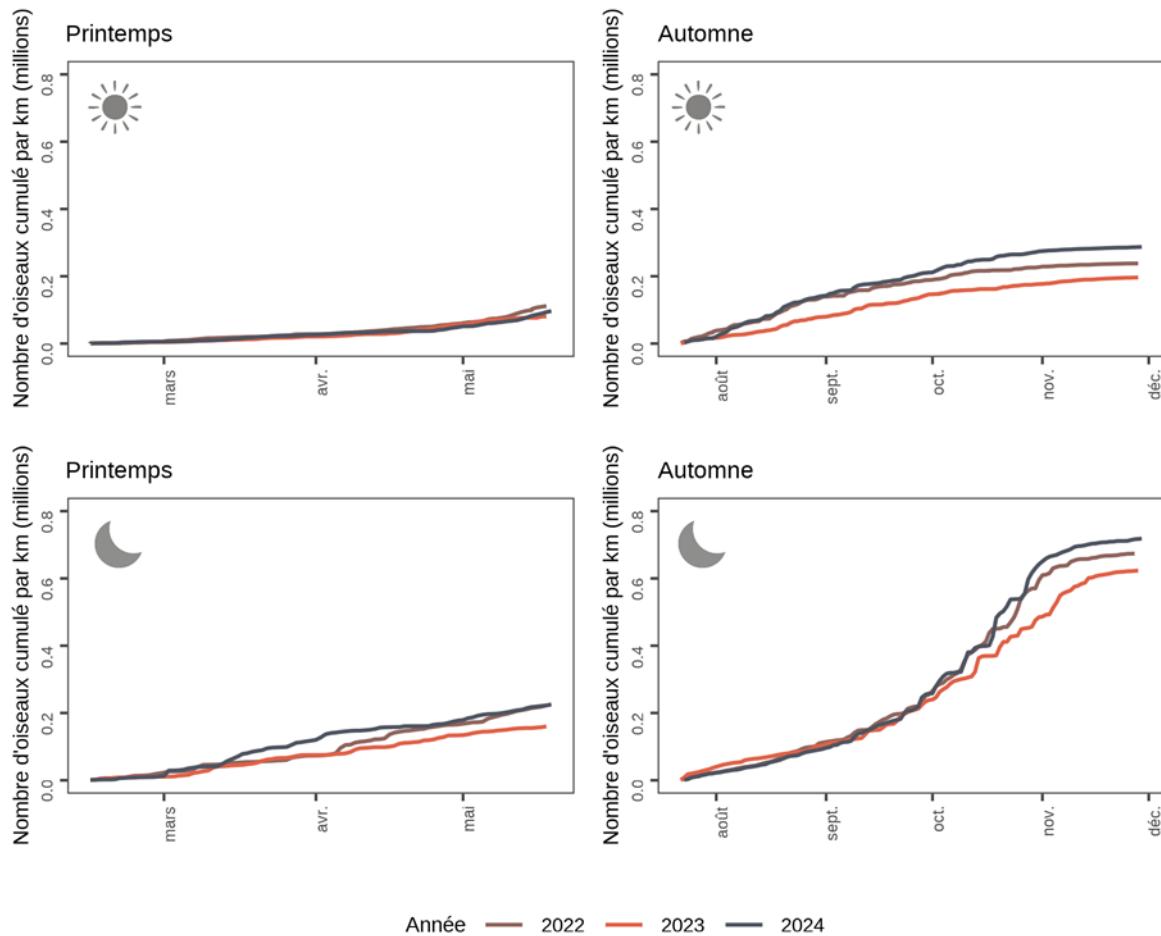


Figure 22 : Nombre d'oiseaux cumulé (par km) par saisons (printemps à gauche, automne à droite) à La Palissade, comparant les 3 années. Les graphiques en haut représentent les mouvements de jour, ceux d'en bas les mouvements de nuit.

Variabilité spatiale

La comparaison des données de 2024 entre La Palissade et Agde montre que le flux total d'oiseaux migrants est nettement plus important à l'ouest qu'à l'est du golfe du Lion.

De nuit, au printemps comme à l'automne, le nombre total d'oiseaux migrants est 2,5 fois plus important à Agde (555 000 contre 225 000 oiseaux.km⁻¹ au printemps, 1 790 000 contre 705 000 oiseaux.km⁻¹ à l'automne).

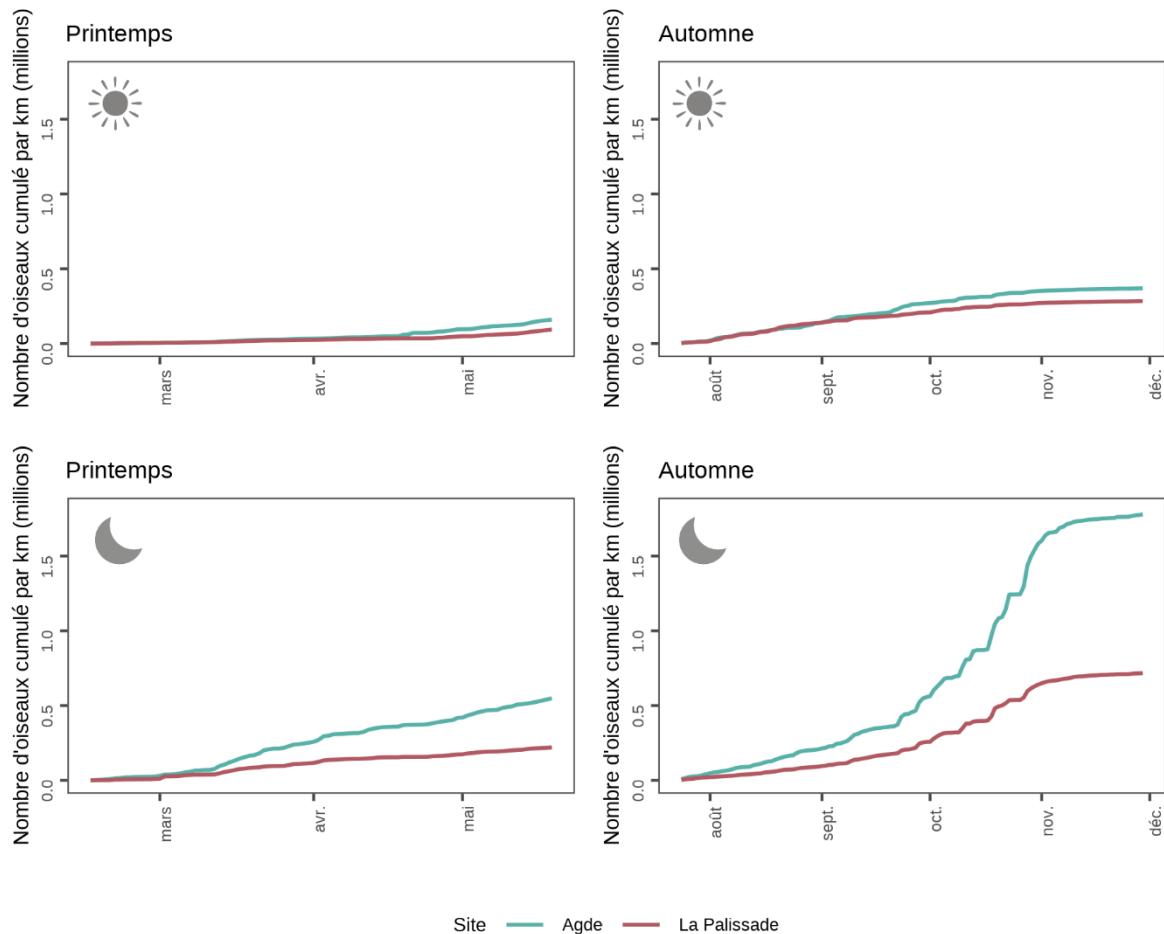


Figure 23 : Nombre d'oiseaux cumulé (par km) par saisons (printemps à gauche, automne à droite) en 2024, comparant le site de La Palissade (rose) et celui d'Agde (bleu). Les graphiques en haut représentent les mouvements de jour, ceux d'en bas les mouvements de nuit.

Les données du radar mobile en 2022 et 2023 confirment cette différence est/ouest, avec les 4 sites les plus à l'ouest (Banyuls, Leucate, Sérignan, Frontignan) ayant enregistré les flux les plus importants, notamment au printemps.

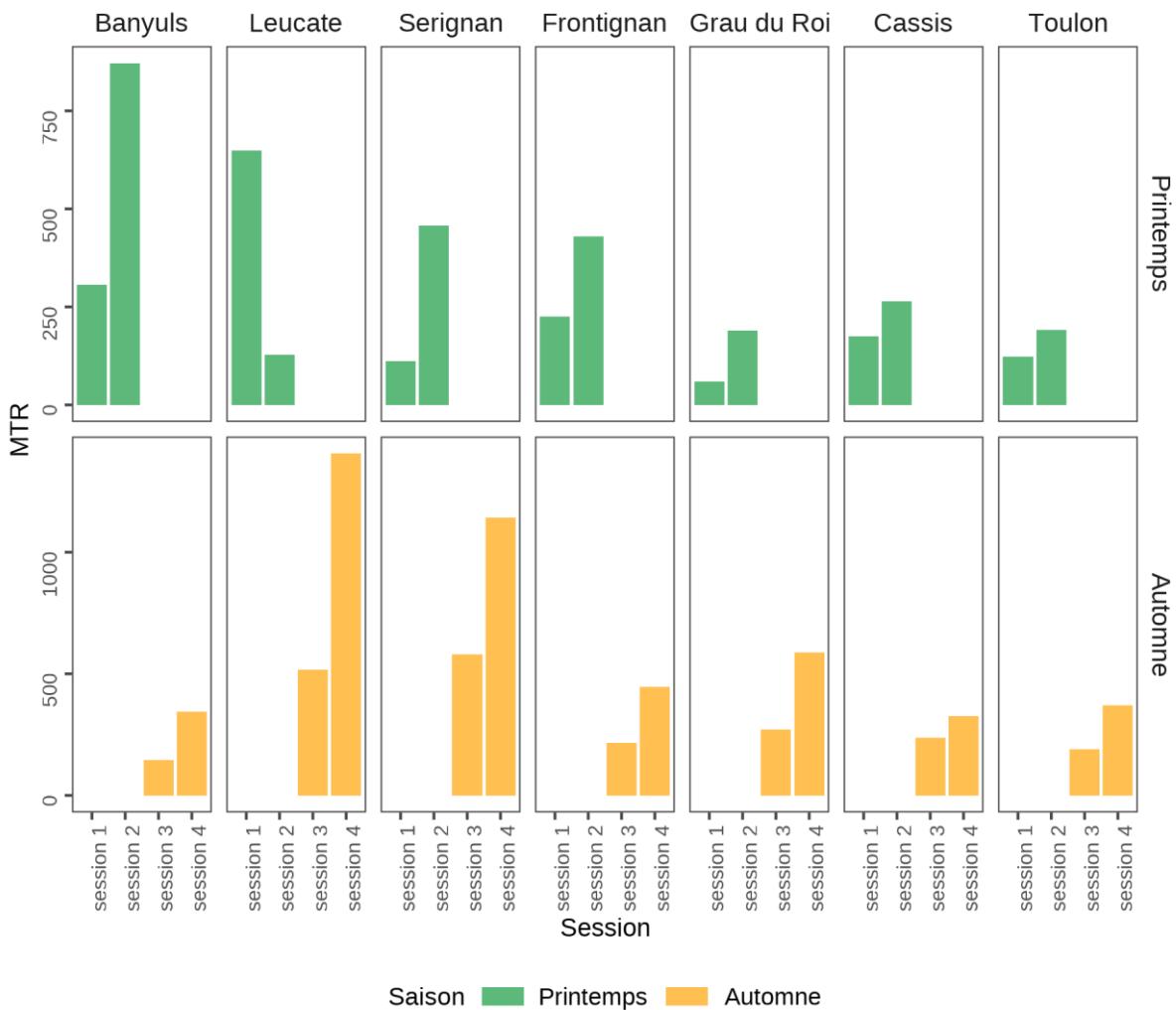


Figure 24 : MTR moyen selon les sites du radar mobile et les sessions (printemps en vert, automne en orange). Les sessions ayant eu lieu durant le printemps sont en vert, celles pendant l'automne en orange. Les valeurs sont moyennées sur les 2 années (2022 et 2023).

Concentration temporelle de la migration

La somme cumulée des nuits classées par MTR décroissant permet de compter le nombre de nuits permettant d'atteindre une certaine proportion du flux total enregistré. Les courbes suivantes illustrent cette analyse, et indiquent le nombre de nuits ayant permis d'atteindre 50% de la migration totale par saison.

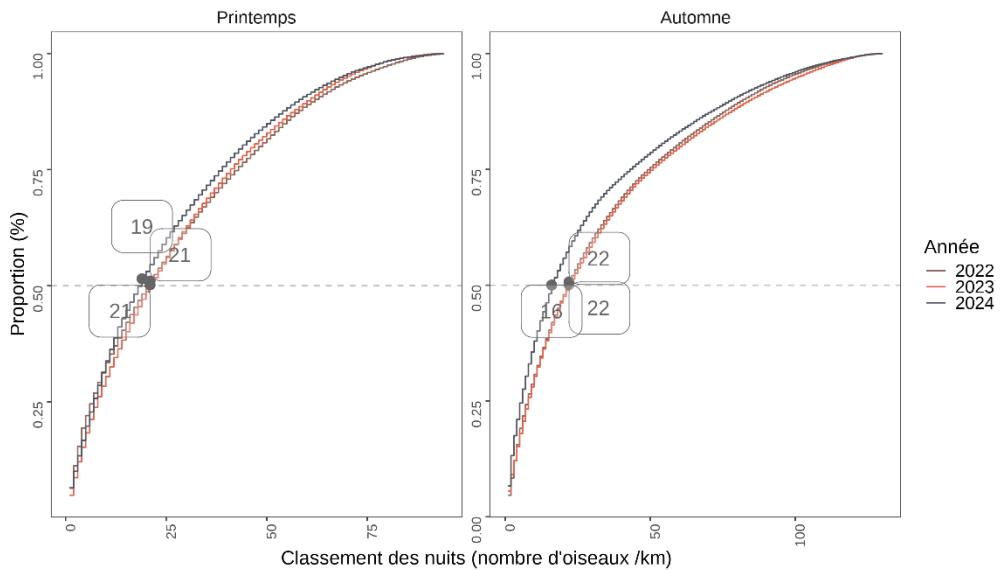


Figure 25 : Proportion de migration selon le nombre de nuits pour La Palissade. Le chiffre encadré gris correspond, pour chaque année, au nombre de nuits concentrant 50% des flux enregistrés.

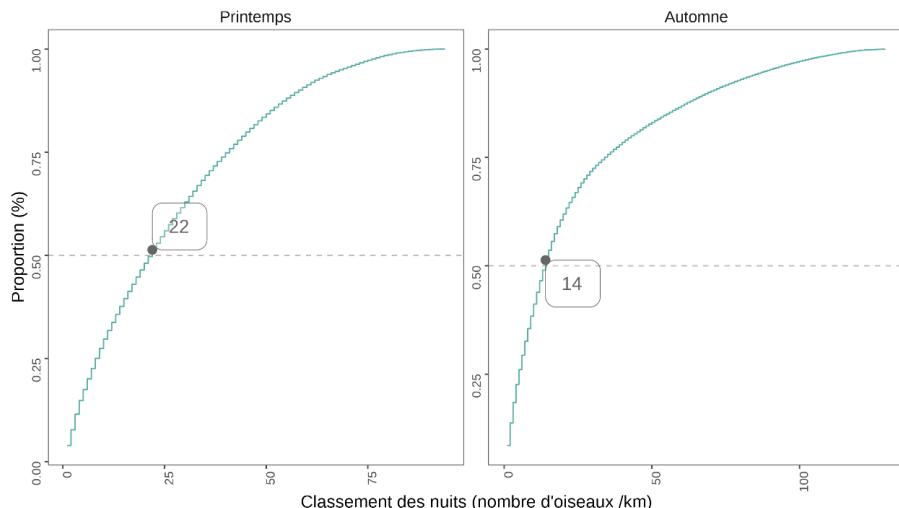


Figure 26 : Proportion de migration selon le nombre de nuits à Agde. Le chiffre encadré gris correspond au nombre de nuits concentrant 50% des flux enregistrés.

Au printemps, la moitié des flux migratoires se concentrent sur une vingtaine de nuits (19 à 22 nuits selon les années, sur 93 nuits). À l'**automne**, la variabilité interannuelle est plus importante, et la moitié des flux sont enregistrés sur **14 à 22 nuits** (sur 133 nuits).

Tableau 12 : Nombre de nuits cumulant 50% et 90% des flux en migration

Année	Nombre de nuits cumulant 50% des flux - Printemps	Nombre de nuits cumulant 50% des flux - Automne	Nombre de nuits cumulant 90% des flux - Printemps	Nombre de nuits cumulant 90% des flux - Automne	
	2022	21	22	62	82
La Palissade	2023	21	22	61	85
	2024	19	16	58	78
	Agde	2024	22	14	59
				70	

► Phénologie horaire

Le graphique suivant représente l'ensemble des flux horaires d'oiseaux enregistrés tout au long des 3 années sur le site de La Palissade. Chaque ligne correspond à une heure, et chaque colonne correspond à une journée. La courbe orange représente les heures de coucher du soleil, et la courbe rouge les heures de lever. La nuit est donc comprise entre les deux courbes, avec une durée plus importante en hiver (maximum le 21 décembre) et plus faible en été (minimum le 21 juin).

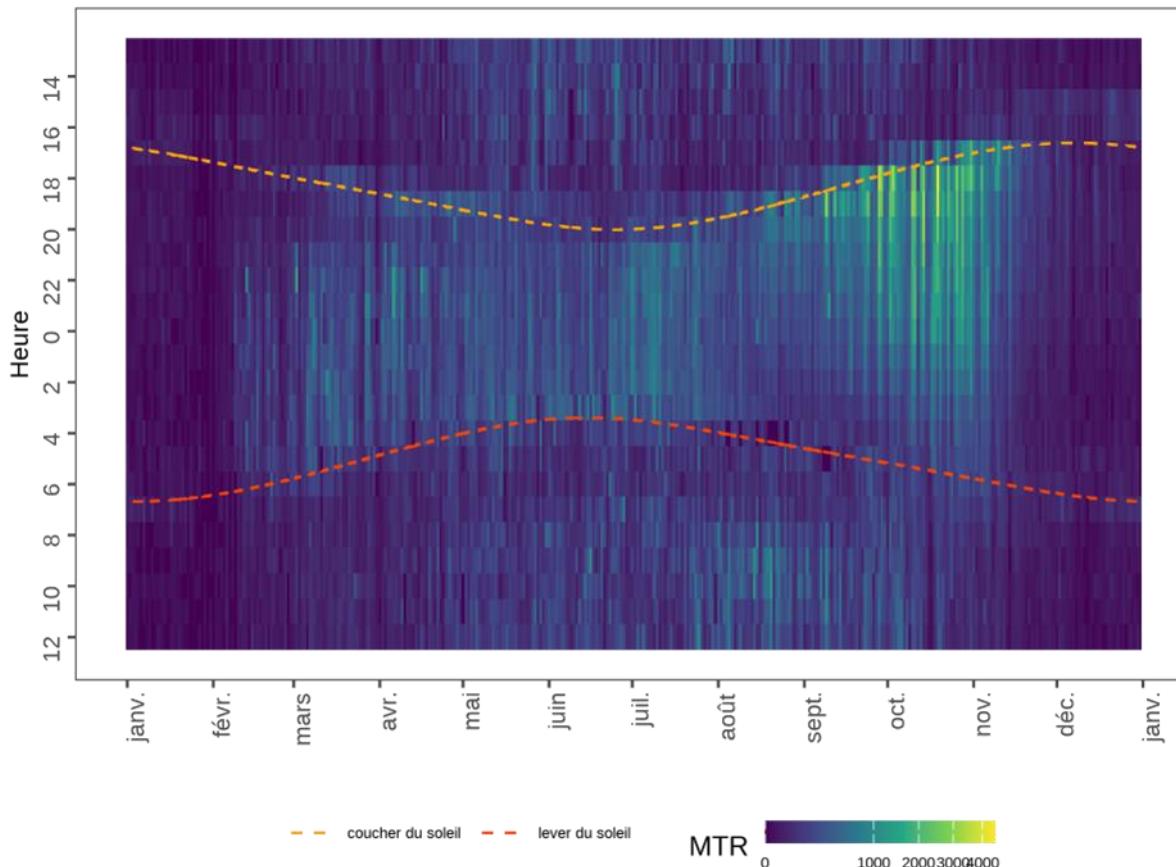


Figure 27 : Carte de chaleur montrant l'évolution horaire et journalière du nombre d'oiseaux détectés par km (en moyenne sur les 3 années) à La Palissade. Les courbes orange et rouge désignent respectivement les coucher et lever du soleil.

Cette figure montre que :

- la migration prénuptiale démarre nettement à la **mi-février**, et les mouvements au cours de cette période sont principalement nocturnes
- les flux les plus importants sont enregistrés en **début de nuit à l'automne** (octobre – début novembre)
- au printemps les flux sont majoritairement observés en milieu et fin de nuit comparativement à aout et septembre, où les flux se concentrent en début de nuit
- la **variabilité inter-journalière est importante** (bandes verticales étroites, avec une alternance de flux importants et plus faibles)
- l'activité diurne la plus importante est enregistrée en été et automne, surtout en matinée

La figure suivante détaille les flux moyens par heure détaillés sur les 10 mois de migration, pour les sites de La Palissade et Agde. Comme vu ci-dessus, les flux les plus importants se concentrent à l'automne en début de nuit, avec un pic très net une heure après le coucher du soleil, puis diminuent progressivement jusqu'au lever du jour. Au printemps les flux sont plus étalés tout au long de la nuit, à l'exception du mois d'avril.

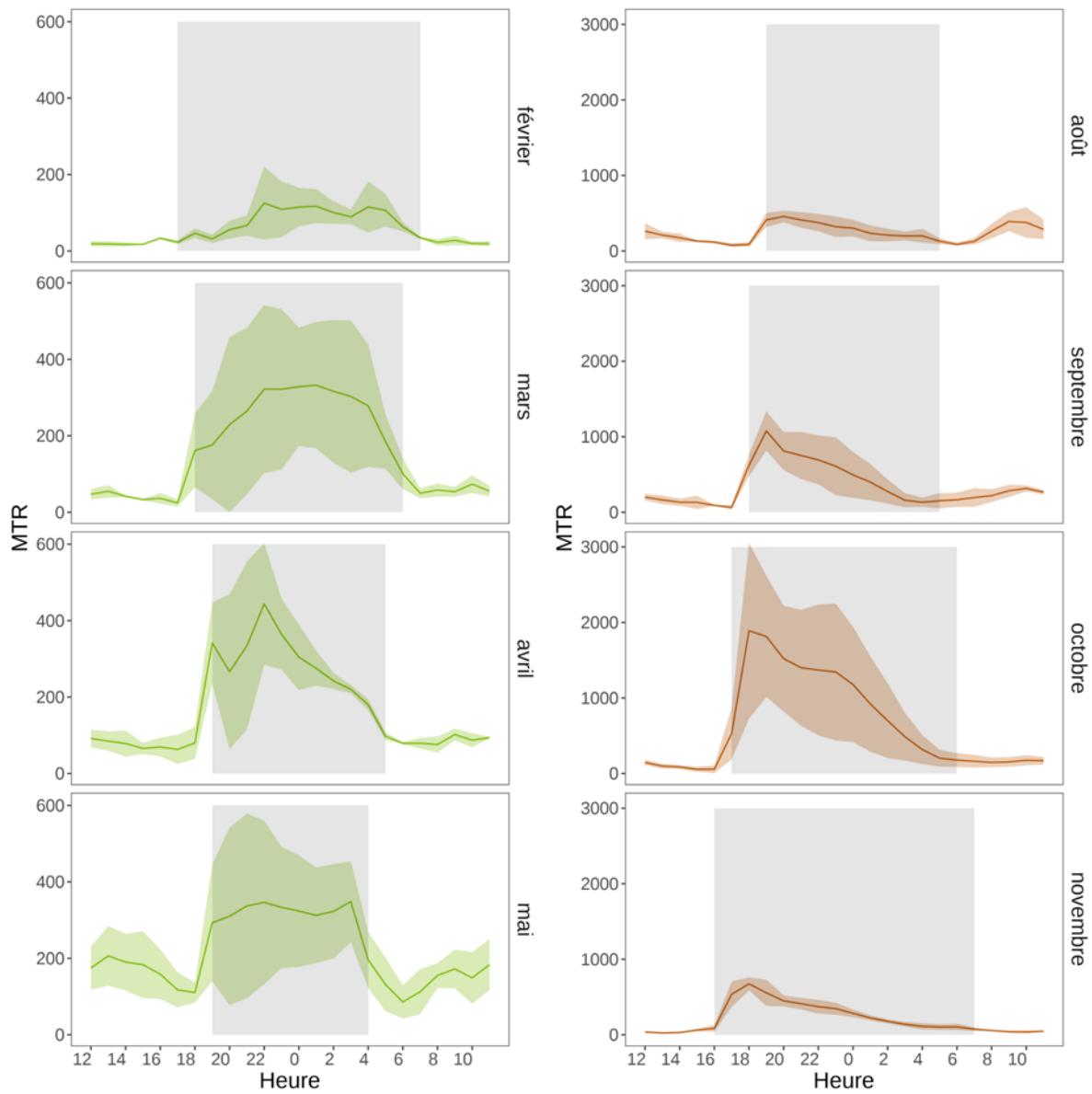


Figure 28 : Phénologie horaire mensuelle des oiseaux migrateurs, calculée à partir des MTR moyens sur les sites de La Palissade et Agde.

En périodes de migration, les flux nocturnes représentent 49 % (août) à 90 % (octobre) des déplacements enregistrés. Les mois qui enregistrent les proportions de flux nocturnes les plus importantes sont les mois de février, mars, avril, et septembre, octobre et novembre.

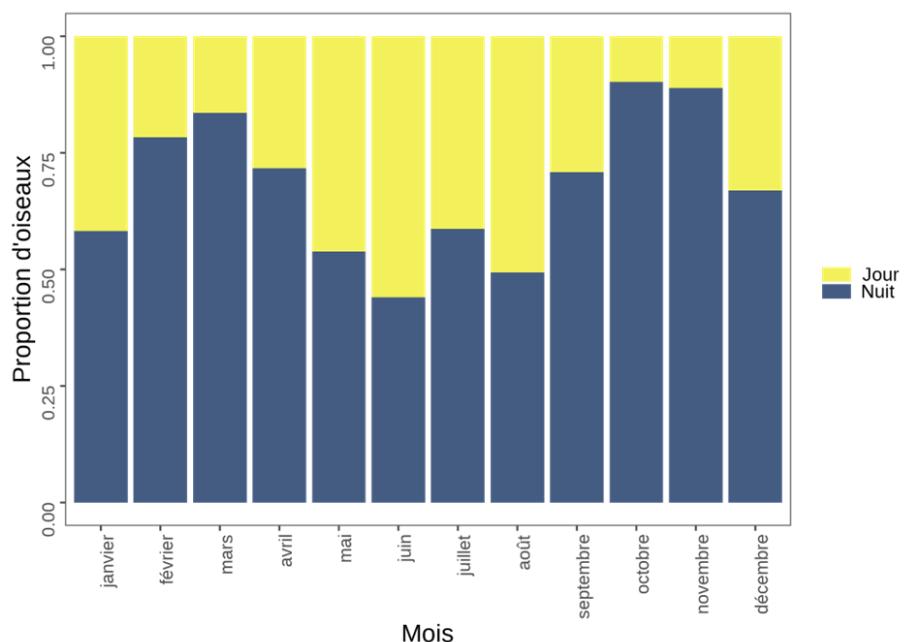


Figure 29 : Proportions des flux de migration de jour et de nuit (La Palissade 2022, 2023 et 2024, Agde 2024).

En moyenne, les flux nocturnes représentent 70% (printemps) à 75% (automne) du total des mouvements migratoires enregistrés.

Tableau 13 : Proportions de flux nocturnes par saison et par année sur les sites de La Palissade et Agde

Saison	Site	Année	Proportion d'oiseaux migrant de nuit (%)	Nombre d'oiseaux / km (de nuit)
Printemps	La Palissade	2022	66.4	215 002
		2023	68.0	164 962
		2024	70.0	223 252
	Agde	2024	77.6	557 229
		2022	74.4	676 385
	Automne	2023	75.7	630 664
		2024	72.2	703 989
	Agde	2024	82.6	1 792 278

La phénologie horaire est assez similaire entre les sites d'Agde et de La Palissade, avec toutefois certaines différences selon les mois. Au printemps, et particulièrement en mars et avril, les flux sont plus importants en début de nuit à l'ouest du golfe du Lion, alors qu'ils sont plus étalés au cours de la nuit à l'est. Cette différence peut s'expliquer par le fait qu'à l'ouest les mouvements concernent à la fois des migrants traversant la mer (qui sont les mouvements majoritaires à l'est), mais aussi une part importante d'oiseaux coupant le golfe du Lion, et donc partant de sites de haltes terrestres proches en début de nuit. A l'automne l'inverse est observé, avec des flux plus étalés à l'ouest, probablement lié au fait que les oiseaux décident de s'engager en mer préférentiellement en début de nuit, et qu'au fil de la nuit de plus en plus d'oiseaux coupent le golfe du Lion vers le sud-ouest, augmentant leur détection à l'ouest.

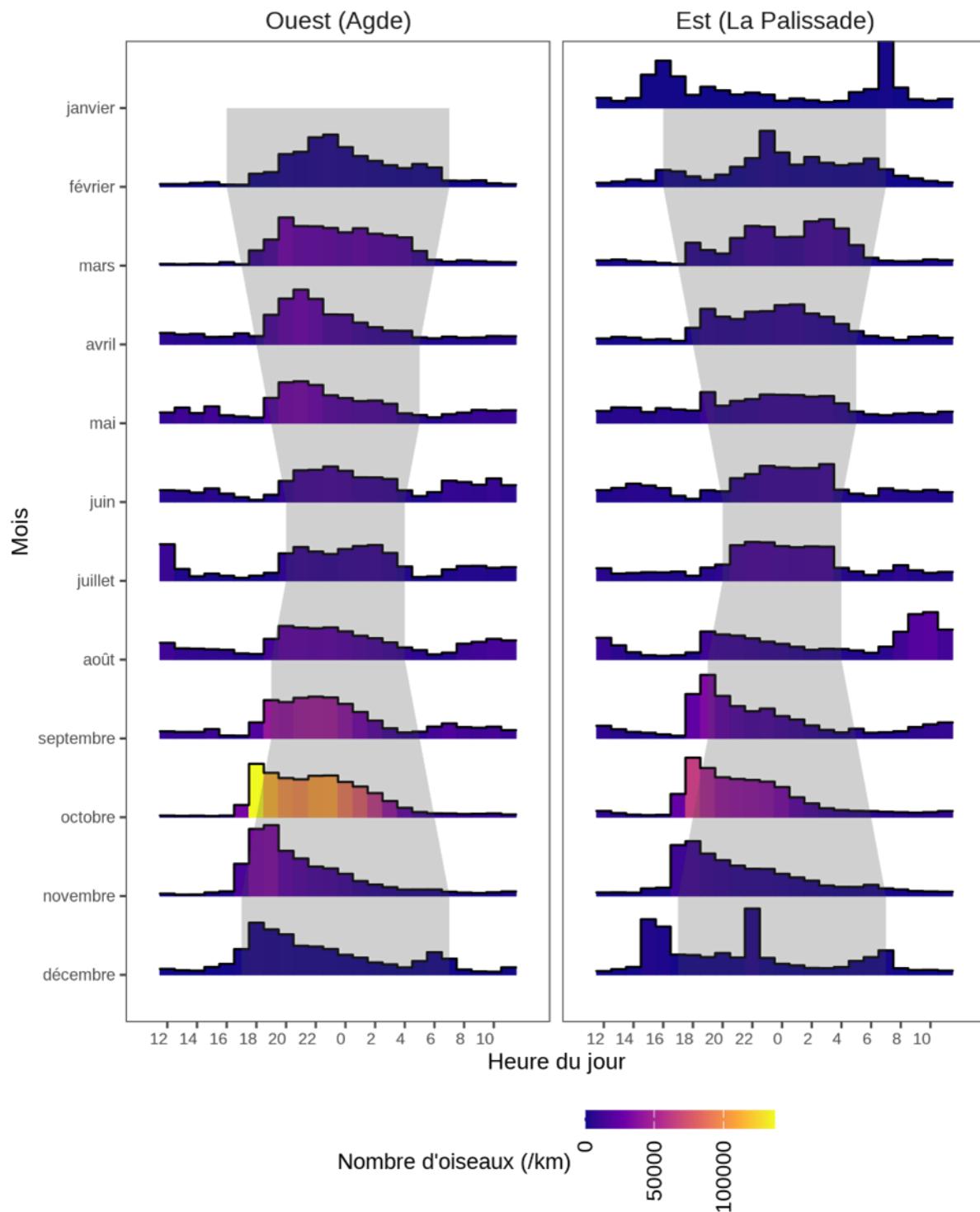


Figure 30 : Répartition horaire des flux par mois en 2024 à Agde et à La Palissade. Les couleurs du violet au jaune correspondent à l'intensité migratoire (nombre d'oiseaux.km⁻¹), le fond gris à la période de nuit.

Au niveau des sites du radar mobile, les flux sont plus concentrés dans le temps pour les sites situés à l'ouest du golfe du Lion, en lien avec l'intensité de migration qui est plus importante.

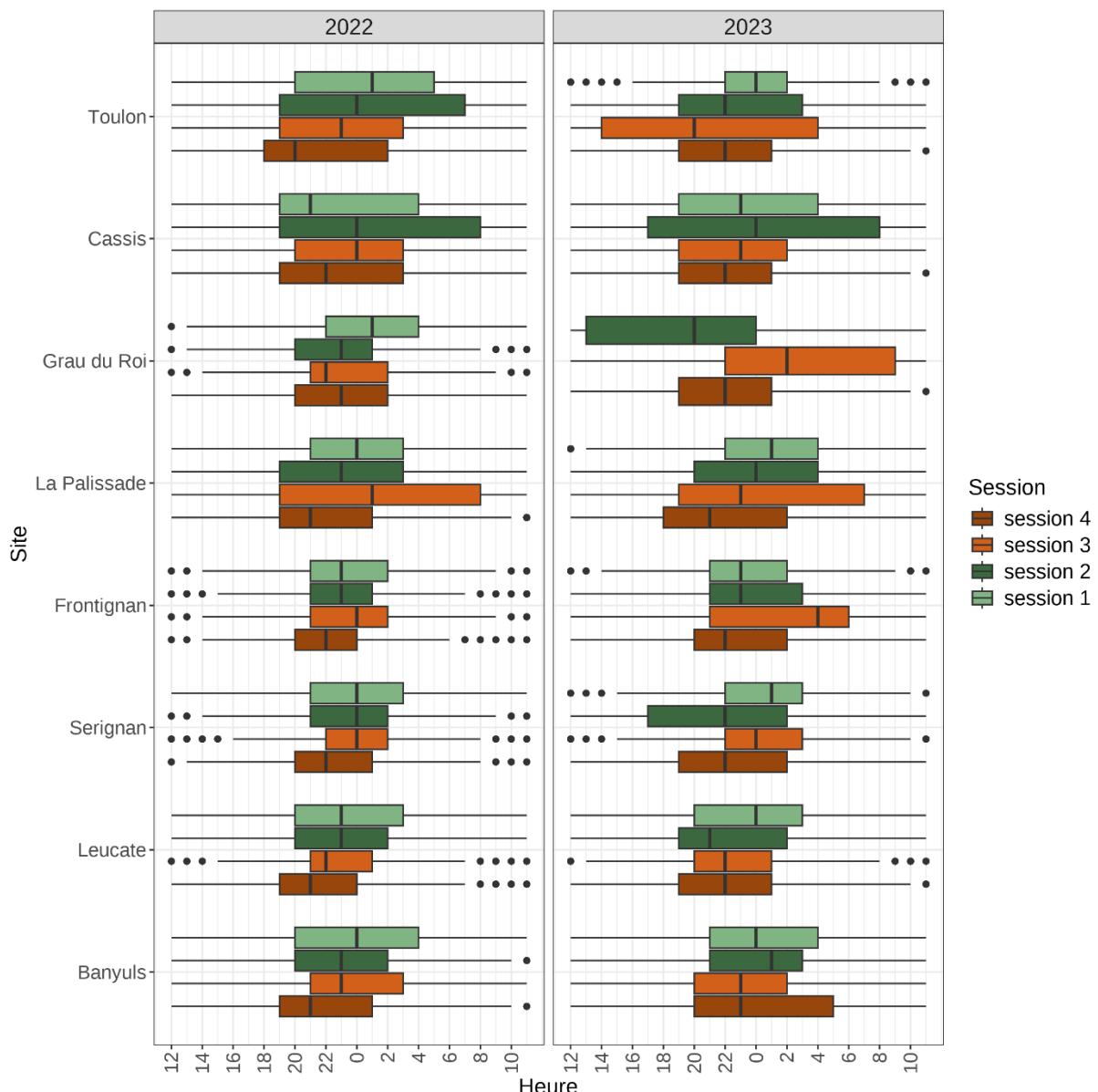


Figure 31 : Répartition horaire des flux par site du radar mobile et par session. La boîte correspond aux 50% des flux migratoires, la barre à la médiane et les points aux valeurs extrêmes.

► Classes d'oiseaux

La majorité des oiseaux détectés en migration sont des passereaux. En intégrant les oiseaux non-identifiés qui concernent en grande partie des passereaux, **le groupe des passereaux cumule plus de 80% des flux enregistrés**. La proportion plus importante d'oiseaux non-identifiés à l'automne est liée au fait que les passereaux volent en moyenne plus haut à cette période, entraînant une diminution de la performance de la classification.

Les oiseaux au vol battus (Type oiseau d'eau) représentent un dixième du flux de migrants total.

Les grands oiseaux et groupes d'oiseaux représentent moins de 1% des flux détectés, mais ces valeurs sont sous-estimées car le radar ne peut dénombrer les oiseaux volant au sein d'un groupe (un groupe compte alors pour un écho).

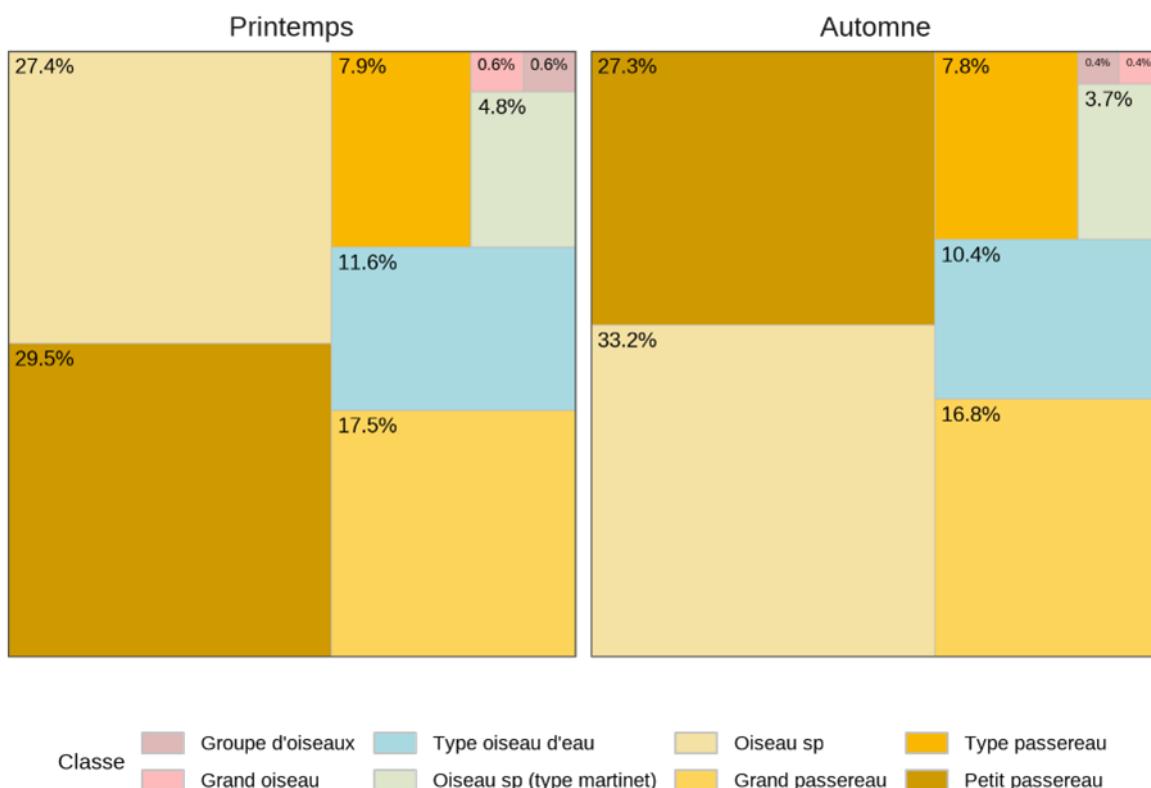


Figure 32 : Répartition des classes d'oiseaux selon la saison, basée sur les données de La Palissade (3 années) et d'Agde.

L'étude de la répartition des classes par mois, et notamment de nuit, montre l'évolution des cortèges selon l'avancement de la migration, avec une proportion plus importante de grands passereaux en début de migration prénuptiale (février-mars) et en fin de migration postnuptiale (octobre-novembre), qui laissent la place aux petits passereaux en fin de migration de printemps et début de migration d'automne.

Les grands passereaux (notamment les grives et alouettes qui constituent la majorité des effectifs de ce groupe) sont principalement des migrants courte-distance qui hivernent dans le sud de l'Europe ou au nord de l'Afrique, et sont observés par les ornithologues entre février et mars, et en octobre et novembre, ce qui coïncide avec ces résultats. Ces espèces ont en général un régime granivore ou mixte, leur permettent de trouver des ressources alimentaires sur une période étendue.

Les petits passereaux sont majoritairement des migrants longue-distance (ou migrants transsahariens), qui traversent le Sahara chaque année pour leur migration, et qui sont surtout observés en avril et mai, et aout et septembre. Ce décalage avec le groupe précédent est principalement lié à leur régime alimentaire différent. Les migrants longue-distance (petits passereaux comme les pouillots, fauvettes, rougequeue, gobemouches, hirondelles, etc.) se nourrissent en effet essentiellement d'insectes et reviennent plus tard au printemps, pour arriver au

moment où les insectes sont plus nombreux et leur permettent de recharger leurs réserves lors des haltes migratoires, ou s'alimenter et nourrir leurs jeunes sur les sites de reproduction. Ils quittent aussi leurs zones de reproduction plus tôt avant que la quantité d'insectes ne soit trop faible avec la diminution des températures. Leur durée de migration est par ailleurs plus longue compte-tenu des distances parcourues, qui peuvent dépasser les 10 000 km.

Les oiseaux d'eau sont notés en proportions variables selon les mois, en lien avec la diversité des espèces constituant ce groupe. En début de migration prénuptiale et fin de migration postnuptiale, les anatidés (e.g. canards) constituent une part importante des flux. À l'inverse, en fin de migration de printemps et en début de migration d'automne, ce sont surtout les limicoles (bécasseaux, gravelots, chevaliers, barges, etc.) qui concentrent les flux d'oiseaux d'eau. Entre ces périodes, et de manière schématique, les familles des Ardéidés (hérons, aigrettes, etc.) et rallidés sont représentées.

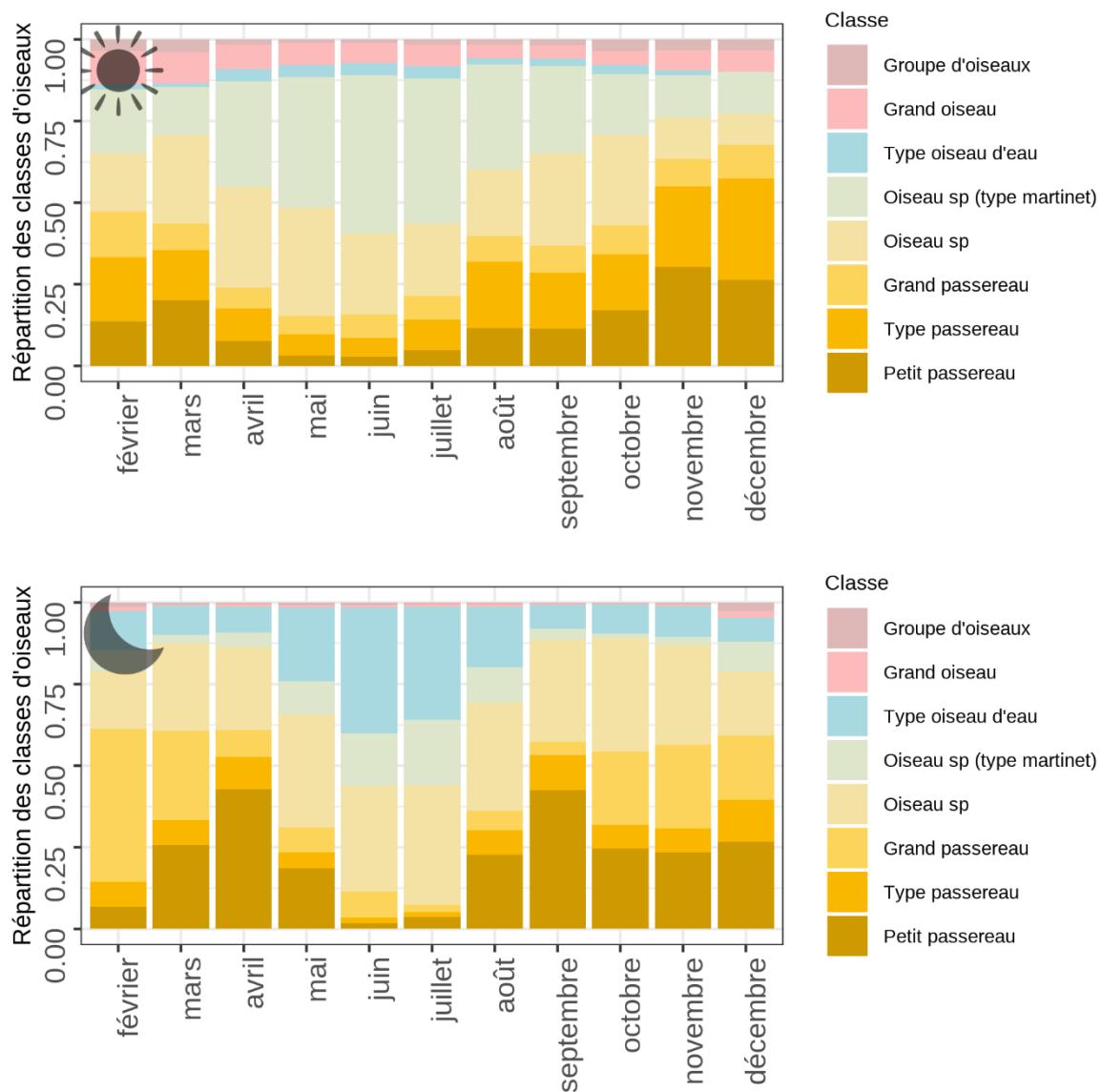


Figure 33 : Répartition mensuelle des classes d'oiseaux, de jour (haut) et de nuit (bas) calculée sur les données de La Palissade (3 années) et d'Agde.

Le graphique suivant détaille la répartition des classes d'oiseaux par heure et par mois. Les proportions importantes de passereaux de nuit (en grisé), coïncident avec les mois de plus forte activité migratoire (février à mai, et aout à novembre).

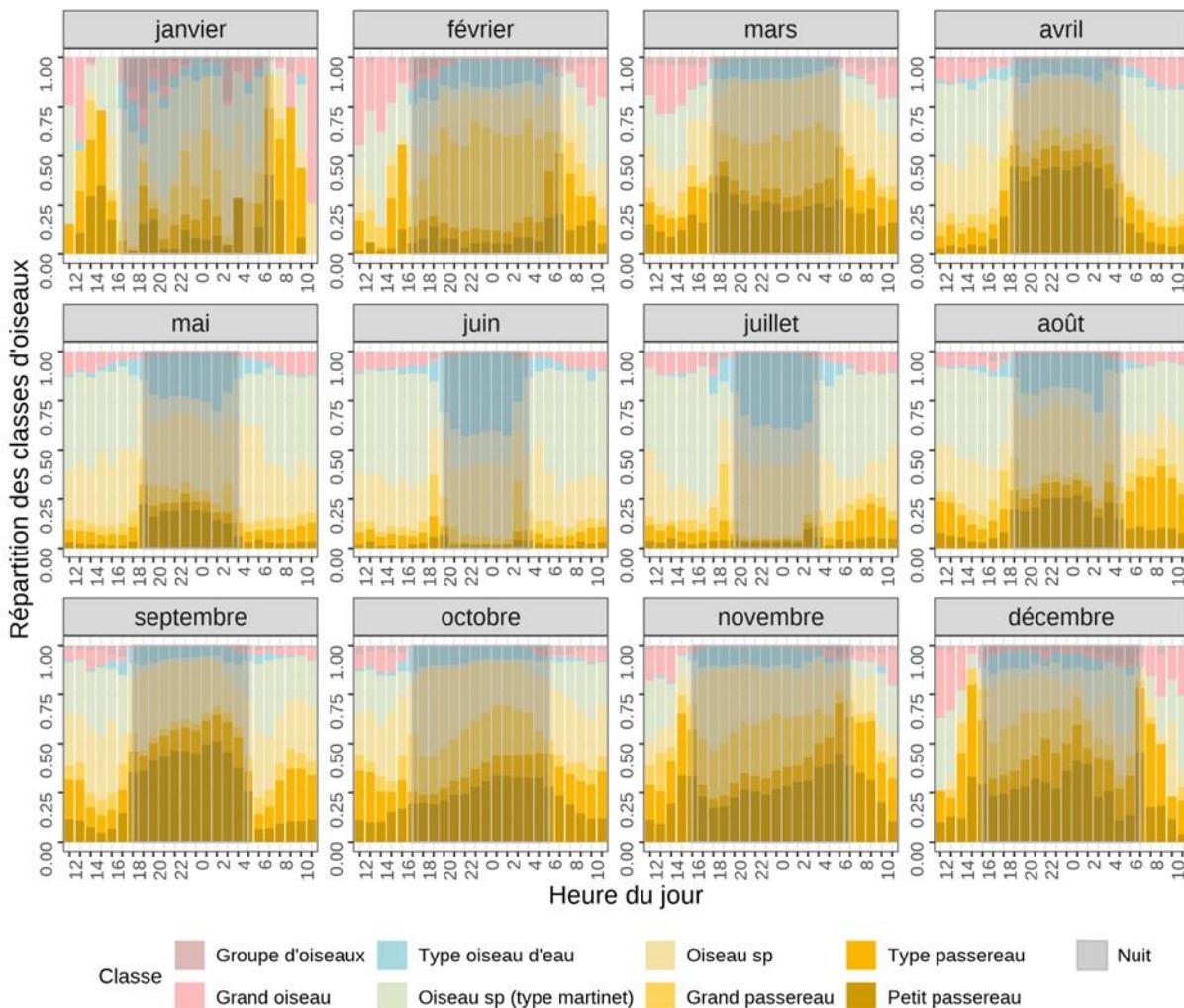


Figure 34 : Répartition horaire des classes d'oiseaux selon le mois, calculée sur les données de La Palissade (3 années) et d'Agde.

► Hauteurs de vol

Les radars ont été paramétrés pour détecter les oiseaux jusqu'à une hauteur maximale de 1500 mètres. Toutefois, la distance de détection est proportionnelle à la taille des cibles, et les espèces les plus petites (comme les roitelets qui pèsent environ 5 grammes pour 15 cm d'envergure) sont détectées à des distances plus faibles (environ 800 mètres). Les profils d'altitude présentés ci-après doivent donc être interprétés en intégrant cette limite, et les valeurs au-dessus de 800 mètres sont nécessairement sous-estimées.

Les profils altitudinaux sont différents entre les deux saisons de migration, et entre le site d'Agde et de la Palissade. Les hauteurs de vol sont en moyenne plus élevées à l'automne par rapport au printemps, ce qui est une spécificité locale car la bibliographie montre généralement l'inverse.

Cette différence pourrait être liée au fait qu'au printemps une partie des oiseaux qui traversent la Méditerranée décident de se poser près du littoral après leur voyage pour faire une halte, impliquant une diminution des hauteurs de vol mesurée à la côte.

En migration postnuptiale, les flux les plus importants sont notés en dessous de 150 mètres à La Palissade, et en dessous de 300 mètres à Agde. Sur ce dernier site, de nombreux mouvements migratoires sont détectés entre 300 et 900 mètres d'altitude, alors que la proportion de vol à haute altitude est plus faible à la Palissade.

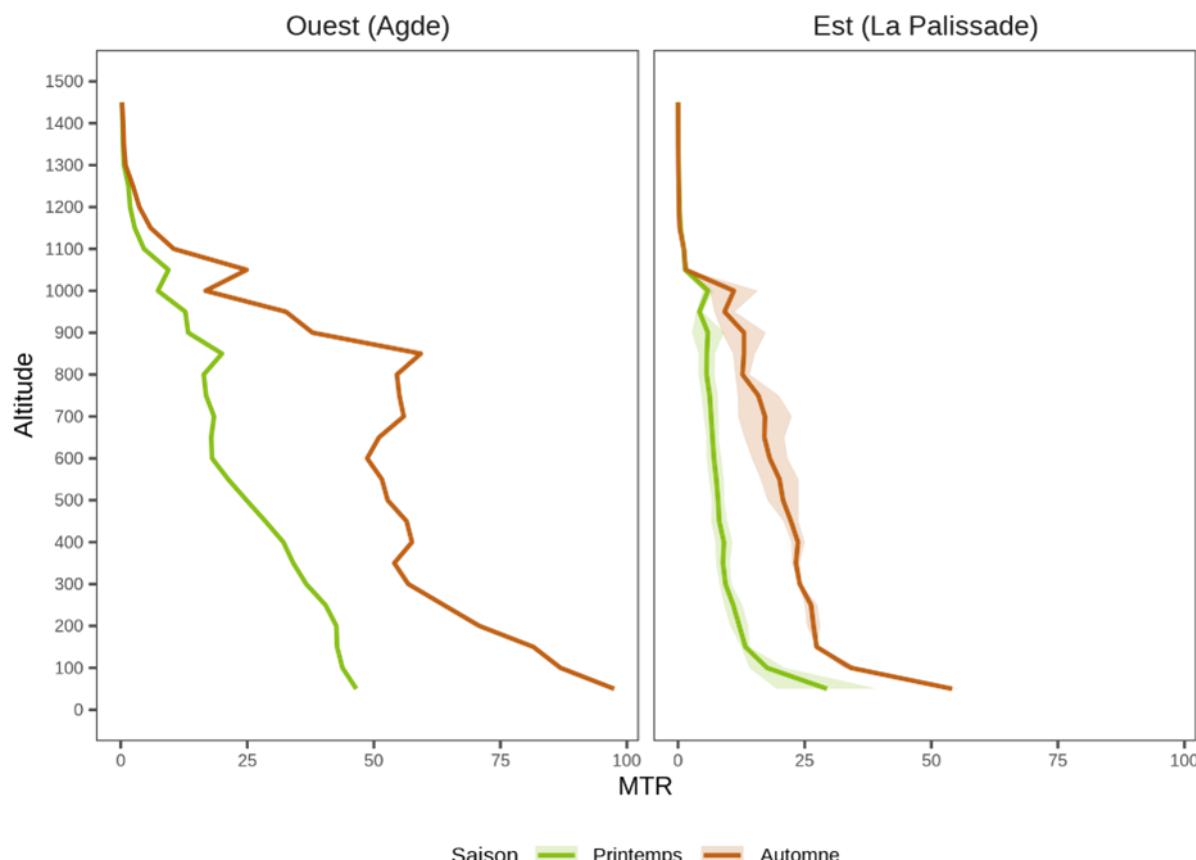
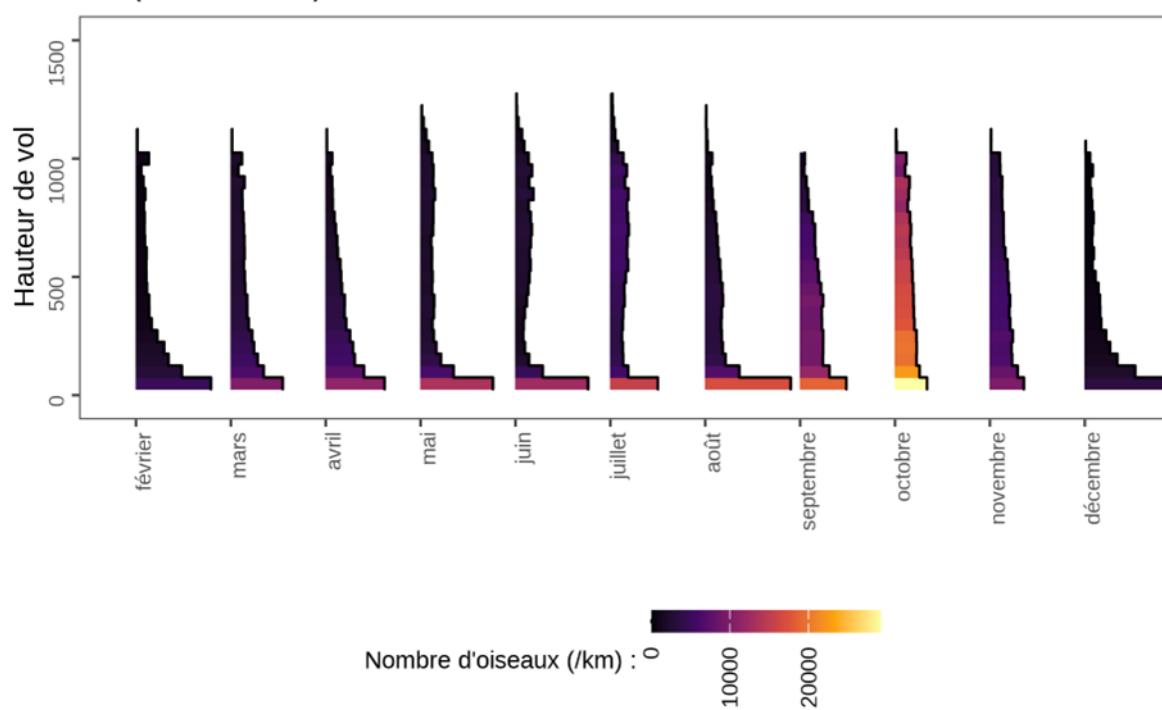


Figure 35 : Distribution des hauteurs de vol calculée à l'aide du MTR moyen par altitude et par saison, à La Palissade et Agde.

La répartition altitudinale des flux est assez stable selon les saisons par site. Les profils de février, mars et avril d'une part, et aout à novembre d'autre part à La Palissade sont assez proches entre eux, à l'exception des mouvements à très basse altitude. À Agde, les profils de mars à mai pour la migration prénuptiale, et d'aout, octobre et novembre pour la migration postnuptiale sont aussi similaires.

Est (La Palissade)



Ouest (Agde)

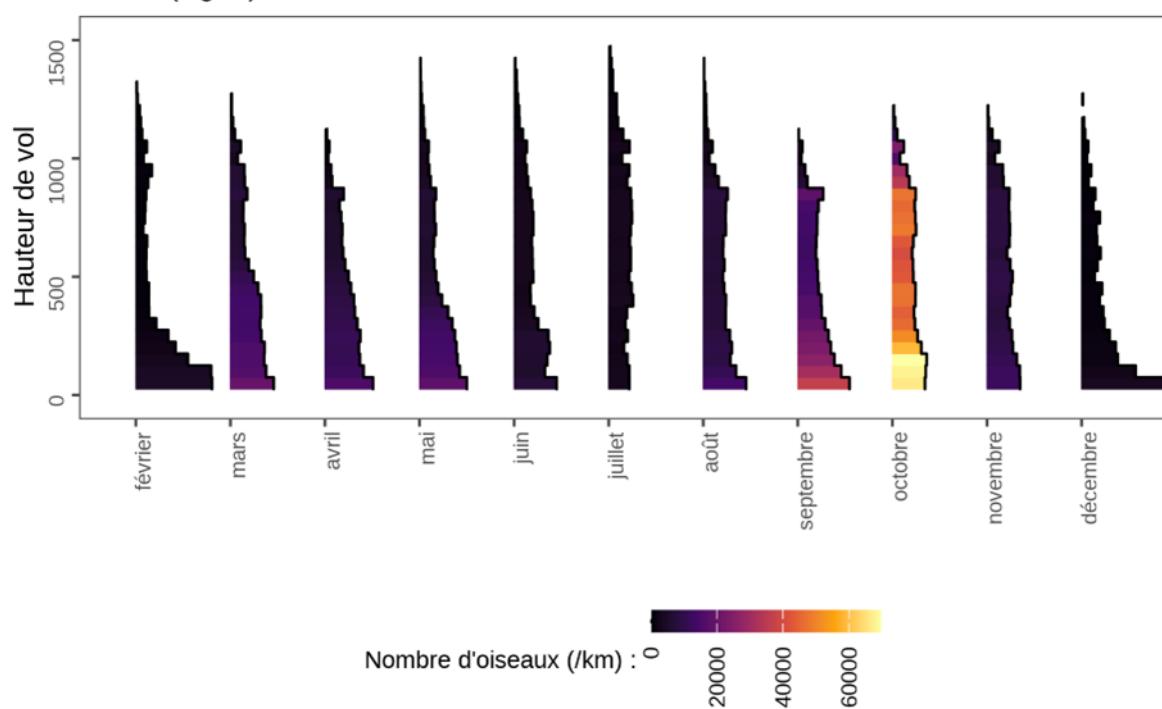


Figure 36 : Distribution mensuelle des hauteurs de vol, en comparant l'ouest (Agde, en bas) et l'est (La Palissade, en haut) du golfe du Lion. La couleur correspond à l'intensité migratoire (nombre d'oiseaux /km).

Les figures suivantes présentent les flux d'oiseaux par tranche d'altitude et par heure pour chaque saison et chaque site, afin d'étudier les potentiels changements de hauteur de vol au cours de la journée.

Au printemps, les hauteurs de vol augmentent nettement au cours des premières heures de la nuit à Agde, puis diminuent régulièrement jusqu'au lever du jour, à l'exception des mouvements à haute altitude (au-dessus de 700 mètres) qui sont observés tout au long de la nuit. A La Palissade le pic est décalé et plus étalé dans le temps, et les hauteurs de vol restent importantes même en milieu et fin de nuit. Cette différence peut s'expliquer par le fait qu'à La Palissade une part importante des migrants au printemps arrive directement depuis la mer. Leur arrivée sur les côtes dépend de l'heure à laquelle ils ont quitté l'Afrique ou les sites de halte (Baléares, Sardaigne, etc.) et les conditions météo rencontrées au cours de leur voyage. A Agde, le pic de début de nuit est probablement lié à des oiseaux ayant fait halte le long de la côte catalane ou du sud du Languedoc et qui repartent en migration.

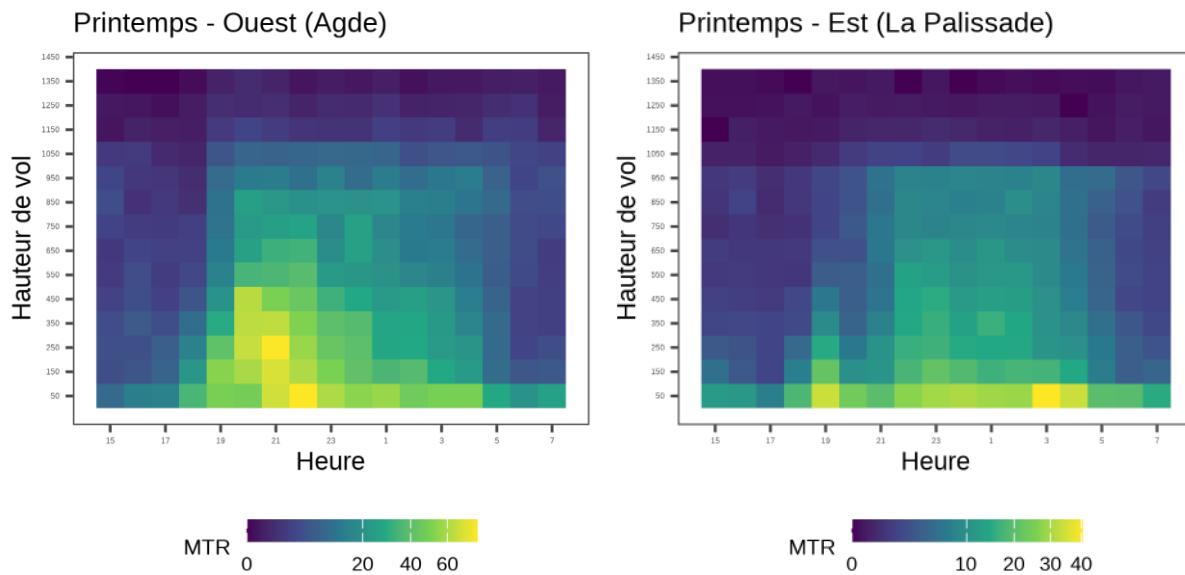


Figure 37 : Cartes de chaleur présentant le MTR moyen selon l'heure et la hauteur de vol, au printemps (La Palissade et Agde).

A l'automne, la différence temporelle est moins marquée entre les deux sites, en revanche la différence entre les classes d'altitude utilisées est visible, avec des mouvements hauts à Agde en début de nuit et plus bas en milieu de nuit, et une répartition plus linéaire à La Palissade.

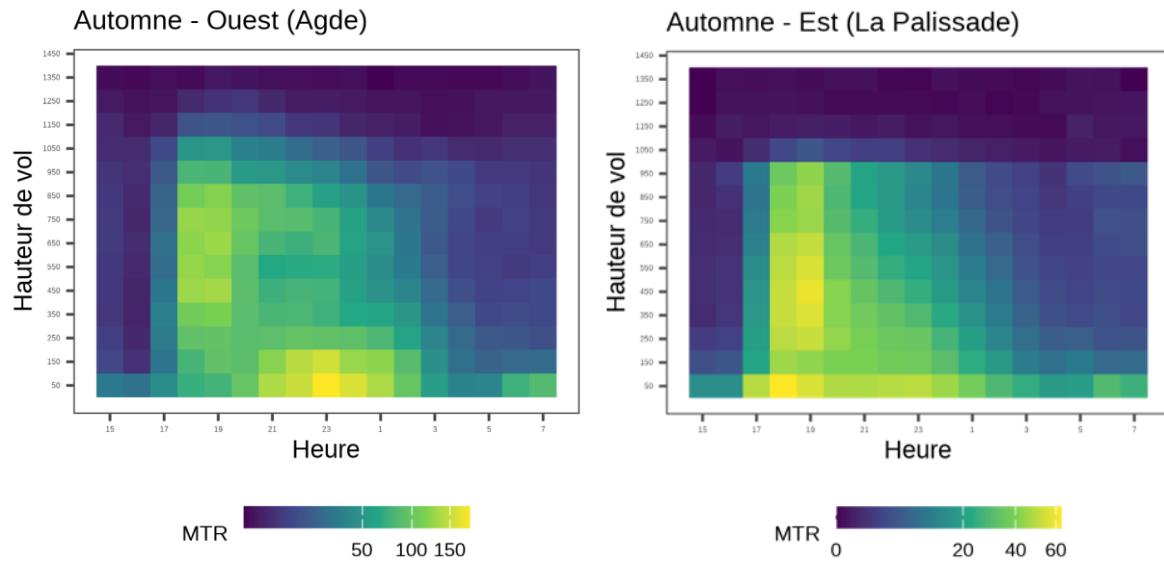


Figure 38 : Cartes de chaleur présentant le MTR moyen selon l'heure et la hauteur de vol, à l'automne (La Palissade et Agde).

► Directions de vol

L'analyse des directions de vol est importante pour comprendre le comportement des oiseaux migrateurs au niveau de la limite terre – mer, et étudier notamment la part de ceux qui longent la côte par rapport à ceux qui décident de traverser la mer.

Les graphiques suivants présentent les directions de vol moyennes par mois sur les sites de La Palissade et Agde. Les directions de vol en période de migration sont différentes selon la localisation ouest (Agde) ou est (La Palissade).

À l'est au printemps, les directions sont étalées entre le nord (oiseaux arrivant directement de la mer) et l'est (oiseaux longeant la côte), avec une proportion importante d'oiseaux venant du sud-ouest, probablement en provenance des côtes catalanes ou sud languedociennes et qui ont ainsi coupé le golfe du Lion. A l'ouest, les directions sont plus marquées nord ou nord-est, avec des oiseaux arrivant ainsi de la mer ou longeant la côte, mais peu qui décident de couper le nord du golfe du Lion en direction de l'est.

À l'automne, les déplacements sont encore plus focalisés et parallèles à la côte à l'ouest, alors qu'à l'est les directions sont plus étalées et essentiellement en direction de la mer, du sud-ouest vers les côtes espagnoles, le sud vers l'Afrique, et le sud-est vers la Sardaigne.

L'analyse des directions de vol issues des données du radar mobiles de 2022 et 2023 confirme cette différence, avec des mouvements préférentiellement parallèles à la côte pour les sites situés à l'ouest du golfe du Lion (Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault), et des directions plus orientées en mer pour les sites à l'est (Gard, Bouches du Rhône, Var).

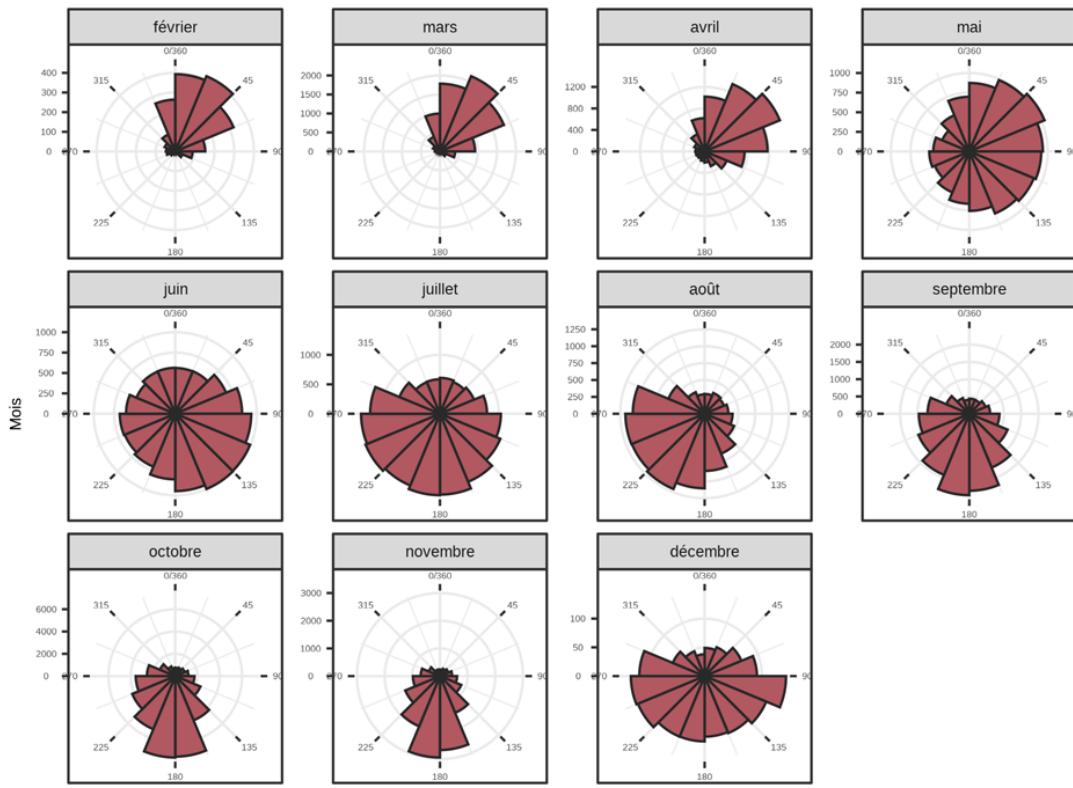


Figure 39 : Répartition des directions de vol par mois à l'est (La Palissade), 3 années confondues.

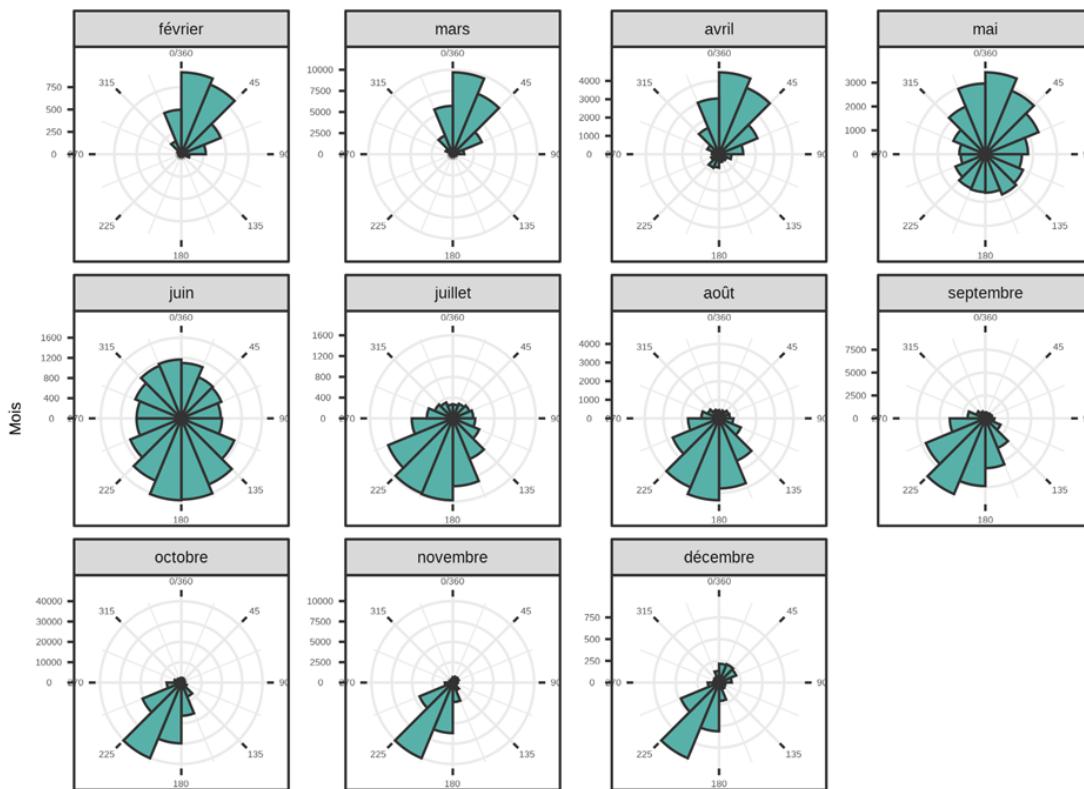


Figure 40 : Répartition des directions de vol par mois à l'ouest (Agde).

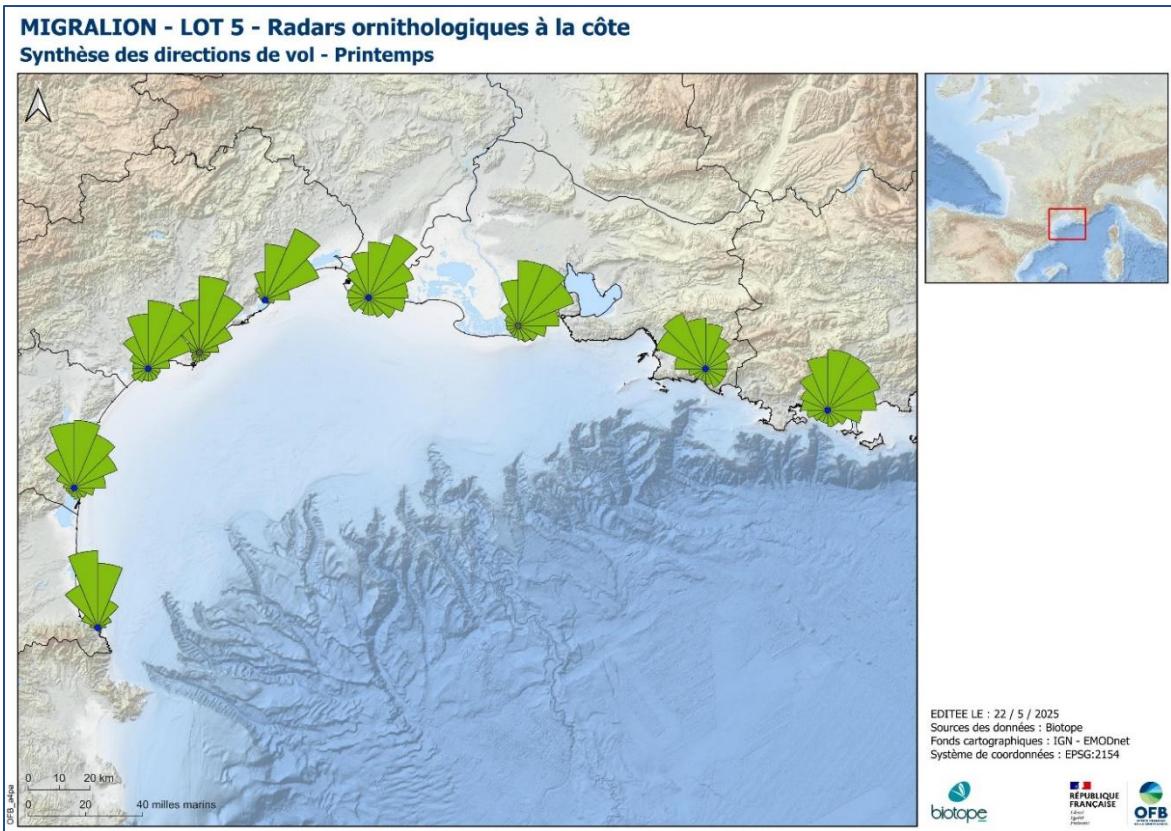


Figure 41 : Synthèse des directions de vol – Printemps

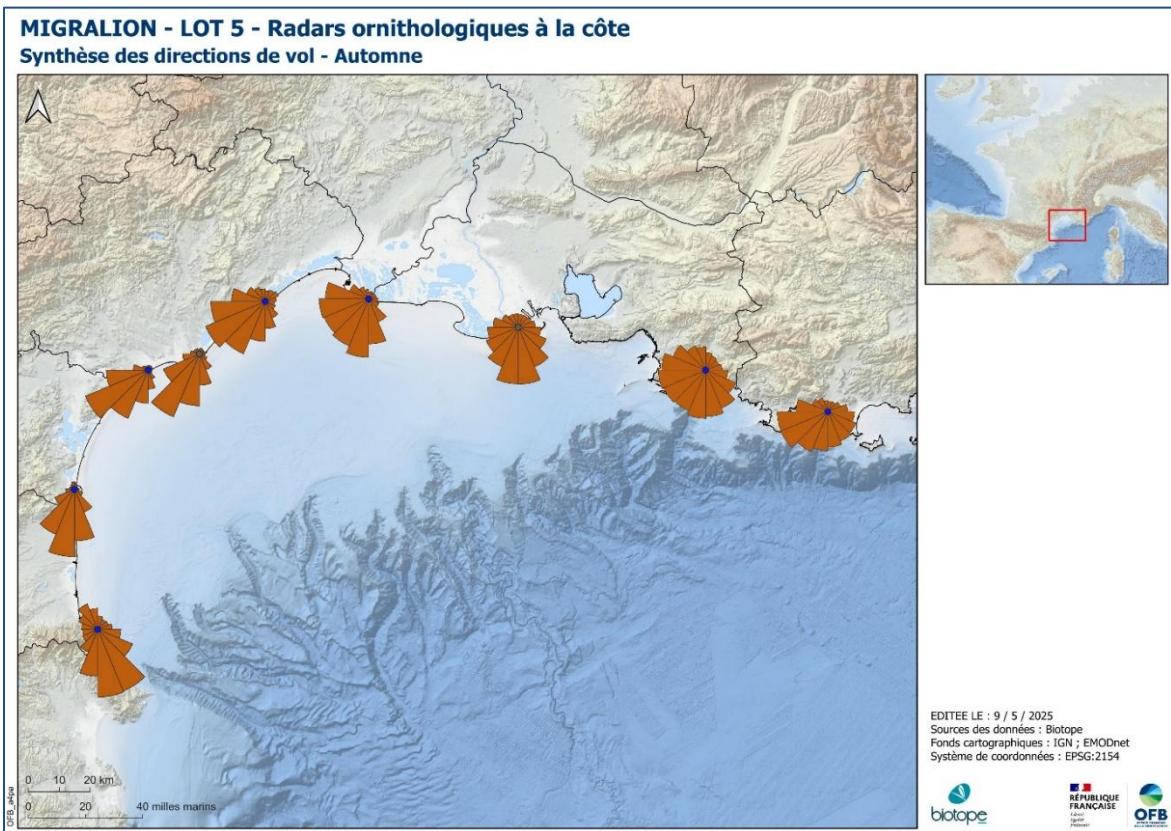


Figure 42 : Synthèse des directions de vol - Automne

L'analyse journalière des directions de vol montre une certaine constance dans les directions moyennes utilisées, avec des directions à La Palissade qui s'orientent progressivement du nord-nord-est en début de printemps à l'est-nord-est en fin de migration prénuptiale.

À Agde la tendance est inverse, avec des flux qui basculent du nord-est en début de migration au nord en fin de période. Cette observation est cohérente avec ce qui est attendu, notamment avec les migrants courte-distance que l'on imagine longer les côtes ou couper le golfe du Lion, et les longue-distance qui arriveraient directement de la mer.

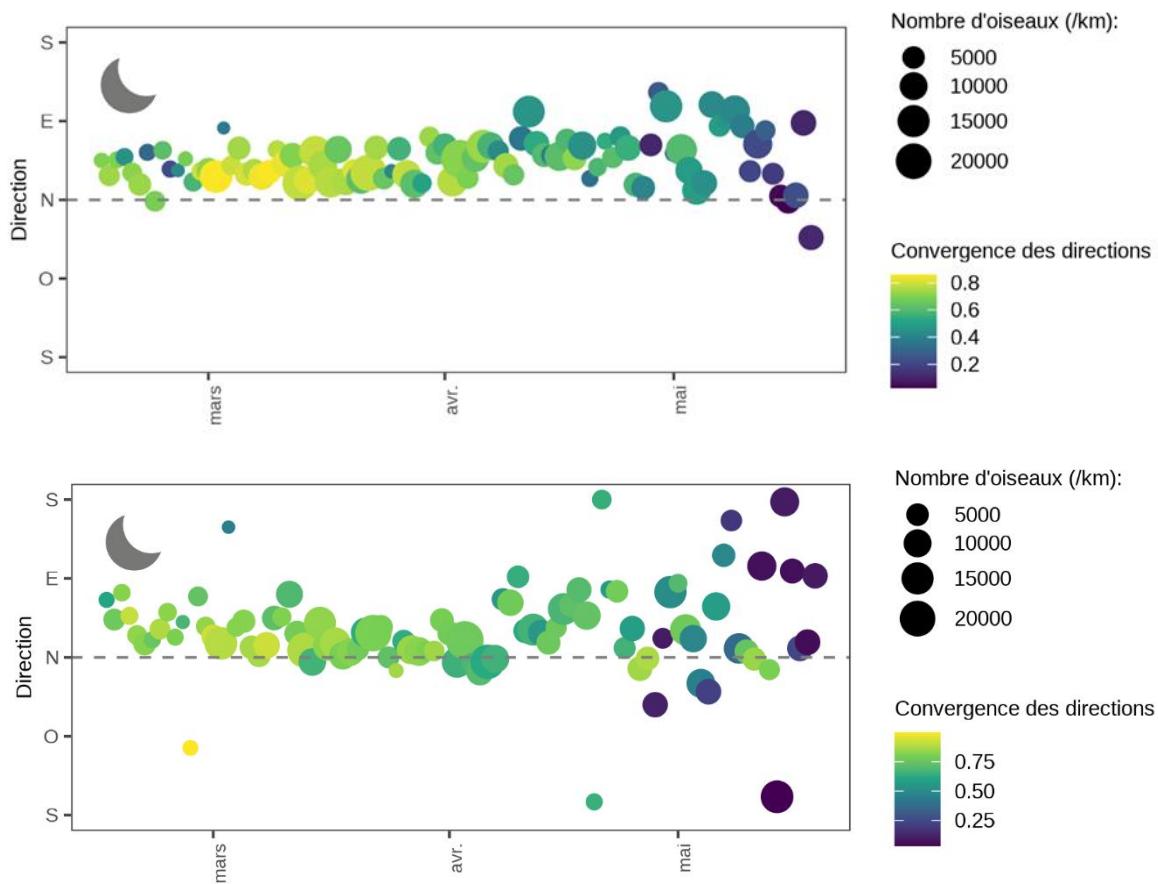


Figure 43 : Directions de vol moyennes journalières de nuit au printemps à La Palissade (en haut) et à Agde (en bas). La taille des points est proportionnelle à l'intensité du flux, et la couleur indique si les directions sont focalisées (jaune) ou dispersées (violet).

À l'automne, les directions de vol présentent une variabilité inter-journalière importante jusqu'en septembre, particulièrement à La Palissade, puis se stabilisent et se focalisent avec les deux modes observés sur les graphiques de directions précédents (sud à la Palissade, sud-ouest à Agde).

À Agde, la tendance inverse du printemps est observée, avec des directions plus orientées vers le sud au début de migration postnuptiale (migrants longue-distance qui ont tendance à davantage traverser la mer) et plutôt parallèles à la côte en fin de migration.

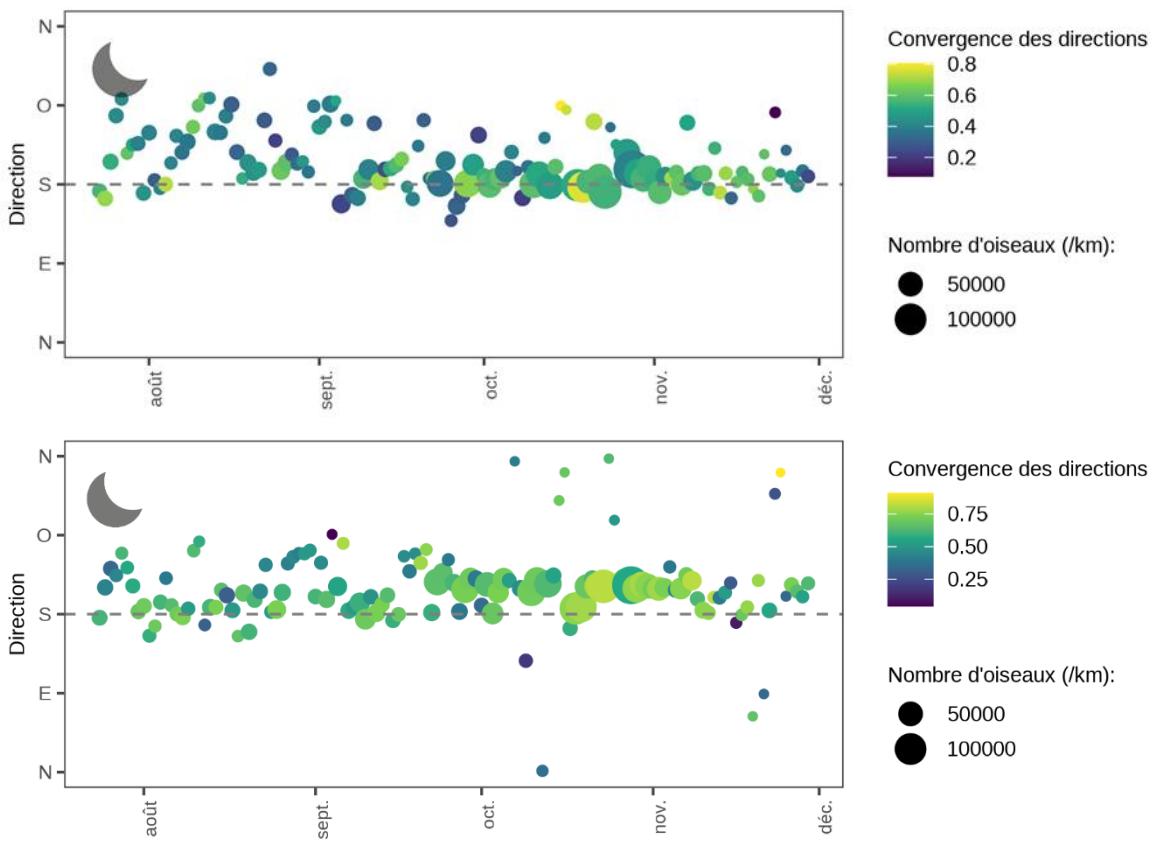


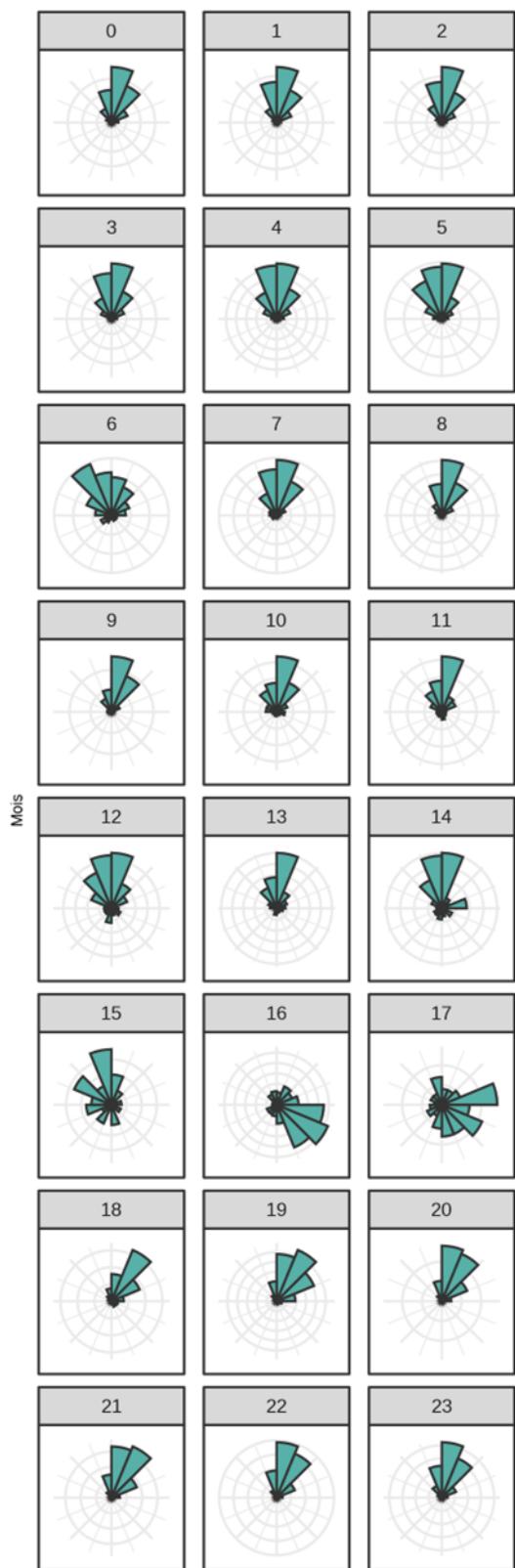
Figure 44 : Directions de vol moyennes journalières de nuit à l'automne à La Palissade (en haut) et à Agde (en bas). La taille des points est proportionnelle à l'intensité du flux, et la couleur indique si les directions sont focalisées (jaune) ou dispersées (violet).

L'analyse des directions de vol par heure permet de détailler l'évolution des stratégies de traversée du golfe du Lion au cours de la nuit.

Au printemps à la Palissade, les flux en début de nuit sont principalement orientés vers le nord-est et issus d'oiseaux ayant coupé le golfe du Lion depuis les côtes languedociennes ou espagnoles. Cette direction change progressivement pour s'orienter vers le nord en milieu et fin de nuit, avec des oiseaux qui arrivent directement de la Méditerranée et probablement d'Afrique. Cette tendance est aussi visible mais beaucoup moins marquée au niveau d'Agde.

À l'automne, la situation inverse est observée à La Palissade : en début de nuit les oiseaux partent directement au sud, puis s'orientent progressivement vers le sud-ouest ou l'ouest avec l'avancement de la nuit.

Mars - Agde



Mars - La Palissade

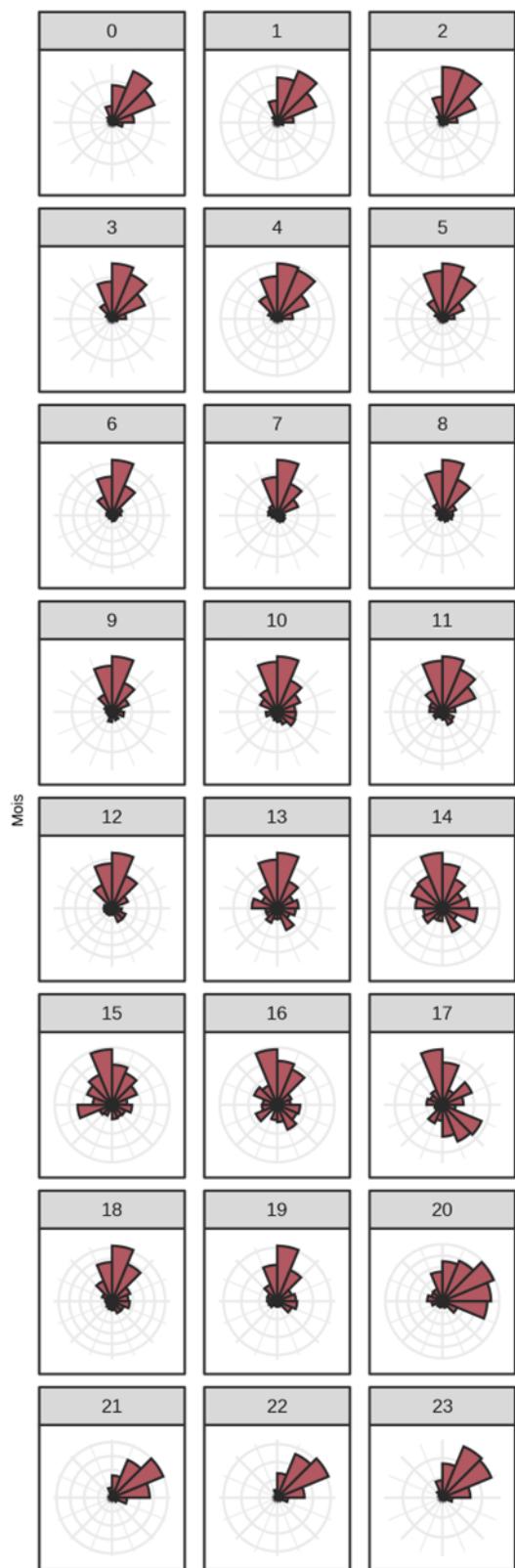
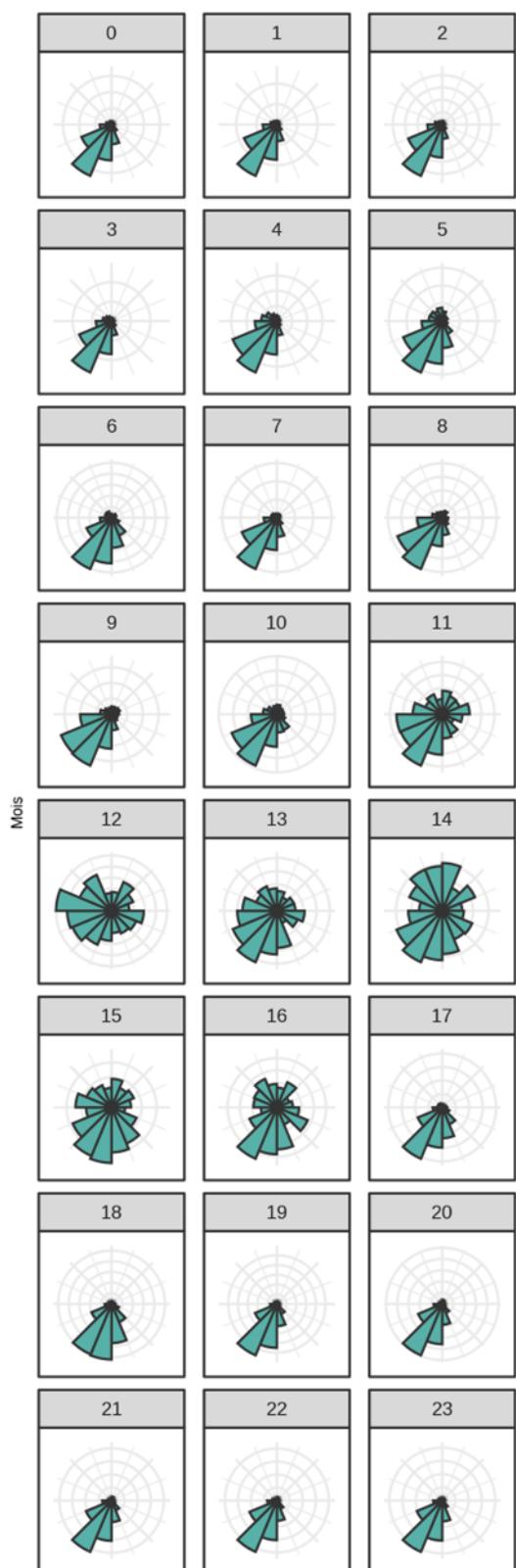


Figure 45 : Directions de vol par heure pour les sites d'Agde (gauche) et La Palissade (droite) pour le mois de mars

Octobre - Agde



Octobre - La Palissade

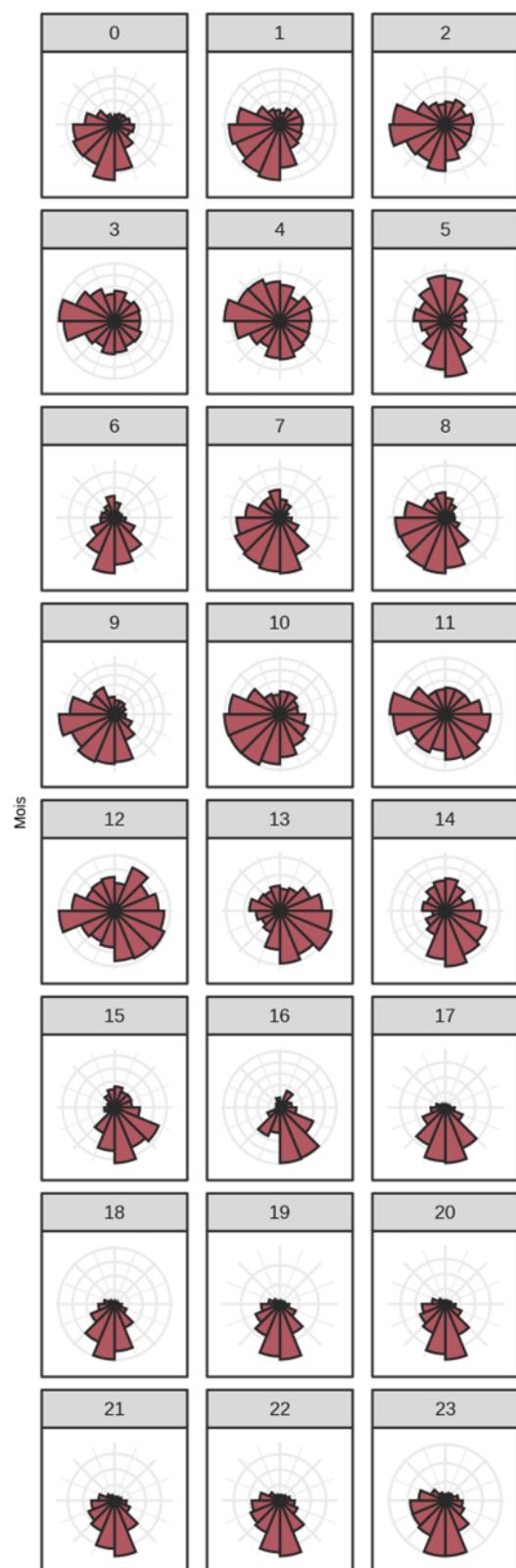
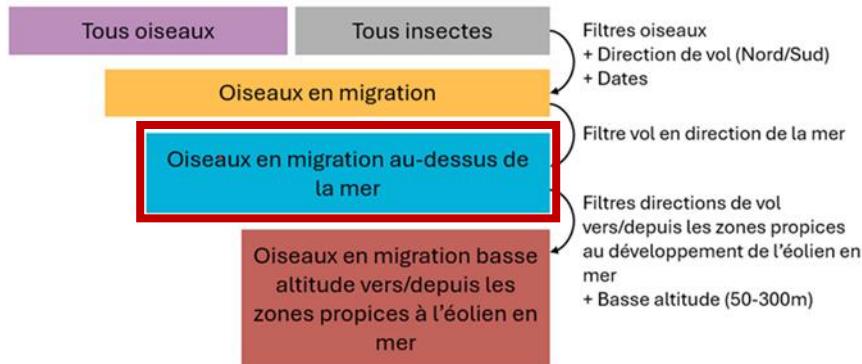


Figure 46 : Directions de vol par heure pour les sites d'Agde (gauche) et La Palissade (droite) pour le mois d'octobre

4.1.4 Comportement des oiseaux traversant la mer

► Méthode

Ce chapitre détaille les flux d'oiseaux migrant au-dessus de la mer.



Les flux caractérisés comme "en mer" sont définis comme les oiseaux partant vers la mer ou arrivant de la mer, à plus de 5 km de toute côte et à une altitude comprise entre 50m et 1500m.

La carte suivante rappelle cette zone utilisée pour les analyses détaillées ci-après.

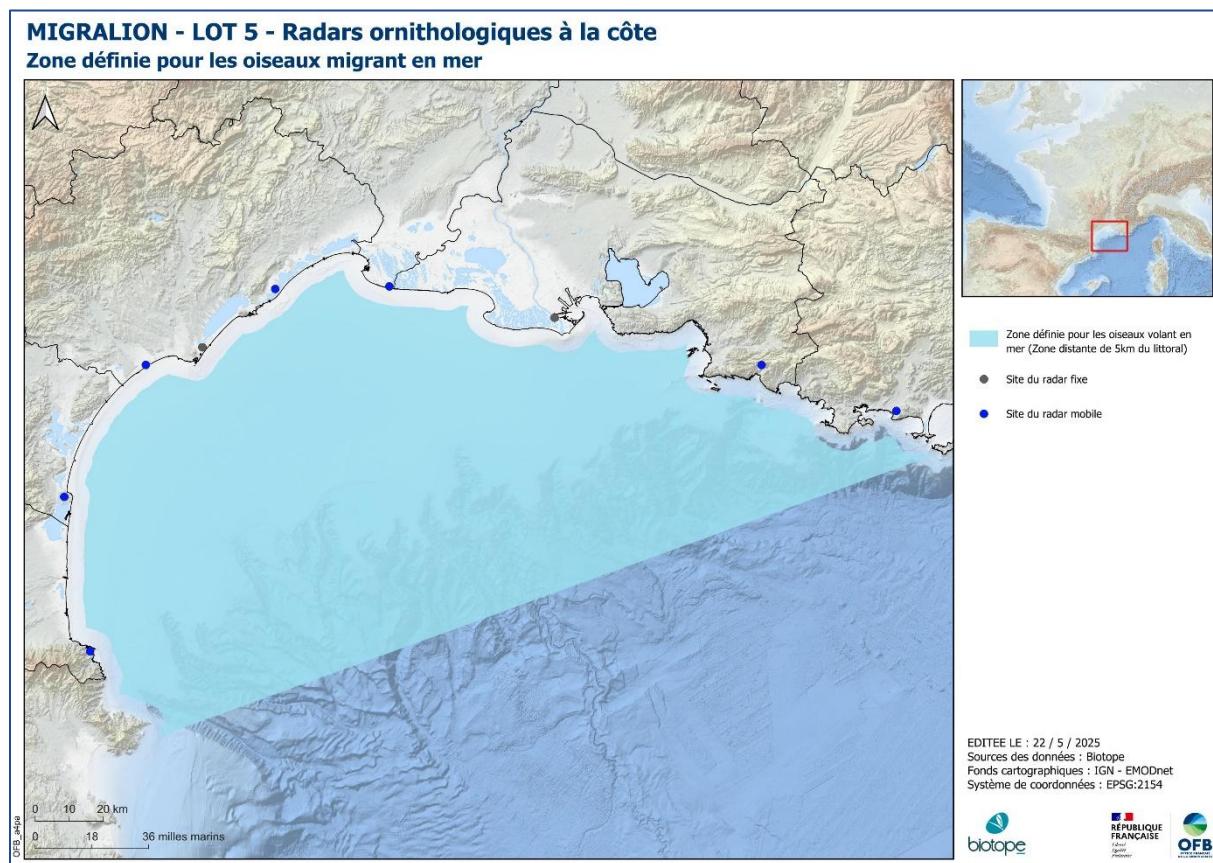


Figure 47 : Zone définie pour les oiseaux migrant en mer

► Phénologie annuelle

A La Palissade et à Agde, la grande majorité des oiseaux migrateurs partent vers la mer à l'automne, ou arrivent de la mer au printemps.

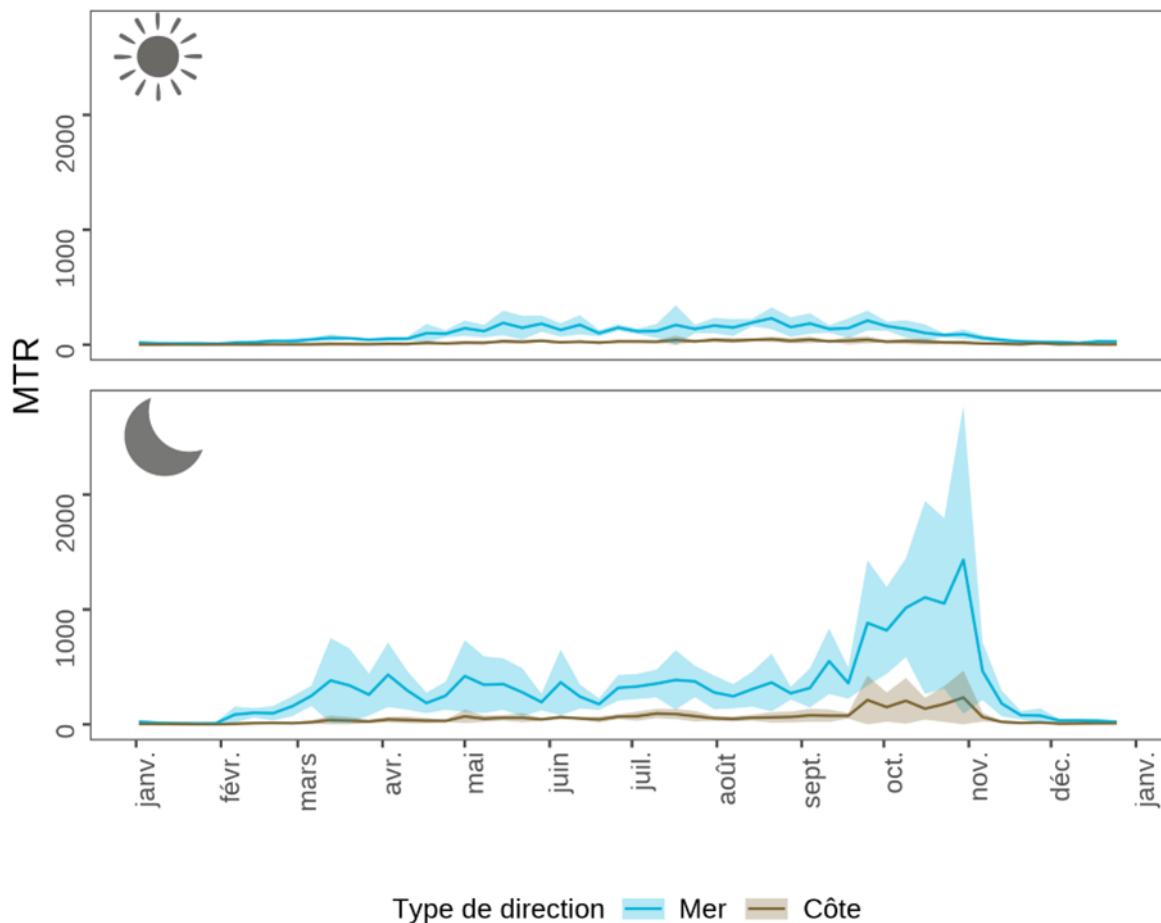


Figure 48 : Phénologie annuelle des flux d'oiseaux calculés sur les flux moyens hebdomadaires, comparant oiseaux traversant la mer (bleu) et de ceux longeant la côte (marron). Le graphique du haut représente les mouvements de jour, celui d'en bas les mouvements de nuit. L'enveloppe correspond à la moyenne annuelle \pm l'écart-type.

► Variabilité spatiale

Les proportions d'oiseaux migrant en mer diffèrent toutefois selon les sites, de 97% à Toulon au printemps, à 42% à Frontignan à l'automne. Les sites à l'ouest du golfe du Lion sont ceux qui présentent les proportions les plus importantes d'oiseaux longeant la côte (34% à au printemps, 46% à l'automne). Le cas du site d'Agde est particulier par sa position sur un cap, impliquant une proportion nécessairement plus importante d'oiseaux se déplaçant en mer.

A La Palissade, 90% des oiseaux migrent en mer au printemps contre 87% à l'automne. A Agde ces pourcentages sont respectivement de 90% et 82%.

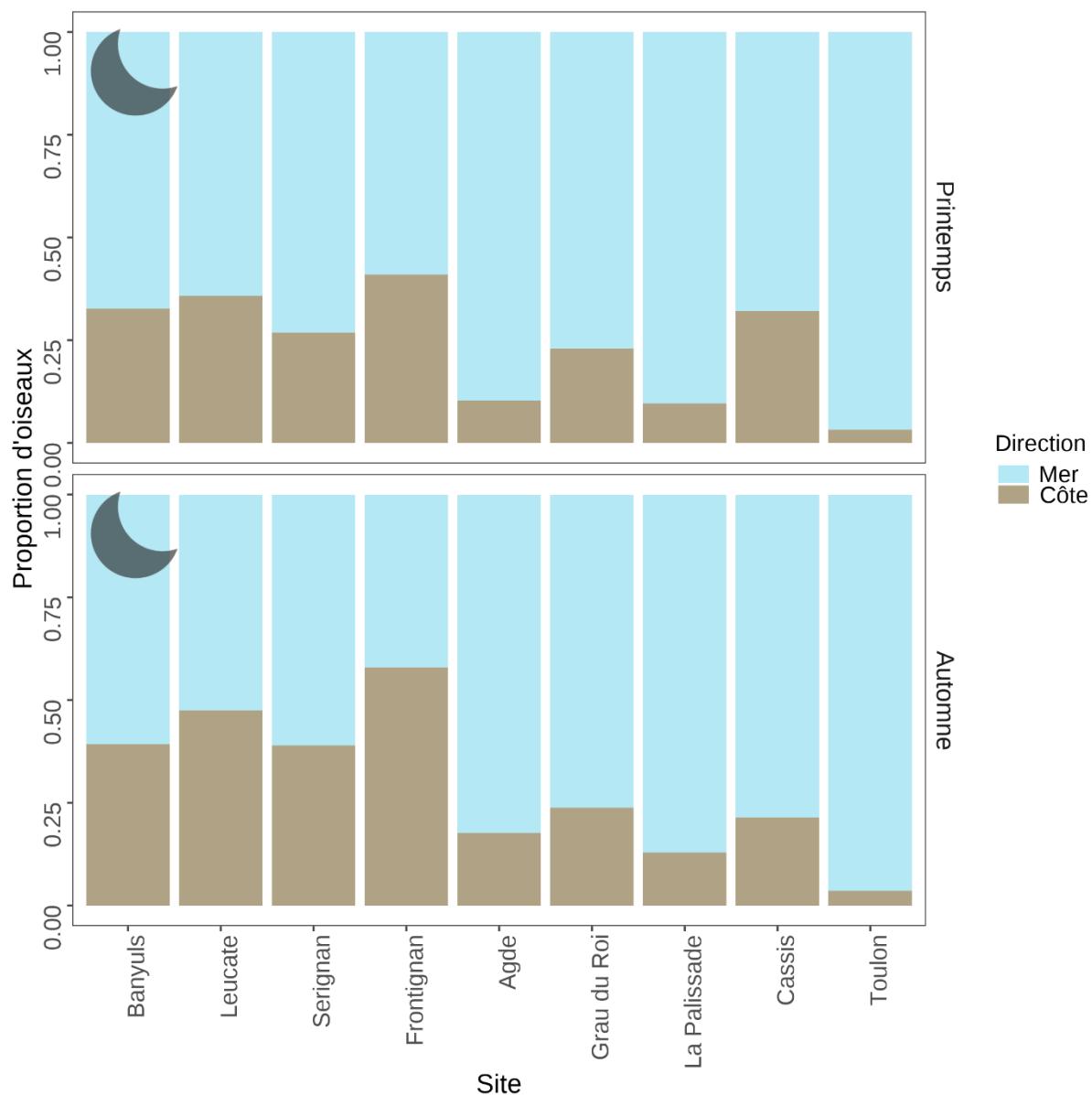


Figure 49 : Proportions d'oiseaux traversant la mer ou longeant la côte. Pourcentages calculés à partir des directions des échos et appliqués aux MTR, pour chaque site, au printemps (haut) et à l'automne (bas) et de nuit.

► Phénologie horaire

La figure suivante présente les flux en direction de la mer et de la côte par heure et par mois sur les sites de La Palissade et Agde.

Est (La Palissade)

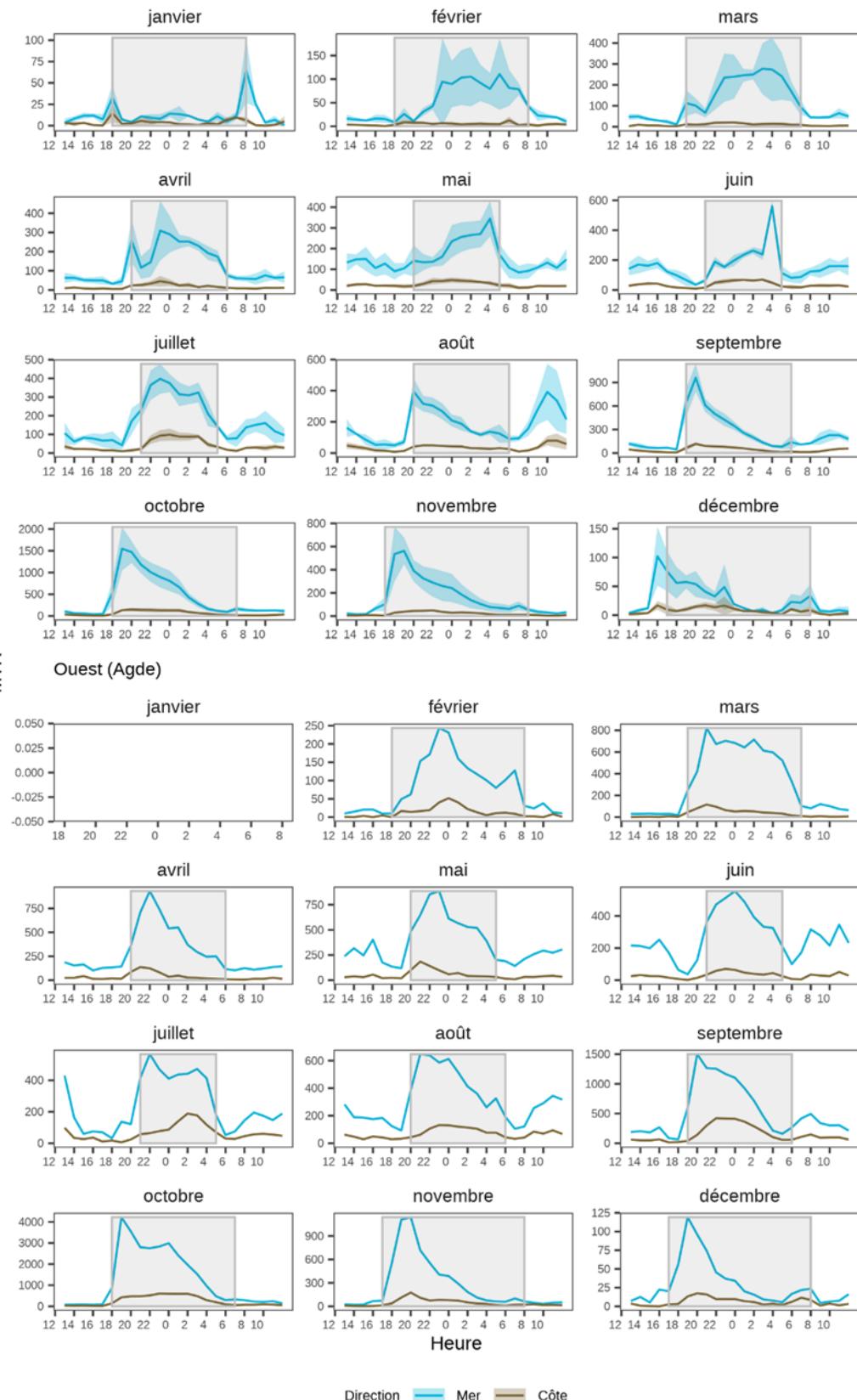


Figure 50 : Comparaison de la phénologie horaire des oiseaux traversant la mer et de ceux longeant la côte. La ligne correspond au MTR moyen sur les sites La Palissade (haut) et Agde (bas) et l'enveloppe correspond à cette moyenne \pm l'écart-type pour La Palissade.

► Hauteurs de vol

Au printemps et en fin d'été, les hauteurs de vol des oiseaux longeant la côte sont similaires à celles des oiseaux partants ou venants de la mer. A partir du mois de septembre, les oiseaux qui partent en mer volent à des altitudes plus élevées que les oiseaux qui longent la côte, pour La Palissade et Agde.

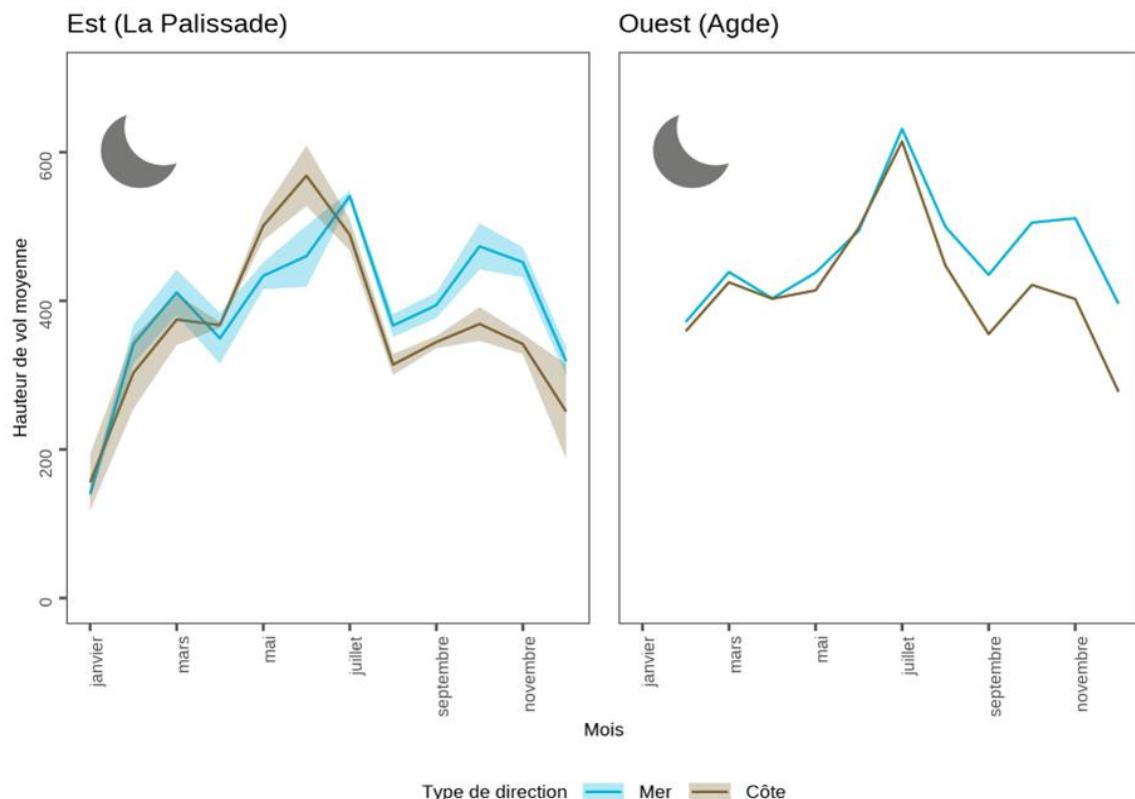
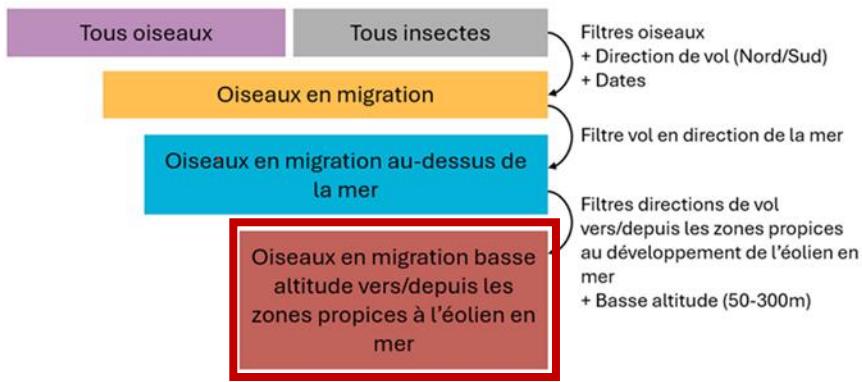


Figure 51 : Comparaison des hauteurs de vol moyennes mensuelles entre les oiseaux traversant la mer et ceux longeant la côte, par site. La ligne correspond au MTR moyen et l'enveloppe correspond à cette moyenne \pm l'écart-type.

4.1.5 Etude des flux à basse altitude vers/depuis les zones propices à l'éolien

► Méthode

Ce dernier chapitre de la partie radar décrit les oiseaux volant à « basse altitude en provenance ou en direction des zones de potentiel développement éolien », et donc susceptibles d'être impactés par la présence d'éoliennes (collision, perturbation, effet barrière).



Pour rappel, les flux caractérisés comme "en migration vers/depuis les zones propices à l'éolien en mer et à basse altitude" sont définis comme suit :

- vols en provenance ou en direction de la zone potentielle de développement éolien (volume rose/rouge sur les cartes ci-après), délimitée par la bande des 12 nautiques avec extensions liées aux 3 parcs pilotes ;
- altitudes de vols comprises entre 50 et 300 mètres de haut.

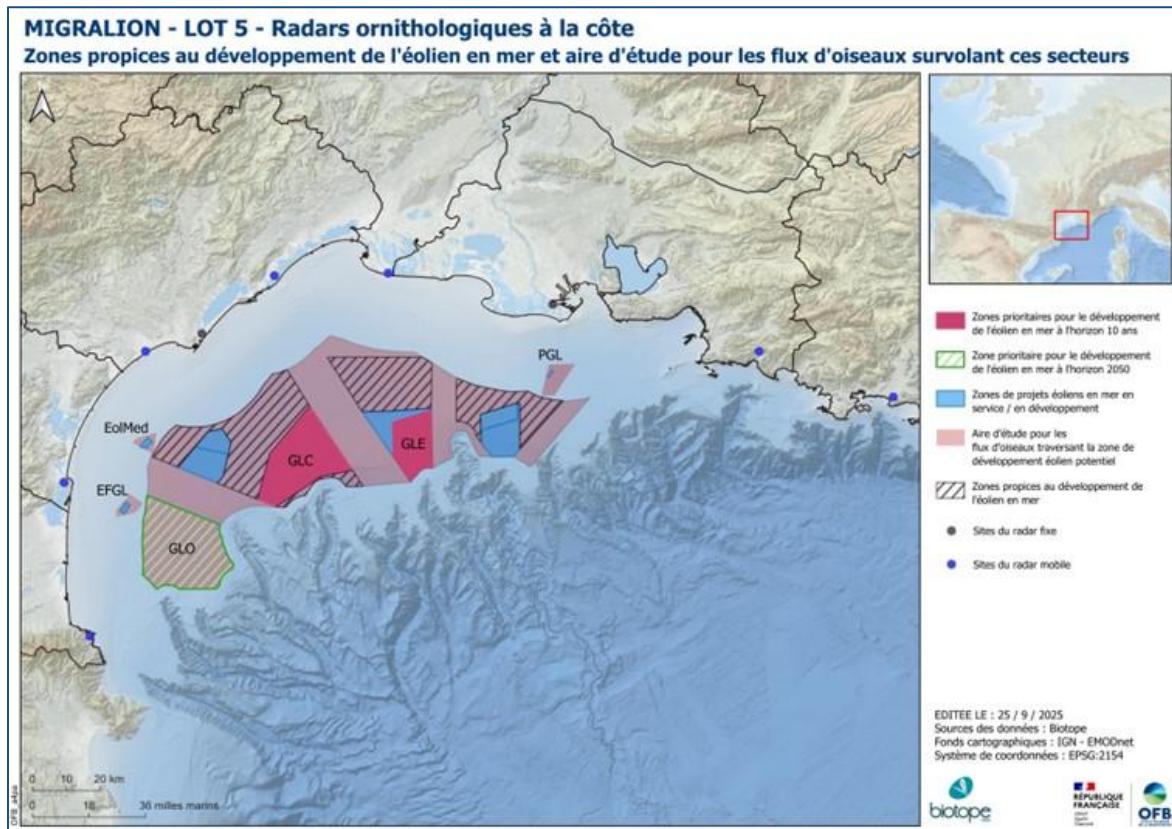


Figure 52 : Zones propices au développement de l'éolien en mer

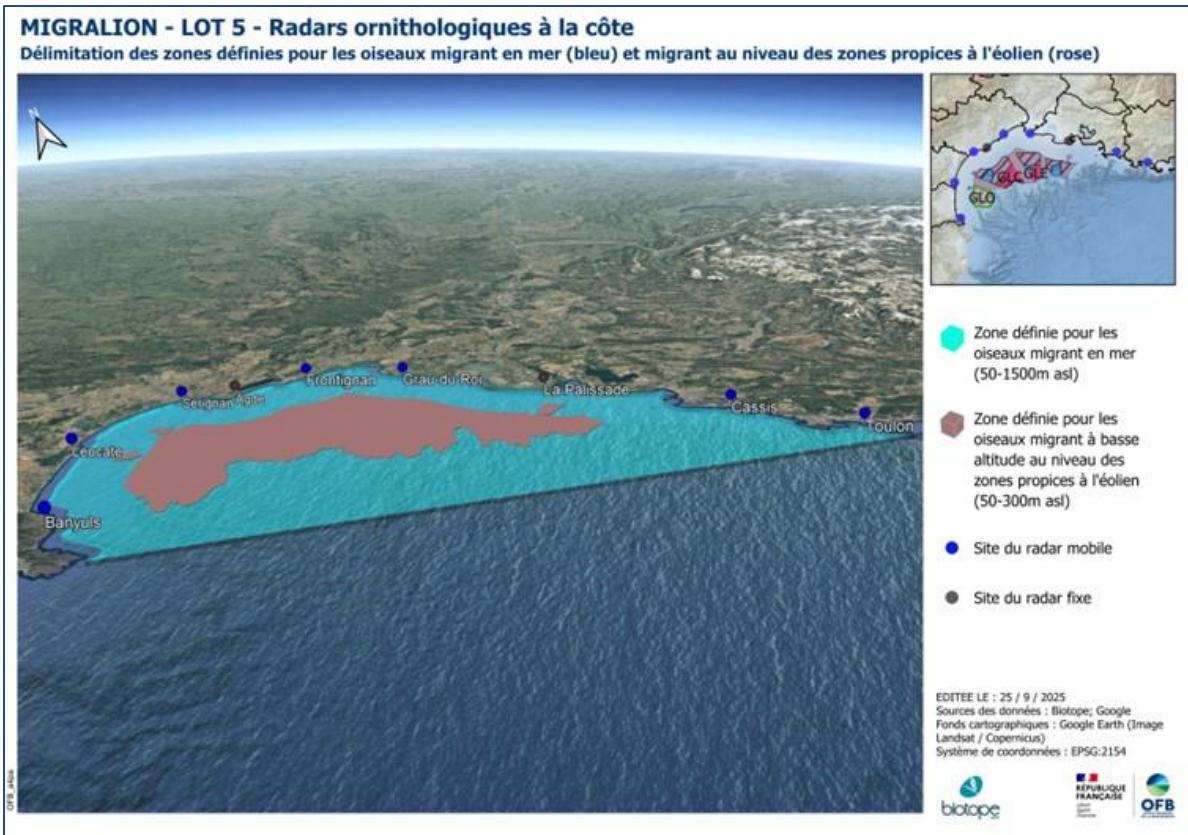


Figure 53 : Délimitation des zones pour les oiseaux migrant en mer (bleu) et au niveau des zones propices à l'éolien (rose)

► Phénologie annuelle

Les graphiques suivants présentent les flux d'oiseaux répartis en 3 classes : tous oiseaux migrateurs (en beige), oiseaux migrant en mer (bleu) et oiseaux migrant à basse altitude vers/depuis les zones propices à l'éolien (rouge). Ces oiseaux sont une sous-classe des oiseaux migrant en mer, qui sont eux-mêmes une sous-classe de l'ensemble des oiseaux migrateurs.

Comme vu précédemment, les oiseaux migrant en mer représentent la majorité des oiseaux migrateurs sur les sites d'Agde et de La Palissade. La part d'oiseaux volant à basse altitude en direction des zones propices à l'éolien varie quant à elle selon les périodes et les saisons.

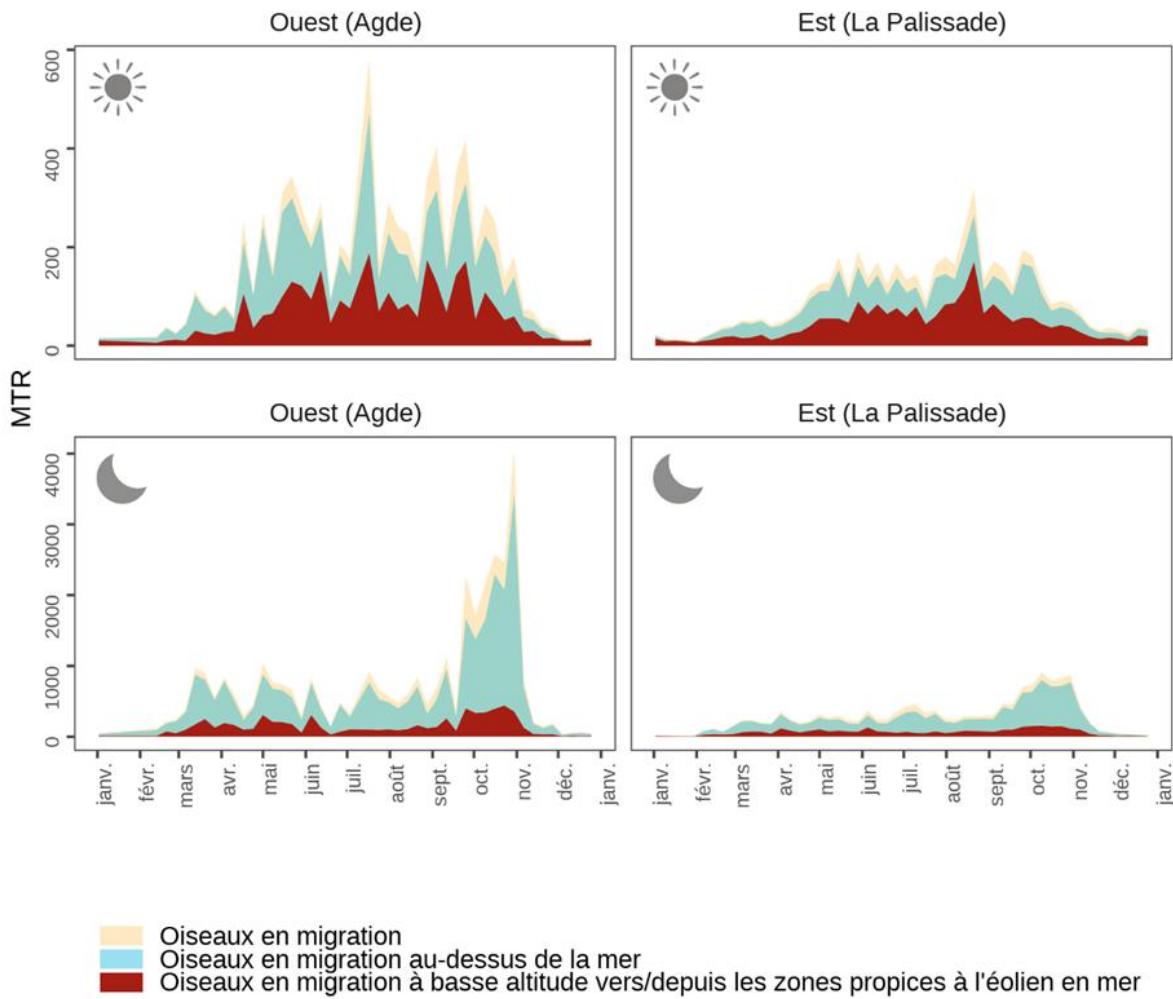


Figure 54 : Phénologies annuelles de l'ensemble des oiseaux en migration (beige), oiseaux migrant en mer (bleu) et oiseaux à basse altitude en direction des zones propices à l'éolien (rouge) pour chaque site fixe (Agde à gauche et La Palissade à droite), de jour (haut) et de nuit (bas).

De jour, la proportion de flux à basse altitude et intersectant les zones propices à l'éolien est plus importante que la nuit, avec des oiseaux volant à des hauteurs plus faibles. Les pics de passage suivent globalement les pics de migration globaux, avec des proportions toutefois variables selon les jours.

De nuit les flux vers/des zones propices à l'éolien suivent aussi de manière générale les flux globaux, mais avec des proportions notamment différentes entre les deux périodes de migration.

Au printemps, bien que les flux d'oiseaux totaux soient nettement plus faibles qu'à l'automne, les proportions d'oiseaux en interaction potentielle avec les zones propices à l'éolien sont bien plus élevées, conduisant à des flux importants.

Au pic de migration (octobre), cette proportion est la plus faible (les oiseaux volent plus haut et moins en direction des zones de développement éolien), mais étant donnée l'importance des flux totaux enregistrés, cette période enregistre tout de même les flux moyens d'oiseaux exposés les plus importants de l'année.

► Phénologie horaire

La série de graphiques suivants détaille ces flux par heure et par mois.

Au printemps les flux à basse altitude en direction ou en provenance des zones propices à l'éolien s'étalent tout au long de la nuit, contrairement à l'automne où ces flux diminuent progressivement avec l'avancement de la nuit.

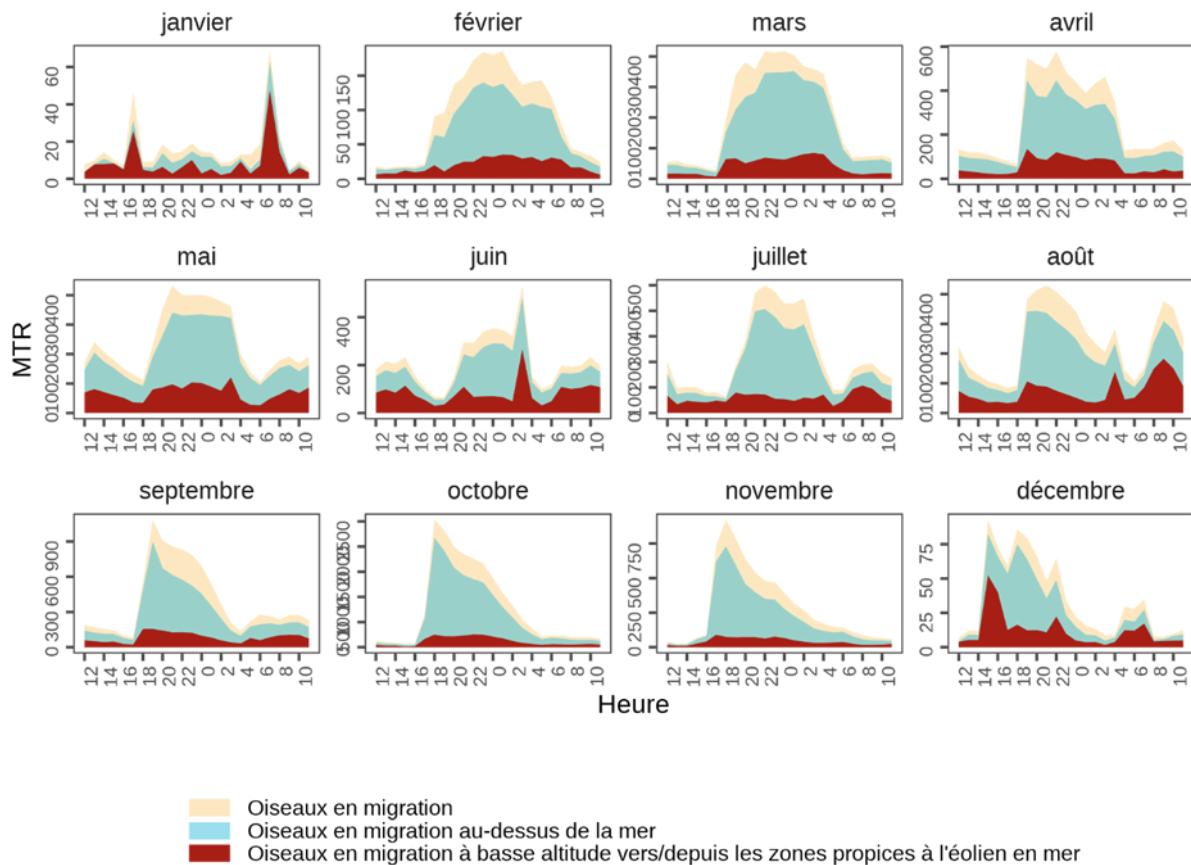


Figure 55 : Phénologies horaires par mois de l'ensemble des oiseaux en migration (beige), oiseaux migrant en mer (bleu) et oiseaux à basse altitude en direction des zones propices à l'éolien (rouge) pour les sites d'Agde et La Palissade. Le MTR correspond au MTR moyen hebdomadaire calculé sur 2022, 2023 et 2024 pour La Palissade et 2024 pour Agde.

► Classes d'oiseaux

La classe d'oiseaux qui est principalement concernée par les flux à basse altitude en direction ou en provenance des zones propices à l'éolien est la classe des passereaux, avec près de 80% des déplacements détectés (86% en ajoutant la classe des Oiseaux sp). Cette proportion est identique en migration prénuptiale et postnuptiale. La seconde classe est la classe des oiseaux de type Oiseaux d'eau, avec environ 9% des flux.

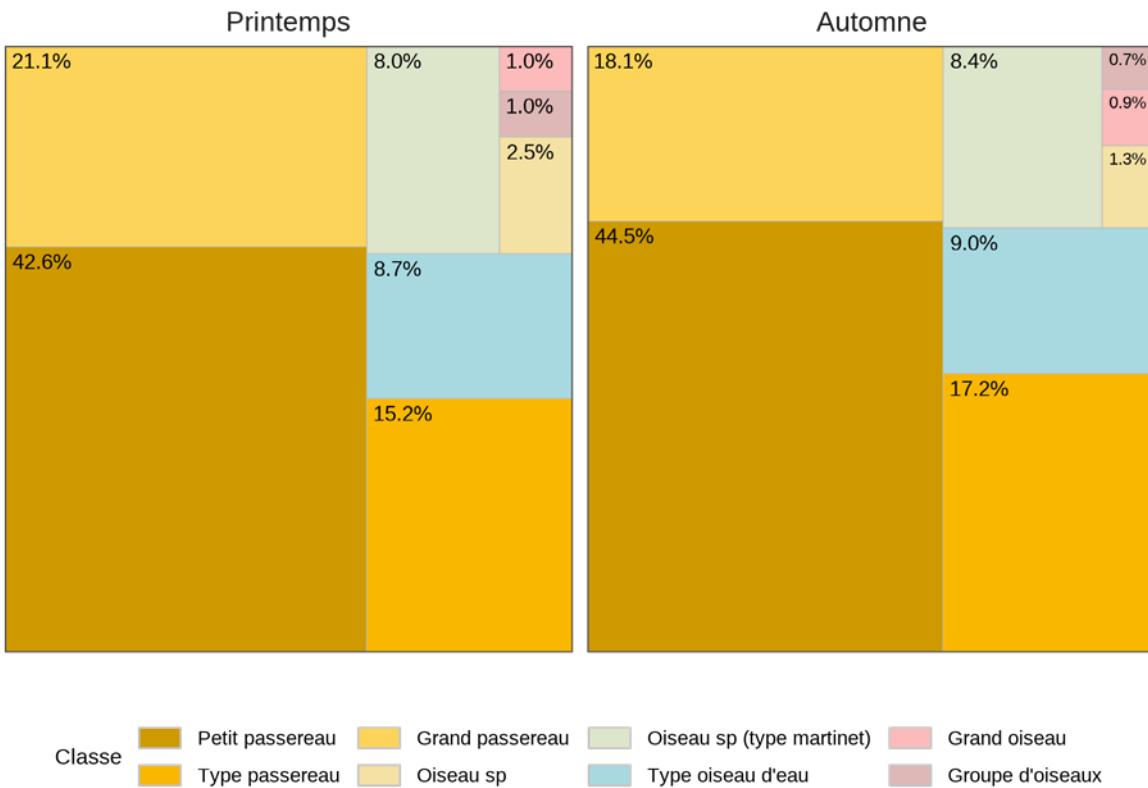


Figure 56 : Répartition des classes d'oiseaux lors des flux migratoires vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude enregistrés, selon la saison, calculée sur les données de La Palissade (3 années) et d'Agde.

En analysant les 3 années de données à La Palissade et l'année 2024 de Agde, les proportions d'oiseaux volant en direction des zones propices à l'éolien en mer et à basse altitude (50-300m) sont de 27% au printemps et 18% à l'automne.

4.1.6 Effet des conditions météorologiques sur la migration

► Méthode

La migration des oiseaux est étroitement corrélée aux conditions météorologiques, et il est ainsi admis que les oiseaux évitent de migrer lors de conditions défavorables (pluie, fort vent de face par exemple).

Pour étudier l'effet des conditions météorologiques sur les mouvements d'oiseaux enregistrés par radar, les MTR ont été analysés en relation avec les variables météorologiques. Les données horaires du modèle AROME 2,5 km développé par Météo France ont été extraites pour les trois années d'études au niveau du radar de La Palissade et à 250 m d'altitude pour les variables suivantes : composantes méridionales (nord-sud) et zonales (est-ouest) de la vitesse du vent (m.s^{-1}), température (C°), pression atmosphérique (Pa), humidité (%), nébulosité (%) et précipitation (kg.m^{-2}).

La figure ci-dessous présente les variations des MTR totaux et vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude selon les différentes variables météorologiques. La vitesse du vent a été calculée à partir de ses composantes. L'histogramme des occurrences permet d'évaluer si les pics de MTR observés ont lieu dans des conditions météorologiques moyennes ou extrêmes.

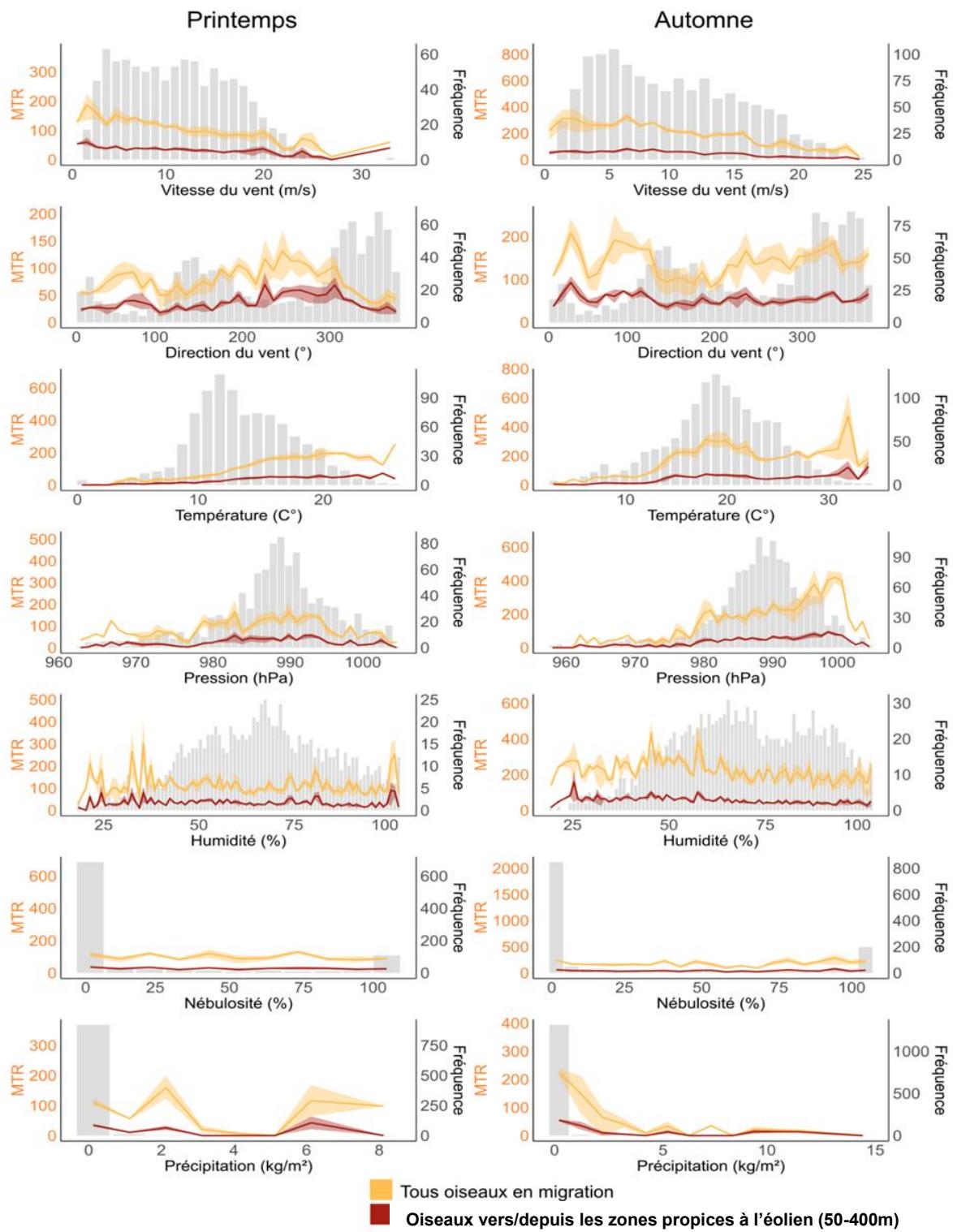


Figure 57 : Effet des variables météorologiques locales à La Palissade sur le flux d'oiseaux total et vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude. Les MTR correspondent aux moyennes par classe de chaque variable et l'enveloppe correspond à cette moyenne \pm l'écart-type. Les histogrammes correspondent à la distribution des fréquences observées pour les variables météorologiques.

Les courbes du MTR total et MTR vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude présentent globalement des tendances similaires. Pour analyser plus en détail l'effet des variables météorologiques, ces dernières ont été intégrées dans des modèles, avec les valeurs du jour et 24h avant. Les paramètres mtry et ntree ont été fixés respectivement à 5 et 500 pour les quatre modèles. Les modèles ont été entraînés sur 80 % des données disponibles, testés sur les 20% restantes et validés à l'aide de la validation croisée. 10 itérations différentes d'entraînement du modèle ont été réalisées et les coefficients de détermination R^2 ont été stockés pour chaque exécution. Les R^2 obtenus pour les modèles sur le nombre total d'oiseaux sont de 0.32 ± 0.08 (printemps) et 0.31 ± 0.06 (automne). Pour ceux sur les oiseaux en vol vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude, ils sont de 0.38 ± 0.06 (printemps) et de 0.37 ± 0.04 (automne). Les modèles semblent ainsi plus performants pour les oiseaux en vol vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude.

Afin de déterminer les contributions des différentes variables dans les prédictions des modèles, les valeurs de Shapley ont été calculées (Lundberg et al., 2020). La moyenne des valeurs absolues de Shapley permet d'interpréter les contributions globales des variables et son signe d'évaluer leurs impacts relatifs sur le nombre d'oiseaux. Une valeur positive indique qu'une variable a tendance à augmenter la sortie du modèle, et, l'inverse, une valeur négative à la pénaliser.

► Résultats

Les variables qui contribuent le plus aux différents modèles ne sont pas les mêmes au printemps et à l'automne. La composante méridionale de la vitesse du vent est très importante au printemps et à l'automne pour les modèles de MTR total et vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude. Au printemps, la composante zonale, la température et la pression sont également importantes. La nébulosité et la précipitation, instantanées et 24h avant, ne contribuent que très peu.

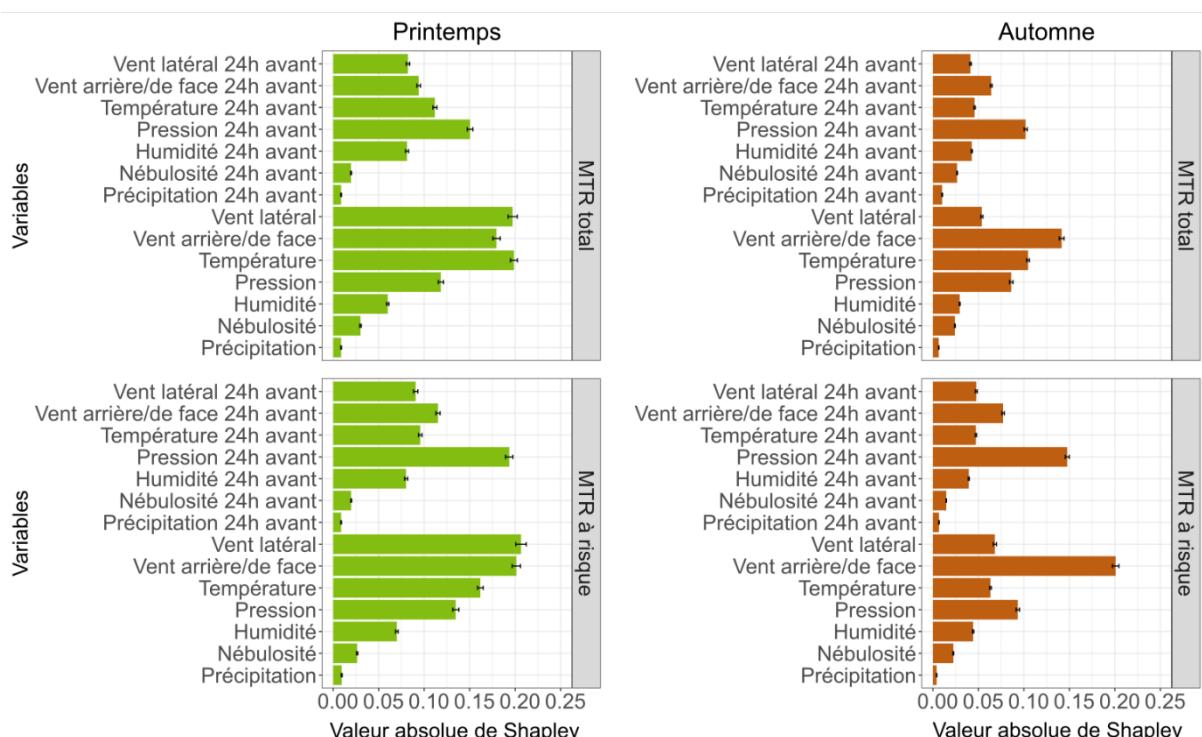


Figure 58 : Contributions des variables explicatives à partir des valeurs absolues de Shapley estimées par le modèle. Les barres d'erreur correspondent à l'erreur standard de la moyenne.

Les figures ci-après présentent l'effet des variables météo sur les anomalies mesurées. Comme vu précédemment, les MTR totaux et vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude semblent réagir de manière similaire aux variables météorologiques. Il existe des différences entre le printemps et l'automne. Au printemps, un vent latéral d'ouest augmente l'anomalie de MTR vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude. En automne, une pression inférieure à 980 hPa a tendance à diminuer ces MTR par rapport à la moyenne. Les conditions météorologiques de la veille semblent également avoir une influence sur le flux d'oiseaux total et vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude, notamment en automne, pour les conditions de pressions atmosphériques, de températures et de vents. Il est possible que les oiseaux modulent plus leurs vols en fonction des conditions météorologiques en automne, plutôt qu'au printemps puisqu'ils sont moins contraints par la nécessité d'arriver à temps pour se reproduire. Les valeurs de nébulosité et de précipitation ne semblent pas influer sur la valeur des anomalies de MTR.

Bien que certaines variables semblent avoir un impact direct sur les flux vers/depuis les zones propices à l'éolien à basse altitude, il est probable que les conditions expliquant les périodes à risque soient souvent le résultat de combinaisons de conditions météorologiques, mais aussi dépendantes de conditions météorologiques à plus grande échelle (à plusieurs centaines de kilomètres au niveau des sites de départ en migration, et sur plusieurs jours).

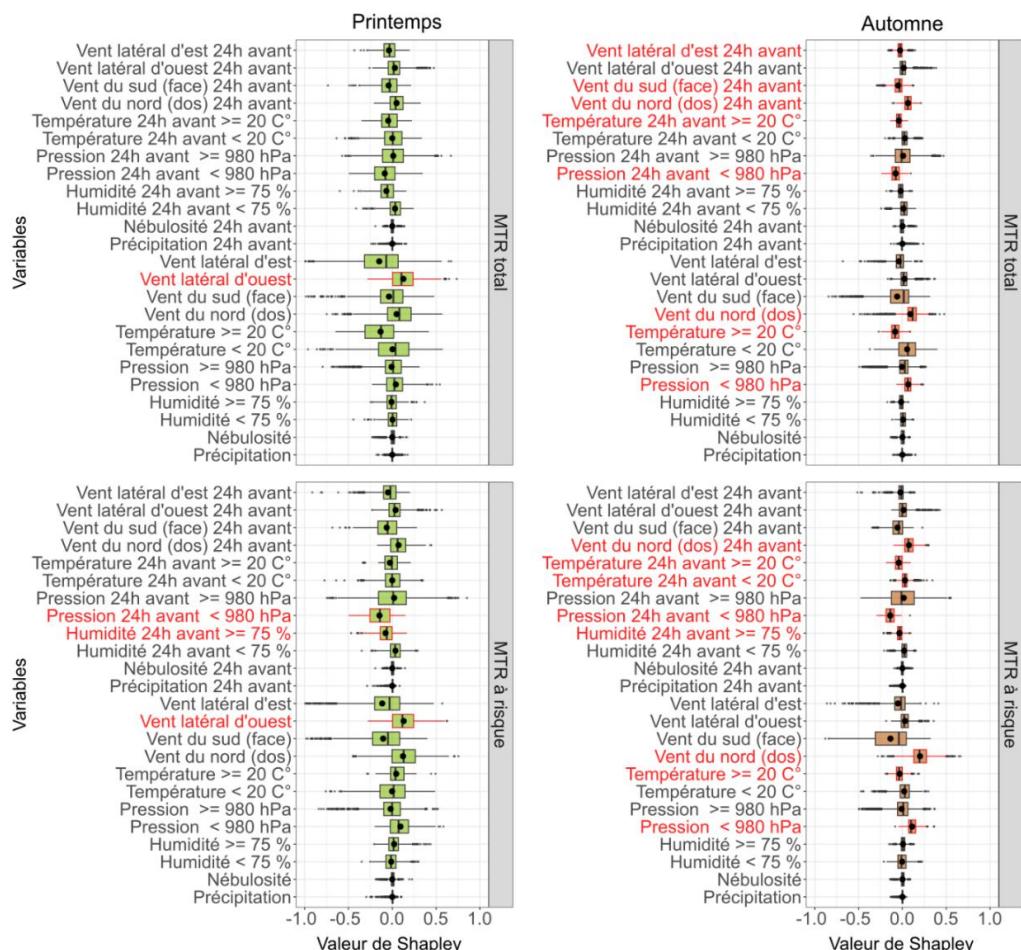


Figure 59 : Impact relatif de chaque variable explicative sur la valeur des anomalies des MTR à travers les valeurs de Shapley estimées à partir du modèle. Le point noir correspond à la moyenne, le trait à la médiane, et les bornes à 25% et 75%.

4.1.7 Quantification du nombre d'oiseaux migrateurs traversant le golfe du Lion

L'objectif de cette partie est d'estimer le nombre total d'oiseaux traversant le golfe du Lion, à partir d'un modèle statistique.

► Méthode

- Choix des données

L'ensemble des données de nuit récoltées à l'aide des radars fixes et mobiles sur les 3 ans ont été utilisées pour prédire le flux d'oiseaux traversant la mer. Le jeu de données est composé de 19 541 observations (flux sur une heure). Une première modélisation a été réalisée en excluant d'abord les données d'Agde pour éviter une surestimation de l'effet temporel (flux plus importants à Agde en 2024 par rapport à La Palissade), puis les données ont été réintégrées pour améliorer les prédictions en appliquant le facteur de correction obtenu entre les deux modèles.

- Modèle utilisé

Les résultats ont été estimés par un modèle *Cubist* (Kuhn et al. 2012), employant des variables temporelles et spatiales pour estimer le nombre d'oiseaux sur chaque kilomètre du golfe du Lion. Les variables incluses étaient le jour de l'année, l'heure après le coucher du soleil, l'année, la latitude et la longitude. Le paramètre *mtry* (nombre de prédicteur pour chaque arbre) a été fixé à 3. Les nombres optimaux des hyperparamètres *committees* et de *neighbors* ont été choisis (50 et 9).

- Validation croisée - CAST

Afin d'éviter les biais dans la sélection des données servant à l'entraînement de l'algorithme, une validation croisée (*k-fold CV*) a été utilisée. De plus, de manière à se prévenir d'un surajustement et de la sous-estimation de l'erreur due au choix des sites où le radar a été posé, une validation spatialement orientée a été appliquée (*knndm* du package *CAST*, voir Meyer et al. 2025). Les prédictions du modèle sont ainsi validées à chaque étape (arbre) sur des clusters spatiaux composés de sorte que la distance entre échantillons d'entraînement et de validation ressemble à la distance entre données d'entraînement et de prédiction. Cela permet de connaître la capacité du modèle à prédire sur des zones sans échantillons de référence.

- Métriques de performance

10 itérations différentes d'entraînement du modèle ont été réalisées, chacune avec une séparation aléatoire différente des données d'entraînement et de test. Les valeurs de RMSE (Root Mean Square Error), MAE (Mean Absolute Error) et R² sont notées pour chaque exécution, ainsi que la différence relative des sommes des MTR prédictes et réelle sur l'échantillon test.

- Prédiction de la somme

La maille de prédiction a été définie de façon à représenter au mieux les flux tout le long du golfe du Lion, avec une résolution d'un kilomètre en longitude. Les données au sud de Port-la-Nouvelle ne sont pas utilisées pour prédire le nombre d'oiseaux total afin d'éviter les double-comptages (les oiseaux migrant vers le nord-est au printemps depuis les Pyrénées-Orientales sont par exemple captés sur le littoral du Gard et des Bouches-du-Rhône après la traversée du golfe).

- Cartes de synthèse

Les cartes de synthèse ont été obtenues en sommant, pour chaque kilomètre du golfe du Lion, les valeurs de MTR, afin d'obtenir le nombre d'oiseaux prédit sur toute la zone couverte du golfe. Toutes les données ont été utilisées pour obtenir cette prédiction, cependant la variable année n'a pas été inclue afin d'avoir une valeur globale résumant l'information des 3 années.

4.1.8 Estimation des flux totaux d'oiseaux en mer

Les résultats du modèle donnent une RMSE de 482.2 ± 36.6 , une MAE de 224.4 ± 4.3 et un R^2 de 0.39 ± 0.04 . La différence relative des sommes des MTR prédictes et réelles sur l'échantillon test était en moyenne de 2.2% (IC95% : [-1.4% ; 9.1%]), c'est-à-dire que l'on prédit en moyenne plus d'oiseaux, de l'ordre de 2.2% du nombre réel. L'algorithme semble avoir du mal à prédire les valeurs extrêmes de MTR sans l'apport de variables météorologiques, mais prédit bien la somme sur l'année.

Tableau 14 : Flux totaux estimés

Saison	Année	Estimation	IC 2.5%	IC 97.5%
Printemps	2022	71 100 437	57 986 226	90 451 741
	2023	53 032 245	43 141 499	66 650 869
	2024	57 517 942	47 975 631	72 382 167
Automne	2022	184 178 023	164 146 157	209 995 057
	2023	158 708 629	139 741 625	181 451 233
	2024	167 871 581	149 257 993	190 904 454

Les résultats de la modélisation permettent d'estimer, avec les paramètres utilisés et détaillés dans la méthode, les flux totaux d'oiseaux qui traversent chaque année le golfe du Lion.

Le flux total d'oiseaux migrateurs traversant le golfe du Lion à moins de 1000 mètres d'altitude est estimé entre 45 et 90 millions d'oiseaux au printemps, et entre 140 et 210 millions d'oiseaux à l'automne.

Les cartes de synthèse suivantes soulignent les différences inter-saisons des flux d'oiseaux en mer. En effet, au printemps, les flux sont très concentrés sur l'ouest du golfe, comparé à l'automne où la répartition est un peu plus homogène.

MIGRALION - LOT 5 - Radars ornithologiques à la côte
Synthèse des flux estimés - Printemps

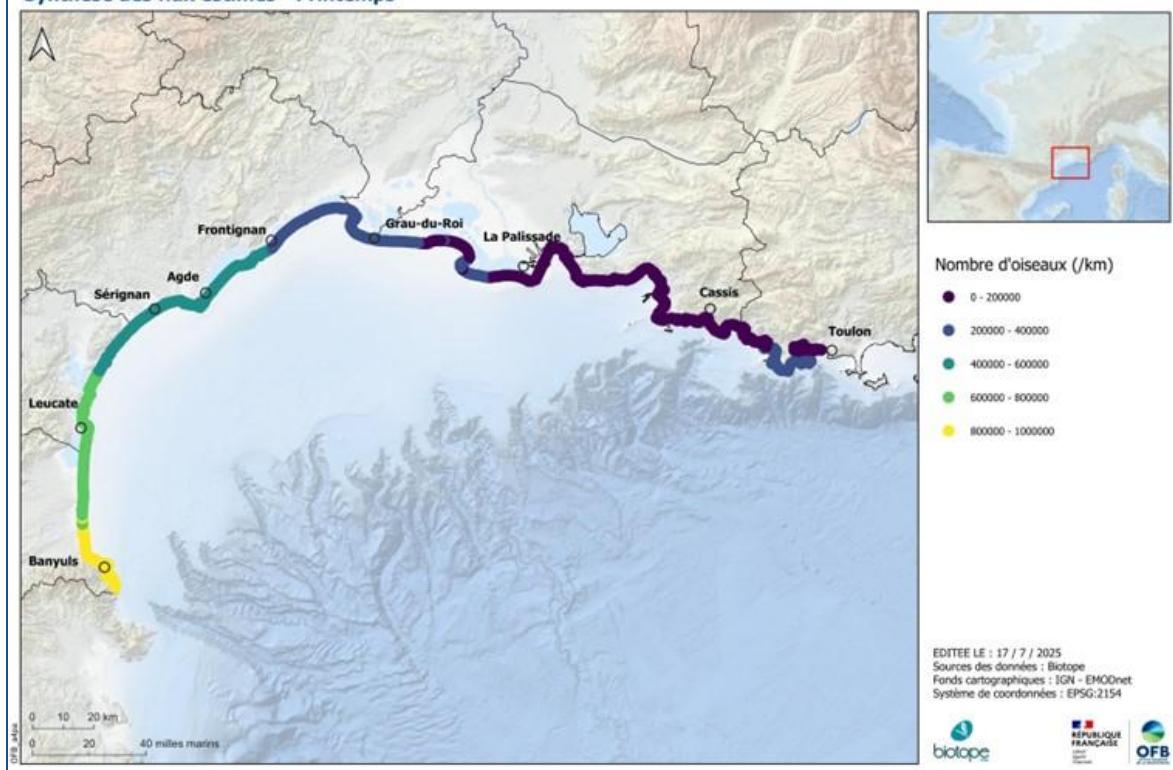


Figure 60 : Synthèse des flux estimés, au printemps

MIGRALION - LOT 5 - Radars ornithologiques à la côte
Synthèse des flux estimés - Automne

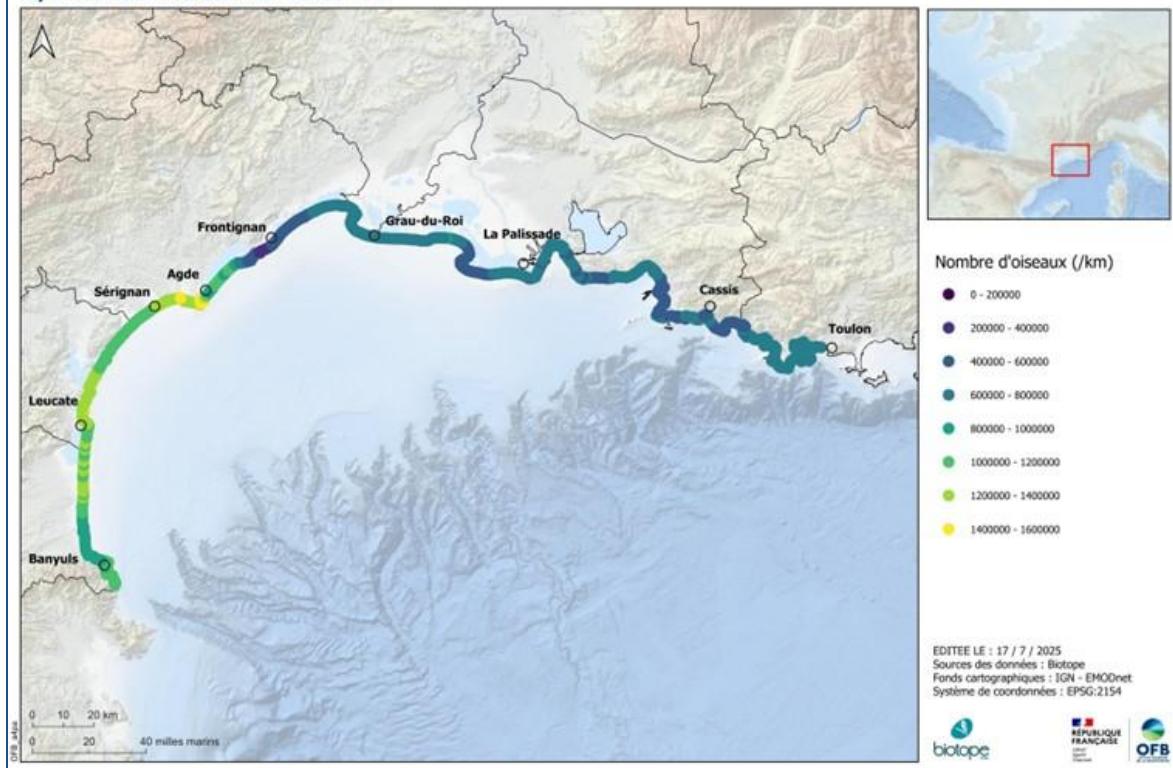


Figure 61 : Synthèse des flux estimés, à l'automne

4.2 Résultats des suivis acoustiques

4.2.1 Oiseaux

Les résultats complets des suivis acoustiques sont présentés dans le tableau 19.

► Espèces détectées

Le suivi acoustique oiseaux a permis de recenser 69 espèces sur les années 2023 et 2024, pour un total de 9 584 individus estimés sur les 24 959 cris enregistrés. Les résultats sont présentés ci-après par groupe d'espèces.

Tableau 15 : Résultats par groupes d'espèces (printemps - automne 2023)

Groupes d'espèces	Effectifs estimés ¹	Nbr de cris
Grands passereaux (5 espèces)	1948	2564
Ardéidé (5 espèces)	1367	4627
Limicoles (19 espèces)	537	2453
Autres (5 espèces)	252	1155
Petits passereaux (16 espèces)	168	1012
Sternidés (3 espèces)	135	680
Gruidé (1 espèce)	35	135

Tableau 16 : Résultats par groupes d'espèces (printemps - automne 2024)

Groupes d'espèces	Effectifs estimés	Nbr de cris
Grands passereaux (5 espèces)	2477	3102
Ardéidés (6 espèces)	1852	5273
Limicoles (17 espèces)	354	1412
Petits passereaux (16 espèces)	168	574
Sternidés (4 espèces)	152	628
Autres (8 espèces)	130	1454
Gruidé (1 espèce)	9	25

Une première comparaison interannuelle (**Figure 64**) montre dans l'ensemble une homogénéité des données par groupes d'espèces avec des chiffres similaires entre les deux années de suivi (2023/2024).

¹ L'estimation complexe du nombre d'individus (protocole NFC) doit-être considéré ici avec précaution.

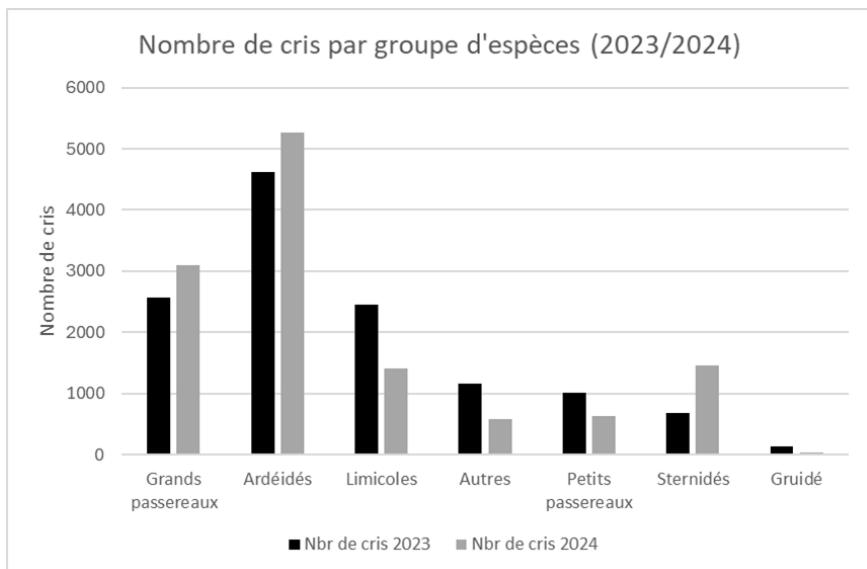


Figure 62 : Nombre de cris par groupe d'espèces et par année

► Groupe des passereaux

Chez les **grands passereaux**, les flux d'automne représentent la majorité des données avec 5 085 cris cumulés pour la Grive musicienne et plus modestement 369 cris pour la Grive mauvis et 125 cris pour le Merle noir. Le Grosbec casse-noyaux a été identifié à plusieurs reprises avec 68 cris cumulés notamment en mouvement nocturne entre 00h et 02h du matin les 18 et 28 octobre 2024.

Le nombre de cris comptabilisé pour les **petits passereaux** reste modéré avec un total de 1 779 cris pour 20 espèces sur 2 ans. Les 10 premières espèces (**Figure 65**) comptabilisent 78 % du nombre de cris. À noter la détection du Bouvreuil pivoine, d'un Pouillot à grand sourcil ainsi que d'un Bruant ortolan.

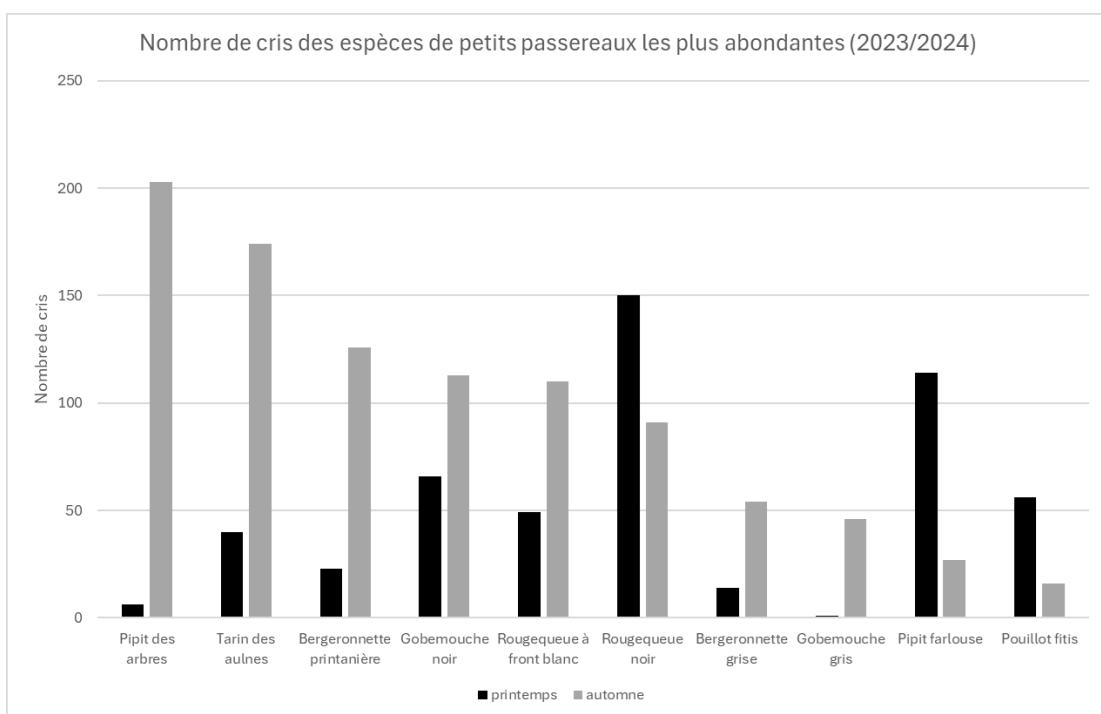


Figure 63 : Nombre de cris des espèces de petits passereaux les plus abondants

► Groupe des oiseaux d'eau

Chez les **Ardéidés**, le Héron cendré et le Bihoreau gris sont les plus présents avec respectivement 6755 et 2 689 cris comptabilisés en majorité en migration postnuptiale. Le Blongios nain comptabilise un nombre de cris plus important que le Héron pourpré pour un total respectif de 358 contre 70 cris. Contrairement au Héron pourpré dont les cris étaient plus isolés (souvent 1 seul cri), le Blongios nain a été régulièrement noté en groupe durant l'automne. Enfin, l'année 2024 a mis en évidence plusieurs cris de Butor étoilé avec 6 cris en automne et 1 cri détecté au printemps.

Chez les **Limicoles**, l'Œdicnème criard cumule le plus grand nombre de cris (1 391). Le volume sonore de son cri (distance de détection) et la forte activité nocturne des individus représente toutefois un biais important. Dans le graphe ci-dessous sont représentées les espèces de limicoles les plus fréquemment rencontrées après l'Œdicnème.

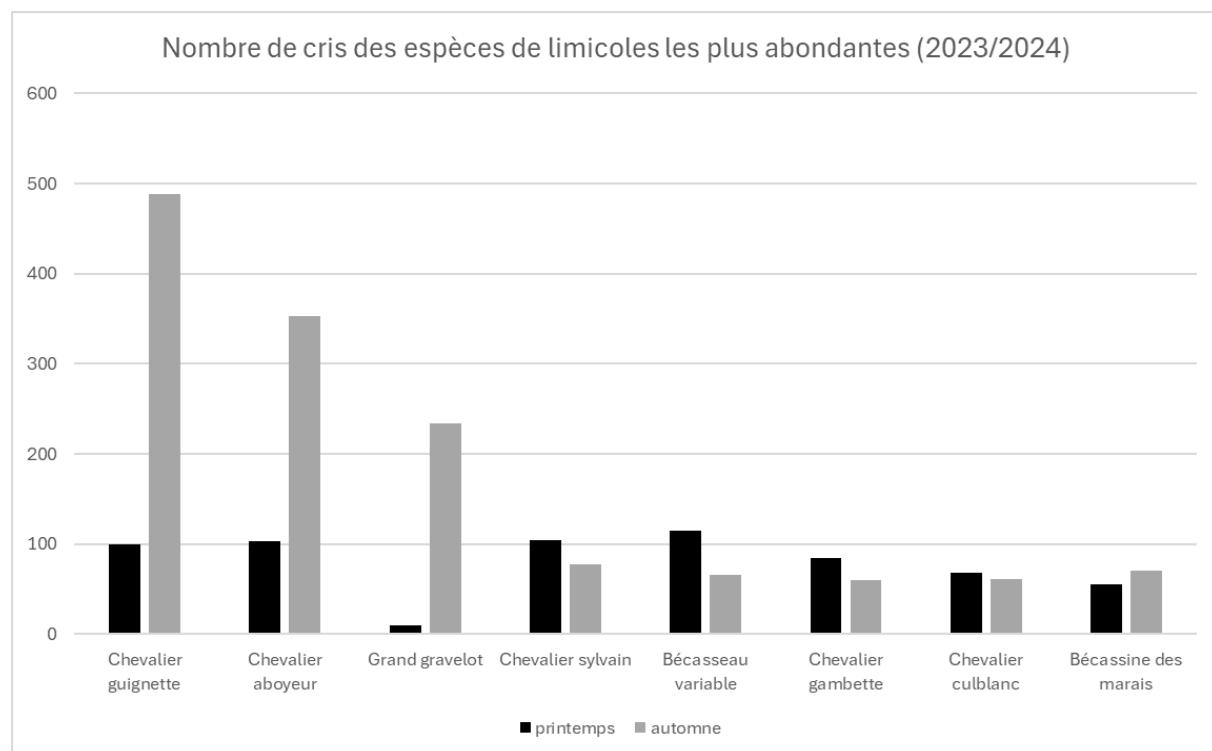


Figure 64 : Nombre de cris des espèces de limicoles les plus abondantes (2023/2024)

Les cris des **Sternidés** sont représentés en très grande majorité par la Sterne caugek et la Sterne pierregarin avec respectivement 933 et 285 cris, suivis de la Sterne caspienne (83 cris) et de la Sterne hansel (7 cris).

► Autres espèces

Les autres espèces identifiées sont représentées par une forte activité printanière du Goéland railleur avec 2 080 cris comptabilisés. Des cris de migration de Grèbes castagneux (194 cris) et de Râle d'eau (196 cris) ont été identifiés régulièrement et presque exclusivement lors du printemps. Quelques espèces d'anatidés tels que le Tadorne de Belon ont montré une activité acoustique assez faible. Enfin un Grand-duc d'Europe a été détecté une fois le 27 février 2024 (1 chant).

Enfin, 160 cris de Grues cendrées en migration ont été identifiés, principalement au printemps.

4.2.2 Chauves-souris

► Espèces détectées

Sur les années 2022 et 2023, 13 espèces et 2 groupes d'espèces ont été identifiés à partir des enregistrements acoustiques.

Tableau 17 : Liste des espèces de chiroptères identifiées sur le site de La Palissade en 2022 et 2023 avec leur statut, classées par ordre décroissant d'abondance

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Liste rouge nationale	Enjeu régional
Pipistrelle pygmée	<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	LC	Moyen
Pipistrelle de Nathusius	<i>Pipistrellus nathusii</i>	NT	Moyen
Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	NT	Moyen
Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	Faible
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>	NT	Moyen
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	NT	Fort
Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	VU	Très fort
Murin de Daubenton	<i>Myotis daubentonii</i>	LC	Moyen
Murin de Daubenton/Capaccini	<i>Myotis daubentonii/capaccinii</i>	M Capaccini : NT	M Capaccini : Fort
Noctule de Leisler	<i>Nyctalus leisleri</i>	NT	Moyen
Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	LC	Moyen
Grand Rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	LC	Moyen
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>	LC	Moyen
Grand/Petit Murin (MyoLF)	<i>Myotis myotis/blythii</i>	LC, NT	Moyen, Fort
Noctule commune	<i>Nyctalus noctula</i>	VU	Fort

► Groupe des pipistrelles

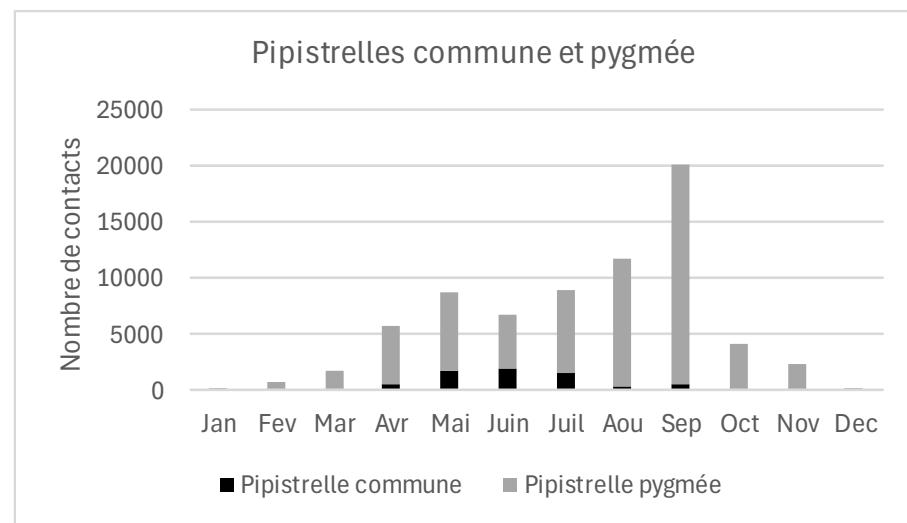


Figure 65 : Phénologie annuelle de l'activité des Pipistrelles pygmée et commune

La Pipistrelle pygmée est présente toute l'année avec des niveaux d'activité particulièrement élevés d'avril à septembre. Il semblerait que cette forte activité soit liée à la présence d'une colonie présente à proximité du point d'enregistrement (guano observé sur les murs d'un bâti du domaine). L'espèce

montre un premier pic d'activité en mai, probablement lié à l'installation de la colonie dans son gîte de mise-bas. L'activité diminue ensuite légèrement en juin puis est de plus en plus élevée au fil des mois, avec un pic maximal atteint en septembre, sûrement dû à la dispersion des jeunes de la colonie, à l'arrivée des mâles pour l'accouplement et à la constitution de réserves pour l'hiver (activité de chasse intense). A partir d'octobre, l'activité de la Pipistrelle pygmée diminue drastiquement, la colonie de mise-bas étant possiblement en route vers son gîte d'hibernation, mais quelques individus sont toujours présents et hibernent potentiellement dans le bâti ou à proximité.

La Pipistrelle commune est présente d'avril à septembre, avec un pic d'activité en été. En août et septembre, son activité est bien plus faible, et parallèlement c'est sur ces deux mois que l'activité de la Pipistrelle pygmée est la plus élevée. Il est ici possible que la Pipistrelle commune ait adapté sa période de fréquentation du site en fonction de celle de la Pipistrelle pygmée qui est présente en nombre et plus inféodée aux milieux humides que la Pipistrelle commune qui est plus ubiquiste, afin d'éviter toute compétition pour les ressources alimentaires.

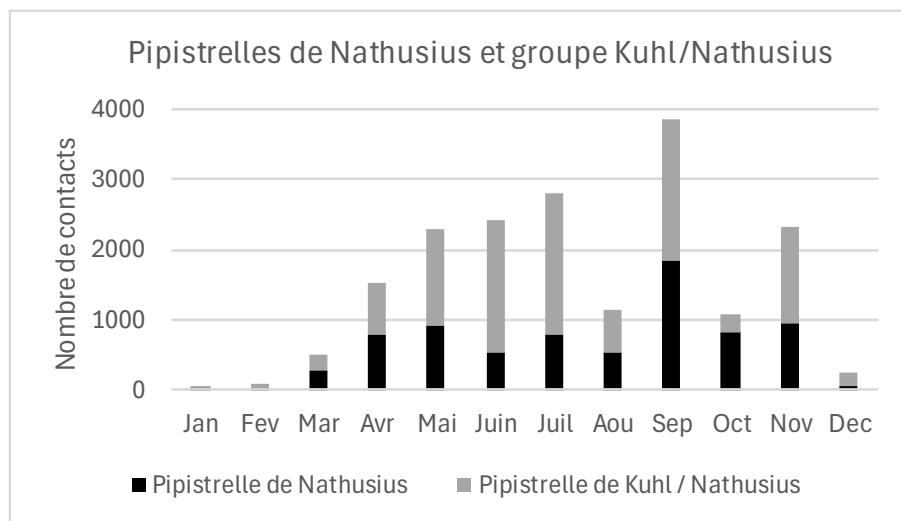


Figure 66 : Phénologie annuelle de l'activité des Pipistrelles de Natusius et de Kuhl

La Pipistrelle de Natusius, espèce migratrice, montre comme attendu des pics d'activité au printemps et en automne correspondant aux périodes de migration. Elle semble néanmoins présente toute l'année, sans doute en lien avec des individus sédentarisés qui gîtent dans la ripisylve du Rhône (probablement des mâles attendant le retour des femelles pour l'accouplement dès la fin de l'été). Un léger pic d'activité a par ailleurs été enregistré en juillet, laissant supposer la présence d'une colonie de mise-bas dans le secteur. Le plus gros pic d'activité a été obtenu en septembre, période pendant laquelle l'espèce migre et est plus présente dans la région, mais qui est aussi une période de chasse intense à l'approche de l'hiver et une période d'accouplement, avec une activité sociale particulièrement élevée.

La Pipistrelle de Kuhl est une espèce ubiquiste présente toute l'année sur notre territoire, il est donc probable qu'elle fréquente le site à l'année. Les pics d'activité obtenus en juin et juillet pour la paire Pipistrelle de Kuhl/Natusius sont probablement en partie issus de la Pipistrelle de Kuhl qui est souvent plus contactée en période estivale.

► Groupe des sérotines et noctules

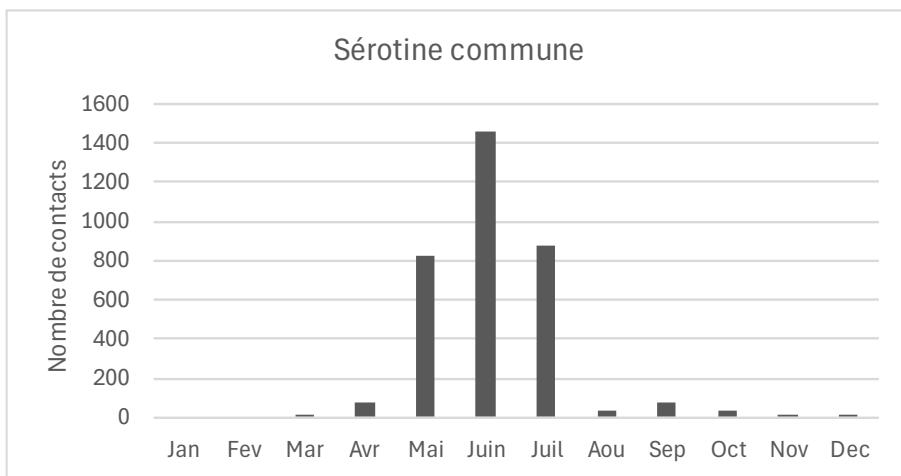


Figure 67 : Phénologie annuelle de l'activité de la Sérotine commune

La Sérotine commune est présente de mars à décembre. Elle montre comme souvent un net pic d'activité en période estivale pendant laquelle, bien qu'ubiquiste dans son régime alimentaire, elle retrouve l'une de ses proies de prédilection : le hanneton, qui émerge en juin/juillet. A partir d'août son activité sur le site est bien plus faible, mais elle est tout de même contactée jusque décembre, peut-être en lien avec un individu qui gîte dans le secteur.

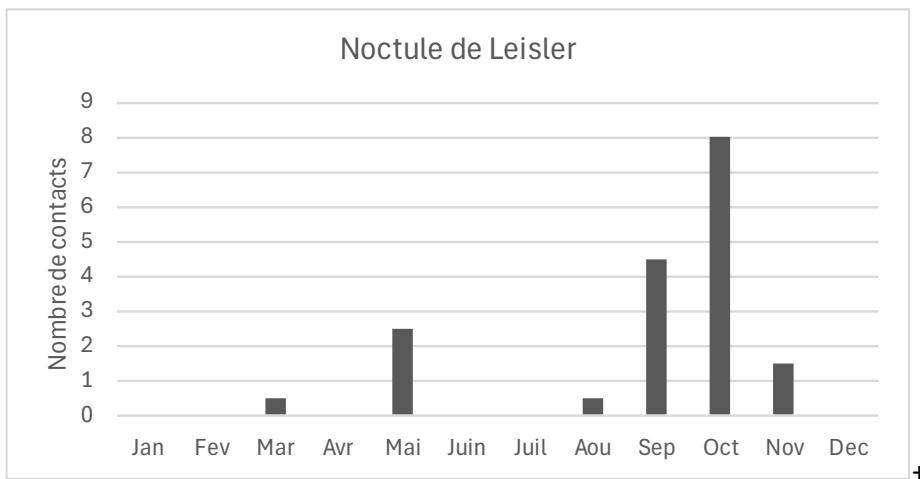


Figure 68 : Phénologie annuelle de l'activité de la Noctule de Leisler

La Noctule de Leisler, espèce migratrice, est relativement peu présente sur le site, avec une activité enregistrée uniquement au printemps et en automne correspondant aux périodes de migration. C'est comme souvent à l'automne que l'activité la plus importante a été enregistrée pour cette espèce qui est plus présente dans la région dès la fin de l'été

► Autres espèces

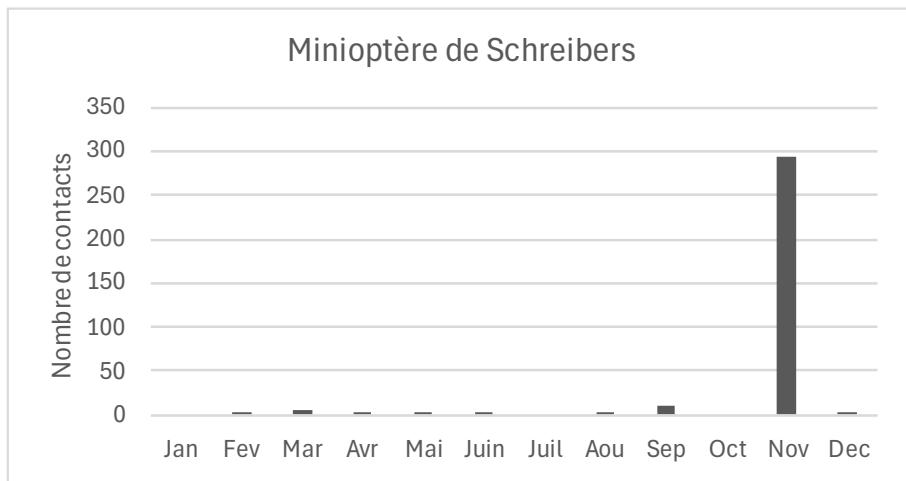


Figure 69 : Phénologie annuelle de l'activité de la Minioptère de Schreibers

Le Minioptère de Schreibers a été contacté de février à décembre (à l'exception de juillet et octobre) avec une activité légèrement plus marquée, hors mois de novembre, en mars et septembre, s'agissant potentiellement d'individus transitant de leur gîte d'hibernation vers leur gîte d'estivage et inversement. Les quelques contacts obtenus le reste de l'année proviennent probablement d'individus qui transitent d'un terrain de chasse à un autre, le Minioptère pouvant s'éloigner jusqu'à 30km de son gîte pour aller chasser, et les gîtes les plus proches connus se trouvant à environ 20km au nord-est du site, sur le Massif des Alpilles. Parmi ces gîtes, on retrouve le seul gîte d'hibernation de l'espèce connu à ce jour dans la région, abritant plusieurs milliers d'individus. Le pic d'activité très élevé de novembre peut être dû à des individus issus de ce gîte qui ont profité d'une météo clémente pour constituer leurs dernières réserves pour passer l'hiver, ou à un passage important de Minioptères se dirigeant vers les Alpilles pour rejoindre leur gîte d'hibernation.

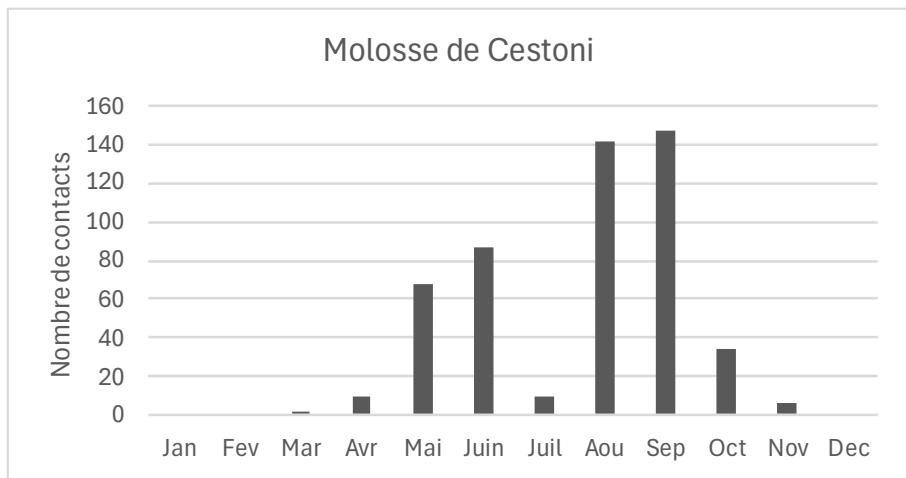


Figure 70 : Phénologie annuelle de l'activité du Molosse de Cestoni

Le Molosse de Cestoni a été contacté de mars à novembre avec comme souvent des pics d'activité au printemps et à la fin de l'été. Il s'agit d'une espèce rupestre dite de « haut vol » qui peut s'éloigner jusqu'à plus de 100km de son gîte pour aller chasser. Les connaissances actuelles en France sur l'écologie du Molosse de Cestoni sont encore assez pauvres, mais elles suggèrent que l'espèce n'effectuerait pas de réelle migration, mais plutôt des transhumances altitudinales, le Molosse étant

bien plus présent dès la fin de l'été dans les zones de basse altitude et disparaît quasiment pendant l'été, et inversement pour les zones de haute altitude où il disparaît dès la fin de l'été.

Le Murin de Daubenton est une espèce plutôt commune, liée aux cours d'eau et aux étangs sur lesquels il chasse toute sorte d'insectes émergeant, voire des alevins de poissons. Il utilise régulièrement les ponts pour gîter, mais aussi les cavités arboricoles ou derrière les écorces décollées des arbres, ainsi que les cavités souterraines.

Le Murin de Capaccini est une espèce cavernicole typiquement méditerranéenne, liée aux réseaux hydrographiques pour la chasse et aux cavités souterraines pour ses gîtes. Cette espèce chasse essentiellement au ras de l'eau, au-dessus des fleuves mais aussi des petits cours d'eau, des étangs et des lacs.

Le Vespère de Savi est une espèce assez commune et rupestre, qui affectionne les grandes vallées boisées, les bordures des gorges et des parois calcaires, la proximité des cours d'eau, des étangs ou des mares.

Le Grand Rhinolophe est une espèce cavernicole et anthropophile, qui apprécie particulièrement les haies denses et hautes des milieux bocagers. La haie est un élément paysager essentiel pour cette espèce qui s'en sert de route de vol, mais aussi de perchoir pour pratiquer la chasse à l'affût. Les ripisylves le long des cours d'eau et des étendues d'eau lui sont aussi très favorables, tout comme les pâturages où il peut chasser des coléoptères coprophages, surtout à proximité du gîte. Les combles des grands mas Camarguais abritent l'été de nombreuses colonies de mise-bas de Grands Rhinolophes. L'hiver, l'espèce se retranche vers les milieux souterrains. Les quelques contacts obtenus sur le site ont en majeure partie été enregistrés au printemps et en automne, s'agissant ici très probablement d'individus en transit entre leur gîte d'estivage et d'hibernation et inversement, soit entre les mas Camarguais et le Massif des Alpilles voire du Luberon qui regorgent de cavités souterraines favorables à l'espèce.

L'Oreillard gris est une espèce anthropophile de plaine qui chasse au niveau des lisières, des milieux agricoles, des parcs et jardins, et autour des éclairages publics.

Le Grand Murin est une espèce cavernicole et anthropophile, qui fréquente essentiellement les milieux où le sol est très accessible, comme les forêts présentant peu de sous-bois et les secteurs à végétation herbacée rase (pelouses et pâtures, voire vignes). En gîte, il est quasiment toujours indissociable du Petit Murin avec qui il peut aussi former des colonies mixtes. Ce dernier affectionne les espaces ouverts et herbacés avec bosquets ou fourrés et chasse surtout les orthoptères en été.

La Noctule commune est une espèce rare en région, surtout présente en migration ou localisée près des sites avec de grands arbres à cavités. C'est une migratrice initialement forestière qui s'est bien adaptée à la vie urbaine, et qui chasse le plus souvent à haute altitude au-dessus d'une grande diversité d'habitats : massifs forestiers, prairies, étangs, cours d'eau, alignements d'arbres, villes et villages.

4.3 Résultats des suivis visuels

4.3.1 Suivis à la côte

Sur les années 2023 et 2024, 103 espèces d'oiseaux en migration le long de la côte ont été observées lors des suivis visuels, cumulant au total 38 672 individus.

Sur la période du printemps pour ces deux années, 102 espèces différentes ont été recensées pour un total de 13 763 oiseaux. En automne, 98 espèces ont été recensées, 24 909 oiseaux.

Les résultats des suivis à la côte sont synthétisés dans les tableaux 18 et 19 présentés ci-après.

Mis à part les colombidés, principalement représentés par le pigeon ramier (dont les valeurs proviennent d'observations sur un même jour d'automne), la présentation des résultats par classe permet à la fois de mettre en valeur l'importance des flux de migration diurnes de certains groupes comme le type martinet (Hirondelles, Martinets), mais également d'observer pour ces groupes les grandes différences d'effectifs entre le printemps et l'automne.

La variabilité des flux s'observe aussi à l'échelle de l'heure, avec des mouvements plus importants en début de matinée, qui diminuent progressivement avec l'avancée du jour. Les graphiques de phénologies horaires et annuelles par classe ci-dessous illustrent ces points.

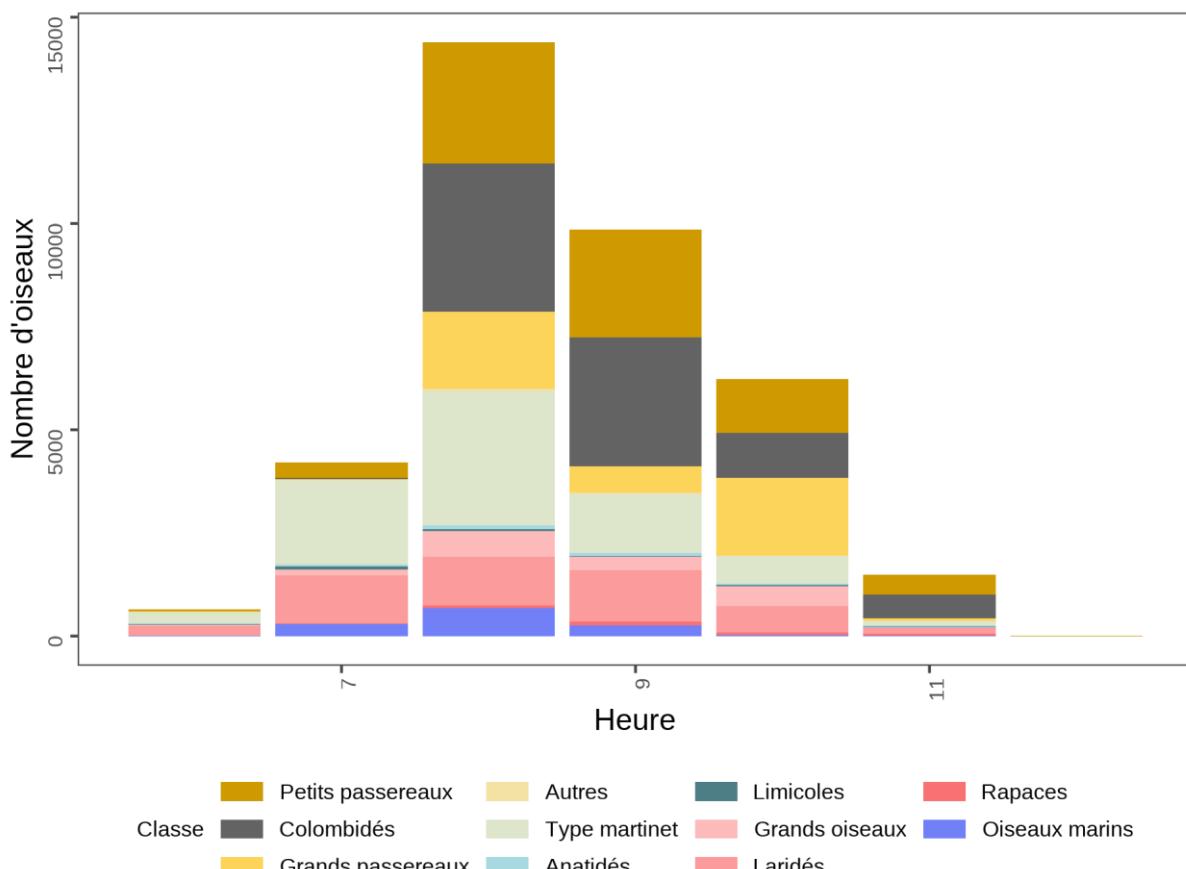


Figure 71 : Phénologie horaire des oiseaux migrateurs par classe pour le suivi visuel à la côte

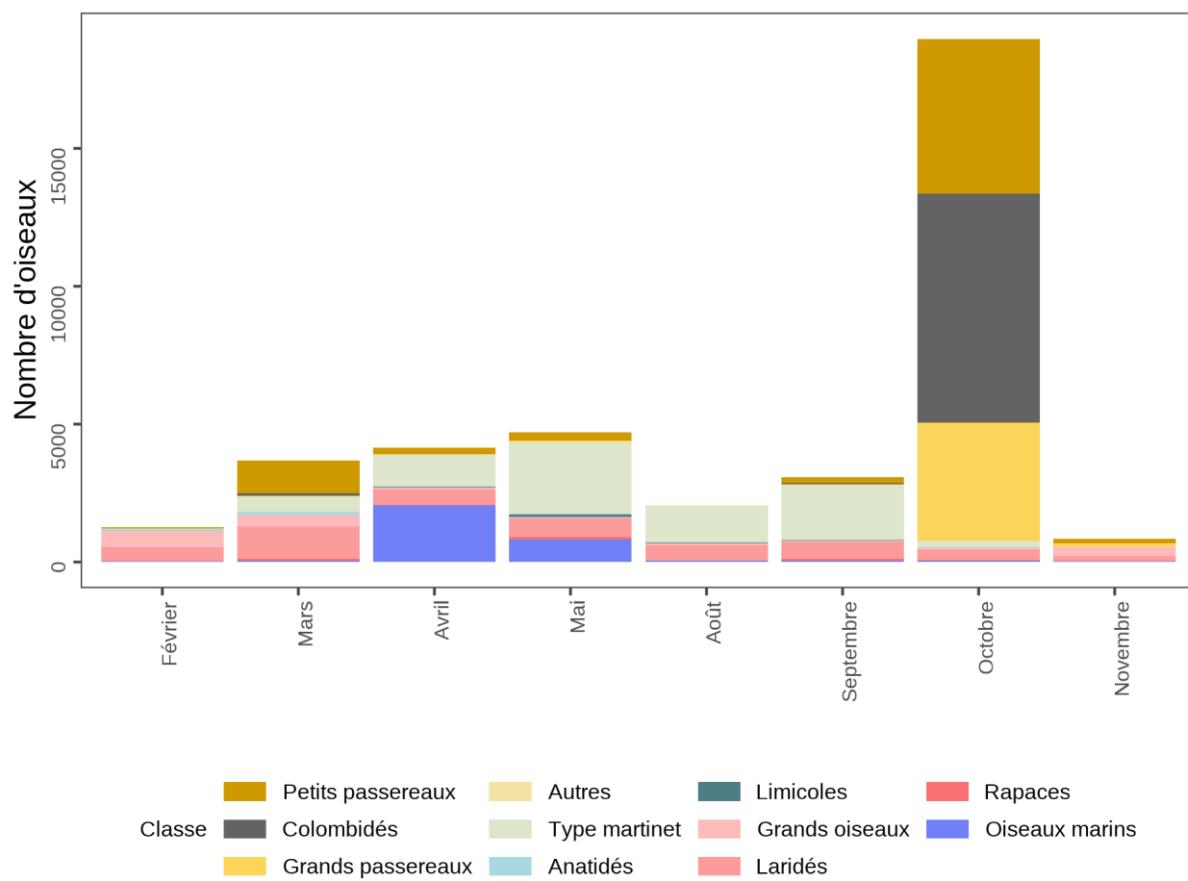


Figure 72 : Phénologie annuelle des oiseaux migrateurs par classe pour le suivi visuel à la côte

Tableau 18 : Somme des individus observés à la côte par suivi visuel, par classe

Classe	Printemps	Automne	Total
Colombidé	77	8345	8422
Type martinet	4269	3545	7814
Petit passereau	1756	5994	7750
Laridé	2908	1713	4621
Grand passereau	59	4413	4472
Oiseau marin	2949	171	3120
Grand oiseau	1087	508	1595
Rapace	188	104	292
Anatidé	247	20	267
Limicole	150	86	236
Autre	72	33	105

4.3.2 Suivis à proximité du radar

Les résultats des suivis à proximité du radar sont présentés dans le tableau suivant.

4.4 Synthèse des données visuelles et acoustiques oiseaux

Au total, 214 espèces différentes, dont 179 migratrices, ont été détectées à partir des suivis visuels et acoustiques.

A une échelle plus large, ce sont en moyenne entre 320 et 370 espèces différentes qui sont notées chaque année sur le portail de science participative Faune-France pour les départements bordant le golfe du Lion, avec une pression d'observation toutefois beaucoup plus importante (plus d'un million de données par an). Pour le seul département des Bouches du Rhône, 566 espèces d'oiseaux ont été notées depuis la création de la base de données.

Ces valeurs illustrent la richesse exceptionnelle de l'aire étudiée (golfe du Lion et abords) pour les oiseaux, et particulièrement les oiseaux migrateurs.

Le tableau suivant synthétise les effectifs dénombrés en 2023 et 2024.

Visu = effectifs issus du suivi visuel à la côte, Halte = effectifs issus du visuel à proximité du radar, Cris = nombre de cris détectés à l'acoustique depuis le site de la Palissade sur 2 nuits par semaine

Les espèces en grisé sont des espèces migratrices

Tableau 19 : Synthèse des observations visuelles et detections acoustiques

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Visu Printemps	Visu Automne	Halte	Cris Printemps	Cris Automne
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i>	5		2	9	8
Aigle botté	<i>Hieraetus pennatus</i>			1		
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	6	10	53	15	6
Alcidé indéterminé		13				
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>		25	2	3	13
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i>		4			
Anatidé indéterminé			3			
Ardéidé indéterminé			13			
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>	3	6	2		
Balbuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>	2		1		
Barge à queue noire	<i>Limosa limosa</i>			1		20
Barge rousse	<i>Limosa lapponica</i>				17	
Bécasseau cocorli	<i>Calidris ferruginea</i>		6	35		
Bécasseau indéterminé		3	4			
Bécasseau maubèche	<i>Calidris canutus</i>	27				
Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i>				20	
Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i>	39	6	9	4	
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>	13	24	639	115	66
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i>			12	55	70
Bec-croisé des sapins	<i>Loxia curvirostra</i>		6			
Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i>		5	3		7
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	109	309	23	14	54
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	291	74	14	23	191
Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i>		1		443	2246
Blongios nain	<i>Ixobrychus minutus</i>				6	352
Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i>	77	13			
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i>			86		
Bouvreuil pivoine	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>				6	
Bruant des roseaux	<i>Emberiza schoeniclus</i>		4	7	17	11
Bruant fou	<i>Emberiza cia</i>			3		
Bruant ortolan	<i>Emberiza hortulana</i>				1	
Bruant jaune	<i>Emberiza citrinella</i>		1			

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Visu Printemps	Visu Automne	Halte	Cris Printemps	Cris Automne
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	3		21		
Bruant zizi	<i>Emberiza cirlus</i>			13		193
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>		3			
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	7	7	11		
Busard indéterminé		1				
Buse variable	<i>Buteo buteo</i>		5	9		
Butor étoilé	<i>Botaurus stellaris</i>				1	6
Canard chipeau	<i>Mareca strepera</i>			47		
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	8	4	101		
Canard indéterminé		12				
Canard siffleur	<i>Anas penelope</i>				1	1
Canard souchet	<i>Spatula clypeata</i>	33	1	140		
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i>	52	52	210		
Chevalier aboeur	<i>Tringa nebularia</i>	3		11	103	353
Chevalier arlequin	<i>Tringa erythropus</i>				3	1
Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i>	2	4	2	68	61
Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>			52	85	60
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucus</i>		5	22	100	488
Chevalier sylvain	<i>Tringa glareola</i>	1			105	78
Choucas des tours	<i>Corvus monedula</i>	1	2	4		
Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	541	20	563		
Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>	0	1			
Circaète jean-le-blanc	<i>Circaetus gallicus</i>	2	0	2		
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>			43		
Cochevis huppé	<i>Galerida cristata</i>			42		
Corbeau freux	<i>Corvus frugilegus</i>		1			
Corneille noire	<i>Corvus corone</i>	8		20		
Coucou geai	<i>Clamator glandarius</i>			1		
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>				53	1
Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i>	6	1		35	0
Cygne tuberculé	<i>Cygnus olor</i>			88		
Echasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i>	5	9	141		
Engoulevent d'Europe	<i>Caprimulgus europaeus</i>	1				
Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	22	44	7		
Etourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i>	25	4404	628		
Etourneau unicolore	<i>Sturnus unicolor</i>			1		
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i>			6		
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	52	6	22		
Faucon crécerellette	<i>Falco naumanni</i>		2			
Faucon d'Éléonore	<i>Falco eleonorae</i>	2				
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>	3				
Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	4	3	1		
Faucon indéterminé		7	3			
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>		2			
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i>			64		
Fauvette des jardins	<i>Sylvia borin</i>			2		
Fauvette grisette	<i>Sylvia communis</i>			2		
Fauvette mélanocephale	<i>Sylvia melanocephala</i>			335		
Fauvette orphée	<i>Currucà hortensis</i>			3		
Fauvette passerinette	<i>Currucà cantillans</i>			5		
Fauvette pitchou	<i>Sylvia undata</i>			7		
Flamant rose	<i>Phoenicopterus roseus</i>		1	462		
Fou de Bassan	<i>Morus bassanus</i>	23	61			
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i>			277		
Fringille indéterminé		1	2690			
Fuligule nyroca	<i>Aythya nyroca</i>			1		
Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i>			7		

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Visu Printemps	Visu Automne	Halte	Cris Printemps	Cris Automne
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i>			20		
Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i>			14	1	46
Gobemouche noir	<i>Ficedula hypoleuca</i>			61	66	113
Gobemouche tyrrhénien	<i>Muscicapa tyrrhenica</i>			1		
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i>	1	2			
Goéland d'Audouin	<i>Ichthyaetus audouinii</i>	1				
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i>	978	512	167		
Goéland raireur	<i>Chroicocephalus genei</i>	34	7	2	2080	
Grand corbeau	<i>Corvus corax</i>	1		5		
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	429	395	115		
Grand gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i>				10	234
Grand labbe	<i>Stercorarius skua</i>		10			
Grand-duc d'Europe	<i>Bubo bubo</i>				1	1
Grande Aigrette	<i>Ardea alba</i>	14		19		
Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>	1			2	70
Gravelot indéterminé		4				
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i>			21	189	5
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i>	13		15		
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i>			36		
Grive indéterminé		3				
Grive litorne	<i>Turdus pilaris</i>	3				3
Grive mauvis	<i>Turdus iliacus</i>	1			94	275
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	17	3	20	1562	3523
Grosbec casse-noyaux	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>				2	66
Grue cendrée	<i>Grus grus</i>	32			145	15
Guêpier d'Europe	<i>Merops apiaster</i>	69	17	44		
Guifette noire	<i>Chlidonias niger</i>		16			
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	18	8	104	1419	5336
Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>		6	33		
Héron indéterminé		16				
Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i>		9		8	62
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	1115	1293	69		
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i>	9	501	20		
Hirondelle de rochers	<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	42	1			
Hirondelle indéterminée		0	2			
Hirondelle rousseline	<i>Cecropis daurica</i>	2				
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	1404	500	201		
Huître pie	<i>Haematopus ostralegus</i>	12	2	3	59	1
Huppe fasciée	<i>Upupa epops</i>		5	7		
Hypolaïs ictérine	<i>Hippolais icterina</i>			3		
Hypolaïs polyglotte	<i>Hippolais polyglotta</i>			11		
Ibis falcinelle	<i>Plegadis falcinellus</i>	1	54	65		
Labbe indéterminé			6			
Labbe parasite	<i>Stercorarius parasiticus</i>	4	18			
Labbe parasite/pomarin	<i>Stercorarius parasiticus</i>	0	4			
Labbe pomarin	<i>Stercorarius pomarinus</i>	2	3			
Limicole indéterminé		20				
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	51	834	93		
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i>		3	3		
Macreuse brune	<i>Melanitta fusca</i>	5				
Martinet à ventre blanc	<i>Tachymarptis melba</i>	125	302			
Martinet noir	<i>Apus apus</i>	1555	614	90		
Martinet pâle	<i>Apus pallidus</i>	15	334	5		
Martin-pêcheur d'Europe	<i>Alcedo atthis</i>	2	0	25		
Merle à plastron	<i>Turdus torquatus</i>		1			
Merle noir	<i>Turdus merula</i>			8	32	93

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Visu Printemps	Visu Automne	Halte	Cris Printemps	Cris Automne
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i>			50		
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i>			53		
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i>		2	109		
Mésange huppée	<i>Lophophanes cristatus</i>			36		
Mésange noire	<i>Periparus ater</i>			1		
Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	3		18		
Milan royal	<i>Milvus milvus</i>	11		3		
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i>	7		256		
Moineau friquet	<i>Passer montanus</i>			8		
Mouette de Franklin	<i>Leucophaeus pipixcan</i>	1	0			
Mouette mélancéphale	<i>Ichthyaetus melanocephalus</i>	164	68	14		
Mouette pygmée	<i>Hydrocoloeus minutus</i>	711	1			
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	261	301	216		
Nette rousse	<i>Netta rufina</i>			28		
Océanite tempête	<i>Hydrobates pelagicus</i>		2			
Œdicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>				987	404
Passereau indéterminé		46	58			
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>			4		
Petit gravelot	<i>Charadrius dubius</i>			4	21	89
Petit limicole indéterminé		2				
Petit-gravelot	<i>Charadrius dubius</i>			4	21	32
Pic de Sharpe	<i>Picus sharpei</i>			1		
Pic épeiche	<i>Dendrocopos major</i>			3		
Pic épeichette	<i>Dendrocopos minor</i>			1		2
Pic vert	<i>Picus viridis</i>			2		
Pie bavarde	<i>Pica pica</i>	2		87		
Pie-grièche à tête rousse	<i>Lanius senator</i>			5		
Pigeon biset domestique	<i>Columba livia</i>		11	6		
Pigeon colombin	<i>Columba oenas</i>		38	3		
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i>	76	8307	190		
Pingouin torda	<i>Alca torda</i>	23				
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	550	1562	93		
Pinson du Nord	<i>Fringilla montifringilla</i>		2			
Pipit des arbres	<i>Anthus trivialis</i>	13	58	9	6	203
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	140	92	24	114	27
Pipit indéterminé			1			
Pipit rousseline	<i>Anthus campestris</i>	1		2		
Pipit spioncelle	<i>Anthus spinoletta</i>	1				6
Plongeon arctique	<i>Gavia arctica</i>	5				
Plongeon imbrin	<i>Gavia immer</i>	1				
Plongeon indéterminé		7	1			
Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>	2		4		7
Pluvier doré	<i>Pluvialis apricaria</i>					20
Pouillot à grands sourcils	<i>Phylloscopus inornatus</i>					2
Pouillot de Bonelli	<i>Phylloscopus bonelli</i>		1	12	1	0
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i>			12	56	16
Pouillot siffleur	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	1		11		
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	1	50	129		
Puffin de Scopoli	<i>Calonectris diomedea</i>	428	49			
Puffin des Baléares	<i>Puffinus mauretanicus</i>	1				
Puffin indéterminé		3	3			
Puffin yelkouan	<i>Puffinus yelkouan</i>	2425	16			
Puffin yelkouan/Baléares	<i>Puffinus yelkouan</i>	6	6			
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i>			22	170	26
Rapace indéterminé		1				
Rémiz penduline	<i>Remiz pendulinus</i>					40
Roitelet à triple bandeau	<i>Regulus ignicapilla</i>	2		52		

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Visu Printemps	Visu Automne	Halte	Cris Printemps	Cris Automne
Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i>			3		
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>		2	38		
Rougegorge familier	<i>Erythacus rubecula</i>			138		
Rougequeue à front blanc	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>			26	49	110
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>		2	85	150	91
Rousserolle effarvatte	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>			3		
Rousserolle turdoïde	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>			3		
Sarcelle d'été	<i>Anas querquedula</i>	82		3	26	4
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>	74	7	3		
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	171	132	44		
Sittelle torchepot	<i>Sitta europaea</i>			1		
Spatule blanche	<i>Platalea leucorodia</i>		7			
Sterne caspienne	<i>Hydroprogne caspia</i>	6	1	2	31	52
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i>	398	620	16	457	476
Sterne hansel	<i>Gelochelidon nilotica</i>	18	23	2		7
Sterne indéterminée		297	96			
Sterne naine	<i>Sternula albifrons</i>	18	7	15		
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i>	20	55	6	109	176
Sterne voyageuse	<i>Thalasseus bengalensis</i>	4				
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i>	30	8	21	104	
Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i>			1		
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i>			7		
Tarin des aulnes	<i>Spinus spinus</i>	304	15	1	40	174
Tournepierre à collier	<i>Arenaria interpres</i>	2	8			
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i>			1	5	
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>				84	
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>			7	1	
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i>				8	
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i>	4				
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	10			9	

4.5 Résultats de la campagne de baguage

426 captures ont été réalisées au printemps 2023 sur le site de La Palissade, avec 301 baguages et 125 contrôles, pour un total de 31 espèces dont 18 migrants transsahariens.

Parmi les espèces les plus baguées se trouve un trio de migrants transsahariens qui ne se reproduit pas en Camargue : le Gobemouche noir, le Pouillot fitis et le Rougequeue à front blanc, qui totalisent 32% des oiseaux bagués sur le site.

Concernant les contrôles, on retrouve logiquement des oiseaux sédentaires qui se reproduisent sur le site comme la Fauvette mélanocéphale, le Rossignol philomèle et la Bouscarle de Cetti. La phénologie de capture observée reflète à la fois le nombre d'oiseaux présents autour des filets mais également leur activité avec un passage étalé des migrants sur la saison 2023.

Les tombées de passereaux (oiseaux migrants qui se posent massivement sur un site) sont assez aléatoires au printemps (en comparaison de l'automne sur le littoral camarguais) et ce phénomène, combiné à la météo venteuse de ce printemps explique le faible nombre d'oiseaux capturés, avec une seule journée de capture importante avec plus de 100 oiseaux bagués.

La matinée du 27 avril 2023 a ainsi permis la capture de 112 individus, avec notamment 57 gobemouches noir. A l'opposé, le 06 mai 2023 n'a fourni que 6 captures principalement d'oiseaux locaux avec une absence nette de migrants.

Tableau 20 : Liste des espèces baguées (en gris : les espèces transsahariennes)

Espèces	CODE	Baguages	Contrôles	Total
Gobemouche noir	FICUCA	74	2	76
Pouillot fitis	PHYLUS	29	3	32
Rougequeue à front blanc	PHOPHO	26	1	27
Fauvette à tête noire	SYLATR	24	7	31
Rougegorge familier	ERIRUB	22	10	32
Fauvette mélanocéphale	SYLALA	18	30	48
Rossignol philomèle	LUSMEG	14	22	36
Pouillot véloce	PHYCOL	11	7	18
Gobemouche gris	MUSSTR	10		10
Fauvette des jardins	SYLBOR	10		10
Bouscarle de Cetti	CETCET	9	21	30
Hypolaïs polyglotte	HIPPOL	8	5	13
Mésange charbonnière	PARMAJ	8	14	22
Chardonneret élégant	CARLIS	5	1	6
Rousserolle effarvatte	ACRSCI	4	1	5
Moineau domestique	PASDOM	4		4
Fauvette grisette	SYLCOM	4	1	5
Hirondelle rustique	HIRRUS	3		3
Pouillot siffleur	PHYSIB	3		3
Grive musicienne	TURPHI	3		3
Rougequeue noir	PHOOCH	2		2
Rousserolle turdoïde	ACRARU	1		1
Pinson des arbres	FRICOE	1		1
Hypolaïs icterine	HIPICT	1		1
Locustelle tachetée	LOCNAE	1		1
Guêpier d'Europe	MERAPI	1		1
Pouillot de Bonelli	PHYBON	1		1
Tarier des prés	SAXRUB	1		1
Tarier pâtre	SAXTOR	1		1
Etourneau sansonnet	STUVUL	1		1
Fauvette passerinette	SYLCAN	1		1
Total général		301	125	426

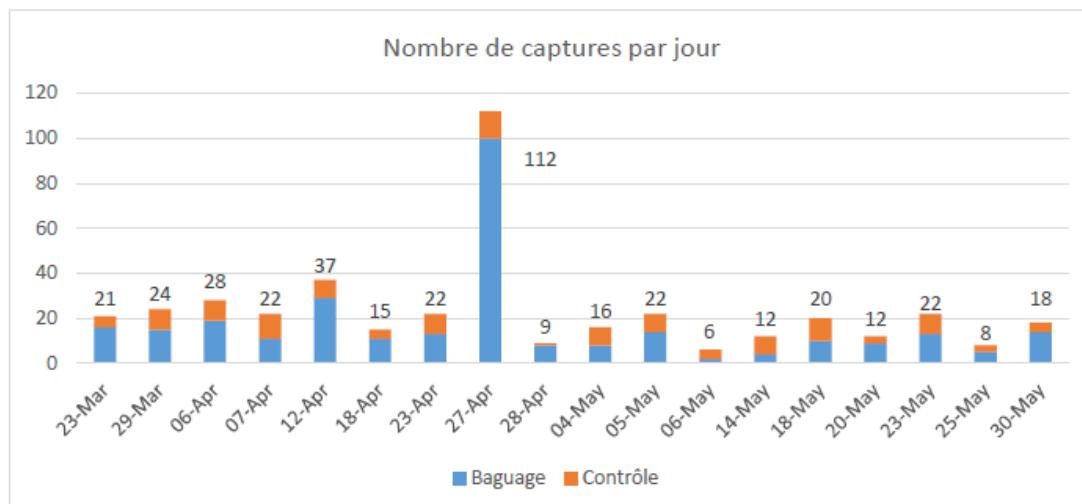


Figure 73 : Nombre de captures et contrôles par jour sur le site de la palissade

5. Bilan du lot 5 et perspectives

Bilan

L'acquisition des données s'est déroulée comme prévu, avec une forte disponibilité de données permettant des analyses quantitatives solides.

Ce lot a permis d'apporter des connaissances nouvelles sur le comportement des oiseaux migrant en mer au niveau du golfe du Lion, notamment :

- Les mouvements migratoires, notamment nocturnes, s'étalent globalement sur 8 mois : entre mi-février et fin mai, et entre mi-juillet et fin novembre
- La migration nocturne est nettement plus importante que la migration diurne, avec plus de 70% des flux enregistrés au cours de la nuit
- Les flux présentent une variabilité inter-journalière importante, avec des pics de migration intenses alternant avec des périodes calmes (50 % des déplacements sont enregistrés au cours de 14 à 22 nuits)
- Les pics de migration peuvent compter plus de 25 000 oiseaux par heure et par kilomètre, et 140 000 oiseaux par nuit et par kilomètre
- Les flux d'oiseaux migrants sont plus importants à l'ouest du golfe du Lion
- Les flux sont plus orientés vers ou en provenance de la mer à l'est du golfe, et parallèles à la côte sur la partie ouest
- La proportion d'oiseaux volant à basse altitude (moins de 300 mètres) est importante
- Les passereaux représentent la majorité des flux, suivis des oiseaux d'eau
- La diversité d'espèces migratrices est très élevée, le golfe du Lion se situant sur un couloir de migration majeur
- Au total, entre 50 et 200 millions d'oiseaux traversent le golfe du Lion chaque année à moins de 1000 m d'altitude

Perspectives

Les données récoltées dans le cadre de MIGRALION ont permis d'apporter des éléments de description et de quantification des flux d'oiseaux migrants au niveau du golfe du Lion.

Les résultats montrent cependant une variabilité spatiale et temporelle marquée, qui mériterait d'être étudiée plus en détail.

La poursuite d'acquisition de données sur de longues séries temporelles, avec une couverture spatiale complémentaire permettrait notamment :

- De préciser les résultats détaillés dans ce rapport
- De disposer d'une série continue de données servant de référence (La Palissade)
- D'évaluer les changements et tendances sur les flux à court, moyen et long terme
- D'enregistrer et de comparer les données à différentes phases du développement de l'éolien en mer dans le golfe du Lion
- D'obtenir des données plus complètes pour travailler sur la prédition des flux d'oiseaux

Enfin il apparait important de pouvoir comparer les données enregistrées depuis la côte avec des mesures identiques effectuées directement depuis des sites en mer, notamment depuis des flotteurs dédiés à l'acquisition de données, ou depuis les parcs éoliens.

6. Références bibliographiques

Bruderer, B., Dieter, P., Boldt, A., & al. (2010). Wing-beat characteristics of birds recorded with tracking radar and cine camera. *Ibis*, 152(2), 272–291. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2010.01014.x>

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

Haest, B., Hertner, F., Schmid, B., Preatoni, D., De Groot, J., & Liechti, F. (2025). *birdscanR: Migration Traffic Rate Calculation Package for Birdscan MR1 Radars [R package]*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7326820>

Kuhn, M., Weston, S., Keefer, C., & Coulter, N. (2012). *Cubist models for regression* (R package version 0.0-18). <https://cran.r-project.org/package=Cubist>

Lauret, V., Gimenez, O., & Besnard, A. (2022). *MIGRALION – Caractérisation de l'utilisation du golfe du Lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : Rapport méthodologique (Lot 6, analyse combinée des données)*. Rapport pour l'OFB (Livrable 32).

Lundberg, S. M., Erion, G., Chen, H., DeGrave, A., Prutkin, J. M., Nair, B., Katz, R., Himmelfarb, J., Bansal, N., & Lee, S.-I. (2020). From local explanations to global understanding with explainable AI for trees. *Nature Machine Intelligence*, 2(1), 56–67. <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0138-9>

Meyer, H., Milà, C., Ludwig, M., Linnenbrink, J., & Schumacher, F. (2025). *CAST: 'caret' Applications for Spatial-Temporal Models* (Version 1.0.3) [R package]. <https://hannameyer.github.io/CAST>

Nussbaumer, R., Gravey, M., Briedis, M., & Liechti, F. (2023). Global positioning with animal-borne pressure sensors. *Methods in Ecology and Evolution*, 14, 1104–1117. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14043>

Nussbaumer, R., Gravey, M., Briedis, M., Liechti, F., & Sheldon, D. (2023). Reconstructing bird trajectories from pressure and wind data using a highly optimized hidden Markov model. *Methods in Ecology and Evolution*, 14, 1118–1129. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14082>

Schmid, B., Zaugg, S., Votier, S. C., & al. (2019). Size matters in quantitative radar monitoring of animal migration: Estimating monitored volume from wingbeat frequency. *Ecography*, 42(5), 931–941. <https://doi.org/10.1111/ecog.04025>

Shi, X., Schmid, B., Tschanz, P., Segelbacher, G., & Liechti, F. (2021). Seasonal trends in movement patterns of birds and insects aloft simultaneously recorded by radar. *Remote Sensing*, 13(9), 1839. <https://doi.org/10.3390/rs13091839>

7. Remerciements du lot 5

Nous tenons à remercier très chaleureusement l'ensemble des personnes et des structures ayant permis l'acquisition des données, et particulièrement :

- l'équipe du Domaine de la Palissade (Parc Naturel Régional de Camargue) pour son aide précieuse pendant l'ensemble des 3 années d'acquisition des données radar et acoustiques, ainsi que pour la campagne de baguage et le suivi visuel sur le domaine ;
- l'équipe de la Réserve Naturelle Nationale du Bagnas (ADENA) à Agde pour son accueil pour le suivi radar mené au sein de la Réserve pour l'année 2024 ;
- le clos des Paulilles à Port-vendres, les Oliviers de Sasha à Leucate, le camping Le Sérignan, la société Agile Water à Mèze, le Mas rouge à Frontignan, le Mas Royal de Jarras au Grau-du-Roi, la mairie du Grau-du-Roi, le Méhari Club de Cassis, le Domaine de l'Artaude au Pradet, ainsi que le Conservatoire du Littoral, pour avoir permis l'acquisition de données avec le radar mobile.

Nous remercions aussi très particulièrement l'Office Français de la Biodiversité pour avoir développé et piloté ce programme d'envergure, et nous avoir fait confiance pour la réalisation de ce lot Radar.

8. Valorisation des résultats du lot 5

Le lot 5 « Radars ornithologiques à la côte » du programme MIGRALION a permis la réalisation de nombreux travaux de recherche, qui sont ici synthétisés selon leur nature. L'ensemble des données acquises au sein du programme permettront de poursuivre les travaux d'études et de recherche scientifique au cours des prochaines années.

L'ensemble des rapports MIGRALION sont rendus publics sur <https://www.eoliennesenmer.fr/> et l'ensemble des jeux de données (brutes et prétraitées) produits ont été remis à l'OFB, et sont publics.

Livrables réalisés par le lot 5 au cours du programme

- Livrable L26 : Jeux de données géoréférencées et leurs métadonnées acquis lors de la première année ;
- Livrable L27 : Premier rapport d'analyse des données acquises.
- Livrable L28 : Jeux de données géoréférencées et leurs métadonnées acquis lors de la seconde année.
- Livrable L29 : Deuxième rapport d'analyse des données acquises (années 1 et 2).
- Livrable L30 : Jeux de données géoréférencées et leurs métadonnées acquis lors de la troisième année.
- Livrable L31 : Troisième rapport d'analyse des données acquises (sur les 3 années).

Conférences scientifiques internationales

DELCOURT, V., SCHOPPER, H., SCHMID, B., DAIDE, C. 2025. **MIGRALION – A large-scale research programme on the flying fauna of the Gulf of Lion (Mediterranean Sea, France). Coastal bird radar. Poster 4.** 8th Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), Montpellier, France. 8-12 September 2025

ASSALI C., CHAUVIN D., DAÏDÉ C., DELELIS N., LIEBAULT L., SCHMID B., SCHOPPER H., DELCOURT V., 2025. **New insights into bird migration at the Gulf of Lion scale through simultaneous offshore and inshore radar recordings.** Poster presentation. 8th Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), Montpellier, France. 8-12 September 2025

PLANQUE, Y., AUDIFFREN, C., ASSALI, C., BESNARD, A., BON, C., CANONNE, C., CAT, V., CHAMPAGNON, J., CHATEAUGIRON, T., COURBIN, N., DAÏDE, C., DEFANCESCHI, C., DELELIS, N., DE GRISSAC, S., DELCOURT, V., DENOUAL, L., DRAGONNET, T., DUFOUR, P., DURIEZ, O., FRETIN, M., GAILLY, V., GREMILLET, D., HERMELOUP, C., HERROUIN, G., JEANNIN, B., JIGUET, F., LAURET, V., LECORPS, F., LIEBAULT, V., PREVOT, J., QUEROUÉ, M., REY, F., ROQUES, S., ROUSSEAU, R., SAEZ, J., SCHMID, B., SCHROLL, L., TILLO, S. 2025. **MIGRALION – A large-scale research programme on the flying fauna of the Gulf of Lion (Mediterranean Sea, France). A series of five scientific posters presenting the main results.** 8th Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), Montpellier, France. 8-12 September 2025

SCHMID, B., SCHOPPER, H., DAIDE, C., DELCOURT, V. 2025. **To cross or not to cross... the Gulf of Lion: bird migration characteristics monitored by radar at the coast.** Poster. 15th EOU conference Bangor, United Kingdom. 18-22 August 2025

DELCOURT, V., DAÏDÉ, C., ASSALI, C., SCHMID, B., GIGOU, A. 2023. **New insights about bird migration in the gulf of lions – ornithological radar surveys within the MIGRALION programme.** Poster presentation. 7th Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), Sibenik, Croatie. 2023

Conférences scientifiques nationales, interventions diverses

DELELIS, N. 2024. Pôle mer Méditerranée : Journée Mer et Horizons - Edition 2024 - Quelles trajectoires pour une économie bleue durable ? Table ronde « Assurer l'intégration environnementale des infrastructures en mer » (en compagnie de Gilles LECAILLON (Ecocean), Georges SAFI (FEM) Constance AUDIFFREN (OFB)) , Toulon, France, 19 septembre 2024. <https://live.eventtia.com/fr/journeemerethorizons2024/Programme/>

Conférences grand public

DELCOURT, V. 2025. MIGRALION – Présentation des résultats du Lot 5. Domaine Cazes

Articles scientifiques

Mémoires étudiants (rapports de stage)

DAVID, M. 2025. Etude par radars ornithologiques et anticipation des flux migratoires dans le golfe du Lion. Mémoire de fin d'études. 44pp. Institut Agro Rennes Angers

Pages web et réseaux sociaux

<https://www.eoliennesenmer.fr/migralion-lot-5>

9. Remerciements généraux

L'Office français de la biodiversité tient à adresser ses plus vifs remerciements à l'ensemble des prestataires, chercheurs, partenaires institutionnels et acteurs de terrain qui ont contribué à la réussite de ce programme. Nous exprimons notre profonde gratitude à la Direction de l'eau et de la biodiversité, à la Direction générale de l'énergie et du climat, ainsi qu'aux Régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Occitanie pour leur soutien déterminant. Au-delà de l'appui financier et institutionnel, c'est l'ampleur des efforts déployés, l'engagement constant et la rigueur de toutes les personnes mobilisées qui ont permis d'aboutir à des résultats collectifs solides et porteurs pour la connaissance et la protection de la biodiversité.

10. Annexes

Annexe 1 : Oiseaux observés en 2023 aux salins d'Hyères aux périodes d'acquisition du radar mobile sur le site de Toulon.

Nom vernaculaire	Nom scientifique
Accenteur mouchet	<i>Prunella modularis</i> (Linnaeus, 1758)
Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i> (Linnaeus, 1766)
Alouette calandrelle	<i>Calandrella brachydactyla</i> (Leisler, 1814)
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i> (Linnaeus, 1758)
Alouette lulu	<i>Lullula arborea</i> (Linnaeus, 1758)
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i> Linnaeus, 1758
Balbuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)
Barge à queue noire	<i>Limosa limosa</i> (Linnaeus, 1758)
Barge rousse	<i>Limosa lapponica</i> (Linnaeus, 1758)
Bécasseau cocorli	<i>Calidris ferruginea</i> (Pontoppidan, 1763)
Bécasseau de Temminck	<i>Calidris temminckii</i> (Leisler, 1812)
Bécasseau maubèche	<i>Calidris canutus</i> (Linnaeus, 1758)
Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i> (Leisler, 1812)
Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i> (Pallas, 1764)
Bécasseau tacheté	<i>Calidris melanotos</i> (Vieillot, 1819)
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i> (Linnaeus, 1758)
Bécassine des marais	<i>Gallinago gallinago</i> (Linnaeus, 1758)
Bergeronnette des ruisseaux	<i>Motacilla cinerea</i> Tunstall, 1771
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i> (Linnaeus, 1758)
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i> Linnaeus, 1758
Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i> (Linnaeus, 1758)
Bouscarle de Cetti	<i>Cettia cetti</i> (Temminck, 1820)
Bruant des roseaux	<i>Emberiza schoeniclus</i> (Linnaeus, 1758)
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i> (Linnaeus, 1758)
Bruant zizi	<i>Emberiza cirlus</i> (Linnaeus, 1766)
Busard cendré	<i>Circus pygargus</i> (Linnaeus, 1758)
Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i> (Linnaeus, 1758)
Buse variable	<i>Buteo buteo</i> (Linnaeus, 1758)
Canard chipeau	<i>Mareca strepera</i> (Linnaeus, 1758)
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i> Linnaeus, 1758
Canard pilet	<i>Anas acuta</i> (Linnaeus, 1758)
Canard siffleur	<i>Mareca penelope</i> (Linnaeus, 1758)
Canard souchet	<i>Spatula clypeata</i> (Linnaeus, 1758)
Chardonneret élégant	<i>Carduelis carduelis</i> (Linnaeus, 1758)
Chevalier aboyeur	<i>Tringa nebularia</i> (Gunnerus, 1767)
Chevalier arlequin	<i>Tringa erythropus</i> (Pallas, 1764)
Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i> (Linnaeus, 1758)

Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i> (Linnaeus, 1758)
Chevalier guignette	<i>Actitis hypoleucus</i> (Linnaeus, 1758)
Chevalier stagnatile	<i>Tringa stagnatilis</i> (Bechstein, 1803)
Chevalier sylvain	<i>Tringa glareola</i> (Linnaeus, 1758)
Choucas des tours	<i>Corvus monedula</i> (Linnaeus, 1758)
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i> (Rafinesque, 1810)
Combattant varié	<i>Calidris pugnax</i> (Linnaeus, 1758)
Corneille noire	<i>Corvus corone</i> (Linnaeus, 1758)
Coucou geai	<i>Clamator glandarius</i> (Linnaeus, 1758)
Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i> (Linnaeus, 1758)
Courlis corlieu	<i>Numenius phaeopus</i> (Linnaeus, 1758)
Cygne tuberculé	<i>Cygnus olor</i> (Gmelin, 1789)
Échasse blanche	<i>Himantopus himantopus</i> (Linnaeus, 1758)
Épervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)
Étourneau sansonnet	<i>Sturnus vulgaris</i> (Linnaeus, 1758)
Faisan de Colchide	<i>Phasianus colchicus</i> (Linnaeus, 1758)
Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i> (Linnaeus, 1758)
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i> (Linnaeus, 1758)
Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i> (Tunstall, 1771)
Fauvette à tête noire	<i>Sylvia atricapilla</i> (Linnaeus, 1758)
Fauvette mélanocéphale	<i>Sylvia melanocephala</i> (Gmelin, 1789)
Fauvette passerinette	<i>Curruca cantillans</i> (Pallas, 1764)
Fauvette pitchou	<i>Sylvia undata</i> (Boddaert, 1783)
Flamant rose	<i>Phoenicopterus roseus</i> (Pallas, 1811)
Foulque macroule	<i>Fulica atra</i> (Linnaeus, 1758)
Gallinule poule-d'eau	<i>Gallinula chloropus</i> (Linnaeus, 1758)
Geai des chênes	<i>Garrulus glandarius</i> (Linnaeus, 1758)
Glaréole à collier	<i>Glareola pratincola</i> (Linnaeus, 1766)
Goéland brun	<i>Larus fuscus</i> (Linnaeus, 1758)
Goéland leucophée	<i>Larus michahellis</i> (Naumann, 1840)
Goéland railleur	<i>Chroicocephalus genei</i> (Brème, 1839)
Grand Cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i> (Linnaeus, 1758)
Grand Gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i> (Linnaeus, 1758)
Grande Aigrette	<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758)
Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i> (Linnaeus, 1758)
Grèbe à cou noir	<i>Podiceps nigricollis</i> (Brehm, 1831)
Grèbe castagneux	<i>Tachybaptus ruficollis</i> (Pallas, 1764)
Grèbe huppé	<i>Podiceps cristatus</i> (Linnaeus, 1758)
Grimpereau des jardins	<i>Certhia brachydactyla</i> (C.L. Brehm, 1820)
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i> (C.L. Brehm, 1831)
Guifette leucoptère	<i>Chlidonias leucopterus</i> (Temminck, 1815)
Guifette moustac	<i>Chlidonias hybrida</i> (Pallas, 1811)
Guifette noire	<i>Chlidonias niger</i> (Linnaeus, 1758)

Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i> (Linnaeus, 1758)
Héron garde-boeufs	<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)
Héron pourpré	<i>Ardea purpurea</i> (Linnaeus, 1766)
Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i> (Linnaeus, 1758)
Hirondelle de rivage	<i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)
Hirondelle de rochers	<i>Ptyonoprogne rupestris</i> (Scopoli, 1769)
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica erythrogaster</i> Boddaert, 1783
Huppe fasciée	<i>Upupa epops</i> (Linnaeus, 1758)
Ibis falcinelle	<i>Plegadis falcinellus</i> (Linnaeus, 1766)
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i> (Linnaeus, 1758)
Loriot d'Europe	<i>Oriolus oriolus</i> (Linnaeus, 1758)
Martinet noir	<i>Apus apus</i> (Linnaeus, 1758)
Martin-pêcheur d'Europe	<i>Alcedo atthis</i> (Linnaeus, 1758)
Merle noir	<i>Turdus merula</i> (Linnaeus, 1758)
Mésange à longue queue	<i>Aegithalos caudatus</i> (Linnaeus, 1758)
Mésange bleue	<i>Cyanistes caeruleus</i> (Linnaeus, 1758)
Mésange charbonnière	<i>Parus major</i> (Linnaeus, 1758)
Mésange huppée	<i>Lophophanes cristatus</i> (Linnaeus, 1758)
Milan royal	<i>Milvus milvus</i> (Linnaeus, 1758)
Moineau domestique	<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)
Mouette mélanocéphale	<i>Ichthyaetus melanocephalus</i> (Temminck, 1820)
Mouette rieuse	<i>Chroicocephalus ridibundus</i> (Linnaeus, 1766)
Petit Gravelot	<i>Charadrius dubius</i> (Scopoli, 1786)
Pic épeichette	<i>Dendrocopos minor</i> (Linnaeus, 1758)
Pic vert	<i>Picus viridis</i> (Linnaeus, 1758)
Pie bavarde	<i>Pica pica</i> (Linnaeus, 1758)
Pigeon ramier	<i>Columba palumbus</i> (Linnaeus, 1758)
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i> (Linnaeus, 1758)
Pipit à gorge rousse	<i>Anthus cervinus</i> (Pallas, 1811)
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i> (Linnaeus, 1758)
Pipit rousseline	<i>Anthus campestris</i> (Linnaeus, 1758)
Pipit spioncelle	<i>Anthus spinosus</i> (Linnaeus, 1758)
Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i> (Linnaeus, 1758)
Pouillot fitis	<i>Phylloscopus trochilus</i> (Linnaeus, 1758)
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i> (Vieillot, 1817)
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)
Rémiz penduline	<i>Remiz pendulinus</i> (Linnaeus, 1758)
Roitelet à triple bandea	<i>Regulus ignicapilla</i> (Temminck, 1820)
Roitelet huppé	<i>Regulus regulus</i> (Linnaeus, 1758)
Rossignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i> (C.L. Brehm, 1831)
Rougegorge familier	<i>Erythacus rubecula</i> (Linnaeus, 1758)
Rougequeue à front blanc	<i>Phoenicurus phoenicurus</i> (Linnaeus, 1758)
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i> (S.G. Gmelin, 1774)

Rousserolle effarvatte	<i>Acrocephalus scirpaceus</i> (Hermann, 1804)
Rousserolle turdoïde	<i>Acrocephalus arundinaceus</i> (Linnaeus, 1758)
Sarcelle d'été	<i>Spatula querquedula</i> (Linnaeus, 1758)
Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i> (Linnaeus, 1758)
Serin cini	<i>Serinus serinus</i> (Linnaeus, 1766)
Sterne caspienne	<i>Hydropogone caspia</i> (Pallas, 1770)
Sterne caugek	<i>Thalasseus sandvicensis</i> (Latham, 1787)
Sterne hansel	<i>Gelochelidon nilotica</i> (Gmelin, 1789)
Sterne naine	<i>Sternula albifrons</i> (Pallas, 1764)
Sterne pierregarin	<i>Sterna hirundo</i> (Linnaeus, 1758)
Tadorne de Belon	<i>Tadorna tadorna</i> (Linnaeus, 1758)
Tarier des prés	<i>Saxicola rubetra</i> (Linnaeus, 1758)
Tarier pâtre	<i>Saxicola rubicola</i> (Linnaeus, 1766)
Tarin des aulnes	<i>Spinus spinus</i> (Linnaeus, 1758)
Tournepierre à collier	<i>Arenaria interpres</i> (Linnaeus, 1758)
Tourterelle des bois	<i>Streptopelia turtur</i> (Linnaeus, 1758)
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i> (Frivaldszky, 1838)
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i> (Linnaeus, 1758)
Troglodyte mignon	<i>Troglodytes troglodytes</i> (Linnaeus, 1758)
Vanneau huppé	<i>Vanellus vanellus</i> (Linnaeus, 1758)
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i> (Linnaeus, 1758)