

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 4 « Campagnes en mer par bateau »

Livrable 25

Mai 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	Camille ASSALI Vincent DELCOURT Nicolas DELELIS	BIOTOPE - Service EMR Biotope 24 rue Paul Doumer - 34140 MEZE http://www.biotope.fr/
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 migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : Rapport final d'analyses du Lot 4 « Campagnes en mer par bateau ». Livrable L25.	
Statut du document	Version 2, corrections	
Date de sauvegarde	25/09/2025	
Date de diffusion	14/10/2025	
Version du document	VF	
Nom du fichier	MIGRALION_L25_Lot4_Rapport_final_2025-05_V2.pdf	
Nombre de pages	331 pages	
Niveau de diffusion	Public	

HISTORIQUE DES CHANGEMENTS

Version	Date	Modifié par	Modifications / Sections
1	26/05/2025	Nicolas DELELIS/ Camille ASSALI/ Vincent DELCOURT	Rédaction du document initial
2	25/09/2025	Nicolas DELELIS/ Camille ASSALI	Corrections dans l'ensemble du document à la suite des relectures 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 : 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*. 331 PP. [MIGRALION : lot 4 | 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 pré-nuptiale (Sud-Nord) et de migration post-nuptiale (Nord-Sud) — et l'avifaune marine, dont les connaissances sur les zones d'utilisations du milieu marin par certaines espèces s'avèrent 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-g4nOgkwvqUCu6ypIGeb0Xgie4-T-nS53g=/JOE_TEXTE).

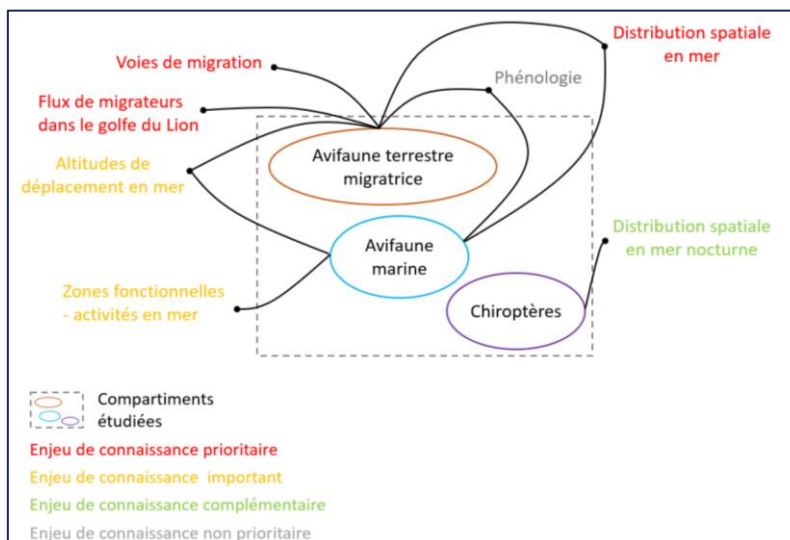
Dans le contexte de développement de parcs éoliens en mer dans le golfe du Lion, il est apparu essentiel d'améliorer les connaissances sur l'avifaune marine et terrestre migratrice à l'échelle de ce secteur. Cela concerne notamment les flux migratoires et les fonctionnalités des zones en mer, qu'il s'agisse 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 migrateurs terrestres dans le golfe du Lion ;
- Les hauteurs de vol des oiseaux marins et des oiseaux migrateurs 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 migrateurs terrestres et oiseaux marins
- **Lot n°4** : Campagnes en mer par bateau
- **Lot n°5** : Radars ornithologiques 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.

Objectifs de ce rapport

Ce document correspond au **rapport final d'analyses du lot 4 « Campagnes en mer par bateau » 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 migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : **Rapport final d'analyses du Lot 3 « Télémétrie, migrateurs terrestres et oiseaux marins »**. Rapport pour l'OFB. 169 PP. [MIGRALION : lot 3 | Eoliennes en mer](#)
- ASSALI, C., DELCOURT, V., DELELIS, N. 2025. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrateurs 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. 331 PP. [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 migrateurs 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. 123 PP. [MIGRALION : lot 5 | Eoliennes en mer](#)
- CANONNE, C., QUEROUE, 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 migrateurs 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. 168 PP. [MIGRALION : lot 6 | Eoliennes en mer](#)

Une synthèse de l'ensemble de ces rapports finaux, construite sur la base des résumés (en français) et des abstracts (en anglais) des rapports finaux des lots d'acquisition des données (lots 3, 4 et 5) et du lot d'analyses globales (lot 6), et présentant une synthèse des actions de valorisation, est également disponible :

- Consortium MIGRALION et Office Français de la Biodiversité. 2025. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : Rapport de synthèse final / Final Synthesis Report. 100 PP. MIGRALION : Synthèse finale | Eoliennes en mer [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 migrateurs 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 migrateurs 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., DEFRANCESCHI, 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., QUEROUE, 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. Posters disponibles en ligne [MIGRALION : Lot 2 - Posters | Eoliennes en mer](#)

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 4 « Campagnes en mer par bateau »

Le Lot 4 du programme MIGRALION « Campagne en mer par bateau » a pour objectif de mieux comprendre les mouvements et flux d'oiseaux marins et migrateurs terrestres au sein du golfe du Lion par le biais de différentes modalités d'acquisition de données en mer. Les espèces visées sont :

- **Les oiseaux marins** qui séjournent et transitent dans le golfe du Lion au cours de leur cycle biologique, dont la reproduction, mais également lors des phases de halte migratoire et de migration active ;
- **Les migrateurs terrestres** (passereaux, rapaces, grands et petits échassiers, etc.) qui transitent dans le golfe du Lion lors des deux périodes de migration (prénuptiale et postnuptiale) ;
- **Les chiroptères** qui transitent dans le golfe du Lion lors des déplacements saisonniers.

Technologies employées

Les campagnes en mer consistent à acquérir des données sur l'avifaune marine, l'avifaune terrestre migratrice et les chiroptères à partir de différents modes d'acquisition résumés ci-dessous :

- **Des observations visuelles en continu** rapportant tous les oiseaux marins et migrateurs observés du lever du jour au coucher du soleil ;
- **Un enregistreur acoustique dédié aux oiseaux** et **un enregistreur dédié aux chauves-souris** pour détecter les éventuels cris émis ;
- **Deux radars embarqués**, paramétrés pour le suivi de l'avifaune en mer, équipés de moyens d'enregistrement de données en continu, de jour comme de nuit, tout au long des campagnes menées. Un radar « horizontal » déjà présent sur le bateau est dédié au suivi des trajectoires (7,4 km de rayon). Un radar « vertical » dédié à l'étude des flux et des hauteurs de vol (1500 m de rayon) est quant à lui installé sur le pont arrière du bateau et orienté perpendiculairement à la direction principale de migration au moyen d'une grue lui servant de support.

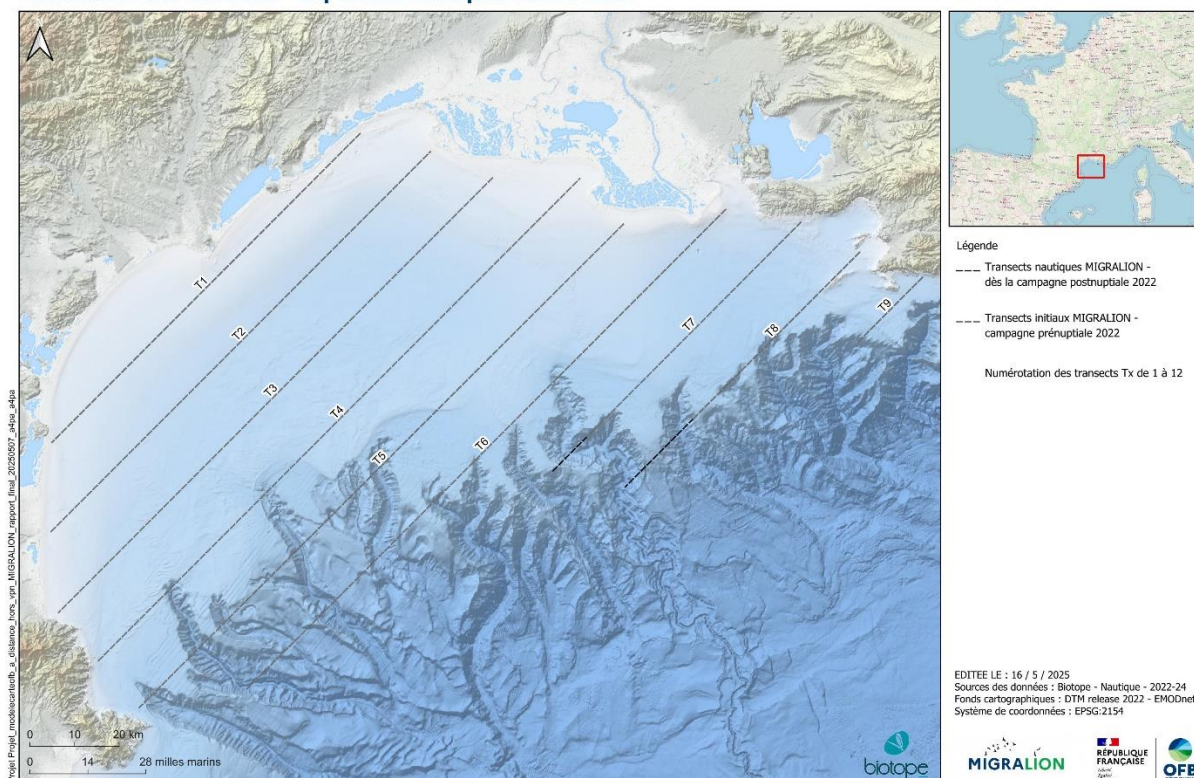
Plan d'échantillonnage

Les acquisitions de données en mer réalisées au sein du lot 4 prennent la forme de campagnes de 3-4 jours/ 3-4 nuits mises en œuvre, chaque année, 2 fois en saison prénuptiale (campagnes conduites entre les mois de mars et de mai) et 2 fois en saison postnuptiale (de septembre à novembre).

Avec près de 1000 kilomètres de transects parcourus (cf. ci-dessous) à chaque itération, ces campagnes en mer ciblent les périodes clés de la migration de l'avifaune. Les transects couvrent l'ensemble du plateau continental du golfe du Lion, ainsi que les têtes de canyons, et leur mise en œuvre a été optimisée de façon à parcourir au mieux la zone d'étude à la fois de jour et de nuit au cours de la période de migration visée.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Localisation des transects - Expertises nautiques 2022 à 2024



Méthodes de traitements et d'analyse des données

Les données sont analysées distinctement pour chacune des méthodes d'acquisition.

Pour les suivis visuels, les analyses des données se décomposent en trois grandes sections :

- Répartition spatiale par espèce ou groupe d'espèces : carte de distribution des données brutes par saison ;
- Distribution temporelle par espèce ou groupe d'espèces : phénologie de présence par saison (IKA en effectif/km de transects, Densité en individu/km²) ;
- Analyse comportementale (altitudes de vol observées).

Pour les suivis acoustiques, une identification et quantification de l'activité est réalisée.

Pour les suivis radar, les analyses suivantes sont mises en œuvre en parallèle pour les deux modes déployés :

- Séries temporelles du nombre de trajectoires (radar horizontal) et des flux (ou *Migration Traffic Rate* en nombre d'oiseaux par heure et par km ; radar vertical) ;
- Distribution des flux en altitude, de façon absolue et relative, de jour comme de nuit, avec déclinaison par heure (radar vertical) ;
- Distribution des directions de vol, de jour comme de nuit, avec déclinaison par heure (radar horizontal) ;
- Modélisation spatiale bayésienne de la migration (radar vertical et données du lot 5).

Limites méthodologiques – observations visuelles et enregistrements acoustiques

Dans le cadre des campagnes réalisées pour le programme MIGRALION, le bateau était en mouvement continu, de jour comme de nuit. Les analyses réalisées pour le suivi visuel portant sur des données uniquement collectées de jour, l'effort d'observation n'est donc pas constant le long des transects, avec des portions sans observation lors de la progression nocturne du bateau. L'interprétation des cartes doit donc se faire en intégrant cette limite et notamment le caractère discontinu des observations de jours. Les cartes produites représentent ainsi une répartition à minima n'incluant pas la possible présence d'oiseaux sur les transects parcourus de nuit.

En parallèle, des enregistrements par acoustique passive ont été réalisés pour la détection des oiseaux et des chauves-souris en migration. Des difficultés spécifiques à l'acquisition de données acoustiques en mer ont été rencontrées, en lien avec de nombreux bruits parasites (mer/houle, vibration du navire, vent etc.) qui ont altéré les capacités de détection du microphone et de la parabole.

Limites méthodologiques – radar embarqués

Les données radar ont l'avantage de fournir des informations sur les déplacements d'oiseaux de jour comme de nuit, dès lors que les conditions météorologiques et les conditions de mer sont favorables (i.e. pas de pluie, houle faible à modérée).

Aux échelles auxquelles les radars embarqués ont été paramétrés, et après sélection des zones de maximum de détection au sein des données enregistrées :

- le radar horizontal (4 MN de rayon, maximum de détection entre 2 et 4km) permet de détecter tous les oiseaux de taille moyenne à grande (volant seuls et en groupe), alors que les petits oiseaux (e.g. petits passereaux) volant seuls sont peu détectés (à l'exception de conditions très favorables et s'ils volent près du radar) ;
- le radar vertical (1500m de rayon, maximum de détection au-dessus du radar) permet de détecter tous les oiseaux traversant le faisceau, avec néanmoins une perte de détection des petites cibles isolées aux plus hautes altitudes scannées ;
- les oiseaux posés sur l'eau ou rasant la surface de la mer doivent être considérés comme absents des données, car les échos qu'ils renvoient se confondent avec ceux renvoyés par les vagues ou la surface de la mer.

Par conséquent, (i) la classe d'altitude 1450-1500m a été écartée des analyses du fait de l'érosion importante des détections et de la géométrie du disque radar, et les flux au-delà de 1000m d'altitude sont en partie sous-estimés ; (ii) la classe d'altitude 0-50m doit également être considérée comme sous-représentative des effectifs réels d'oiseaux.

Enfin, rappelons que si le traitement des données a permis d'écarter les échos provenant d'insectes, de bateaux, de bouées, d'avions ou encore de la côte elle-même, les images radar à elles seules ne permettent pas de déterminer les espèces observées.

Principaux résultats

10 campagnes en mer avec radars et observateurs embarqués ont été menées entre 2022 et 2024 avec 4 campagnes en 2022 et 2023 et 2 campagnes en 2024. Les campagnes menées dans le cadre du lot 4 ont permis la collecte d'une quantité importante d'observations pour la mégafaune marine et les chiroptères par le biais des observations visuelles classiques ou encore des suivis acoustiques chiroptères et oiseaux embarqués.

Observations visuelles

Lors des 10 campagnes menées entre 2022 et 2024, ce sont ainsi de 95 espèces et 29 taxons de mégafaune marine qui ont ainsi été notés avec un total de 8 450 observations et 42 401 individus comptabilisés. Chaque observation a fait l'objet de relevés d'informations relatives à l'orientation des vols, aux hauteurs de déplacement ainsi que d'ordre comportemental. Cette base de données constitue ainsi une source d'informations importante pour mieux comprendre la répartition spatio-temporelle des oiseaux pendant les périodes de migration mais également leur comportement en fonction des différents stades de leur cycle biologique (halte migratoire, alimentation, migration active etc.).

Ainsi, les observations collectées mettent notamment en évidence :

- Des mouvements bien marqués pour certaines espèces marines, comme la présence d'afflux de Mouette pygmée en fin d'hiver/début de printemps dans l'ensemble du golfe du Lion ou encore des rassemblements postnuptiaux importants pour les sternes et les guifettes au large de la Camargue ;
- Des flux migratoires pour certaines espèces terrestres qui ont été observés de jour comme pour les hirondelles, les rapaces ou encore plusieurs espèces de passereaux ;
- Des hauteurs de vol variables selon les espèces mais également selon la phase du cycle biologique dans laquelle se trouvent les individus.

Enfin, les suivis visuels ont également permis de recenser 4 espèces de mammifères marins. Le Grand Dauphin utilise l'intégralité du plateau continental ainsi que les zones de talus et plus ponctuellement les têtes de canyons alors que dans le même temps, le Dauphin bleu et blanc, plus pélagique, se cantonne strictement aux zones de canyons. Notons également la présence régulière du Rorqual commun au niveau des transects les plus pélagiques avec des intrusions sur le plateau continental comme le montrent les observations au large de la Camargue. Enfin, le Dauphin commun, rare en Méditerranée, a été observé une fois.

Acoustique oiseaux

Les contacts enregistrés lors des campagnes en mer concernent essentiellement la période de migration postnuptiale. 10 espèces d'oiseaux ont été contactées lors suivis acoustiques. Il s'agit -par ordre décroissant du nombre de contacts- de la Grive musicienne (457 contacts), du Rougegorge familier (394 contacts), du Merle noir (155 contacts), de la Grive mauvis (61 contacts), de l'Édicnème criard (21 contacts) et d'autres espèces plus anecdotiques en termes de nombre de contacts (Héron cendré, Rougequeue noir, Mouette pygmée, Sterne caugek, Bécasseau variable).

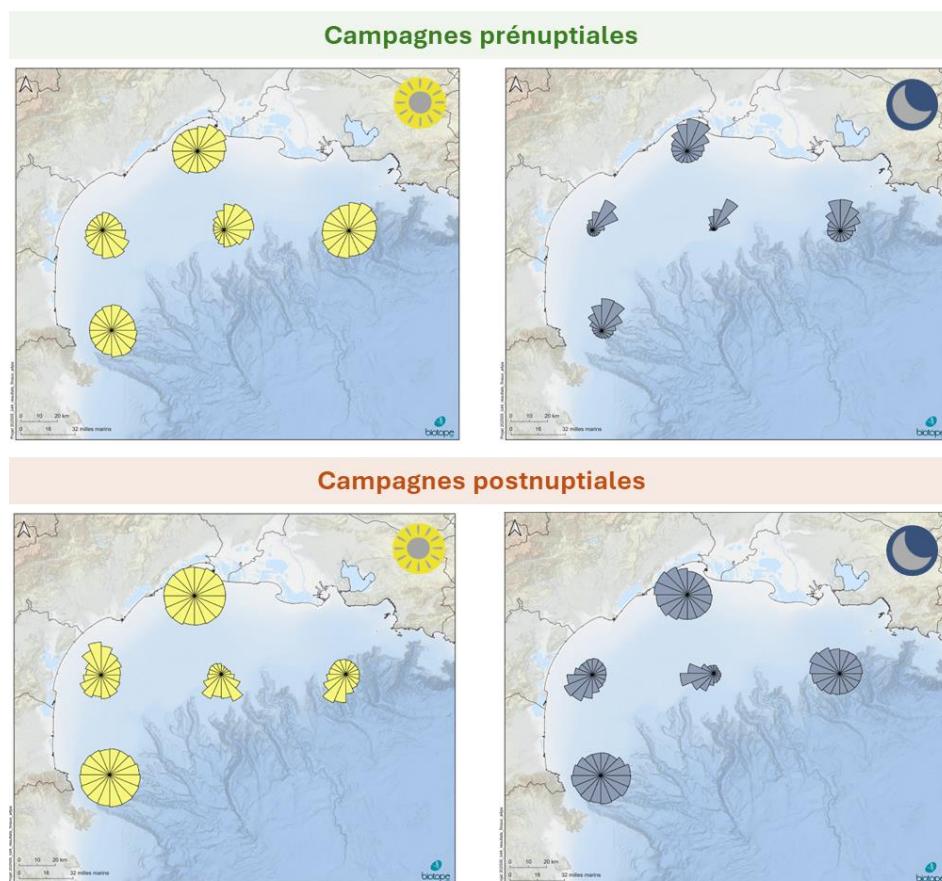
Acoustique chiroptères

Les campagnes menées dans le cadre du programme MIGRALION ont permis de collecter des informations sur les chiroptères qui fréquentent les eaux du golfe du Lion lors la période de migration postnuptiale.

6 espèces de Chauves-souris ont été contactées lors des suivis acoustiques ainsi que 3 groupes d'espèces indéterminées. Il s'agit -par ordre décroissant du nombre de contacts (en minutes positives) - de la Pipistrelle commune (40 contacts), de la Pipistrelle pygmée (37 contacts), de la Noctule de Leisler (34 contacts), du Molosse de Cestoni (2 contacts), de la Pipistrelle de Kuhl (2 contacts), de la Grande Noctule (1 contact), du groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius (21 contacts), du groupe Pipistrelle commune / Pipistrelle pygmée (8 contacts) et du groupe Sérotine sp / Noctule sp (3 contacts).

Radars embarqués

Les données obtenues par radar horizontal et vertical sont complémentaires. L'activité enregistrée au radar horizontal (oiseaux de moyenne et grande taille) en période prénuptiale atteint un peu moins du triple de celle enregistrée en période postnuptiale. Quelle que soit la saison, l'activité nocturne atteint les mêmes niveaux que l'activité diurne, mettant ainsi en évidence une part significative de déplacements d'oiseaux la nuit, sur l'ensemble du golfe du Lion. Ces déplacements nocturnes peuvent correspondre à une activité locale, mais aussi à de grands mouvements migratoires, principalement orientés nord-est en saison prénuptiale et ouest-sud-ouest en saison postnuptiale (**Figure ci-après**~~Erreur ! Source du renvoi introuvable.~~). Ces derniers sont mêlés à une activité locale élevée de nuit, qui résulte en des distributions globales des directions relativement homogènes, comme cela est le cas des directions diurnes pour les deux saisons (**Figure ci-après**).



Distributions des directions des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal lors des campagnes prénuptiales (en haut) et postnuptiales (en bas), distinctement de jour (à gauche) et de nuit (à droite).

Si les déplacements diurnes sont en majorité enregistrés à basse altitude quelle que soit la saison (*Tableau ci-après*), certains mouvements plus élevés ont été captés (500-700m au printemps ; 800 à 1000m en automne). Les déplacements migratoires nocturnes présentent un mode prononcé entre 300 et 600m, bien que les hauteurs de vol puissent évoluer en quelques heures du fait de probables forçages météorologiques. Par ailleurs, les distributions des hauteurs de vol sont très variables entre les nuits (y compris entre nuits consécutives), et évoluent fortement au cours d'une même nuit.

Pourcentage des flux d'oiseaux enregistrés par radar vertical en-dessous de différents seuils d'altitude, distinctement de jour et de nuit lors des deux périodes de migration.

Pourcentage des flux		<200m	<300m	<400m
Prénuptiale	Jour	53%	61%	72%
	Nuit	23%	34%	47%
Postnuptiale	Jour	29%	43%	60%
	Nuit	15%	27%	46%

Conclusion et perspectives

Les campagnes menées dans le cadre du lot 4 ont permis la collecte d'une quantité importante d'observations et de données inédites pour la mégafaune marine et les chiroptères.

Les résultats montrent notamment :

- L'intérêt d'utiliser des radars embarqués malgré des contraintes logistiques et opérationnelles fortes ;
- L'importance d'étudier les mouvements nocturnes d'oiseaux en mer afin de mieux cerner les phénomènes migratoires dans le golfe du Lion (phénologie des déplacements, distribution des hauteurs de vol, directions de vol) ;
- La forte variabilité spatio-temporelle des flux d'oiseaux observés en fonction de l'heure de la nuit, de l'effet des conditions météorologiques locales ou encore de l'altitude considérée ;
- L'intérêt de renforcer le suivi par un échantillonnage temporel plus important afin de mieux connaître les mouvements d'oiseaux en mer.

Au niveau des observations, de nombreuses questions remontent avec notamment les effets et la cohabitation des oiseaux marins et migrants terrestres avec les futures activités anthropiques en mer dont le développement des parcs éoliens, e.g. :

- Les Sternidés et la Mouette pygmée avec des concentrations parfois très importantes selon les saisons ;
- Les migrants terrestres, les rapaces mais également les autres migrants (Ardéidés etc...) pour lesquels des flux importants transitent par le golfe du Lion ;
- Le flux de chiroptères qui reste à étudier avec les difficultés de suivis associées.

Extended abstract – WP4 “Boat-based surveys”

Workpackage 4 of MIGRALION programme, dedicated to boat-based surveys, aims for a better understanding of seabird and migrating terrestrial bird movements and traffic rates within the gulf of Lion. Boat-based surveys deploy various data acquisition methods, and target different bird species:

- **Seabirds** frequenting the gulf of Lion during their life cycle, including reproduction, as well as during migratory stopovers and active migration.
- **Migrating terrestrial birds** (passerines, raptors, large and small waders, etc.) transiting in the gulf of Lion during both migration periods (prenuptial and postnuptial seasons).
- **Chiropterans** transiting in the gulf of Lion during their seasonal displacements.

Deployed technologies

Boat-based surveys consist in collecting data on marine and migrating terrestrial avifauna, as well as chiropterans, through different methods:

- **Continuous visual counts** reporting all seabirds and migrating terrestrial birds observed from dawn to dusk.
- **Two acoustic data recorders**, one dedicated to birds and the other to bats, targeting potential calls.
- **Two onboard radars**, tuned to continuously (day/night) record at-sea avifauna encountered during surveys. One “horizontal” radar, already installed on the boat, was used to track surrounding birds (radius: 7,4 km). One “vertical” radar, dedicated to migration traffic rates estimation and flight height recordings (radius: 1500 m), was installed on purpose on the rear deck of the boat and oriented perpendicularly to the main direction of bird migration flows.

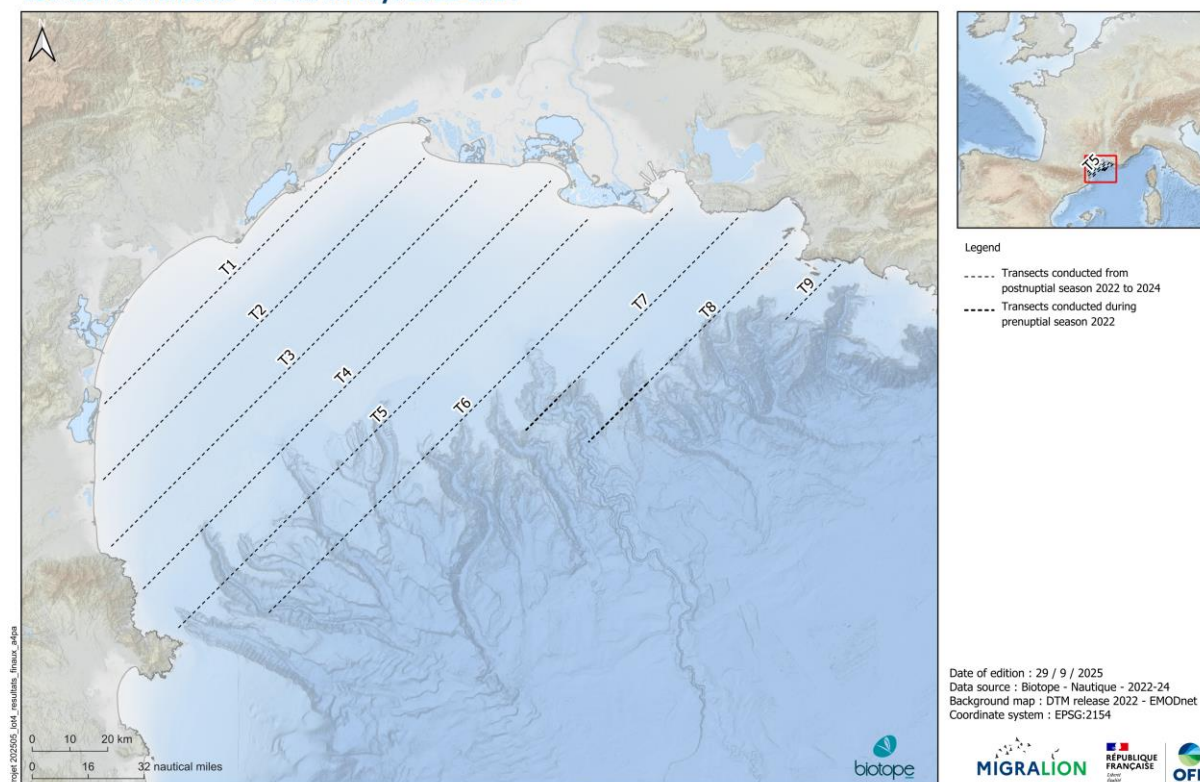
Sampling design

At-sea data acquisition within workpackage 4 was realised through campaigns of 3-4 days and nights long, each year, two times during prenuptial season (from March to May) and two times during postnuptial season (from September to November).

With almost 1000 kilometers of transects conducted each time, these at-sea campaigns targeted key migration periods for avifauna. Transects encompassed the whole continental shelf as well as canyon heads of the gulf of Lion. Their conduction was organised in order to cover the study area during both day and night in an optimised manner.

MIGRALION - WORKPACKAGE 4

Location of transects - At-sea surveys 2022-2024



Data treatment and analysis

Data were distinctly analysed depending on their source.

For visual surveys, data analysis included three packages:

- For each species or species group: spatial distribution mapping from raw data and for each season.
- For each species or species group: temporal distribution representation (seasonal phenology: IKA in number of birds per km of transect, and density in number of birds per km²).
- Behavioural analysis: observed flight heights.

For acoustic surveys, data analysis consisted in identification and quantification of bird/bat activity.

For radar surveys, several results were produced:

- Time series of track number (from horizontal radar) and bird flows (or Migration Traffic Rate, in number of birds per hour and per km; obtained from vertical radar).
- Flight height absolute and relative distributions, for day and night, detailed per hour (from vertical radar).
- Distribution of track directions, for day and night, detailed per hour (from horizontal radar).
- Bayesian spatial model for migrating birds (from vertical radar and data of workpackage 5).

Methodological limitations – visual observations and acoustic data

In the context of MIGRALION at-sea surveys, the boat was constantly navigating during day and night. As analysis of visual counts were only realised for data collected in daylight, the observation effort was not constant along transects, which include segments without observations (during nighttime). This limitation shall be considered when interpreting maps: *a minima* spatial distribution of birds is represented, missing nighttime potential bird presence along transects.

Meanwhile, passive acoustic monitoring was realised to detect migrating birds and bats. Specific difficulties have been encountered in regards with parasitic noise (sea/waves, boat vibration, wind, etc.) which altered detection capability of microphones.

Methodological limitations – onboard radars

Radar data inform bird movements during both day and night, provided that meteorological and sea conditions are favourable (i.e. no rain, low to moderate wave height).

Within scanned ranges of onboard radars, and after selection of maximum detection areas within recorded data:

- The horizontal radar (range: 4nm, maximum detection area: 2-4km) allows to detect all medium-size to large birds (individual and groups), while small birds (e.g. small passerines) flying alone are sparsely detected (except for small birds flying close to the boat and under very nice weather).
- The vertical radar (range: 1500m, maximum detection area: above radar) allows to detect all birds crossing the radar beam, with a detection loss of small, isolated birds in highest flight altitudes.
- Birds sitting on water or flying close to the sea surface shall be considered as missing from data, as the echoes they reflect tend to merge with sea surface and wave echoes.

Consequently, (i) flight height interval 1450-1500m was put apart from analysis due to important erosion of detections at the edge of the radar disk, and migration flows beyond 1000m were likely under-estimated; (ii) flight height interval 0-50m must also be considered as under-representative of real bird numbers.

Finally, note that if data treatment allowed to filter echoes of insects, boats, buoys, planes, rain and coast out, radar frames alone cannot provide species determination.

Main results

Ten at-sea surveys implying radar and acoustic monitoring, as well as visual counts, have been conducted between 2022 and 2024 (4 surveys in 2022, 4 surveys in 2023, 2 surveys in 2024). These campaigns allowed to collect a large amount of observations of marine megafauna through combined acquisition methods.

Visual observations

During the ten at-sea campaigns conducted between 2022 and 2024, 95 species and 29 taxa of marine megafauna have been identified, reaching a total of 8 450 observations and 42 401 individuals. Each observation was associated with information about flight direction, flight height, and behaviour. This dataset thus stands for an important source of information now available to better understand the spatio-temporal distribution of bird

during migration seasons, as well as their behaviour along different parts of their life cycle (migratory stopover, active migration, etc.) in the Gulf of Lion.

Collected observations thus brought to light:

- Well-defined movements for some marine species, e.g. Little gull in late winter / early spring all over the Gulf of Lion, or important postnuptial grouping of terns off the Camargue area.
- Migratory flows of terrestrial species, observed in daylight, e.g. swallows, raptors and several passerine species.
- Varying flight heights among species and depending on the life cycle period faced by individuals.

Finally, visual counts also allowed to identify 4 marine mammal species. The Common Bottlenose dolphin used the whole continental shelf and slope, as well as -occasionally- canyon heads, while the Striped dolphin, which is rather pelagic, was strictly encountered in canyon areas. The common presence of Fin whale along pelagic transects, as well as over the continental shelf (e.g. off Camargue area) must be mentioned. Common dolphin, which is rare in the Mediterranean Sea, was observed once.

Acoustic monitoring of birds

At-sea acoustic recordings were mainly collected during postnuptial migration. 10 bird species were identified: Song thrush (457 contacts), European robin (394 contacts), Common blackbird (155 contacts), Redwing (61 contacts), Eurasian stone-curlew (21 contacts) and other occasional species in terms of contacts, such as Grey heron, Black redstart, Little gull, Sandwich tern, Dunlin.

Acoustic monitoring of bats

At-sea surveys that were conducted within the MIGRALION programme allowed to collect information about chiropterans frequenting the offshore Gulf of Lion during the postnuptial migration season.

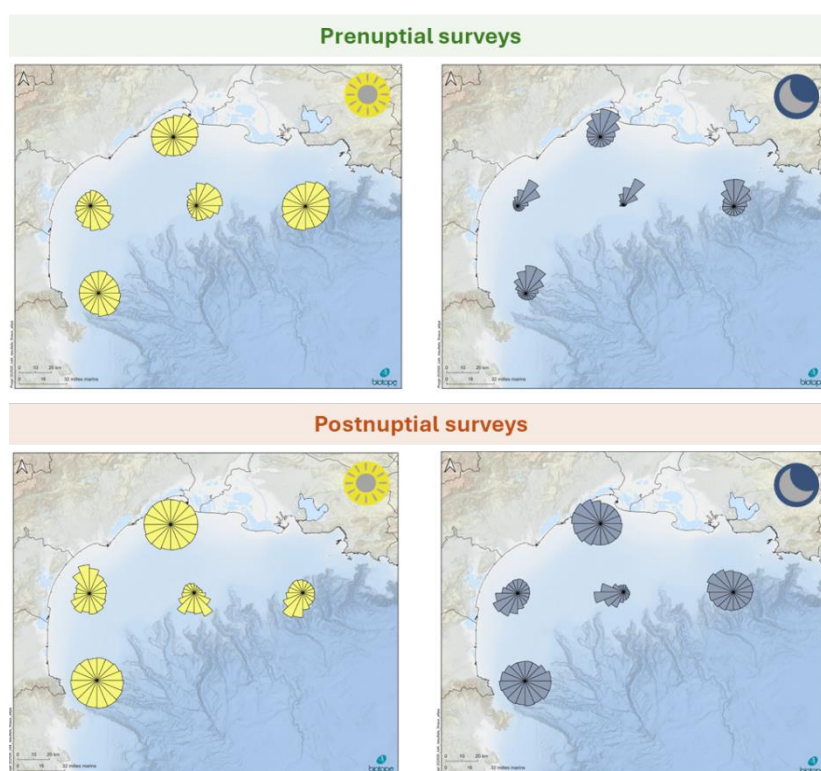
6 bat species and 3 unidentified species groups were detected during acoustic surveys, i.e. Common pipistrelle bat (40 contacts), Soprano pipistrelle bat (37 contacts), Lesser noctule bat (34 contacts), Free tailed bat (2 contacts), Kuhl's pipistrelle bat (2 contacts), Greater noctule bat (1 contact), Nathusius' / Kuhl's pipistrelle bat group (21 contacts), Common / Soprano pipistrelle bat group (8 contacts), and Serotine bat sp. / Noctule bat sp. (3 contacts).

On-board radars

Data obtained from horizontal and vertical radars are complementary.

Bird activity recorded with the horizontal radar (medium to large-sized birds) during prenuptial season reached almost three times the activity recorded during postnuptial season. For both seasons, nighttime activity values were similar to daytime activity values, showing that a significant part of bird movements occurs at night and over the whole Gulf of Lion. These nocturnal movements may be related to local flight activity, as well as massive migratory displacements, mainly north-easterly oriented during prenuptial season and west-south-westerly during postnuptial season (*Figure below*). The latter were probably mixed with high local activity at night, what

results in rather homogeneous direction distributions, similarly to daytime flight direction distributions obtained for both seasons (**Figure below**).



Distributions of bird tracks direction obtained with horizontal radar during prenuptial at-sea surveys (top), and postnuptial surveys (bottom), distinctly during day (left) and night (right).

If diurnal movements were mainly recorded at lowest altitudes whatever the migratory season (**Tableau below**), some movements were detected much higher (500-700m altitude in spring, 800-1000m in autumn). Nocturnal migratory movements showed a pronounced mode between 300 and 600m, despite flight heights could vary in few hours due to meteorological constraints.

Besides, flight height distributions were highly variable between nights (including consecutive nights), and varied significantly along the night.

Proportion (%) of bird flows recorded by vertical radar below three altitude thresholds, and distinctly for day and night during both migration seasons.

Proportion of migration flows (%)		<200m	<300m	<400m
Prenuptial season	Day	53%	61%	72%
	Night	23%	34%	47%
Postnuptial season	Day	29%	43%	60%
	Night	15%	27%	46%

Conclusion and outlooks

At-sea surveys conducted within workpackage 4 allowed to collect an important amount of observations as well as unprecedented data on marine megafauna and chiropterans.

Results notably showed that :

- Using onboard radars is of interest despite true logistical and operational requirements.
- Studying nocturnal bird movements is important to better understand migratory patterns in the Gulf of Lions (phenology, flight height distributions, flight directions).
- Bird migration flows are highly variable in space and time, depending on hour of the night, on local meteorological conditions or on the altitude being considered.
- Reinforce such surveys through a larger/redundant temporal sampling is of interest to better understand bird movements at sea.

In regards with visual counts, numerous questions remain, such as the coexistence of seabirds and terrestrial migrating birds with future anthropic activities, including windfarms, e.g.:

- Sternidae and Little gull, found in very large numbers depending on the season.
- Migrating terrestrial birds, transiting through the gulf of Lion.
- Chiropteran flows that still must be studied, dealing with the difficulty of designing a dedicated monitoring.

Table des matières

Contexte et objectifs du programme MIGRALION.....	4
Objectifs de ce rapport.....	7
Résumé étendu – Lot 4 « Campagnes en mer par bateau »	9
Extended abstract – WP4 “Boat-based surveys”	15
Table des matières	21
Table des figures	24
Table des tableaux	39
1. Objectifs du lot.....	43
1.1 Consortium du lot 4	43
1.2 Objectifs généraux du lot 4	43
1.2.1 Rappel des enjeux cibles par le programme, lots permettant l'acquisition de données et détails pour le lot 4 campagne en mer par bateau.....	43
2. Méthodologies et protocoles	44
2.1 Espèces visées	44
2.2 Technologies employées	44
2.3 Plan d'échantillonnage.....	45
2.4 Méthodes de traitements et d'analyse des données.....	46
2.4.1 Expertises visuelles	46
2.4.2 Expertises acoustiques oiseaux et chiroptères	53
2.4.3 Radars embarqués	54
3. Résultats et discussions	58
3.1 Description des campagnes d'acquisition des données	58
3.1.1 Campagnes pré-nuptiales	58
3.1.2 Campagnes post-nuptiales.....	60

3.2	Bilan des données acquises.....	62
3.2.1	Expertises visuelles	62
3.2.2	Expertises acoustiques oiseaux et chiroptères	79
3.2.3	Radars embarqués	80
3.3	Résultats obtenus par expertise visuelle.....	82
3.3.1	Analyses des données récoltées pour les oiseaux marins	82
3.3.2	Analyses des données récoltées pour les oiseaux migrateurs terrestres	131
3.3.3	Analyse des données collectées pour les mammifères marins	160
3.4	Résultats obtenus par acoustique oiseaux et chiroptères	163
3.4.1	Acoustique oiseaux	163
3.4.2	Acoustique chiroptères	165
3.5	Résultats radar obtenus par campagne	169
3.5.1	Préambule – contextualisation des résultats présentés	169
3.5.2	Campagnes réalisées en saison prénuptiale	169
3.5.3	Campagnes réalisées en saison postnuptiale	205
3.6	Résultats radar obtenus par saison	241
3.6.1	Période de migration prénuptiale – années 2022-2023-2024	241
3.6.2	Période de migration postnuptiale – années 2022-2023-2024	248
3.6.3	Modélisation	254
3.7	Comparaison des résultats obtenus par radar vertical au sein des lots 4 et 5 du programme MIGRALION.....	257
4.	Bilan du lot 4 et perspectives	262
5.	Références bibliographiques	264
6.	Remerciements du lot 4	266
7.	Valorisation des résultats du lot 4	267
8.	Remerciements généraux	269
9.	Annexes	270
	Fiche annexe A : Détail concernant les analyses statistiques réalisées	270

Fiche annexe B : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques	273
Fiche annexe C : Indices kilométriques d'abondance (IKA) calculés pour les différents espèces/groupes rencontrés lors des campagnes en mer – Expertises nautiques 2022-2024	296
Fiche annexe D : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (avifaune) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2024.....	312
Fiche annexe E : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (mammifères marins et grands pélagiques) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2024.....	315
Fiche annexe F : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (autres) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2024.....	315
Fiche annexe G : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (avifaune) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2023.....	317
Fiche annexe H : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (mammifères marins et grands pélagiques) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2023.....	322
Fiche annexe I : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (avifaune) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2022.....	323
Fiche annexe J : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (mammifères marins et grands pélagiques) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2022.....	328
Fiche annexe K : Autres espèces observées en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2022.....	329
Fiche annexe L : Données d'observations opportunistes de la mégafaune marine	330

Table des figures

Figure 1 : Résumé des différents modes d'acquisition des données réalisées lors des campagnes en mer.	45
Figure 2 : Transects parcourus pour chaque campagne en mer - 2 fois par période de migration des oiseaux, soit 4 fois par an.	46
Figure 3 : Observateurs embarqués dans le cadre des campagnes du lot 4.	47
Figure 4 : Exemple de cartes des observations brutes dont l'échelle de taille des points est proportionnelle au nombre d'individus pour les groupes de moins de 10 (quantile à 95% des tailles de groupe) puis limitée à cette taille maximum au-delà.	48
Figure 5 : Description schématique du processus d'estimation de densités à partir des données issues de suivis nautiques.	49
Figure 6 : Exemple de figure de phénologie de présence : Densité par distance sampling ou strip transect.	50
Figure 7 : Exemple de figure de phénologie de présence par IKA par saison.	51
Figure 8 : Exemple d'histogramme des altitudes de vol pour les passereaux.	52
Figure 9 : Exemple d'effort d'observation pour les campagnes réalisées en migration postnuptiale en 2022.	53
Figure 11: Répartition des effectifs par regroupement d'espèces - campagnes nautiques pré-nuptiales et post-nuptiales.	70
Figure 12 : Comparaison des répartitions des effectifs de Laridés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.	84
Figure 13 : Cartographie de synthèse des observations du Goéland leucophaea - Expertises nautiques 2022-2024.	85
Figure 14 : Phénologie de présence du Goéland leucophaea - Expertises nautiques 2022-2024.	86
Figure 15 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour le Goéland leucophaea - Expertises nautiques 2022-2024.	87
Figure 16 : Cartographie de synthèse des observations de la Mouette pygmée - Expertises nautiques 2022-2024.	88
Figure 17 : Phénologie de présence de la Mouette pygmée - Expertises nautiques 2022-2024.	89

Figure 18 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Mouette pygmée - Expertises nautiques 2022-2024.	90
Figure 19 : Cartographie de synthèse des observations de la Mouette mélanocéphale - Expertises nautiques 2022-2024.	91
Figure 20 : Phénologie de présence de la Mouette mélanocéphale - Expertises nautiques 2022-2024.	92
Figure 21 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Mouette mélanocéphale - Expertises nautiques 2022-2024.	93
Figure 22 : Cartographie de synthèse des observations de la Mouette rieuse - Expertises nautiques 2022-2024.	94
Figure 23 : Phénologie de présence de la Mouette rieuse - Expertises nautiques 2022-2024.	95
Figure 24 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Mouette rieuse - Expertises nautiques 2022-2024.	96
Figure 25 : Cartographie de synthèse des observations des autres Larinés - Expertises nautiques 2022-2024.	96
Figure 26 : Phénologie de présence des autres Larinés - Expertises nautiques 2022-2024.	97
Figure 27 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les autres Larinés - Expertises nautiques 2022-2024.	98
Figure 28 : Cartographie de synthèse des observations de la Sterne caugek - Expertises nautiques 2022-2024.	99
Figure 29 : Phénologie de présence de la Sterne caugek - Expertises nautiques 2022-2024.	100
Figure 30 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Sterne caugek - Expertises nautiques 2022-2024.	101
Figure 31 : Cartographie de synthèse des observations de la Sterne pierregarin - Expertises nautiques 2022-2024.	102
Figure 32 : Phénologie de présence de la Sterne pierregarin - Expertises nautiques 2022-2024.	103
Figure 33 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Sterne pierregarin - Expertises nautiques 2022-2024.	103
Figure 34 : Cartographie de synthèse des observations des autres Sterninés - Expertises nautiques 2022-2024.	104
Figure 35 : Phénologie de présence des autres Sterninés - Expertises nautiques 2022-2024.	106

Figure 36 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les autres Sterninés - Expertises nautiques 2022-2024.....	106
Figure.37 : Comparaison des répartitions des effectifs de Procellariidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.	109
Figure 38 : Cartographie de synthèse des observations du Puffin de Scopoli - Expertises nautiques 2022-2024.	110
Figure 39 : Phénologie de présence du Puffin de Scopoli - Expertises nautiques 2022-2024.....	111
Figure.40 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour le Puffin de Scopoli - Expertises nautiques 2022-2024.	112
Figure 41 : Cartographie de synthèse des observations des petits puffins - Expertises nautiques 2022-2024.	113
Figure 42 : Phénologie de présence des petits puffins - Expertises nautiques 2022-2024.	114
Figure.43 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les petits puffins - Expertises nautiques 2022-2024.....	115
Figure 44 : Cartographie de synthèse des observations des Océanites - Expertises nautiques 2022-2024. L'Océanite tempête de Méditerranée est une espèce planctonophage qui exploite de vastes zones marines allant du talus au plateau continental. Les dernières colonies françaises se situent aujourd'hui en Corse et potentiellement dans les îles d'Hyères et de Marseille.....	116
Figure 45 : Phénologie de présence des Océanites - Expertises nautiques 2022-2024.	117
Figure 46 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les Océanites - Expertises nautiques 2022-2024.....	118
Figure 47 : Comparaison des répartitions des effectifs de Laridés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.	120
Figure 48 : Cartographie de synthèse des observations des Alcidés - Expertises nautiques 2022-2024.....	121
Figure 49 : Phénologie de présence des Alcidés - Expertises nautiques 2022-2024.....	122
Figure.50 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les alcidés - Expertises nautiques 2022-2024.....	123

Figure 51: Comparaison des répartitions des effectifs des Stercorariidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.....	124
Figure 52 : Cartographie de synthèse des observations des Stercorariidés - Expertises nautiques 2022-2024. ...	125
Figure 53 : Phénologie de présence des Stercorariidés - Expertises nautiques 2022-2024.....	126
Figure 54 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les labbes - Expertises nautiques 2022-2024.	127
Figure 55 : Cartographie de synthèse des observations des gaviidés et espèces associées - Expertises nautiques 2022-2024.....	128
Figure 56 : Cartographie de synthèse des observations des autres espèces occasionnelles d'oiseaux marins - Expertises nautiques 2022-2024.....	130
Figure 57 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les autres espèces occasionnelles d'oiseaux marins - Expertises nautiques 2022-2024.....	131
Figure 58 : Cartographie de synthèse des observations des Anaditès lors des expertises nautiques 2022-2024.	132
Figure.59 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les anatidés.	133
Figure 60: Comparaison des répartitions des effectifs des Ardéidés et espèces associées par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.	135
Figure 61 : Cartographie de synthèse des observations des ardéidés et espèces associées lors des expertises nautiques 2022-2024.....	136
Figure 62 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des Ardéidés et espèces associées pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.	137
Figure 63 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les ardéidés et espèces associées.....	138
Figure 64: Comparaison des répartitions des effectifs d'Hirundinidés et Apodidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend	

en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.....	139
Figure 65 : Cartographie de synthèse des observations des hirondelles et martinets lors des expertises nautiques 2022-2024.....	140
Figure 66 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des hirondelles et martinets pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.	142
Figure.67 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les hirondelles et martinets.	143
Figure 68 : Comparaison des répartitions des effectifs de passereaux par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.	145
Figure 69 : Cartographie de synthèse des observations des passereaux lors des expertises nautiques 2022-2024.	146
Figure 70 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des passereaux pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.	147
Figure 71 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les passereaux.	148
Figure 72 : Cartographie de synthèse des observations des petits échassiers lors des expertises nautiques 2022-2024.	150
Figure 73 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des petits échassiers pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.	150
Figure 74 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les petits échassiers.	151
Figure 75 : Comparaison des répartitions des effectifs des rapaces par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.	153
Figure 76 : Cartographie de synthèse des observations des rapaces lors des expertises nautiques 2022-2024..	154
Figure 77 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des rapaces pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.	154

Figure 78 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les rapaces.....	155
Figure.79 : Cartographie de synthèse des observations des autres espèces occasionnelles - Expertises nautiques 2022-2024.....	157
Figure 80 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des autres espèces occasionnelles pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.....	158
Figure 81 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les autres espèces occasionnelles - Expertises nautiques 2022-2024.....	159
Figure 82 : Bilan des observations de mammifères marins réalisées pour les 3 années de suivi (10 campagnes).	160
Figure 83 : Comparaison des répartitions des effectifs de mammifères marins par saison sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.	162
Figure 84 : Cartographie de synthèse des observations des mammifères marins lors des expertises nautiques 2022-2024.....	162
Figure 85 : Phénologie de présence des mammifères marins lors des expertises nautiques 2022-2024.....	163
Figure 86 : Contacts de chiroptères en mer lors des campagnes MIGRALION – Années 2022, 2023 et 2024.	167
Figure 87 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical du 28/03/2022 au 29/03/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	170
Figure 88 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar lors de la campagne du 28/03/2022 au 29/03/2022.....	170
Figure 89 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 28/03/2022 au 29/03/2022, distinctement de jour et de nuit.	171
Figure 90 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 28/03/2022 au 29/03/2022, distinctement de jour et de nuit.	171
Figure 91 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par	

classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 28/03/2022 au 29/03/2022.	172
Figure 4.92 : Variables météorologiques issues du modèle météorologique AROME 2,5 km (Météo France) extraites à 250 m d'altitude au niveau de Frontignan au cours de la nuit du 28 au 29/03/2022.	173
Figure.93 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 25/04/2022 au 28/04/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	173
Figure 94 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022.	174
Figure.95 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022, distinctement de jour et de nuit.	175
Figure 96 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022, distinctement de jour et de nuit.	175
Figure 97 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022.	176
Figure 98 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 03/05/2022 au 04/05/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	177
Figure 99 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 03/05/2022 au 05/05/2022.	178
Figure 100 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 03/05/2022 au 05/05/2022, distinctement de jour et de nuit. Précisons que la fin de la nuit du 02/05/2022 au 03/05/2022 est notée 02/05/2022 sur le graphique de droite.	179
Figure 101 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 03/05/2022 au 06/05/2022, distinctement de jour et de nuit.	180
Figure.102 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 03/05/2022 au 05/05/2022.	180
Figure 103 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 20/03/2023 au	

23/03/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	181
Figure.104 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 20/03/2023 au 23/03/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	181
Figure.105 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km ²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023.	182
Figure 106 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023.....	183
Figure 107 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023.	185
Figure 108 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023, distinctement de jour et de nuit.	186
Figure.109 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023, distinctement de jour et de nuit.	187
Figure 110 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023.	187
Figure.111 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 18/04/2023 au 21/04/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	188
Figure 112 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 18/04/2023 au 21/04/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	189
Figure 113 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km ²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023.	189
Figure 114 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023.....	190
Figure 115 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 18/04/2024 au 21/04/2024.	192
Figure.116 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par	

classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023, distinctement de jour et de nuit.193

Figure.117 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023, distinctement de jour et de nuit.194

Figure.118 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023.194

Figure.119 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 12/03/2024 15/03/2024. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.196

Figure.120 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 12/03/2024 15/03/2024. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit. Les absences de données proviennent d'images inexploitable (e.g. bruitées).196

Figure.121 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024.197

Figure.122 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024.197

Figure.123 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024.199

Figure.124 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024, distinctement de jour et de nuit.200

Figure.125 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024, distinctement de jour et de nuit.201

Figure.126 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024.201

Figure.127 : Contextualisation de l'observation de concentrations de Mouettes pygmées autour de 13h le 13/03/2024. Les panneaux (a), (c) et (d) proviennent de résultats présentés dans le rapport en lien avec la campagne considérée. Le panneau (b) correspond à une image radar enregistrée lors de ce créneau horaire. Les

<i>flèches noires indiquent l'heure et la localisation étudiées.</i>	<i>204</i>
Figure.128 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 21/09/2022 au 22/09/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit. Les absences de données proviennent d'images inexploitable (e.g. bruitées).	<i>205</i>
Figure.129 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022.....	<i>206</i>
Figure.130 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022, distinctement de jour et de nuit.	<i>207</i>
Figure.131 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022, distinctement de jour et de nuit.	<i>208</i>
Figure.132 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022.	<i>208</i>
Figure.133 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 04/10/2022 au 06/10/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit. Les absences de données proviennent d'images inexploitable (e.g. bruitées).	<i>209</i>
Figure.134 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022.....	<i>210</i>
Figure.135 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022, distinctement de jour et de nuit.	<i>211</i>
Figure.136 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022, distinctement de jour et de nuit.	<i>212</i>
Figure.137 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022.	<i>212</i>
Figure.138 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 27/10/2022 au 28/10/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	<i>213</i>

Figure.139 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 27/10/2023 au 29/10/2023.....	214
Figure.140 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 27/10/2022 au 29/10/2022, distinctement de jour et de nuit.	215
Figure.141 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 27/10/2022 au 29/10/2022, distinctement de jour et de nuit.	216
Figure.142 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 27/10/2022 au 29/10/2022.	216
Figure.143 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 06/09/2023 au 09/09/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	218
Figure.144 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 06/09/2023 au 09/09/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	218
Figure.145 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km ²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023.	219
Figure.146 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023.....	220
Figure.147 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023.	221
Figure.148 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023, distinctement de jour et de nuit.	222
Figure.149 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023, distinctement de jour et de nuit.	223
Figure.150 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023.	223
Figure.151 : Contextualisation de l'observation de concentrations de sternes pierregarin autour de 13h le	

08/09/2023. Les panneaux (a), (c) et (d) proviennent de résultats présentés dans le rapport en lien avec la campagne considérée. Le panneau (b) correspond à une image radar enregistrée lors de ce créneau horaire. Les flèches noires indiquent l'heure et la localisation étudiées.	225
Figure.152 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 24/09/2023 au 27/09/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	226
Figure.153 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 24/09/2023 au 27/09/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	226
Figure.154 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km ²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023.	227
Figure.155 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023.....	228
Figure.156 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023.	230
Figure.157 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023, distinctement de jour et de nuit.	231
Figure.158 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023, distinctement de jour et de nuit.	232
Figure.159 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023.	232
Figure.160 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 27/08/2024 au 30/08/2024. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	234
Figure.161 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 27/08/2024 au 30/08/2024. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.	234
Figure.162 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km ²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024.	235
Figure.163 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024.....	236

Figure.164 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024.	238
Figure.165 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024, distinctement de jour et de nuit.	239
Figure.166 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024, distinctement de jour et de nuit.	240
Figure.167 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024.	240
Figure.168 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistrés par radar vertical embarqué au cours des campagnes réalisées en période prénuptiale (années 2022, 2023, 2024). La ligne pleine correspond aux MTR moyens, les lignes en pointillés correspondent aux MTR moyens +/- l'écart-type, et l'enveloppe pleine correspond aux valeurs minimales et maximales.	241
Figure.169 : Directions de vol obtenues de jour dans cinq secteurs du golfe du Lion au cours de la saison prénuptiale.	242
Figure.170 : Directions de vol obtenues de nuit dans cinq grands secteurs du golfe du Lion au cours de la saison prénuptiale.	243
Figure.171 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors des campagnes prénuptiales. La ligne pleine correspond aux MTR moyens, les lignes en pointillés correspondent aux MTR moyens +/- l'écart-type, et l'enveloppe pleine correspond aux valeurs minimales et maximales.	244
Figure.172 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la saison prénuptiale, distinctement de jour et de nuit.	245
Figure.173 : Flux horaire moyen (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la saison prénuptiale.	245
Figure.174 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistrés par radar vertical embarqué au cours des campagnes réalisées en période prénuptiale (années 2022, 2023, 2024). La ligne pleine correspond aux MTR moyens, les lignes en pointillés correspondent aux MTR moyens +/- l'écart-type, et	

<i>l'enveloppe pleine correspond aux valeurs minimales et maximales.</i>	248
Figure.175 : Directions de vol obtenues de jour dans cinq grands secteurs du golfe du Lion au cours de la saison postnuptiale.	249
Figure.176 : Directions de vol obtenues de nuit dans cinq grands secteurs du golfe du Lion au cours de la saison postnuptiale.	250
Figure.177 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors des campagnes postnuptiales. La ligne pleine correspond aux MTR moyens, les lignes en pointillés correspondent aux MTR moyens +/- l'écart-type, et l'enveloppe pleine correspond aux valeurs minimales et maximales.	251
Figure.178 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la saison postnuptiale, distinctement de jour et de nuit.	252
Figure.179 : Flux horaire moyen (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la saison postnuptiale.	252
Figure.180 : Modélisation temporelle de la phénologie de la migration à partir des données du radar vertical (lot 4) et des données des radars à la côte (lot 5). A gauche, MTR modélisés au cours des mois. Au centre, effet de l'avancement dans la nuit pour les saisons pré-nuptiales et postnuptiales. A droite, effet de la nuit au cours des années de suivi. Les lignes noires correspondent aux valeurs moyennes et les zones grisées dans lesquelles elles se situent représentent leurs intervalles de confiance à 95%.	255
Figure.181 : Modélisation spatiale de la migration à partir des données du radar vertical (lot 4) et des données des radars à la côte (lot 5). En haut, modélisation spatiale du nombre d'échos par image lors des saisons pré-nuptiale et postnuptiale ; en-dessous, coefficients de variation associés. A droite, effet de la distance à la côte en fonction des saisons.	256
Figure.182: Synthèse des protocoles d'acquisition des données par radar vertical au sein des lots 4 et 5 du programme MIGRALION.	257
Figure.183: Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistrés par radar vertical embarqué et par radar ornithologique à la côte au cours de la période pré-nuptiale (années 2022, 2023, 2024). La ligne pleine correspond aux MTR moyens, et l'enveloppe correspond aux MTR moyens +/- l'écart-type.	259
Figure.184: Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistrés par radar vertical embarqué et par radar ornithologique à la côte au cours de la période postnuptiale (années 2022, 2023, 2024). La ligne	

pleine correspond aux MTR moyens, et l'enveloppe correspond aux MTR moyens +/- l'écart-type.259

Figure.185: Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical à terre (Ouest : Agde, Est : La Palissade) et en mer lors des saisons prénuptiale (à gauche) et postnuptiale (à droite).260

Table des tableaux

Tableau 1 : Rappel des enjeux du programme et des modalités d'acquisition de données mis en œuvre dans le cadre du lot 4.	43
Tableau 2 : Conditions rencontrées en transect et qualité des données radar associées.	54
Tableau 3 : Effets pris en compte dans le modèle développé pour l'analyse des données radars (vertical, lot 4 et radars terrestres, lot 5).	57
Tableau 4 : Bilan des campagnes effectuées en période pré-nuptiale (2022-2024).	58
Tableau 5 : Bilan des campagnes effectuées en période post-nuptiale (2022-2024).	60
Tableau 6 : Synthèse des données d'observations en expertises visuelles.	66
Tableau 7 : Synthèse des effectifs des familles et groupes d'oiseaux contactés par expertises visuelles lors des campagnes pré-nuptiales et post-nuptiales de 2022 à 2024.	66
Tableau 8 : Synthèse des effectifs des familles et groupes d'oiseaux contactés par expertises visuelles lors des campagnes pré-nuptiales et post-nuptiales de 2022 à 2024.	67
Tableau 9 : Synthèse des effectifs d'oiseaux observés lors des campagnes pré-nuptiales et post-nuptiales de 2022 à 2024.	71
Tableau 10 : Synthèse des données de mégafaune marine collectées par expertises visuelles lors des campagnes pré-nuptiales et post-nuptiales 2022 à 2024 (données en effort d'observation).	77
Tableau 11 : Synthèse des effectifs des espèces de mégafaune marine : mammifères marin et grands pélagiques contactées par expertises visuelles lors des campagnes saisonnières de 2022 à 2024.	78
Tableau 12 : Synthèse des effectifs des autres taxons contactés lors des expertises visuelles saisonnières de 2022 à 2024.	79
Tableau 13 : Bilan des données des radars embarqués acquises en 2022, 2023 et 2024.	81
Tableau 14 : Répartitions des effectifs d'Hydrobatidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.	115
Tableau 15 : Répartitions des effectifs de Gavidés et associées par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.	127
Tableau 16 : Répartitions des effectifs des autres espèces occasionnelles d'oiseaux marins par saison migratoire	

<i>sur les trois années de suivis en expertises nautiques.</i>	<i>128</i>
Tableau 17 : Répartitions des effectifs d'Anatidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.	<i>131</i>
Tableau 18 : Répartitions des effectifs de petits échassiers par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.	<i>148</i>
Tableau 19 : Répartitions des effectifs d'autres espèces d'oiseaux occasionnelles par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.	<i>156</i>
Tableau 20 : Synthèse des contacts lors des suivis acoustiques oiseaux (2022 - 2024).....	<i>163</i>
Tableau 21 : Synthèse des contacts lors des suivis acoustiques chiroptères (2022 - 2024).....	<i>166</i>
Tableau 22 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction. Notons que la date du 23/0	<i>184</i>
Tableau 23 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.	<i>191</i>
Tableau 24 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.	<i>198</i>
Tableau 25 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.	<i>220</i>
Tableau 26 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.	<i>228</i>
Tableau 27 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.	<i>237</i>
Tableau 28 : Pourcentages cumulés des flux au sein des classes d'altitude, lors de la saison prénuptiale.....	<i>246</i>

Tableau 29 : Pourcentages cumulés des flux au sein des classes d'altitude, lors de la saison postnuptiale.253

Tableau 30 : Nuits d'enregistrements radar concomitants entre suivis en mer (lot 4) et suivis à la côte (lot 5)..258

Tableau 31 : Pourcentages cumulés des flux au sein de trois classes d'altitude, lors des saisons de migration pré-nuptiale (à gauche) et postnuptiale (à droite), distinctement de jour et de nuit, à la côte ou en mer.....261



Campagnes en mer par bateau

Livrable L25 : rapport final d'analyse des données



Crédit photos : Nicolas DELELIS

Auteurs

Camille ASSALI¹, Vincent DELCOURT¹, Nicolas DELELIS².

¹ Biotope, Mèze, France

² Biotope, Le Cannet des Maures, France

Partenaires scientifiques et techniques du lot 4



1. Objectifs du lot

1.1 Consortium du lot 4

Le consortium du lot 4 est porté par le bureau d'étude Biotope, en charge de la coordination globale et de la réalisation des expertises en mer. L'Institut de Recherche et de Développement (IRD) apporte son appui scientifique et la LPO Occitanie, Aude Nature ou encore la Tour du Valat participent aux campagnes en mer et participent ainsi à l'effort d'inventaire.

1.2 Objectifs généraux du lot 4

Pour répondre à ces enjeux de connaissance identifiés et hiérarchisés, il est nécessaire de collecter des données sur le terrain, et, pour ce faire, de concevoir une stratégie d'échantillonnage basée sur l'utilisation de différentes méthodologies et d'instrumentation combinées, associées à des méthodes d'analyse complémentaires. Les acquisitions de données collectées dans le cadre du lot 4 répondent aux objectifs listés dans le tableau suivant :

1.2.1 Rappel des enjeux cibles par le programme, lots permettant l'acquisition de données et détails pour le lot 4 campagne en mer par bateau

Tableau 1 : Rappel des enjeux du programme et des modalités d'acquisition de données mis en œuvre dans le cadre du lot 4.

Niveau de priorité	Enjeux	Lots concernés	Modes d'acquisition de données dans lot 4
Prioritaire	Distribution spatiale des migrants terrestres en mer	Lot 4 + lots 3 et 5	Observations visuelles, expertises radar et expertises acoustique oiseaux
Prioritaire	Voies de migration	Lot 4 + lots 3 et 5	Expertises radar et expertises acoustique oiseaux
Prioritaire	Flux des migrants terrestres dans le golfe du Lion	Lot 4 + lots 3	Expertises radar associées à expertises acoustique et observations visuelles

Important	Altitudes de déplacement des oiseaux migrateurs et marins en mer	Lot 4 et lot 5	Expertises radar associées à observations visuelles (détermination)
Important	Zones fonctionnelles des espèces marines	Lot 4 + lots 3	Observations visuelles et expertises radar
Important	Distribution spatiale des espèces marines	Lot 4 + lots 3	Observations visuelles, expertises radar
Complémentaire	Présence de chiroptères en mer de nuit	Lot 4	Expertises acoustiques dédiées chiroptères (enregistreurs d'ultrasons)

2. Méthodologies et protocoles

2.1 Espèces visées

Les espèces visées par les protocoles mis en œuvre dans le cadre du Lot 4 sont :

- Les migrateurs terrestres (passereaux, rapaces, oiseaux d'eau, etc.) qui transitent dans le golfe du Lion lors des deux périodes de migration (prénuptiale et postnuptiale) ;
- Les oiseaux marins ;
- Les chiroptères en mer qui transitent dans le golfe du Lion lors des déplacements saisonniers.

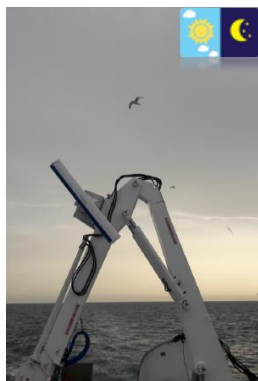
En complément, les observations visuelles permettent également de recueillir des informations relatives aux mammifères marins et aux grands pélagiques (tortues, grands poissons, etc...) présents dans le golfe du Lion.

2.2 Technologies employées

Les campagnes en mer consistent à acquérir des données sur l'avifaune marine, l'avifaune terrestre migratrice, et les chiroptères, à partir de différents modes d'acquisition résumés ci-dessous :



Observateurs



Radars en mode
vertical et horizontal



Acoustique oiseaux et
chauves-souris

Figure 1 : Résumé des différents modes d'acquisition des données réalisées lors des campagnes en mer.

Des observateurs observent en continu les oiseaux marins et les migrateurs du lever du jour au coucher du soleil et notent systématiquement toutes les observations réalisées.

Un enregistreur acoustique dédié aux oiseaux et un enregistreur dédié aux chauves-souris sont embarqués pour détecter les éventuels cris émis.

Deux radars embarqués, paramétrés pour le suivi de l'avifaune en mer, sont équipés de moyens d'enregistrement de données en continu, de jour comme de nuit, tout au long des campagnes menées. Un radar déjà présent sur le bateau est dédié au suivi des trajectoires (7,4 km de rayon). Un radar dédié à l'étude des flux et des hauteurs de vol (1500 m de rayon) est quant à lui installé sur le pont arrière du bateau et orienté perpendiculairement à la direction principale de migration au moyen d'une grue lui servant de support.

2.3 Plan d'échantillonnage

Les campagnes en mer prennent la forme de 4 campagnes de 3-4 jours/ 3-4 nuits par an, mises en œuvre entre les mois de mars et de mai, et de septembre à novembre.

Près de 1000 kilomètres de transects (cf. **Figure 2** ci-dessous) sont ainsi parcourus lors de chacune des 4 campagnes annuelles (2 campagnes pendant la migration pré-nuptiale et 2 campagnes pendant la migration post-nuptiale), couvrant ainsi le golfe du Lion et permettant la collecte de données complémentaires, jour et nuit, aux périodes clés de la migration de l'avifaune. Les transects suivis couvrent l'ensemble du plateau continental du golfe du Lion, ainsi que les têtes de canyons. Leur mise en œuvre est optimisée de façon à couvrir au mieux la zone d'étude à la fois de jour et de nuit au cours des périodes de migrations visées.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Localisation des transects - Expertises nautiques 2022 à 2024

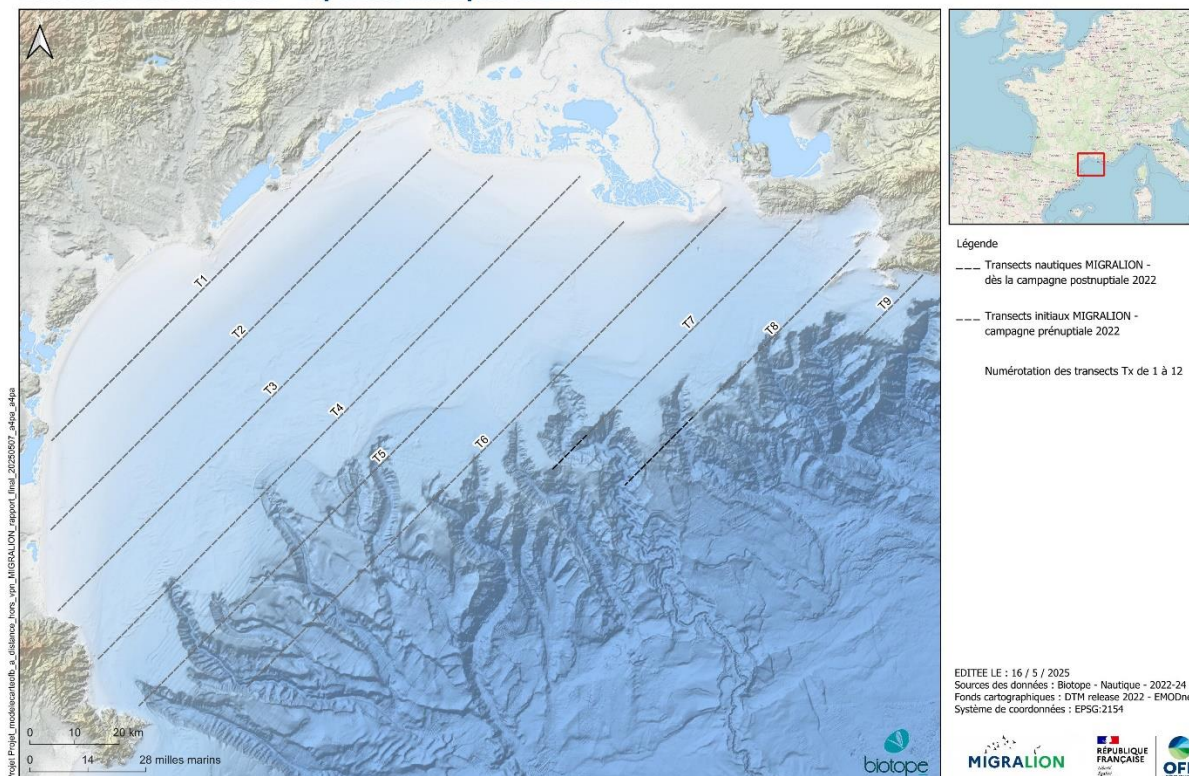


Figure 2 : Transects parcourus pour chaque campagne en mer - 2 fois par période de migration des oiseaux, soit 4 fois par an.

2.4 Méthodes de traitements et d'analyse des données

2.4.1 Expertises visuelles

Le détail des analyses statistiques mises en œuvre dans le cadre des expertises visuelles sont précisées en *Fiche annexe A : Détail concernant les analyses statistiques réalisées*.

Les analyses des données se décomposent en trois grandes sections :

- Répartition spatiale par espèce ou groupe d'espèces : carte de distribution des données brutes par saison ;
- Distribution temporelle par espèce ou groupe d'espèces : phénologie de présence par saison (IKA en effectif/km de transects, Densité en individu/km²) ;
- Analyse comportementale (altitudes de vol observées).



Figure 3 : Observateurs embarqués dans le cadre des campagnes du lot 4.

• **Cartes des observations brutes par saisons**

La réalisation des cartes des observations brutes ne fait pas intervenir de traitements statistiques. Ces cartes représentent toutes les observations d'oiseaux par un point situé à la position où l'observation a eu lieu en utilisant les coordonnées enregistrées par le GPS de bord.

La taille des points est fonction du nombre d'oiseaux observés. Ces cartes ne sont pas corrigées par des valeurs d'efforts.

Pour chaque espèce, une carte par saison (prénuptiale ou postnuptiale) est produite. Naturellement, ces dates ne permettent pas d'englober toutes les espèces. Par exemple, certaines espèces migrent jusqu'à début décembre, d'autres sont en phase d'hivernage jusqu'à fin mars.

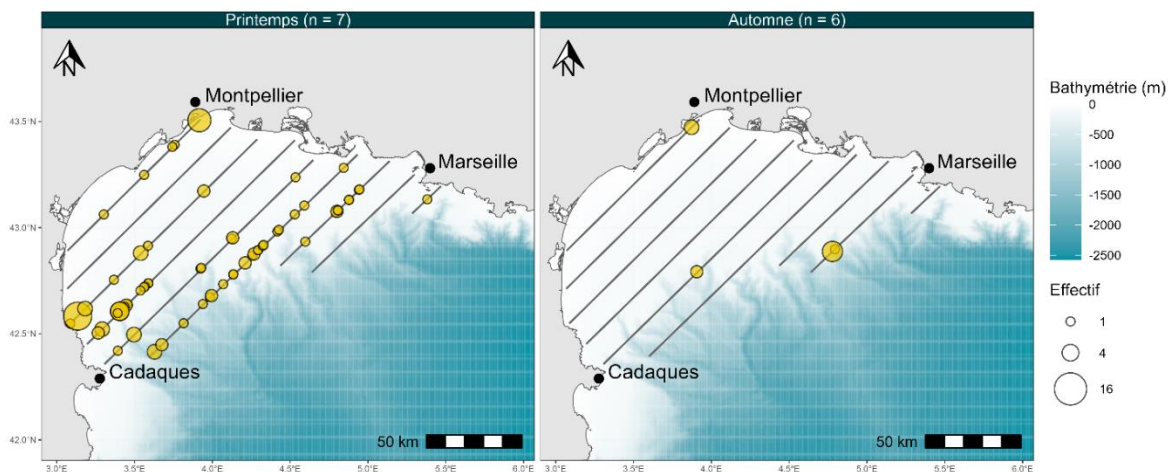


Figure 4 : Exemple de cartes des observations brutes dont l'échelle de taille des points est proportionnelle au nombre d'individus pour les groupes de moins de 10 (quantile à 95% des tailles de groupe) puis limite à cette taille maximum au-delà.

• Distributions temporelles : Phénologie de présence par saison

La méthode pour estimer la densité par mois diffère en fonction du nombre et du type de données présentes. En toute rigueur statistique, la distribution temporelle doit être mesurée en estimant la densité d'individus dans la zone d'étude par mois ou saison. La densité correspond au nombre d'individus observés sur une surface donnée et cette surface est dépendante de l'effort de prospection (nombre de kilomètres parcourus et nombre d'observateur). Ainsi, en multipliant la densité par la surface de la zone d'étude, il est alors possible d'obtenir une estimation de l'abondance des espèces dans la zone d'étude.

En fonction de la méthodologie de suivi utilisée et du comportement des oiseaux (posé ou en vol), la méthodologie d'analyse statistique pour estimer les densités varie. La **Figure 5** permet de visualiser les différentes méthodes statistiques utilisées en fonction de type de suivis et des données collectées. Le détail des méthodes statistiques se trouve en Fiche annexe A [paragraphes **1.1** Distance sampling, **1.2** Strip transect et **1.3** Snapshot].

*Pour pouvoir utiliser ces méthodes d'estimation de densité, une espèce doit avoir au minimum une détection à moins de 300m de la ligne de transect ou un oiseau en vol détecté lors d'un snapshot. Si une espèce n'a pas d'individus qui rentrent dans ses critères alors seul un IKA (Indice d'Abondance Kilométrique) pourra être mesuré pour cette espèce (Fiche annexe A - paragraphe **1.4**).*

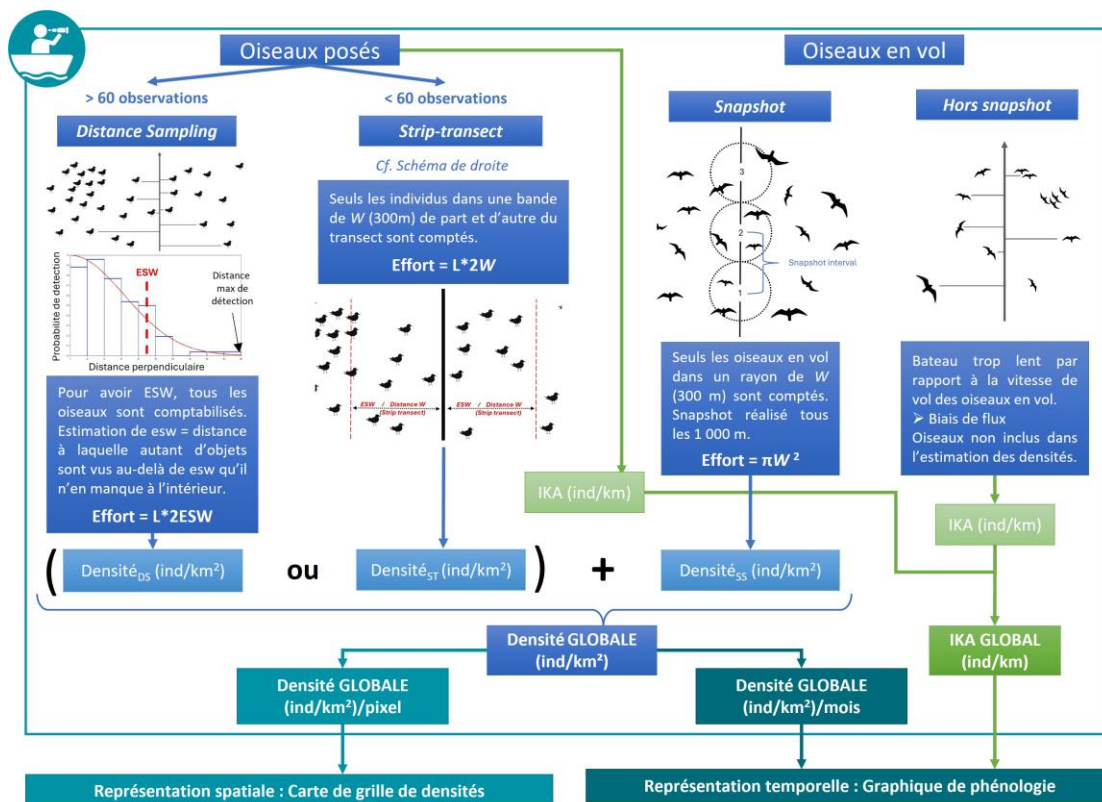


Figure 5 : Description schématique du processus d'estimation de densités à partir des données issues de suivis nautiques.

Pour les espèces qui ont suffisamment de données pour pouvoir estimer leur densité sur la zone d'étude, les phénologies sont présentées sous la forme d'un histogramme (**Figure 6** ci-dessous) qui cumule les densités estimées des oiseaux posés et des oiseaux en vol lors des snapshots. Les oiseaux en vol hors des snapshots ne sont pas inclus dans le calcul des densités (voir Fiche annexe A : *Détail concernant les analyses statistiques réalisées pour les explications*).

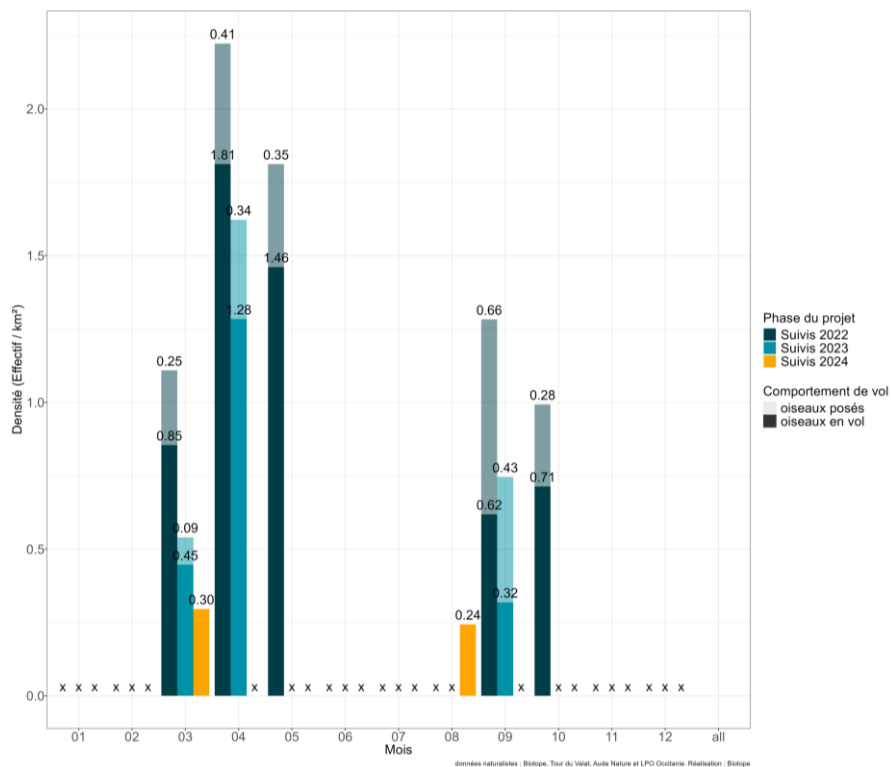


Figure 6 : Exemple de figure de phénologie de présence : Densité par distance sampling ou strip transect.

Pour les espèces pour lesquelles le calcul d'une densité n'est pas possible, un indice d'abondance noté IKA, pour indice kilométrique d'abondance, est calculé. Les effectifs bruts sont corrigés par l'effort de prospection linéaire et l'IKA s'exprime en nombre d'individus observés (en vol hors snapshot et posés) par kilomètre de transect (exemple en **Figure 7** ci-dessous).

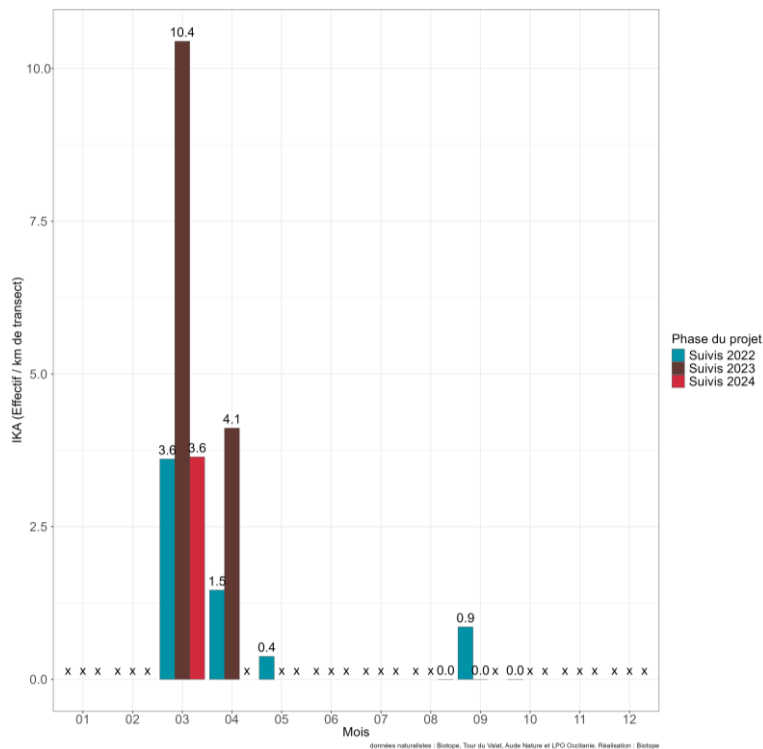


Figure 7 : Exemple de figure de phénologie de présence par IKA par saison.

• Distribution des hauteurs de vols

La distribution des hauteurs de vols est réalisée par espèces ou groupe d'espèces.

Lors des transects nautiques, la hauteur de vol pour chaque oiseau observé en vol est estimée par dire d'expert. Les histogrammes de hauteurs de vol sont présentés pour chaque groupe d'espèces comme sur la **Figure.8** donnée en exemple. Les histogrammes fournissent l'effectif cumulé total d'oiseaux observés pour chaque classe de hauteur de vol et chaque espèce.

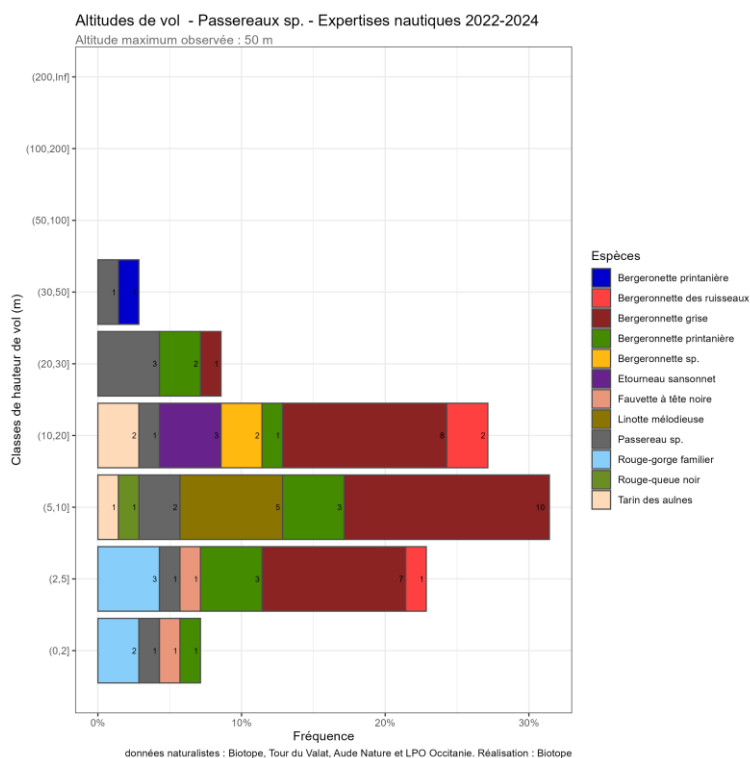


Figure.8 : Exemple d'histogramme des altitudes de vol pour les passereaux.

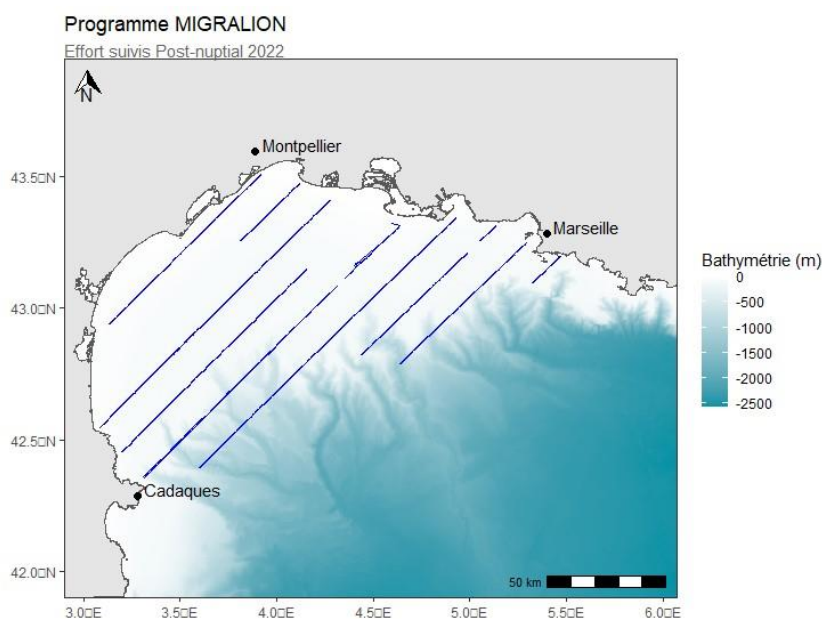
• Limites méthodologiques observées

Dans le cadre des campagnes réalisées pour le programme MIGRALION, le bateau était en mouvement continu, de jour comme de nuit, ceci afin d'enregistrer en continu et à l'aide des radars l'activité des oiseaux dans le golfe du Lion. Les analyses réalisées pour le suivi visuel sont donc uniquement les données collectées de jour. L'effort n'est donc pas constant le long des transects, avec des portions sans observations lors de la progression nocturne du bateau (exemple en **Figure 9**).

L'interprétation des cartes doit donc se faire en intégrant cette limite et notamment :

- Que les tronçons avec pas ou peu d'observations n'étant pas forcément les moins riches. Il se peut en effet que ces tronçons aient été en partie ou entièrement parcourus de nuit, ce qui représente ainsi un « manque » dans les présences possibles d'oiseaux.
- Que les cartes des observations visuelles des oiseaux représentent uniquement les observations visuelles de jour, il s'agit donc d'une carte de répartition à minima n'incluant pas la possible présence d'oiseaux sur les transects parcourus de nuit.

L'interprétation des cartes doit donc se faire en intégrant cette limite : les tronçons avec pas ou peu d'observations n'étant pas forcément les moins riches.



**Les tronçons en bleu ont été parcourus à minima une fois de jour, les tronçons absents n'ont pas été parcouru de jour.*

Figure 9 : Exemple d'effort d'observation pour les campagnes réalisées en migration postnuptiale en 2022.

Les conditions météorologiques et conditions de mer ont été suffisamment favorables sur l'ensemble de la période d'acquisition des données.

• **Limites méthodologiques observées pour les analyses biostatistiques**

La méthode pour le calcul de densité des oiseaux posés la plus robuste et significative, à savoir la méthode de distance sampling, a été utilisée pour le Goéland leucophée, la Mouette pygmée, les petits Puffins (Puffin yelkouan et P. des Baléares) et les alcidés (Macareux moine, Pingouin torda) sur les données acquises en 2022 et 2023. Cependant, du fait de l'absence d'observation par espèce suffisante lors des campagnes de 2024 et afin de pouvoir comparer les résultats de ces espèces sur l'ensemble de la durée du programme (de 2022 à 2024), les résultats seront présentés avec la méthode d'analyse du strip transect pour l'ensemble des espèces.

2.4.2 Expertises acoustiques oiseaux et chiroptères

En parallèle des observations visuelles et des suivis par radar, des enregistrements par acoustique passive ont été réalisés pour la détection des oiseaux et des chauves-souris en migration.

Pour les oiseaux, le dispositif a été initialement installé au niveau du nid de pie pour sa position en hauteur et le faible bruit environnant. Les données obtenues présentaient toutefois des niveaux de saturation importants, liés aux vibrations du bateau et au vent.

Afin de diminuer l'enregistrement de ces bruits parasites, le dispositif acoustique « avifaune » a été déplacé à l'avant du bateau lors de la campagne de mai 2022 puis pour l'ensemble des campagnes suivantes du programme. Bien que la qualité des sons ait été meilleure, le niveau de bruit résiduel reste important. Des tests

ont donc été effectués à terre à l’été 2022 pour trouver des solutions afin de limiter les bruits parasites liés au bateau. Le caisson de la parabole a été démonté, un nouveau support a été préparé, et un second micro (omnidirectionnel) a été ajouté. La qualité des données a ainsi été nettement améliorée depuis ces changements. Les données récoltées restent néanmoins fortement contraintes par les conditions de vent et le bruit du bateau qui viennent altérer les capacités de détection du micro et de la parabole.

2.4.3 Radars embarqués

• Conditions de mer rencontrées et qualité des données

La qualité des données acquises par radar étant conditionnée par l’état de la mer (houle) et les conditions météorologiques (pluie), les campagnes ont été planifiées pour naviguer en conditions favorables de façon à assurer la bonne acquisition des données radar et une qualité optimale des observations visuelles. Compte-tenu de la durée des campagnes (3 à 4 jours) et des différences entre prévisions et conditions réelles, les conditions de mer étaient toutefois variables d’un jour à l’autre, et entre campagnes.

Parmi les données acquises de 2022 à 2024, quatre régimes distincts correspondant à différentes conditions de mer ont été considérés lors de l’analyse des données, ceci afin de prendre en compte :

- l’évolution du nombre d’échos de « bruit » générés par un état de mer variable (au radar vertical et au radar horizontal) ;
- la gîte du navire qui implique une rotation des images acquises par radar vertical et une augmentation de l’incertitude sur les altitudes de vol, liée à cette rotation.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** fait état de la proportion d’images acquises selon ces différents régimes lors des transects réalisés (transits et inter-transects exclus) :

Tableau 2 : Conditions rencontrées en transect et qualité des données radars associés.

Conditions rencontrées en transect et qualité des données associées				
	Régime 1	Régime 2	Régime 3	Régime 4
Conditions	Mer d’huile ; les oiseaux posés sur l’eau sont visibles au radar vertical ; la surface de la mer disparaît au moins partiellement au radar vertical ; il y a très peu de bruit de mer au radar horizontal	Vaguelettes ; la surface de la mer est visible en continu au radar vertical ; il y a peu de bruit de mer au radar horizontal	Houle modérée qui entraîne une légère rotation des images (radar vertical) ; présence d’un léger bruit à proximité du radar vertical et de bruit de mer au radar horizontal	Houle élevée entraînant une rotation marquée des images (radar vertical) ; présence de bruit prononcé autour des deux radars

Sessions	Pourcentage de données en transect au sein des régimes de houle rencontrés			
Mars 2022	2.3%	15.9%	63.2%	18.6%
Avril 2022	19.8%	39.6%	26.9%	13.7%
Mai 2022	25.2%	44.0%	13.7%	17.1%
Sept. 2022	0.0%	19.4%	22.6%	58.0%
Oct. 2022 – session 1	10.3%	32.4%	23.7%	33.6%
Oct. 2022 – session 2	0.0%	28.7%	57.8%	13.5%
Mars 2023	67.7%	26.4%	5.9%	0.0%
Avril 2023	50.1%	26.5%	11.1%	12.3%
Sept. 2023 – session 1	49.2%	48.2%	2.6%	0.0%
Sept. 2023 – session 2	33.1%	53.9%	10.5%	2.5%
Mars 2024	2.5%	14.4%	39.8%	43.3%
Août 2024	54.7%	40.8%	4.5%	0.0%

Par ailleurs, les données météorologiques citées dans les paragraphes de discussion des résultats correspondent aux données horaires du modèle météorologique AROME 2,5 km développé par Météo France, été extraites à 250 m d'altitude au niveau de Frontignan.

• Traitement des images radar

Le traitement des données radar suit les étapes suivantes :

- Tri des images selon les conditions de mer rencontrées et suppression des données comprenant des averses de pluie ;
- Extraction des échos et calcul de leurs propriétés (nombre de pixels, élongation, intensité, etc.) ;
- Sélection des échos d'oiseaux d'après les critères d'aire (>60px pour le radar vertical ; [10px, 150px] pour le radar horizontal) et d'intensité moyenne (>35 sur une échelle de luminance de 0 à 242 pour le radar vertical), et suppression manuelle d'échos de bruit non filtrés ;
- Création de masques adaptés aux différentes conditions de mer afin de minimiser le bruit de mer dans les données, et ne conserver que la zone de détection maximale du radar (colonne d'air de 650m de part et d'autre du radar vertical) ;
- Reconstruction des trajectoires d'échos dans la zone par l'adaptation de l'outil développé par Tinevez (2011) pour les données du radar horizontal.
- Sélection des trajectoires d'oiseaux en cohérence avec une vitesse comprise entre 3 et 25 m.s⁻¹, au sein de la zone de détection optimale du radar horizontal (2-4km), en transect.

• Analyse des données obtenues par radar vertical

Les analyses menées sur les données du radar vertical comprennent les acquisitions en transect et en intertransect.

○ Flux (ou MTR pour Migration Traffic Rate)

Les flux (ou MTR en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) ont été calculés sur un échantillon de deux images par minute (soit 1 image sur 12), toutes les heures. Le nombre d'échos au sein de chaque heure a été corrigé par la durée réelle d'observation au sein du créneau horaire ainsi que l'effort d'observation lié à la géométrie du disque radar ainsi qu'au masque utilisé (lui-même dépendant des conditions de mer).

Ces calculs ont été déclinés par classe d'altitude (de 0 à 1500m), pour chaque heure ainsi que distinctement de jour et de nuit, afin de décrire la distribution des hauteurs de vol enregistrées. La classe d'altitude la plus élevée (1450-1500 m) a été écartée des analyses du fait de sa trop faible représentativité du fait de la géométrie du disque radar. La classe d'altitude la plus faible (0-50 m) doit être considérée comme sous-échantillonnée du fait de la perte de certaines cibles confondues avec la surface de l'eau et du masque important de cette basse couche lors de conditions de mer défavorables.

La représentation spatiale des MTR a été réalisée en considérant la localisation moyenne du bateau au cours de l'heure considérée. Un créneau horaire se voit assigné au jour ou à la nuit en fonction de la durée majoritaire de jour ou de nuit lors de l'heure considérée. La nuit est définie comme la période où l'altitude du soleil est inférieure à -6° (« civil twilight »).

○ Répartition relative des flux en fonction de l'altitude

Les proportions de flux en fonction de l'altitude correspondent à la médiane des valeurs de flux horaires, rapportées à leur somme sur la colonne d'air scannée. Ces proportions sont calculées distinctement de jour et de nuit et sont aussi représentée de façon cumulée.

○ Modélisation spatiale bayésienne et présentation des résultats

La méthodologie de modélisation spatiale bayésienne (Lindgren et al., 2011) employée a pour but de modéliser les effets spatiaux et temporels qui caractérisent les migrations nocturnes au-dessus de golfe du Lion en période pré-nuptiale et post-nuptiale, tout en abordant le problème de la corrélation spatiale. Comme elle se base sur les statistiques bayésiennes, elle permet de modéliser des structures complexes et de tenir compte de l'incertitude dans les paramètres et les prédictions. La modélisation a été effectuée sous R via le package INLA (Rue et al., 2009).

Deux sources de données sont utilisées dans la modélisation : les échos enregistrés sur le radar du bateau qui parcourt le golfe du Lion (lot 4) et les MTR enregistrés par les 2 radars terrestres (lot 5). Les données du bateau permettent de prendre en compte les variations spatiales de la migration en couvrant tout le golfe à travers différentes campagnes tandis que les données des radars terrestres assurent un suivi annuel continu pour étudier l'aspect temporel de la migration.

Les effets considérés dans le modèle sont reportés dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** :

Tableau 3 : Effets pris en compte dans le modèle développé pour l'analyse des données radars (vertical, lot 4 et radars terrestres, lot 5).

Effet	Description	Type	Données utilisées
Phénologie	Variations annuelles	Temporel	Lots 4 et 5
Nuit	Effet propre de chaque nuit	Temporel	Lots 4 et 5
Avancement dans la nuit	Variations intra-nuits	Temporel	Lots 4 et 5
Distance à la côte	Effet radial de la migration	Spatial	Lot 4
Stochastic Partial Differential Equation, (Lindgren, Rue, and Lindström 2011), (Lindgren, Bolin, and Rue 2022)	Variations spatiales à très faible résolution	Spatial	Lot 4

Dans cette analyse, l'effort est pris en compte dans la construction du modèle via le taux de pixels utilisables sur les images prises à chaque instant.

Les SPDE (résultats spatiaux exprimés selon l'acronyme *Stochastic Partial Differential Equation*, Lingdren et al., 2022) sont quant à eux accompagnés de cartes de coefficients de variations. Ceux-ci permettent de caractériser la stabilité des prédictions en tout point de la zone d'étude : plus celui-ci est grand et moins la prédiction est fiable (variance élevée). Les zones où ils sont les plus faibles sont naturellement les transects parcourus par le bateau où moins d'interpolation est requise puisque des données ont été relevées directement en ces points tandis que ce n'est pas le cas entre les transects.

• Analyse des données obtenues par radar horizontal

Les analyses menées sur les données du radar horizontal comprennent les acquisitions en transect uniquement. Les images contenant des échos de côte ont été écartées des analyses.

○ Séries temporelles du nombre de trajectoires

Le nombre de trajectoires d'oiseaux au sein du maximum de détection (zone entre 2 et 4 km du radar) est calculé à chaque acquisition (soit toutes les 2.5 secondes) et représenté au cours du temps.

○ Activité horaire

L'activité horaire correspond au nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km². Le nombre de trajectoires au sein du maximum de détection est corrigé par unité de surface et par heure en fonction de la durée réelle

d’observation au sein de chaque créneau horaire. La représentation spatiale de l’activité horaire a été réalisée en considérant la localisation moyenne du bateau au cours de l’heure considérée.

○ Directions de vol des cibles suivies

Les distributions des directions de vol des trajectoires d’oiseaux ont été produites distinctement de jour et de nuit, ainsi que pour chaque heure en transect. Leur représentation spatiale a été réalisée en considérant la localisation moyenne du bateau au cours de l’heure considérée. Un créneau horaire se voit assigné au jour ou à la nuit en fonction de la durée majoritaire de jour ou de nuit lors de l’heure considérée. La nuit est définie comme la période où l’altitude du soleil est inférieure à -6° (« civil twilight »).

3. Résultats et discussions

3.1 Description des campagnes d’acquisition des données

10 campagnes en mer avec radars et observateurs embarqués ont été menées entre 2022 et 2024 avec 4 campagnes en 2022 et 2023 et 2 campagnes en 2024.

3.1.1 Campagnes prénuptiales

Au printemps 2022, les conditions météorologiques n’ont pas permis de trouver des créneaux favorables sur plusieurs journées consécutives. Les équipes se sont adaptées et ont réalisé trois sorties de 2.5, 3 et 2.5 jours/nuits respectivement au mois de mars, avril et mai, pour pouvoir assurer la collecte des données. Les contraintes météo-océaniques observées au printemps 2022 ont nécessité une forte capacité d’adaptation et de réactivité pour les équipes d’observateurs et l’équipage du navire mobilisés dans le cadre des campagnes.

Au printemps 2023, les conditions météo-océaniques plus clémentes ont permis de réaliser les deux campagnes prénuptiales lors de deux sorties distinctes : l’une au mois de mars et l’autre en avril 2023.

Au printemps 2024, les conditions météorologiques et les prévisions océanographiques au printemps 2024 ont permis de réaliser une campagne de 4 jours consécutifs au cours du mois de mars. La seconde campagne du printemps n’a pas été réalisée en raison de conditions météo-océaniques dégradées et de la disponibilité du navire.

Tableau 4 : Bilan des campagnes effectuées en période prénuptiale (2022-2024).

Campagne	Date - Heure départ	Date - Heure retour	Observateurs
01_2022	28/03/2022 - 08:00	29/03/2022 - 00:00	Camille ASSALI
			Julie CABRI
			Vincent DELCOURT

			Vincent LIEBAULT
			Fintan MILLET LETARNEC
			Dominique CLEMENT (Aude Nature)
01-02_2022	25/04/2022 - 20:00	28/04/2022 - 18:00	Camille ASSALI
			Alexandre HAMON
			Vincent LIEBAULT
			Fintan MILLET LETARNEC
			Mathieu BOURGEOIS (LPO Occitanie)
02_2022	02/05/2022 - 23:00	04/05/2022 - 10:00	Thomas MARCHAL (LPO Occitanie)
			Camille ASSALI
			Alexandre HAMON
			Vincent LIEBAULT
			Fintan MILLET LETARNEC
01_2023	20/03/2023 - 11:00	23/03/2023 - 8:00	Samuel HILAIRE (Tour du Valat)
			Mathieu BOURGEOIS (LPO Occitanie)
			Camille ASSALI
			Vincent DELCOURT
			Vincent LIEBAULT
02_2023	18/04/2023 - 8:00	21/04/2023 - 8:00	Cyprien DAIDE
			Dominique CLEMENT (Aude Nature)
			Mathieu BOURGEOIS (LPO Occitanie)
			Camille ASSALI
			Julie CABRI
01_2024	12/03/2024 – 18:55	15/03/2024 – 16:00	Alexandre HAMON
			Vincent LIEBAULT
			Cyprien DAIDE
			Mathieu BOURGEOIS (LPO Occitanie)
			Gaspard BERNARD

Julie CABRI
Cyprien DAIDE
Alexandre HAMON
Vincent LIEBAULT

3.1.2 Campagnes postnuptiales

À l'automne 2022, les conditions météorologiques ont également été défavorables sur des périodes de trois jours consécutifs, et les équipes ont réalisé 3 campagnes de 1.5, 3 et 1.5 jours/nuits respectivement au mois de septembre et d'octobre.

À l'automne 2023, les deux campagnes postnuptiales ont été réalisées lors de deux sorties de 3 jours au mois de septembre 2023.

Au l'automne 2024, les conditions météorologiques et les prévisions océanographiques de l'automne ont permis de mener une campagne au mois d'aout. La seconde campagne d'automne n'a pas été réalisée en raison de conditions météo-océaniques dégradées et de la disponibilité du navire.

Tableau 5 : Bilan des campagnes effectuées en période postnuptiale (2022-2024).

Campagne	Date - Heure départ	Date - Heure retour	Observateurs
03_2022	21/09/2022 - 13:00	23/09/2022 - 5:00	Camille ASSALI
			Vincent DELCOURT
			Alexandre HAMON
			Vincent LIEBAULT
			Fintan MILLET LETARNEC
03-04_2022	3/10/2022 - 21:00	6/10/2022 - 21:00	Camille ASSALI
			Vincent DELCOURT
			Nicolas DELELIS
			Alexandre HAMON
			Mathieu BOURGEOIS (LPO Occitanie)

			Dominique CLEMENT (Aude Nature)
			Camille ASSALI
04_2022	27/10/2022 - 18:00	29/10/2022 - 7:30	Julie CABRI
			Alexandre HAMON
			Vincent LIEBAULT
			Vincent DELCOURT
			Alexandre HAMON
03_2023	6/09/2023 - 10:00	9/09/2023 - 7:00	Vincent LIEBAULT
			Cyprien DAIDE
			Fintan MILLET
			Dominique CLEMENT (Aude Nature)
			Julie CABRI
			Nicolas DELELIS
04_2023	24/09/2023 - 19:00	27/09/2023 - 15:00	Alexandre HAMON
			Vincent LIEBAULT
			Dominique CLEMENT (Aude Nature)
			Thomas MARCHAL (LPO Occitanie)
			Camille ASSALI
			Gaspard BERNARD
02_2024	27/08/2024 – 12:50	30/08/2024 – 9:40	Cyprien DAIDE
			Vincent DELCOURT
			Nicolas DELELIS
			Dominique CLEMENT (Aude Nature)

3.2 Bilan des données acquises

3.2.1 Expertises visuelles

• Bilan général des observations – tous groupes confondus

Ce bilan présente l'ensemble des données brutes récoltées pour l'ensemble des espèces observées (mégafaune marine, chiroptères, etc.) et chaque saison de chaque année de suivi incluant les observations hors transects (pendant les transits et les inter-transects). Au cumul des trois années, **102 espèces différentes ont été observées et identifiées** lors des campagnes visuelles nautiques ainsi que 31 taxons pouvant différer des espèces déjà identifiées mais non déterminés à l'espèce.

Année 2022

Au printemps 2022, **2 687 observations visuelles** ont été comptabilisées. Cela représente **67 espèces contactées et identifiées** (oiseaux, mammifères marins, grands poissons pélagiques ou autres) et 12 taxons contactés mais non identifiés à l'espèce correspondant à un effectif global de **10 406 individus**.

À l'automne 2022, **1 495 observations visuelles** ont été comptabilisées. Ce qui représente **42 espèces contactées et identifiées** et 12 taxons contactés mais non identifiés à l'espèce (oiseaux, mammifères marins, grands poissons pélagiques ou autres) pour un effectif global de **10 572 individus**.

Année 2023

Au printemps 2023, **2 496 observations visuelles** ont été comptabilisées. Cela représente une diversité de **52 espèces observées et identifiées** et 9 taxons contactés mais non identifiés à l'espèce (oiseaux, mammifères marins, grands poissons pélagiques ou autres) correspondant à un effectif global de **15 534 individus**.

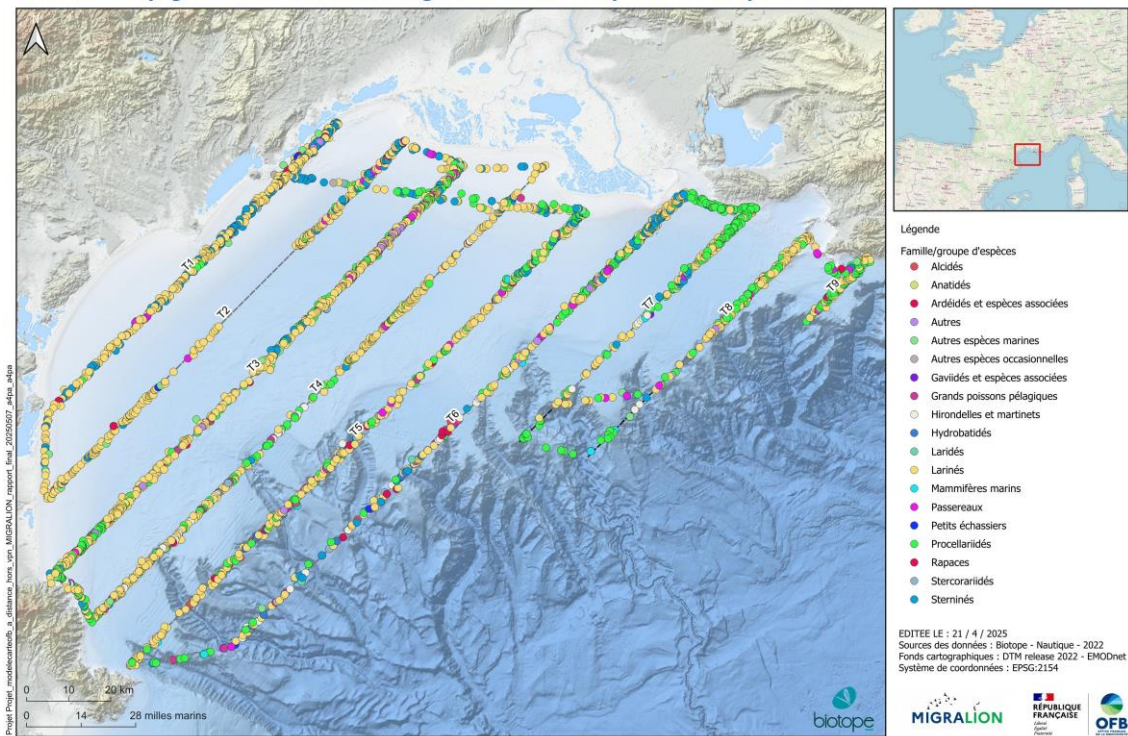
À l'automne 2023, **1 281 observations visuelles** ont été comptabilisées. Ce sont **39 espèces observées et identifiées** et 12 taxons contactés mais non identifiés à l'espèce (oiseaux, mammifères marins, grands poissons pélagiques ou autres) pour un effectif global de **9 752 individus**.

Année 2024

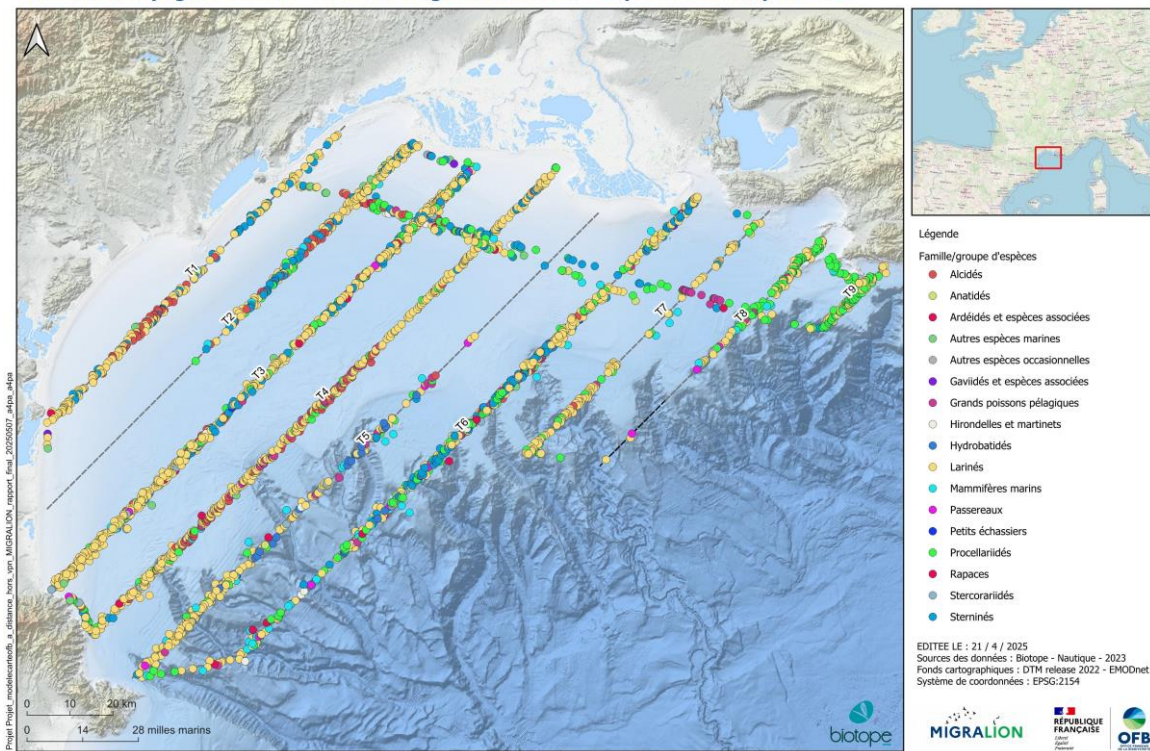
Au printemps 2024, **513 observations visuelles** ont été comptabilisées. Cela représente une diversité de **24 espèces observées et identifiées** et 4 taxons contactés mais non identifiés à l'espèce (oiseaux, mammifères marins, grands poissons pélagiques ou autres) correspondant à un effectif global de **2 593 individus**.

À l'automne 2024, **896 observations visuelles** ont été comptabilisées. Ce sont **26 espèces observées et identifiées** et 7 taxons contactés mais non identifiés à l'espèce (oiseaux, mammifères marins, grands poissons pélagiques ou autres) pour un effectif global de **4 942 individus**.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion Bilan des campagnes en mer - Données mégafaune marine - Expertises nautiques 2022

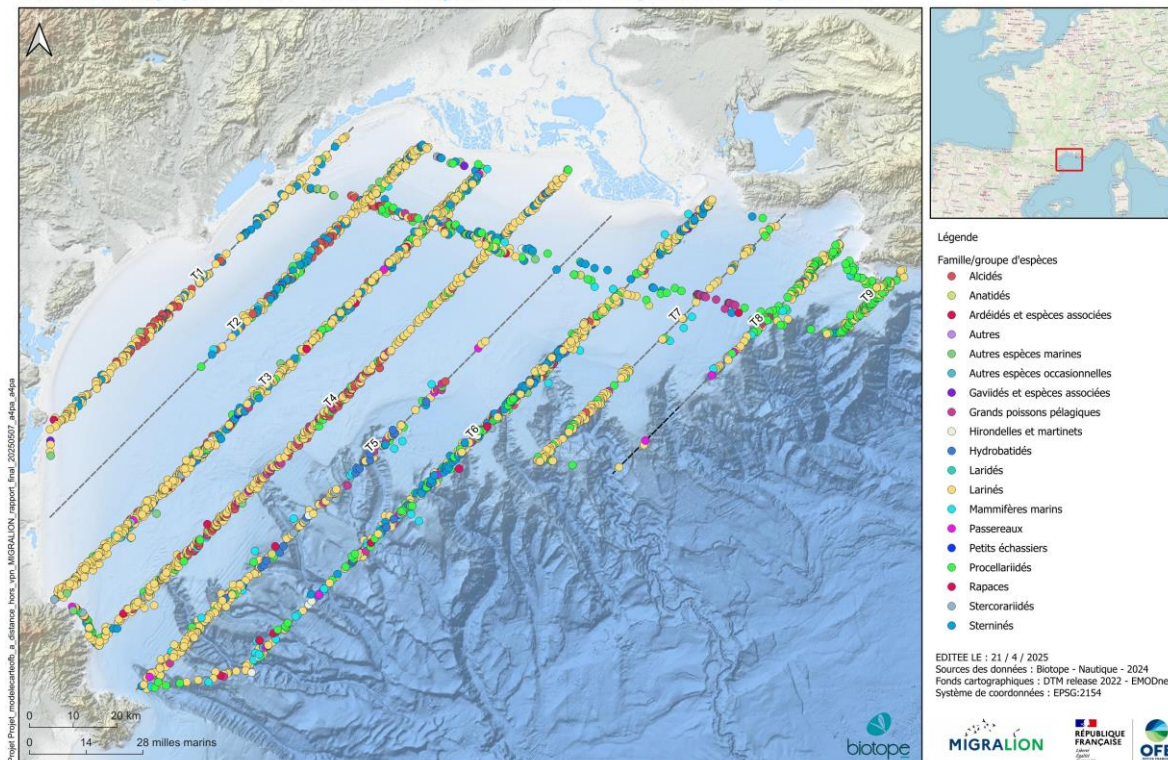


MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion Bilan des campagnes en mer - Données mégafaune marine - Expertises nautiques 2023



MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Bilan des campagnes en mer - Données mégafaune marine - Expertises nautiques 2024



Erreur ! Source du renvoi introuvable. Bilan des observations réalisées (ensemble des données brutes) pour chaque année. illustre pour chaque année la localisation des observations réalisées pour l'ensemble des données brutes (observations hors transects incluses). Chaque point correspond à une observation. Les segments sans points correspondent à des temps de navigations effectués de nuit, et donc sans données d'observations visuelles (mais avec collecte de données radars et acoustiques).

• Bilan des observations de mégafaune (oiseaux et mammifères marins) en effort (sur les transects)

Les résultats suivants représentent uniquement l'analyse des données récoltées en effort d'observation constant lors de la réalisation des transects. Il s'agit uniquement des données collectées de jour sans analyse combinées avec les données « Radar » collectées de jour comme de nuit.

Les données récoltées en dehors des transects (pendant les transits et les inter-transects) ont donc été écartées des résultats présentés. Concernant les données retenues (en effort d'observation), **95 espèces différentes ont été observées et identifiées** au cumul des trois années ainsi que 29 taxons non déterminés à l'espèce pouvant différer des espèces déjà identifiées. Le tableau **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** synthétise les données

d’observations lors des expertises visuelles des campagnes prénuptiales et postnuptiales des trois années de suivis (2022 à 2024).

Tableau 6 : Synthèse des données d’observations en expertises visuelles.

Campagne	Nombre d’espèces contactées et identifiées	Nombre total d’individus observés	Nombre total d’observations
Prénuptiale 2022	63 espèces	8 742 individus	2 380 observations
Postnuptiale 2022	40 espèces	7 466 individus	1 379 observations
Prénuptiale 2023	48 espèces	13 129 individus	2 318 observations
Postnuptiale 2023	33 espèces	6 256 individus	1 071 observations
Prénuptiale 2024	23 espèces	2 420 individus	486 observations
Postnuptiale 2024	25 espèces	4 388 individus	816 observations

Les tableaux de synthèse de ces données collectées sont présentés en annexes de ce rapport (Annexes D, E, F).

• **Bilan par famille pour l’avifaune**

Parmi la diversité d’espèces observées, les expertises visuelles nautiques ont permis d’identifier **86 espèces d’oiseaux** sur l’ensemble du jeu de données et 24 taxons non déterminés à l’espèce pouvant différer des espèces déjà identifiées.

Tableau 7 : Synthèse des effectifs des familles et groupes d’oiseaux contactés par expertises visuelles lors des campagnes prénuptiales et postnuptiales de 2022 à 2024.

Campagne	Nombre d’espèces contactées et identifiées	Nombre de taxon non identifiés à l’espèce	Nombre total d’individus observés	Nombre total d’observations
Prénuptiale 2022	59 espèces	10 taxons	8 588 individus	2 312 observations

Postnuptiale 2022	33 espèces	7 taxons	7 409 individus	1 355 observations
Prénuptiale 2023	44 espèces	9 taxons	12 575 individus	2 173 observations
Postnuptiale 2023	29 espèces	11 taxons	5 842 individus	1 033 observations
Prénuptiale 2024	20 espèces	4 taxons	2 393 individus	474 observations
Postnuptiale 2024	20 espèces	4 taxons	3 896 individus	778 observations

Le tableau **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** synthétise les effectifs de l'avifaune observée lors des expertises visuelles (en effort d'observation) des campagnes prénuptiales et postnuptiales des trois années de suivis.

Tableau 8 : Synthèse des effectifs des familles et groupes d'oiseaux contactés par expertises visuelles lors des campagnes prénuptiales et postnuptiales de 2022 à 2024.

Famille/Sous-famille/Groupe d'espèces	2022		2023		2024		Total
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	
Accipitridés	6	10	2	11			29
Alcidés	52		659	39	81	10	841
Anatidés	9		46	20			75
Apodidés	34		3				37
Ardéidés	9	5	22	35		9	80
Burhinidés					1		1
Caprimulgidés	2						2
Charadriidés	2						2
Columbidés	2		2				4
Falconidés	3	9	1	2	1		16
Gaviidés	3		2		1		6

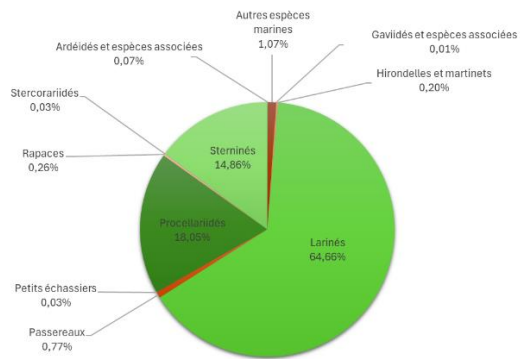
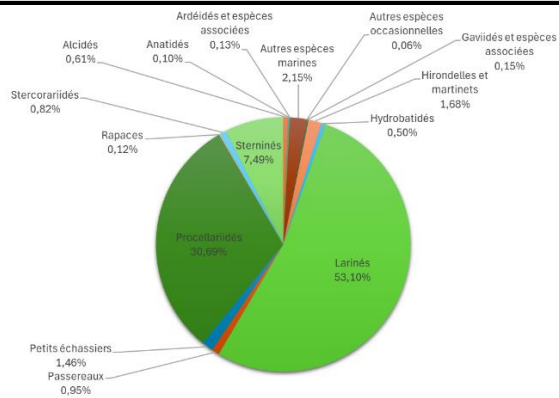
Haematopodidés	1						1
Hirundinidés	110	15	23	14	5		167
Hydrobatidés	43		10	138		51	242
Larinés	4 560	4 791	10 651	2 250	1 970	1 442	25 664
Limicoles	2		4	1			7
Pandionidés	1			1		1	3
Passereaux	82	57	39	11	39	2	230
Phalacrocoracidés	183	76	89	13	50	1	412
Phasianidés						1	1
Podicipédidés	4	1	5				10
Procellariidés	2 636	1 337	745	805	222	1 012	6 757
Rallidés	6						6
Récurvirostridés	119						119
Scolopacidés	1	2		10			13
Stercorariidés	70	2	42	12	2	4	132
Sterninés	643	1 101	224	2 478	3	1 310	5 759
Sulidés	2	3	5	2		5	17
Threskiornithidés	2				18	48	68
Upupidés	1		1				2
Global	8 588	7 409	12 575	5 842	2 393	3 896	40 703

La **Figure 1** illustre la répartition des effectifs cumulés en période prénuptiale et postnuptiale pour chaque année du programme. Malgré un effort de campagne plus faible en 2024, on retrouve des schémas de répartition des effectifs saisonniers très similaires notamment entre 2023 et 2024.

2022

Prénuptiale

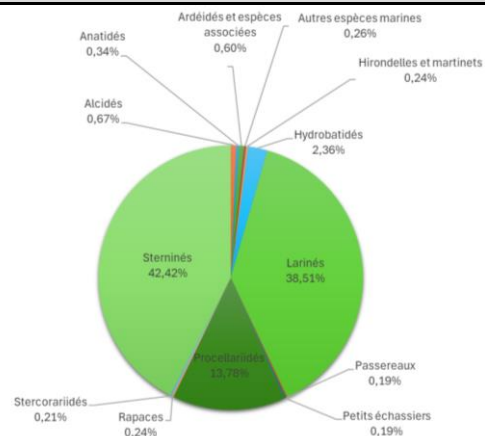
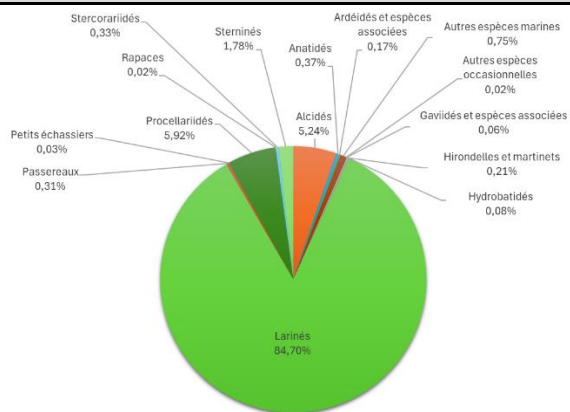
Postnuptiale



2023

Prénuptiale

Postnuptiale



2024

Prénuptiale

Postnuptiale

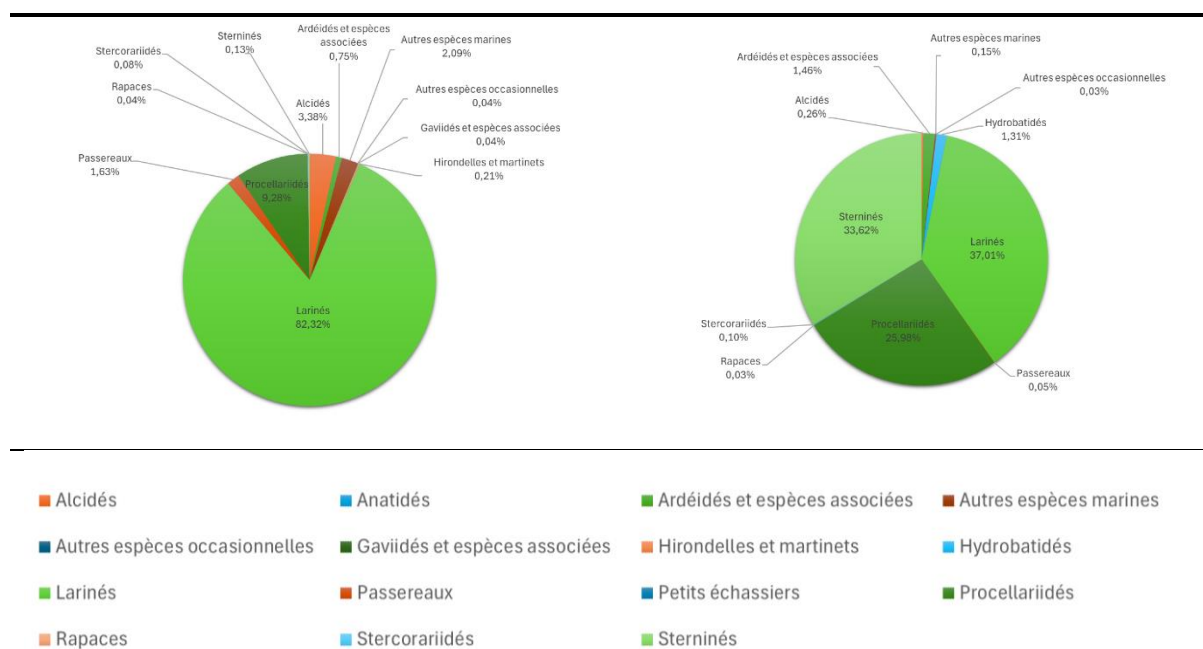


Figure 1: Répartition des effectifs par regroupement d'espèces - campagnes nautiques pré-nuptiales et post-nuptiales.

La famille des Larinés domine largement les effectifs de chaque saison et pour les trois années de suivis consécutives. En effet, les Larinés (mouettes et goélands) présentent des effectifs élevés lors des campagnes pré-nuptiales (2022 à 2024) et lors des campagnes post-nuptiales de 2022 et 2024. Les Sterninés (sternes et guifettes) sont le groupe majoritaire à l'automne 2023, et, présentent également des effectifs relativement représentatifs lors des autres campagnes. Cette forte présence de Sterninés à l'automne correspond à la présence de regroupements post-nuptiaux et d'oiseaux en halte migratoire. Ce phénomène de concentration s'observe notamment au large de la Camargue et de l'embouchure du Rhône et concerne tout particulièrement la Sterne pierregarin et la Guifette noire.

Les Procellariidés (Puffin de Scopoli, Puffin yelkouan, Puffin des Baléares) présentent également des effectifs importants pour les trois années de suivis. En période pré-nuptiale 2022, une proportion plus importante de puffins (> 30% de l'effectif avifaune global) tend à faire varier la répartition globale des effectifs printaniers. En période post-nuptiale, les puffins représentent de 14% à 26% des effectifs d'oiseaux observés. Le Puffin yelkouan est l'espèce la plus observée avec 75% des effectifs de cette famille et près de 13% de l'effectif d'oiseaux global.

Les Alcidés (Pingouin torda et Macareux moine) apparaissent plus nombreux aux printemps des années 2023 et 2024, représentant respectivement 5% et 3% des effectifs totaux d'oiseaux observés.

Au cumul des trois années, le Goéland leucophaea et la Mouette pygmée sont les deux espèces les plus abondantes des Larinés (96%). Ces deux espèces comptabilisent à elles seules 60% de l'effectif global observé, toutes espèces d'oiseaux et saisons confondues. La Sterne caugek et la Sterne pierregarin sont les deux espèces les plus abondantes des Sterninés (82%) et représentent près de 12% de l'effectif d'oiseaux global.

La synthèse des effectifs d'oiseaux contactés par saison au cours des trois années d'acquisition du programme est présentée dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** La synthèse des effectifs d'oiseaux contactés par sorties est détaillée en annexe.

Tableau 9 : Synthèse des effectifs d'oiseaux observés lors des campagnes prénuptiales et postnuptiales de 2022 à 2024.

Famille/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	
Alcidés							
Alcidé sp.			1				1
Macareux moine	47		401	39	7	10	504
Pingouin torda	5		257		74		336
Anatidés							
Canard colvert			7				7
Canard souchet			35	16			51
Canard sp.				1			1
Sarcelle sp.				3			3
Tadorne de Belon	9		4				13
Ardéidés et espèces associées							
Ardéidés							
Aigrette garzette	4					2	6
Aigrette sp.	2						2
Butor étoilé	2						2
Héron cendré	1	4	2	27		7	41
Héron garde-bœuf			4	1			5
Héron pourpré		1	1				2
Héron sp.			15	7			22
Threskiornithidés							
Ibis falcinelle	1				18	48	67

Famille/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	
Spatule blanche	1						1
Autres espèces marines							
Phalacrocoracidés							
Cormoran sp.	1						1
Grand cormoran	182	76	89	13	50	1	411
Sulidés							
Fou de Bassan	2	3	5	2		5	17
Autres espèces occasionnelles							
Burhinidés							
Oedicnème criard					1		1
Caprimulgidés							
Engoulevent d'Europe	2						2
Columbidés							
Pigeon biset domestique	1						1
Pigeon ramier			1				1
Tourterelle turque	1		1				2
Phasianidés							
Caille des blés						1	1
Upupidés							
Huppe fasciée	1		1				2
Gaviidés et espèces associées							
Gaviidés							
Plongeon arctique	3		2		1		6
Podicipédidés							
Grèbe huppé	4	1	5				10

Famille/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	
Rallidés							
Foulque macroule	6						6
Hirondelles et martinets							
Apodidés							
Martinet noir	34		3				37
Hirundinidés							
Hirondelle de fenêtre	3						3
Hirondelle de rivage				1			1
Hirondelle de rochers	4	1					5
Hirondelle rustique	101	12	21	7	1		142
Hirondelle sp.	2	2	2	6	4		16
Hydrobatidés							
Océanite sp.				40			40
Océanite tempête	43		10	98		51	202
Larinés							
Goéland brun		1					1
Goéland d’Audouin			1		1		2
Goéland leucophée	2344	4160	2983	2173	193	1350	13203
Laridé sp.		5					5
Mouette mélanocéphale	108	342	181	74	86	92	883
Mouette pygmée	2037	251	7377		1658		11323
Mouette rieuse	55	25	3	3			86
Mouette sp.	1	7			4		12
Mouette tridactyle	15		106		28		149
Passereaux							

Famille/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	
Alouette des champs			2				2
Alouette sp.	4						4
Bergeronnette des ruisseaux		3					3
Bergeronnette grise	1	26	9		6		42
Bergeronnette printanière	1	2	1	8		1	13
Bergeronnette sp.		2					2
Chardonneret élégant	2						2
Etourneau sansonnet		3			17		20
Fauvette à tête noire		1	1	1			3
Fringille sp.	44						44
Gobemouche noir	3						3
Grive musicienne			1				1
Linotte mélodieuse		5					5
Passereau sp.	11	8	11		9	1	40
Pinson des arbres					6		6
Pipit rousseline	2						2
Pouillot de Bonelli	2						2
Pouillot sp.	4						4
Pouillot véloce			1				1
Rouge-gorge familier		3	7	2			12
Rouge-queue à front blanc	1						1
Rouge-queue noir	3	1	1		1		6
Serin cini	1		1				2
Tarin des aulnes		3					3

Famille/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	
Traquet motteux	3		2				5
Traquet motteux/oreillard			1				1
Traquet sp.			1				1
Petits échassiers							
Charadriidés							
Gravelot à collier interrompu	2						2
Haematopodidés							
Huîtrier pie	1						1
Limicoles							
Limicole sp.	2		4	1			7
Récurvirostridés							
Avocette élégante	29						29
Echasse blanche	90						90
Scolopacidés							
Bécasseau variable		2					2
Chevalier gambette	1						1
Chevalier sylvain				10			10
Procellariidés							
Puffin de Scopoli	170	352	187	365	9	129	1 212
Puffin des Baléares	17	10	13	28		1	69
Puffin fuligineux	2						2
Puffin sp.				1			1
Puffin yelkouan	2288	959	367	390	213	879	5 096
Puffin yelkouan/Baléares	159	16	178	21		3	377

Famille/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	
Rapaces							
Accipitridés							
Bondrée apivore				4			4
Busard cendré	1						1
Busard des roseaux	2	3	2	4			11
Épervier d'Europe		7		3			10
Milan noir	3						3
Falconidés							
Faucon crécerelle	3	7	1	1			12
Faucon crécerelle/crécerellet te					1		1
Faucon kobez				1			1
Faucon sp.		2					2
Pandionidés							
Balbuzard pêcheur	1			1		1	3
Stercorariidés							
Grand labbe	2				2		4
Labbe à longue queue						1	1
Labbe parasite	27	2	13	11			53
Labbe parasite/pomarin			1			2	3
Labbe pomarin	41		28			1	70
Labbe sp.				1			1
Sterninés							
Guifette moustac	4						4
Guifette noire	6	8		694		259	967

Famille/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	Prénuptial	Postnuptial	
Sterne caspienne		2	2				4
Sterne caugek	565	1086	168	236	3	159	2217
Sterne naine	5						5
Sterne pierregarin	63	5	54	1494		887	2503
Sterne sp.				12		5	17
Sterniné sp.				42			42
Total avifaune	8 588	7 409	12 575	5 842	2 393	3 896	40 703

• Bilan par famille/espèces pour la mégafaune marine

Sur l'ensemble des expertises nautiques visuelles pour le compartiment mégafaune marine, trois espèces de mammifères marins ont été identifiées : le Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), le Dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*) et le Grand dauphin (*Tursiops truncatus*). Deux espèces de grands poissons pélagiques ont été notées : le Poisson lune (*Mola mola*) et l'Espadon (*Xiphias gladius*).

Les tableaux ci-dessous présentent les effectifs et observations des mammifères marins et grands poissons pélagiques observés lors des expertises visuelles des campagnes saisonnières des trois années de suivis.

Tableau 10 : Synthèse des données de mégafaune marine collectées par expertises visuelles lors des campagnes prénuptiales et postnuptiales 2022 à 2024 (données en effort d'observation).

Campagne	Nombre d'espèces contactées et identifiées	Nombre de taxon non identifiés à l'espèce	Nombre global d'individus observés	Nombre global d'observations
Printemps 2022	4 espèces	0 taxon	154 individus	68 observations
Automne 2022	4 espèces	1 taxon	39 individus	7 observations
Printemps 2023	4 espèces	0 taxon	554 individus	145 observations
Automne 2023	4 espèces	1 taxon	414 individus	38 observations

Printemps 2024	3 espèces	0 taxons	27 individus	12 observations
Automne 2024	4 espèces	0 taxons	488 individus	34 observations

Tableau 11 : Synthèse des effectifs des espèces de mégafaune marine : mammifères marin et grands pélagiques contactées par expertises visuelles lors des campagnes saisonnières de 2022 à 2024.

Famille/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Printemps	Automne	Printemps	Automne	Printemps	Automne	
Balaenoptéridés							
Rorqual commun	1		14				15
Delphinidés							
Dauphin bleu et blanc	24	5	199	240	17	385	870
Dauphin sp.		3		17			20
Grand dauphin	33	29	117	153	1	95	428
Molidés							
Poisson-lune	96	1	224	1	9	1	332
Xiphiidé							
Espadon		1		3		7	11
Total général	154	39	554	414	27	488	1 67

Parmi la mégafaune marine observée lors des expertises visuelles, les animaux visibles en surface les plus abondants sont les cétacés. Les delphinidés représentent 97% des effectifs de cétacés observés, comptant en majorité des Dauphins bleu et blanc (> 65%).

Des données opportunistes ont été recueillies en dehors des efforts d'observation et/ou hors des transects. Parmi celles-ci, on dénombre l'observation de deux individus de Requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*) au printemps 2023 et d'un Dauphin commun (*Delphinus delphis*) au printemps 2024.

• Bilan par famille/espèces pour les autres taxons observés

Des observations d'autres taxons ont été réalisées lors des campagnes au cours des trois années de suivi. Ces données correspondent à des données opportunistes partielles toujours en cours d'effort d'observation. Elles concernent notamment les espèces présentes dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Parmi ces observations, deux observations de chiroptères ont été réalisées de jour lors des suivis visuels de l'automne 2022 et de l'automne 2024, ce qui atteste la présence de chauve-souris de jour dans le golfe du Lion lors des périodes de migration.

Tableau 12 : Synthèse des effectifs des autres taxons contactés lors des expertises visuelles saisonnières de 2022 à 2024.

Taxon/ Espèces	2022		2023		2024		Total
	Printemps	Automne	Printemps	Automne	Printemps	Automne	
Chiroptères							
Chiroptère sp.		1				1	2
Cnidaires							
Méduse œuf au plat <i>Cotylorhiza tuberculata</i>		6					6
Méduse sp.		1					1
Exocoetidés							
Exocet <i>Exocoetus volitans</i>						2	2
Lépidoptères							
Moro-sphinx <i>Macroglossum stellatarum</i>		2					2
Vulcain <i>Vanessa atalanta</i>		7					7
Odonates							
Cordulie sp.						1	1

3.2.2 Expertises acoustiques oiseaux et chiroptères

• Expertises acoustiques oiseaux

Lors des transects réalisés à l'automne 2022, 1050 cris d'oiseaux ont été enregistrés et identifiés et ont permis de mettre en évidence 7 espèces migratrices au large du golfe du Lion. Le nombre d'individus estimés s'élève à 120 avec une prédominance pour les turdidés (grives, merles) et le Rougegorge familier.

Lors des transects réalisés en 2023 (printemps et automne), 170 cris d'oiseaux ont été enregistrés et identifiés et ont permis de mettre en évidence 7 espèces migratrices au large du golfe du Lion. Le nombre d'individus estimés s'élèvent à 55 avec une prédominance pour le Rougegorge familier (65% des contacts). En 2022, les passages de turdides avaient lieu en octobre. En 2023, la sortie la plus tardive était fin septembre ce qui explique le manque de données concernant ce groupe d'espèces.

Concernant l'année 2024, une météo globalement défavorable durant l'année ayant limité le nombre de sorties à 2 (mars et août) ainsi qu'un souci technique du matériel d'acquisition acoustique lors de la session de mars 2024, n'ont pas permis la détection des oiseaux en migration active dans le golfe du Lion.

La prédominance de la Grive musicienne et du Rougegorge familier lors des deux premières années de suivi est probablement liée à l'abondance de cette espèce, de son attraction par le bateau et de ses caractéristiques de vol et d'émission sonore (de nuit et à basse altitude).

• **Expertises acoustiques chiroptères**

Lors des transects réalisés au printemps et à l'automne 2022, 53 contacts (en minutes positives) de chiroptères ont été enregistrés et ont permis de mettre en évidence 5 espèces et 2 groupes d'espèces. Le nombre de contacts estimés s'élève à 39 avec une prédominance pour la Pipistrelle pygmée et la Noctule de Leisler.

Lors des campagnes de 2023, seules les campagnes d'automne ont permis de contacter des chiroptères avec 4 espèces et 3 groupes d'espèces. Le nombre de contact s'élève à 71 avec une prédominance pour la Noctule de Leisler, la Pipistrelle commune et la Pipistrelle pygmée.

Lors des campagnes de 2024, seules les campagnes d'automne ont permis de contacter des chiroptères avec 3 espèces et 2 groupes d'espèces. Le nombre de contact s'élève à 24 avec une prédominance pour la Pipistrelle commune, la Pipistrelle pygmée et la Noctule de Leisler.

La quasi-totalité des observations a été réalisée lors des campagnes d'automne pour les trois années de suivi. Cette différence de volume de données récoltées est probablement à mettre en lien avec la plus forte activité migratoire des chiroptères à cette saison. En effet, les expertises mises en œuvre au début du printemps apparaissent trop précoces et peu adaptées au pic d'activité des chiroptères pour cette période de l'année.

3.2.3 Radars embarqués

Deux radars dédiés au suivi des oiseaux complètent les observations visuelles et les suivis acoustiques :

- le radar vertical enregistre tous les passages d'oiseaux jusque 1500 mètres d'altitude et permet ainsi de renseigner les flux et les hauteurs de vol ;
- le radar horizontal permet de renseigner les déplacements des oiseaux (ex : directions de vol) à proximité du bateau, dans un rayon de 6 km en 2022 et 7,4 km (4 MN) en 2023 et 2024.

Les données du radar horizontal 2022 ont été écartées des analyses du fait de la bande de fréquence du radar utilisé (bande X) qui est très sensible au bruit de mer, engendrant des données bruitées peu informatives et non représentatives des déplacements d'oiseaux autour du bateau. En 2023 et 2024, un radar en bande S a été dédié au suivi en mode horizontal et la qualité des données est bien supérieure à celle des données de 2022.

Le tableau **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** dresse le bilan des données des radars embarqués acquises en 2022, 2023 et 2024.

Tableau 13 : Bilan des données des radars embarqués acquises en 2022, 2023 et 2024.

Bilan des acquisitions par radars embarqués – migration pré-nuptiale 2022			
Mars 2022	Radar vertical	~53 000 images radar	4.4 Go
	Radar horizontal	~53 000 images radar	14.5 Go
Avril 2022	Radar vertical	~99 500 images radar	5.9 Go
	Radar horizontal	~99 500 images radar	12.6 Go
Mai 2022	Radar vertical	~49 800 images radar	3.6 Go
	Radar horizontal	~49 800 images radar	8.1 Go
Bilan des acquisitions par radars embarqués – migration post-nuptiale 2022			
Septembre 2022	Radar vertical	~59 500 images radar	4.4 Go
	Radar horizontal	~59 500 images radar	13.2 Go
Octobre 2022 – session 1	Radar vertical	~100 000 images radar	6.6 Go
	Radar horizontal	~99 500 images radar	15.1 Go
Octobre 2022 – session 2	Radar vertical	~53 000 images radar	4.0 Go
	Radar horizontal	~40 500 images radar	4.7 Go
Bilan des acquisitions par radars embarqués – migration pré-nuptiale 2023			
Mars 2023	Radar vertical	~97 000 images radar	4.9 Go
	Radar horizontal	~98 000 images radar	13.1 Go
Avril 2023	Radar vertical	~99 000 images radar	5.2 Go
	Radar horizontal	~99 500 images radar	11.5 Go
Bilan des acquisitions par radars embarqués – migration post-nuptiale 2023			
Septembre 2023 – session 1	Radar vertical	~96 500 images radar	4.7 Go
	Radar horizontal	~86 500 images radar	8.7 Go
Septembre	Radar vertical	~97 500 images radar	5.2 Go

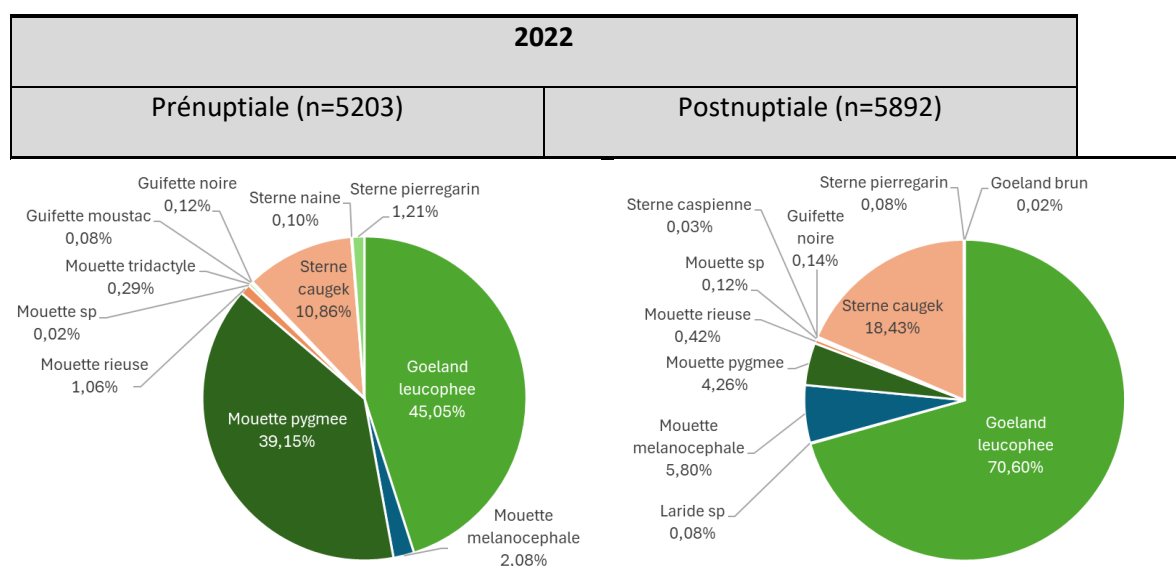
2023 – session 2	Radar horizontal	~96 000 images radar	10.9 Go
Bilan des acquisitions par radars embarqués – migration pré-nuptiale 2024			
Mars 2024	Radar vertical	~90 300 images radar	4.9 Go
Mars 2024	Radar horizontal	~99 000 images radar	15.6 Go
Bilan des acquisitions par radars embarqués – migration post-nuptiale 2024			
Août 2024	Radar vertical	~96 100 images radar	4.5 Go
Août 2024	Radar horizontal	~98 000 images radar	10.3 Go

3.3 Résultats obtenus par expertise visuelle

3.3.1 Analyses des données récoltées pour les oiseaux marins

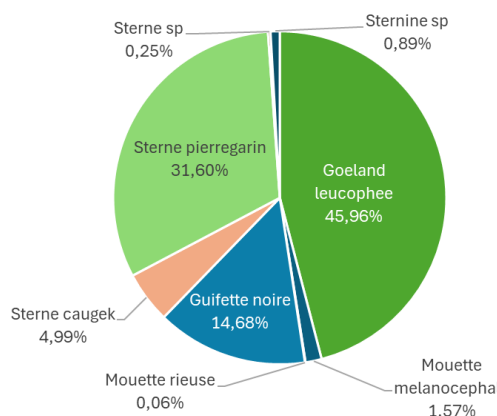
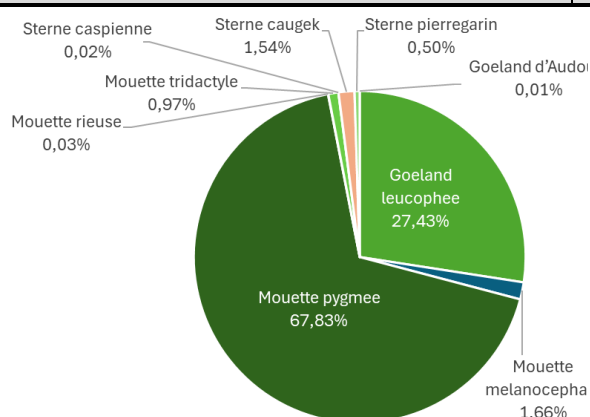
Les représentations cartographiques des espèces ont été produites en fonction de la quantité des données disponibles et de l'intérêt des espèces. Ainsi, les espèces les plus abondantes et à fort enjeu dans le golfe du Lion sont traitées spécifiquement alors que les espèces à faibles effectifs et à moindre enjeux sont regroupées par famille ou groupe d'espèces à l'écologie proche.

• Les Laridés

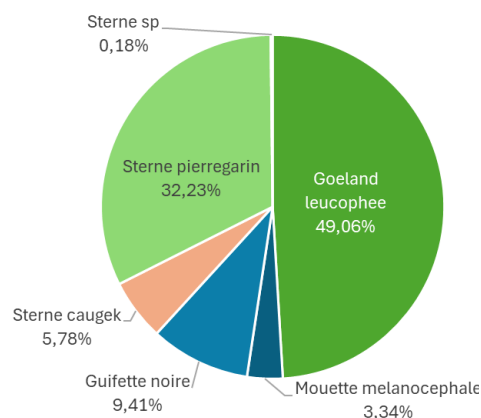
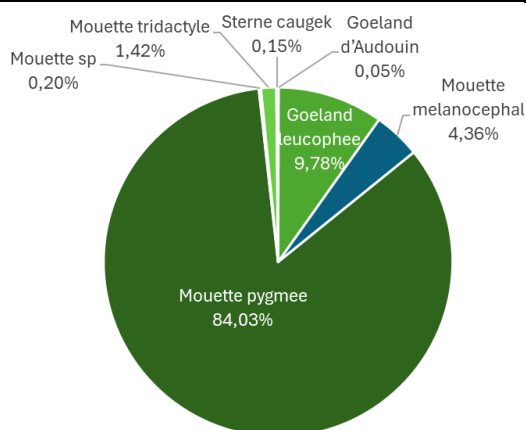


- Goeland brun
- Goeland d'Audouin
- Goeland leucophee
- Laride sp
- Mouette melanocephale
- Mouette pygmee
- Mouette rieuse
- Mouette sp
- Mouette tridactyle
- Guifette moustac
- Guifette noire
- Sterne caspienne
- Sterne caugek
- Sterne naine
- Sterne pierregarin
- Sterne sp
- Sternine sp

2023	
Prénuptiale (n=10 875)	Postnuptiale (n=4728)



2024	
Prénuptiale (n=1973)	Postnuptiale (n=2752)



- Goeland brun
- Goeland d'Audouin
- Goeland leucophee
- Laride sp
- Mouette melanocephale
- Mouette pygmee
- Mouette rieuse
- Mouette sp
- Mouette tridactyle
- Guifette moustac
- Guifette noire
- Sterne caspienne
- Sterne caugek
- Sterne naine
- Sterne pierregarin
- Sterne sp
- Sternine sp

Figure 2 : Comparaison des répartitions des effectifs de Laridés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. **n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.*

○ Goéland leucophée

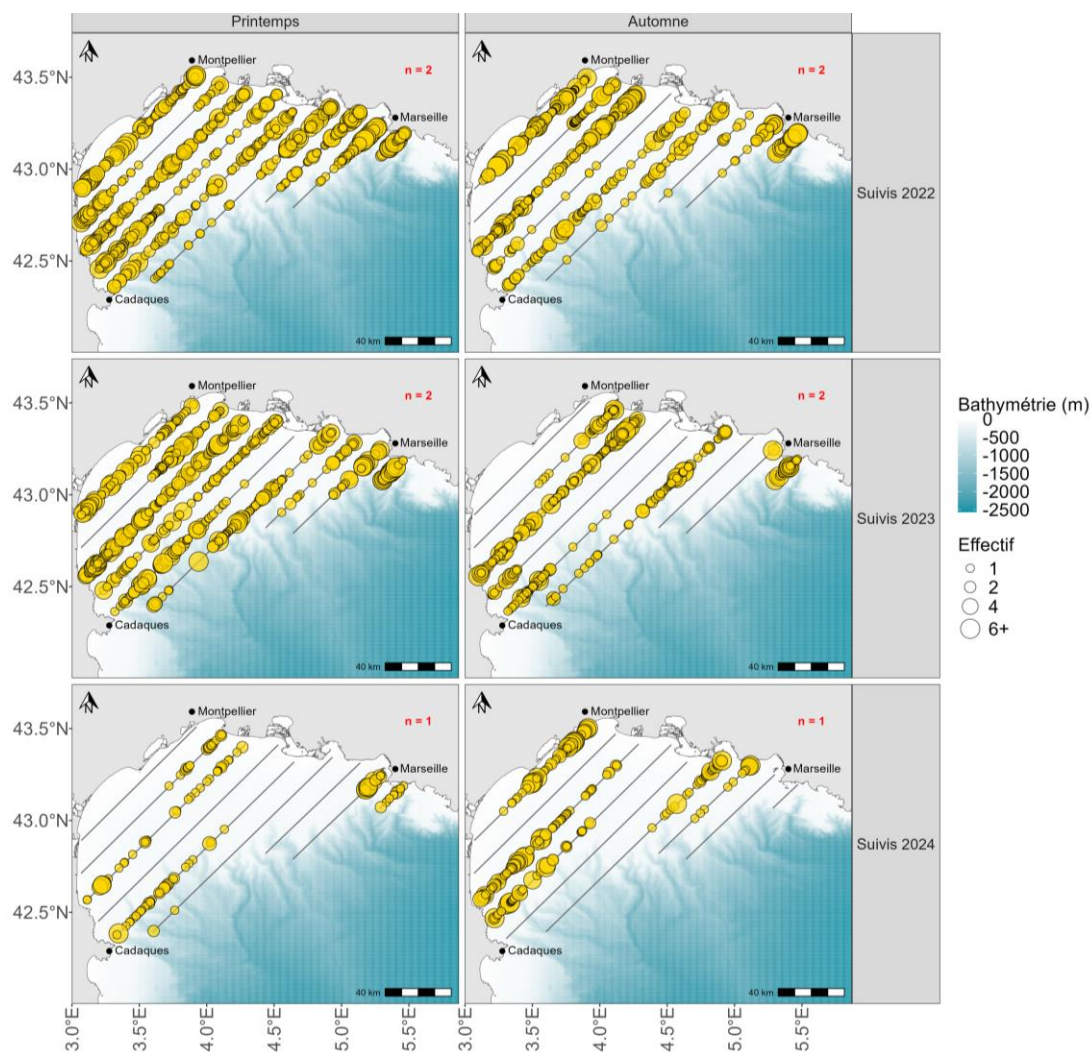


Figure 3 : Cartographie de synthèse des observations du Goéland leucophée - Expertises nautiques 2022-2024.

Le **Goéland leucophée** niche sur le pourtour méditerranéen d'Europe et d'Afrique du Nord. Il s'agit d'une espèce particulièrement abondante dans le golfe du Lion. Elle est considérée comme sédentaire mais est capable de mouvements de dispersion complexes et d'une grande ampleur (Joachim et al., 2022). Une partie des individus nichant sur les côtes méditerranéennes françaises sont migrateurs mais restent dans le bassin méditerranéen. Les jeunes peuvent être amenés à migrer vers les côtes atlantiques françaises et ibériques ou encore en Europe du Nord (mer du nord, côtes britanniques, Souc, 2021).

La présence de nombreux oiseaux, toutes saisons observées, ne permet pas de détecter de mouvement migratoire marqué dans le golfe du Lion. La distribution en mer du Goéland leucophée est très fortement dépendante du rythme des activités des pêcheurs professionnels puisque les

petits poissons pélagiques constituent un aliment non seulement indispensable pour les adultes mais de toute première nécessité pour le nourrissage des très jeunes poussins (Beaubrun, 1988, Thezenas, 1993).

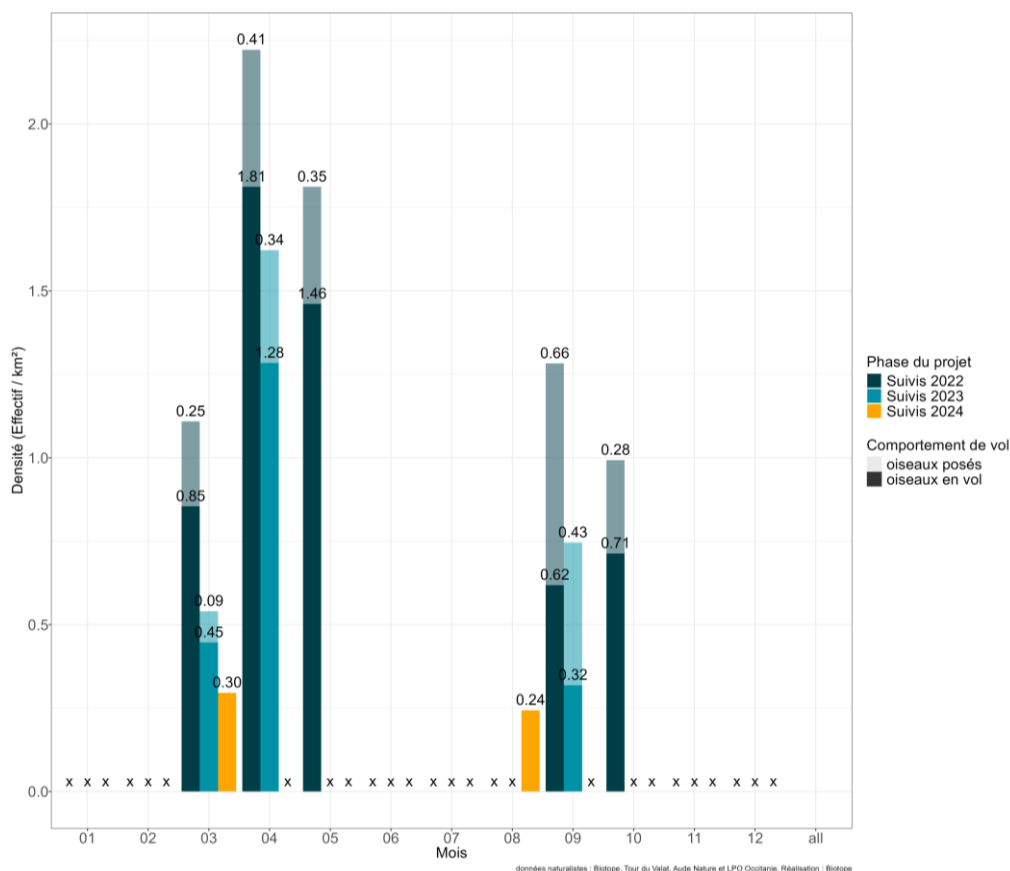


Figure 4 : Phénologie de présence du Goéland leucophaea - Expertises nautiques 2022-2024.

Les densités maximales sont observées au printemps avec 2.25 individus.km⁻² au mois de mars et des densités moindre au printemps autour de 1 individus.km⁻².

Les hauteurs de vol observées s'étalent entre 2 et 100 mètres avec la gamme de hauteur de vol entre 10 et 20 mètres plus importante au printemps et des hauteurs de vol plus faible à l'automne (entre 2 et 5 m). Ces différentes de hauteurs de vol observées entre les saisons sont difficilement interprétables dans l'état les connaissances actuelles mais reflètent peut-être des comportements alimentaires plus marqués en automne.

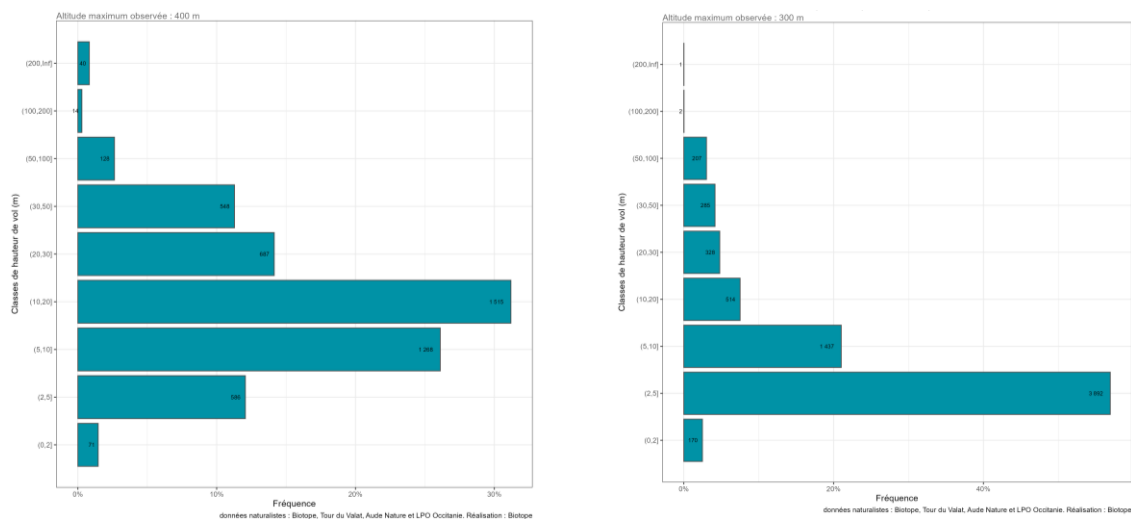


Figure 5 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour le Goéland leucophée - Expertises nautiques 2022-2024.

○ Mouette pygmée

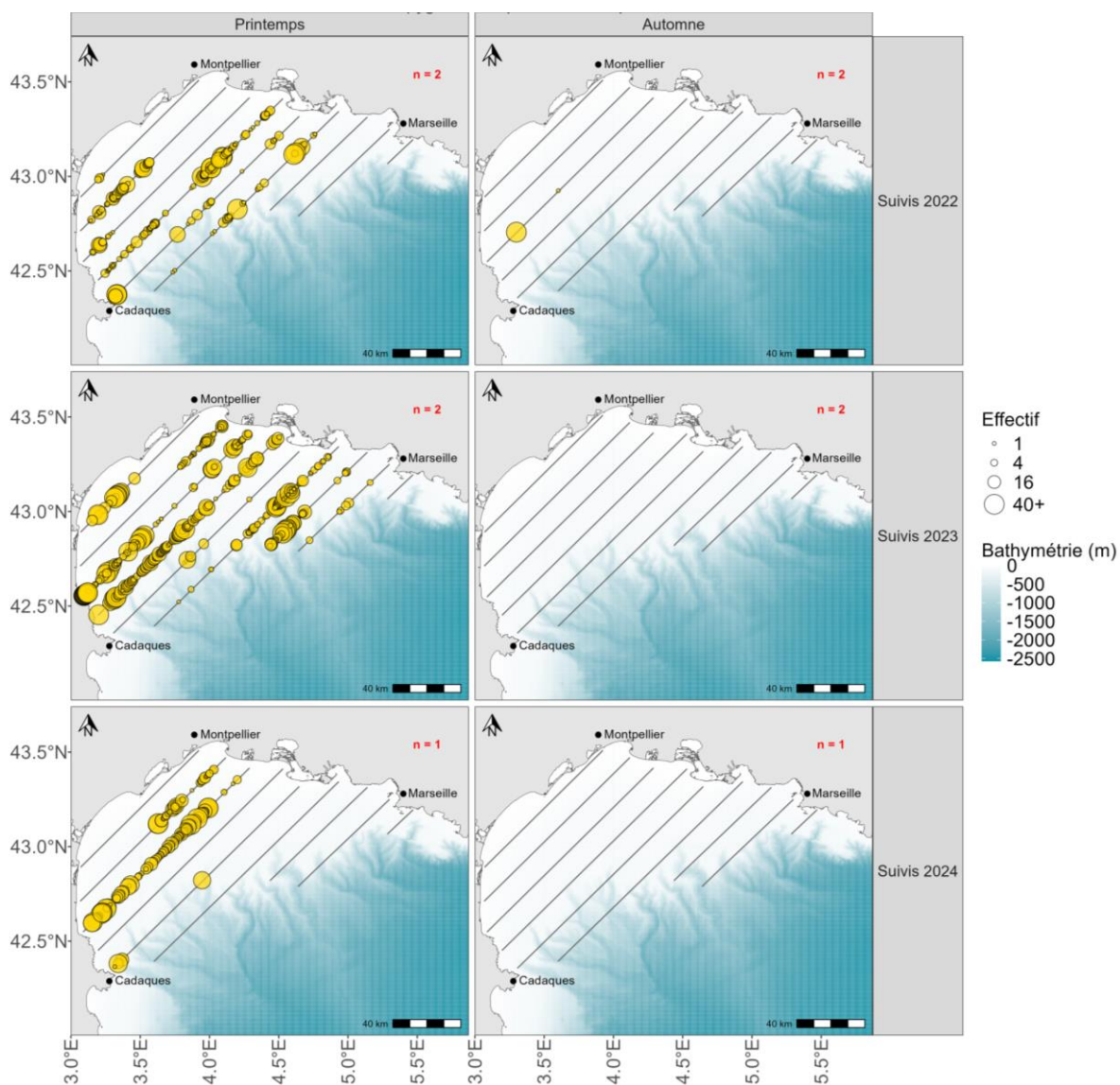


Figure 6 : Cartographie de synthèse des observations de la Mouette pygmée - Expertises nautiques 2022-2024.

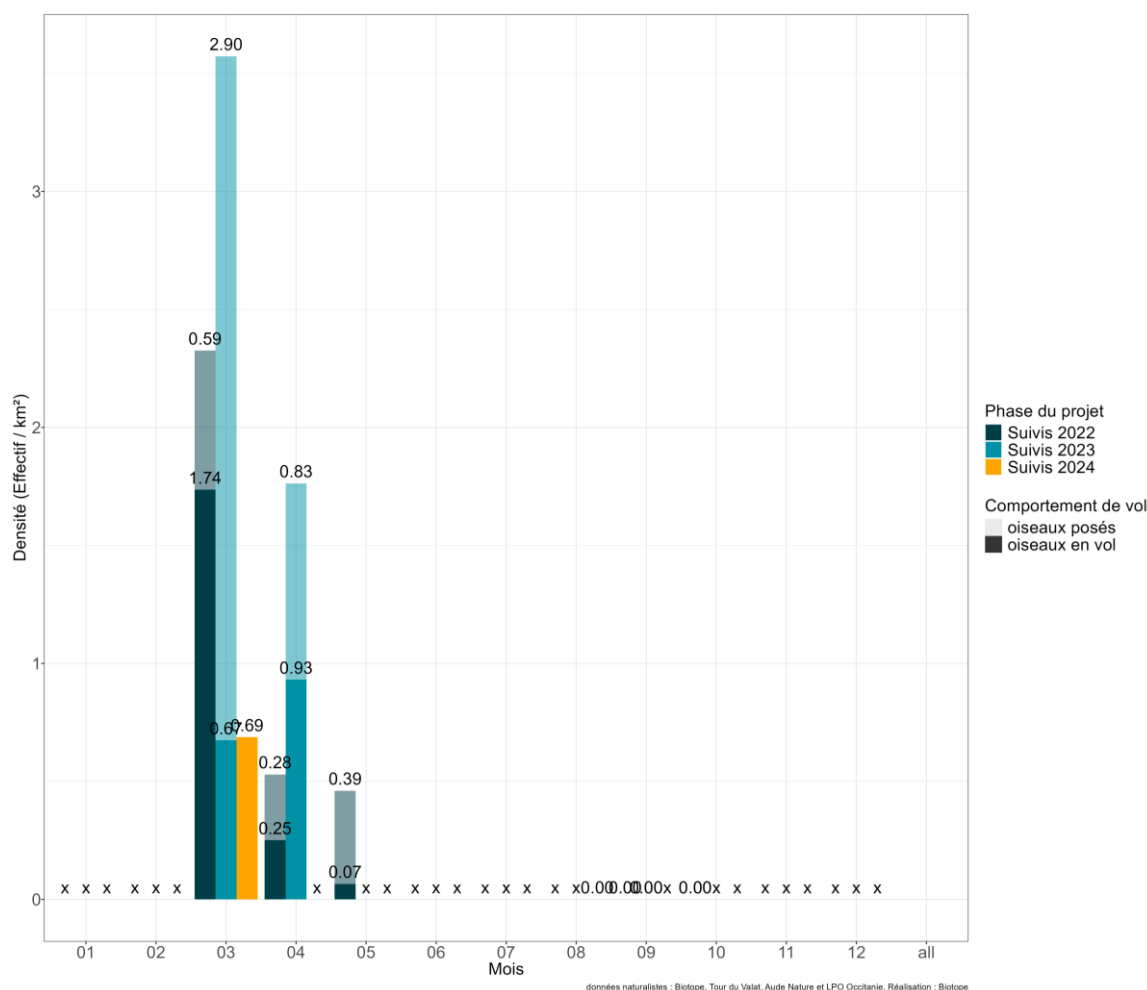


Figure 7 : Phénologie de présence de la Mouette pygmée - Expertises nautiques 2022-2024.

La **Mouette pygmée** est nicheuse en Europe du Nord et hiverne en méditerranée. Hors période de reproduction, cette espèce a un comportement majoritairement pélagique et est observée sur le littoral en Méditerranée lors des pics migratoires et au cours de l'hiver. La Mouette pygmée migre en alternant des phases de déplacement actif et des phases d'alimentation.

La Mouette pygmée est donc uniquement présente en hiver et lors des migrations pré-nuptiale dans le golfe du Lion. Ces apparitions hivernales et en migration sont sujettes à des fluctuations interannuelles et spatio-temporelles importantes (Dubois et al., 2013).

La bibliographie mentionne qu'en migration, l'espèce se déplace près des côtes et affectionne les milieux lagunaires, qu'il s'agisse de grandes lagunes naturelles saumâtres, ou de milieux artificiels : salines, bassins d'épuration. Plus rarement, elle peut stationner en cours de migration sur tout type de milieu humide à l'intérieur des terres. C'est toutefois en mer que l'on retrouve le plus gros des effectifs, comme le montre les résultats des campagnes menées dans le cadre du programme MIGRALION.

En migration prénuptiale, l'espèce est souvent notée avec parfois des effectifs très importants, parfois jusqu'à plusieurs centaines d'individus notés depuis les falaises de Leucate ou des côtes catalanes. Toutefois, ces phénomènes sont probablement liés à des conditions océaniques particulières et l'essentiel des individus en halte migratoire dans le golfe du Lion se trouve plus au large avec plusieurs milliers d'individus repartis dans l'intégralité du golfe du Lion, au niveau du plateau continental jusqu'à la zone de canyon en fonction des conditions trophiques locales.

Les résultats des campagnes de printemps du programme montrent bien cette large répartition et démontrent aussi l'intérêt du golfe du Lion pour cette espèce en période de migration prénuptiale.

Le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion joue probablement un rôle important en tant que site de halte migratoire lors de la migration prénuptiale. L'Est de la zone d'étude joue un rôle plus modeste bien que des concentrations d'oiseaux peuvent être notées au large de la Camargue et de l'embouchure du Rhône.

Il s'agit d'une espèce régulière en Méditerranée en période de migration prénuptiale et en hiver, avec probablement plusieurs milliers d'individus qui séjournent et transitent dans les eaux du golfe du Lion.

Les densités maximales observées se situent fin février /début mars avec une densité proche de 3.5 ind. km⁻².

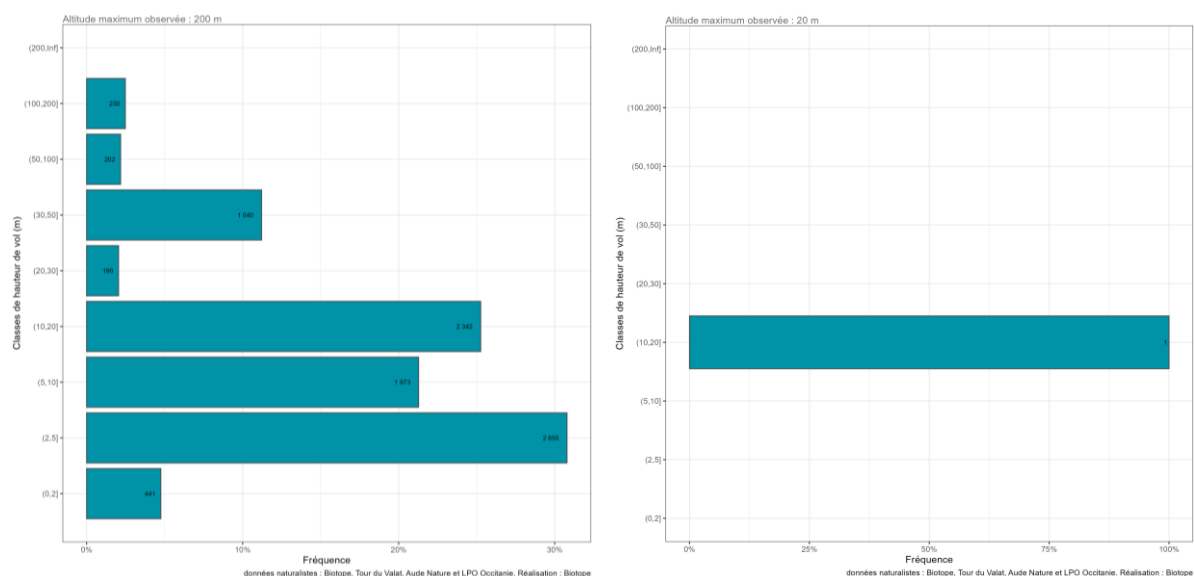


Figure 8 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Mouette pygmée - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vol observées au printemps s'étalent entre 2 et 20 mètres en lien avec l'activité de chasse/pêche des oiseaux observée lors des haltes migratoires dans le golfe du Lion. L'espèce est connue pour effectuer des

migrations à haute altitude, notamment lors de traversée du continent européen pour rejoindre les sites de nidification situés en Europe du Nord et jusqu'en Sibérie.

○ Mouette mélanocéphale

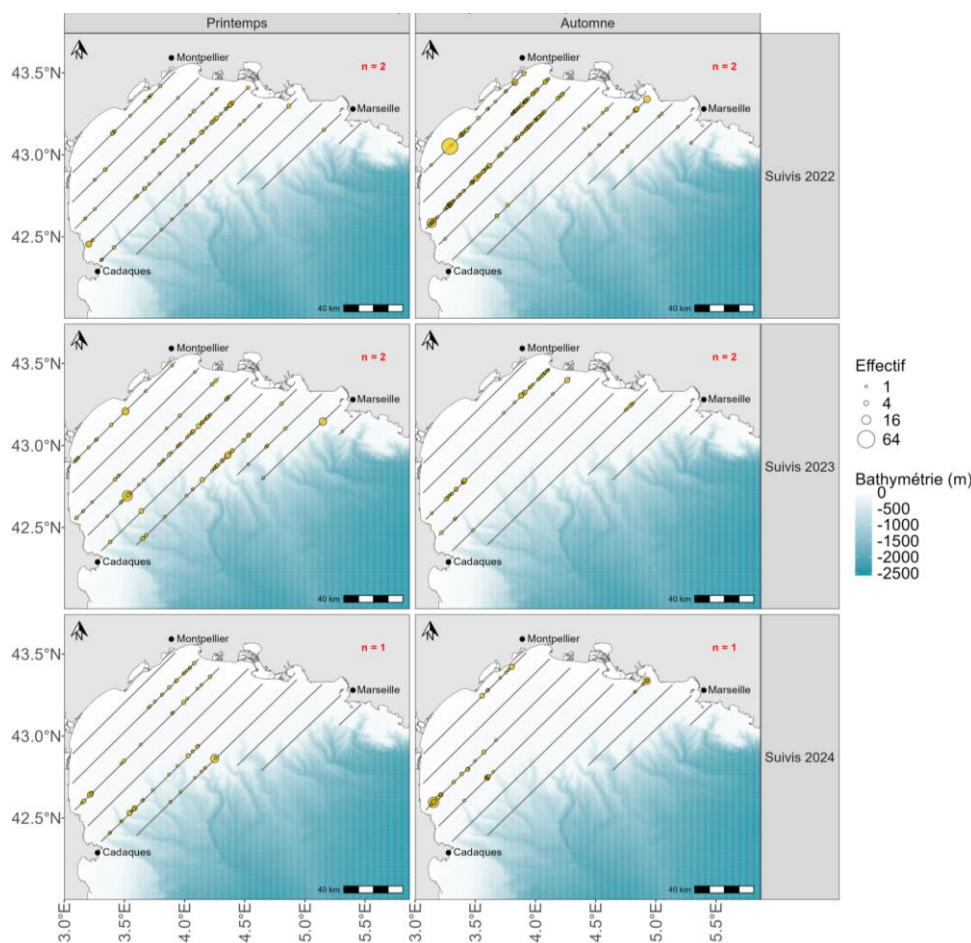


Figure 9 : Cartographie de synthèse des observations de la Mouette mélanocéphale - Expertises nautiques 2022-2024.

La **Mouette mélanocéphale** niche dans de nombreux pays d'Europe, mais les bastions de populations sont concentrés sur les bords de la mer Noire. L'espèce hiverne en Méditerranée, mer Noire et sur les côtes atlantiques. L'essentiel des effectifs se concentre sur le littoral Manche-Atlantique. L'espèce est fortement inféodée aux estrans durant l'hiver mais peut adopter un comportement plus pélagique.

En méditerranée, la Mouette mélanocéphale arrive sur les sites de reproduction dès le mois d'avril. Sitôt la reproduction terminée, les colonies sont désertées et les oiseaux rejoignent directement les lieux d'hivernage, en mer Méditerranée et dans l'Atlantique depuis le Maroc jusqu'au Pays-Bas et la Grande-Bretagne.

Les migrations de la Mouette mélanocéphale au cours du printemps et de l'automne sont relativement peu marquées. Ceci se reflète par l'observation de petits groupes d'oiseaux ou d'individus isolés lors des campagnes en mer.

Ainsi, l'espèce s'observe en mer quasiment toute l'année avec un pic de présence entre février et avril. De nombreuses observations sont également réalisées en juillet et septembre.

Durant la migration prénuptiale, il est observé un flux migratoire de retour vers les colonies depuis la côte (Leucate). La migration postnuptiale n'est pas détectée et est sûrement très diffuse aussi bien dans le temps que dans l'espace.

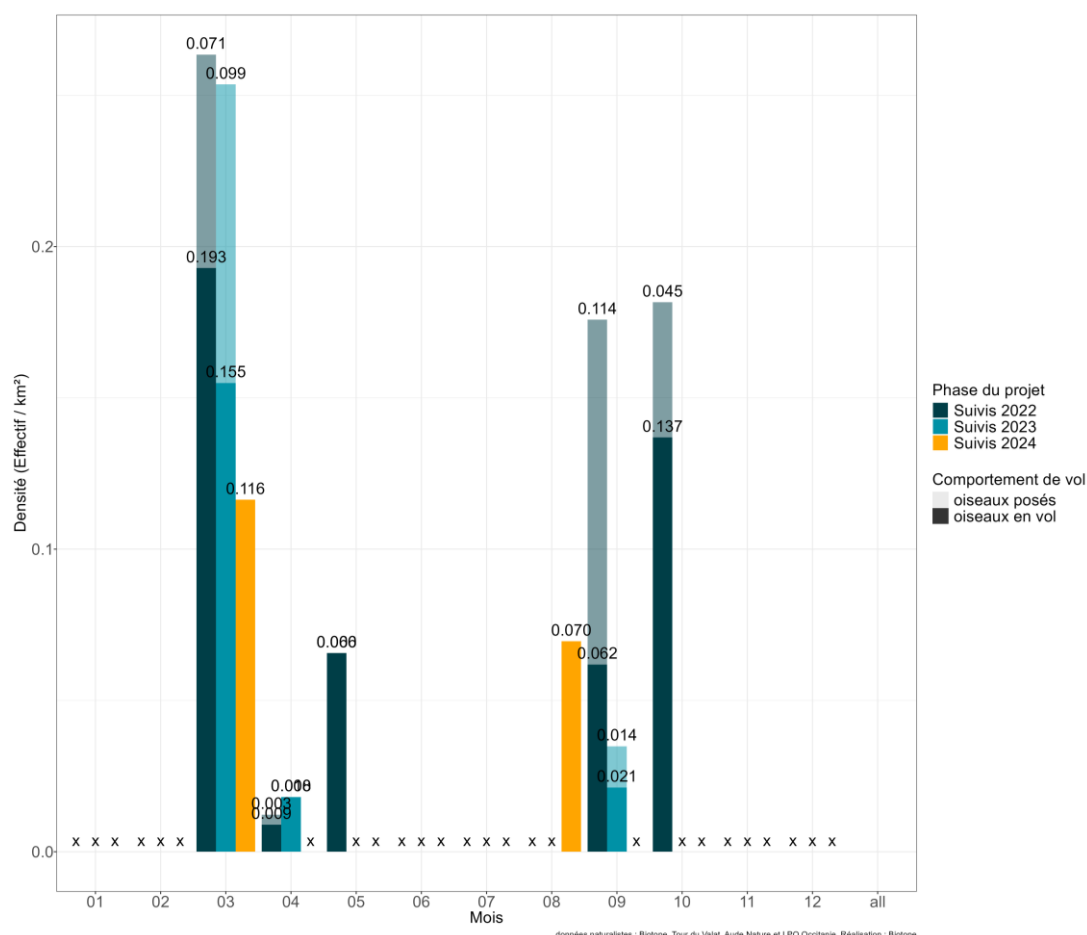


Figure 10 : Phénologie de présence de la Mouette mélanocéphale - Expertises nautiques 2022-2024.

Les densités maximales sont observées au printemps (février/mars) avec des densités proches de 0.25 ind. km⁻².

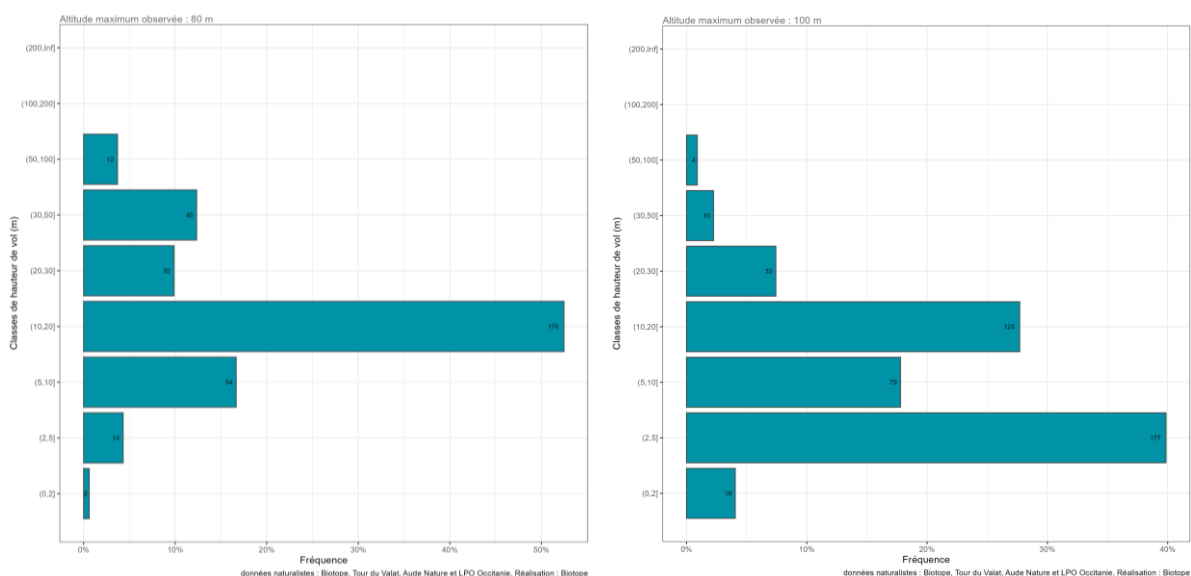


Figure 11 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Mouette mélanocéphale - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vol de la Mouette mélanocéphale s'étalent entre 5 et 100 mètres.

o Mouette rieuse

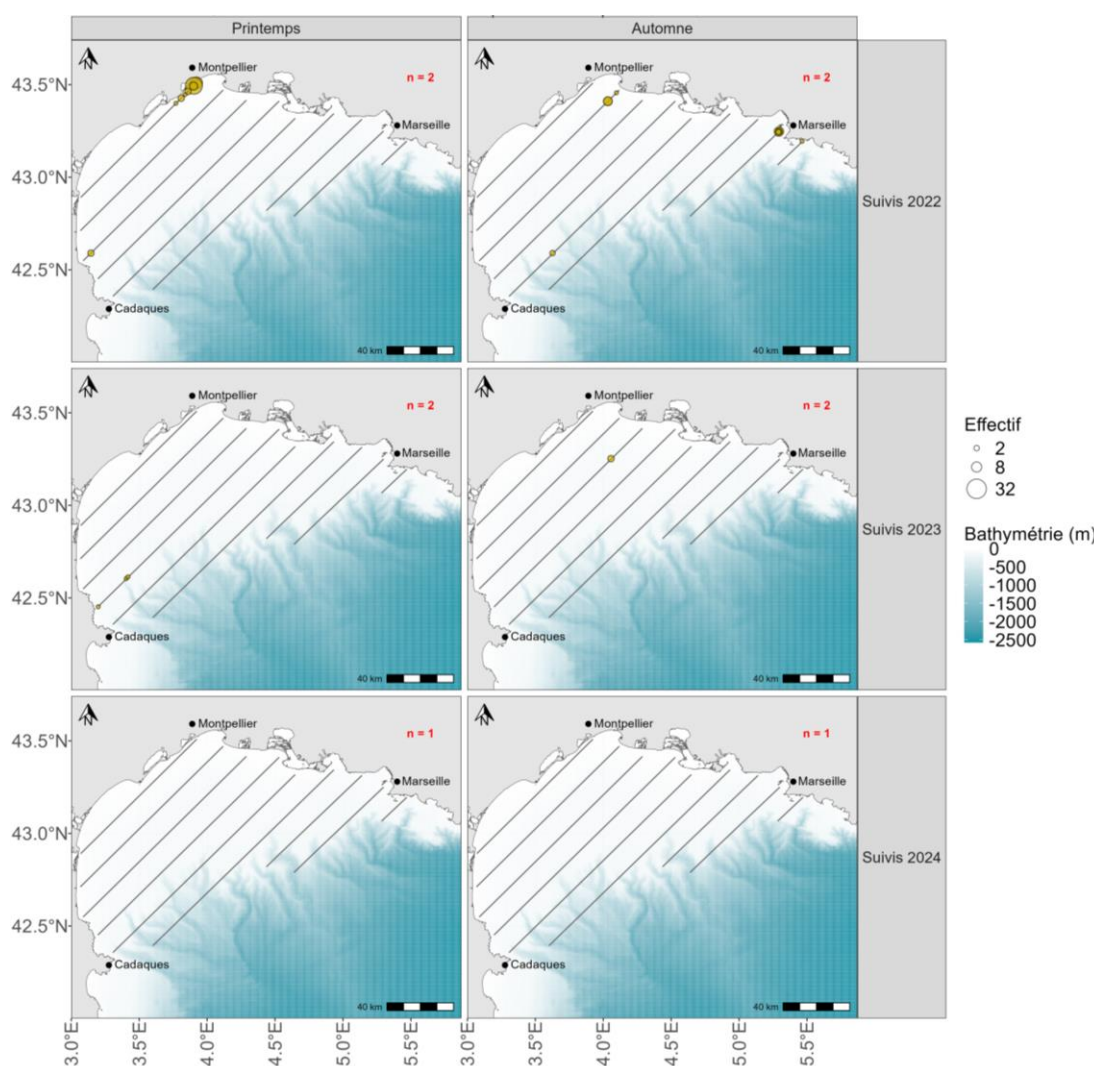


Figure 12 : Cartographie de synthèse des observations de la Mouette rieuse - Expertises nautiques 2022-2024.

La **Mouette rieuse** est très grégaire en période de reproduction et niche en colonies regroupant chacune quelques dizaines de couples à plusieurs centaines dans la végétation palustre de zones humides ou parmi la végétation herbacée sur des îlots et des digues.

La Mouette rieuse a été peu contactée durant les campagnes réalisées dans le cadre de MIGRALION. L'essentiel des observations sont côtières et quelques individus isolés ont été notés au large au cours des suivis postnuptiaux.

À partir du mois de septembre et en octobre, une migration peut être entreprise qui pousse une proportion des oiseaux vers les régions atlantiques ou méditerranéennes. Des nicheurs français et leurs jeunes peuvent se diriger au loin vers le sud jusque sur les côtes d'Afrique du Nord et de l'Ouest.

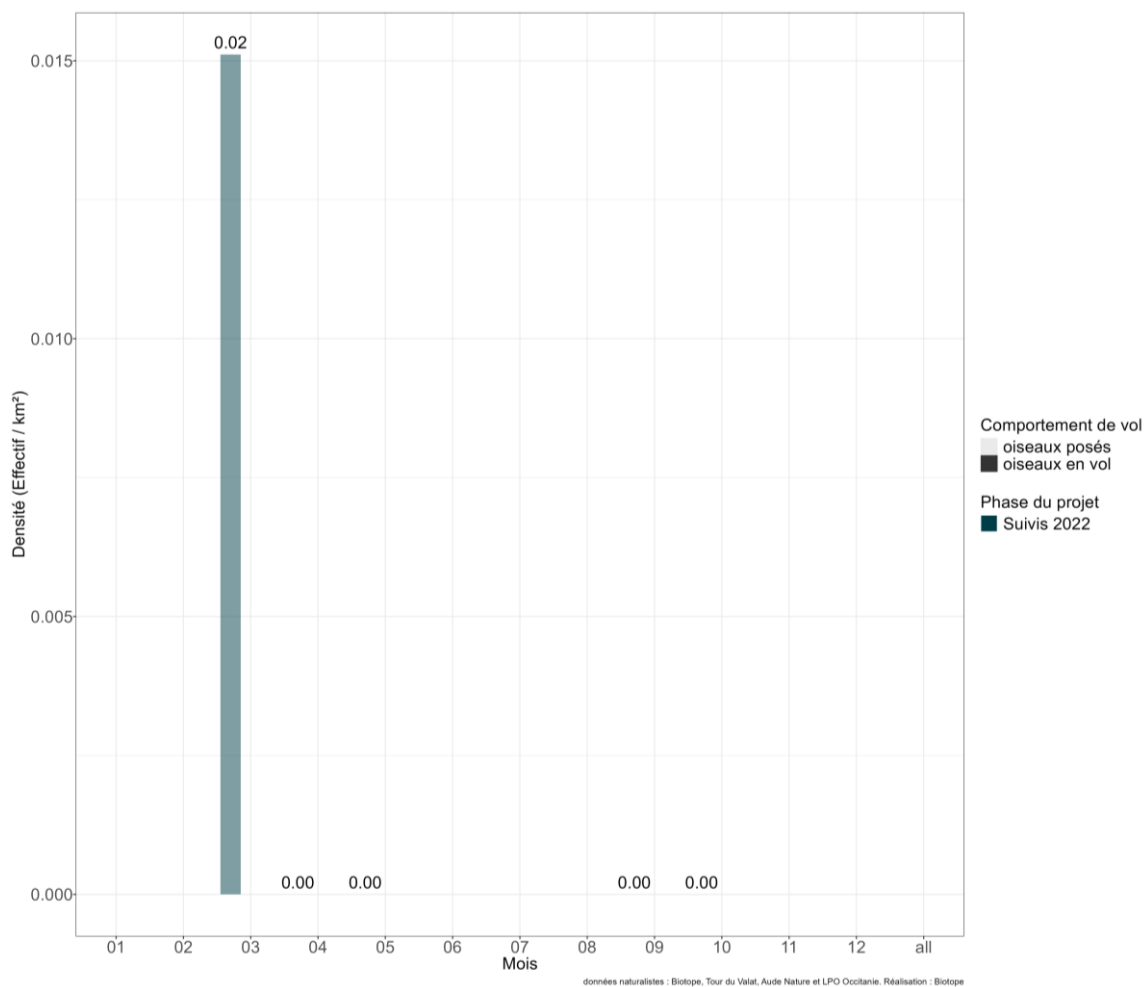


Figure 13 : Phénologie de présence de la Mouette rieuse - Expertises nautiques 2022-2024.

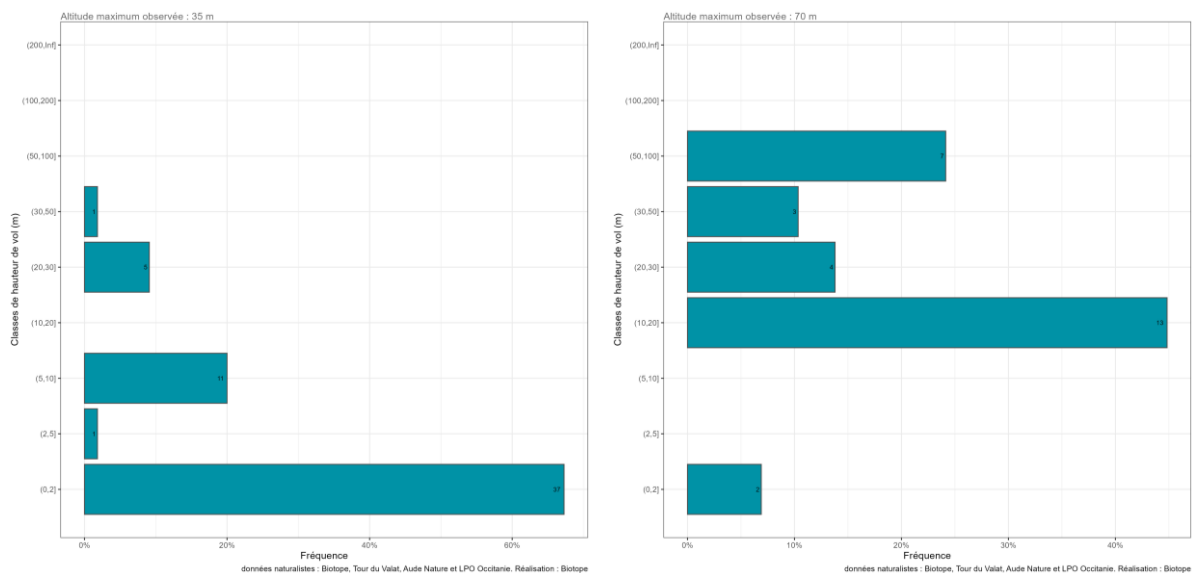


Figure 14 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Mouette rieuse - Expertises nautiques 2022-2024.

Le nombre d'individus contactés ne permet pas de tirer de conclusion sur les hauteurs de vol préférentielles pour la Mouette rieuse. Des hauteurs de vol importantes (entre 20 et 100 mètres) ont été relevées pour les individus observés en automne (n=27).

o Autres Larinés

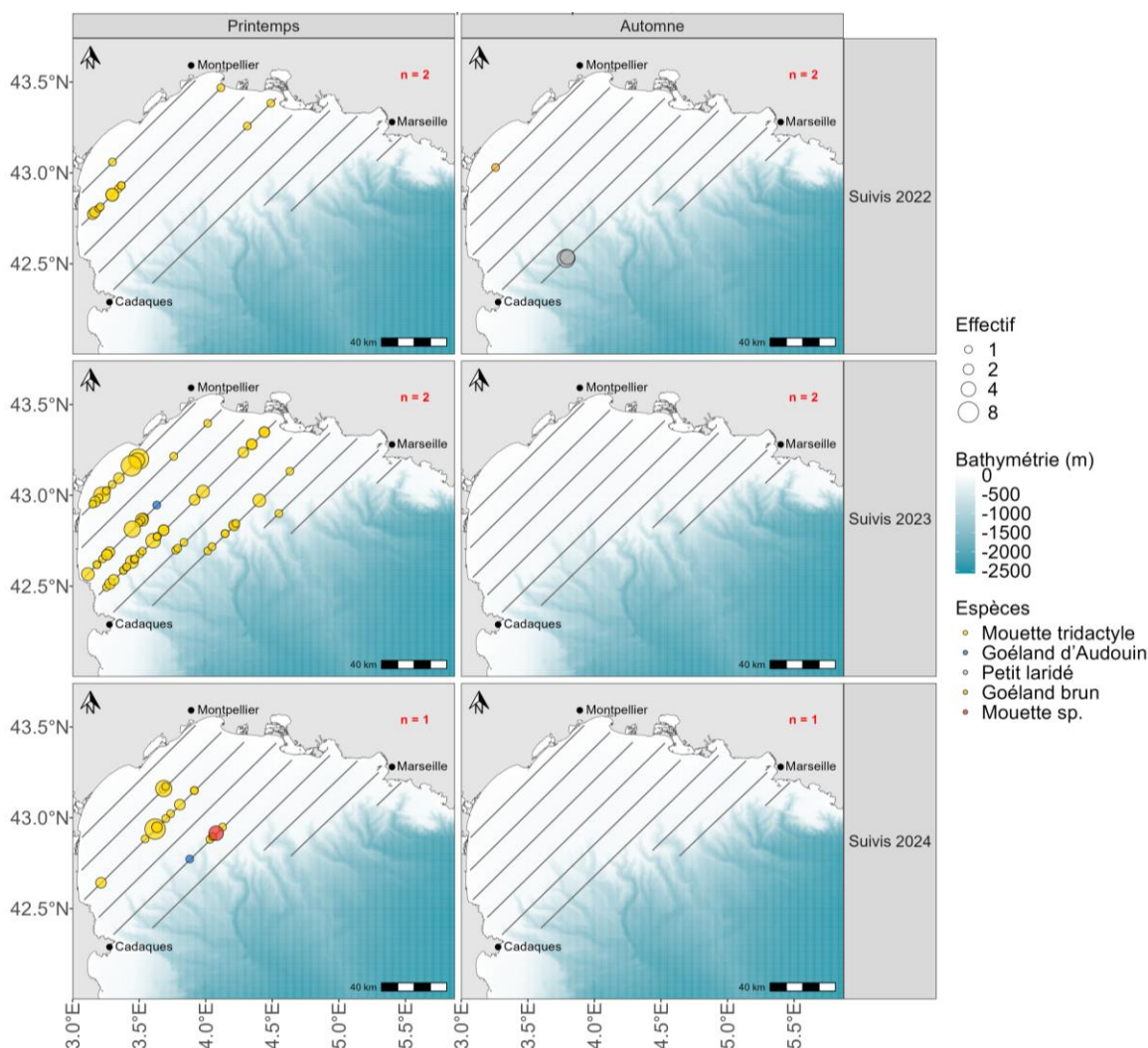


Figure 15 : Cartographie de synthèse des observations des autres Larinés - Expertises nautiques 2022-2024.

La **Mouette tridactyle** est une espèce migratrice et hivernante sur la zone d'étude. Les suivis réalisés dans le cadre des campagnes MIGRALION met en évidence la présence de Mouette tridactyles durant les périodes de migration prénuptiale, correspondant probablement à la fin de période d'hivernage de cette espèce dans le golfe

du Lion. Les observations se concentrent dans la partie ouest du golfe du Lion et met en évidence l'intérêt de cette partie du golfe et notamment du Parc naturel marin du Golfe du Lion pour cette espèce.

D'autres espèces occasionnelles sont également notées dans le golfe du Lion comme le **Goéland brun**, et le **Goéland d'Audouin**.

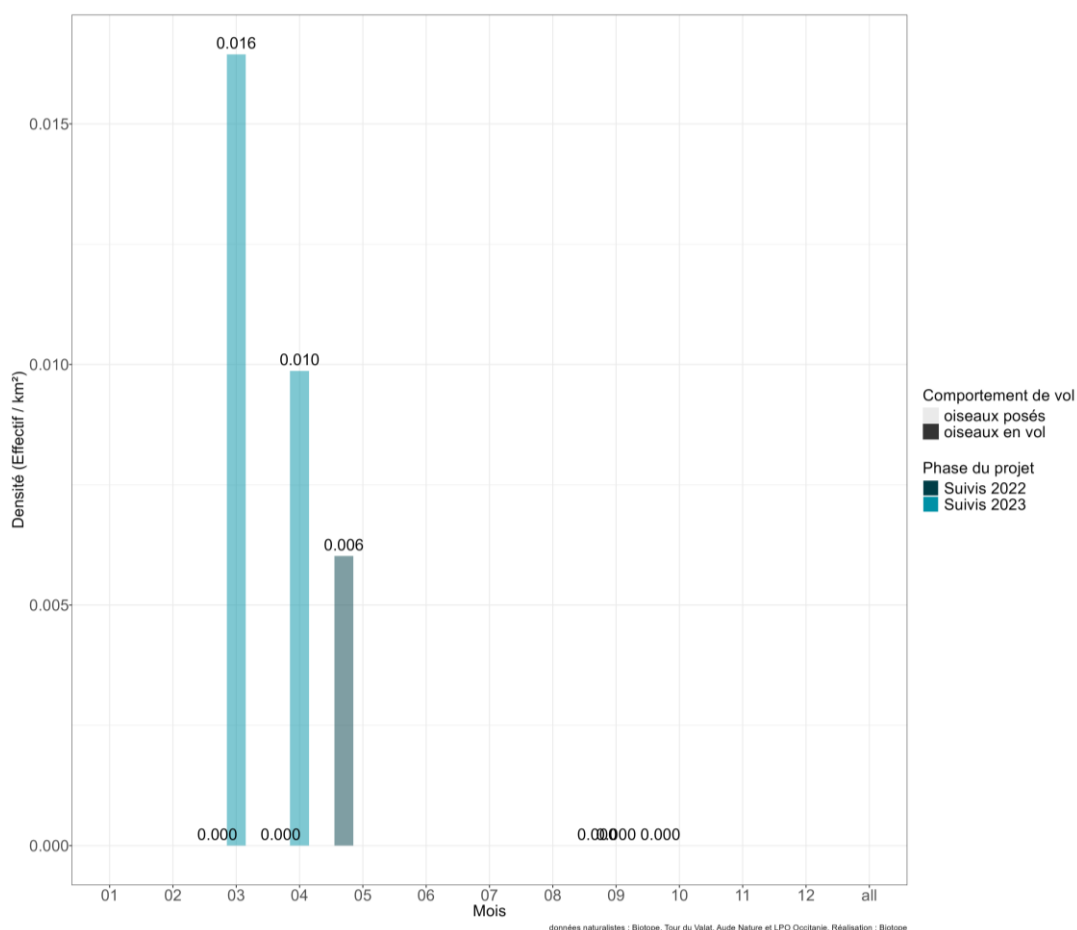


Figure 16 : Phénologie de présence des autres Larinés - Expertises nautiques 2022-2024.

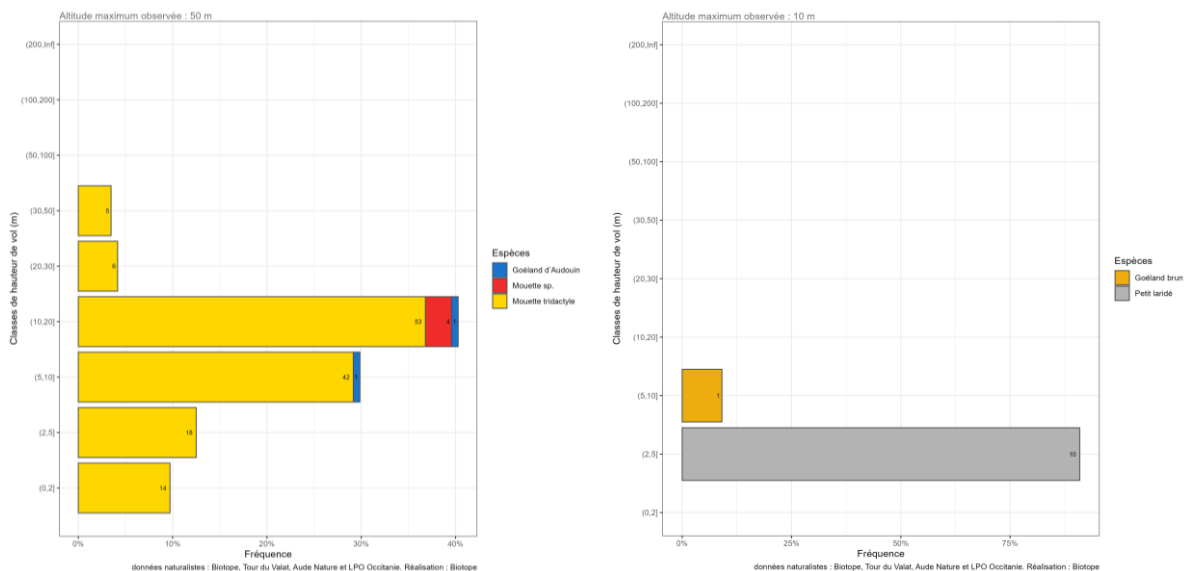


Figure.17 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les autres Larinés - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vol observées pour la Mouette tridactyles se situent majoritairement entre 2 et 20 mètres avec une hauteur préférentielle située entre 10 et 20 mètres.

o Sterne caugek

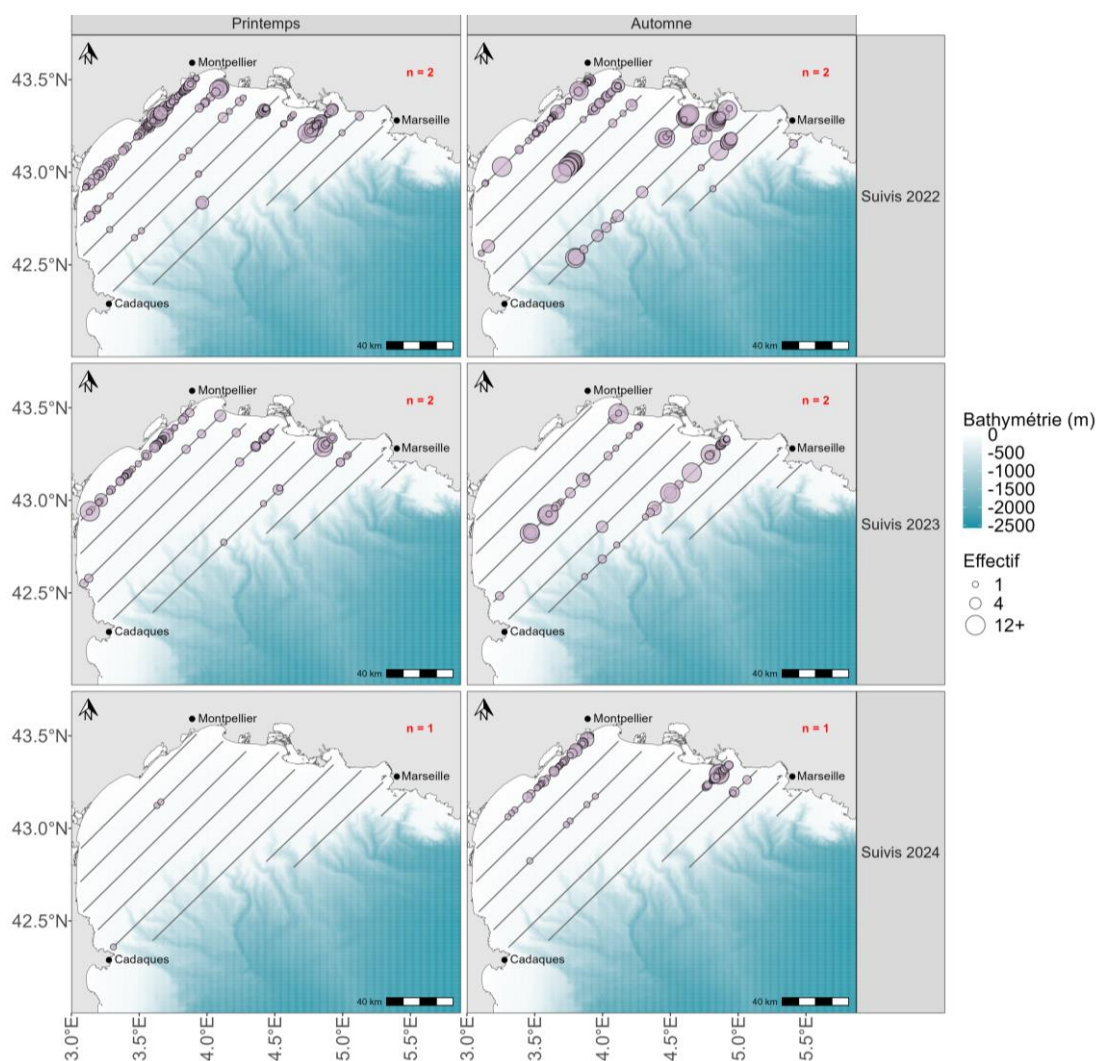


Figure 18 : Cartographie de synthèse des observations de la Sterne caugek - Expertises nautiques 2022-2024.

La **Sterne caugek** fréquente les îlots côtiers rocheux, les bancs de sable, les lagunes littorales ou les bassins de saliculture en période de reproduction. C'est une espèce essentiellement marine et pélagique en période internuptiale. Elle est piscivore et se nourrit de poissons de petite taille à la surface de l'eau ou lors de petits plongements de 10 m d'altitude maximum.

Les migrations et les déplacements de la Sterne caugek sont assez complexes. En Languedoc-Roussillon, l'espèce est visible toute l'année, mais la population hivernante n'est probablement pas la même que la population reproductrice. Les deux populations doivent ainsi se croiser dans les eaux du golfe du Lion à certaines périodes de l'année ce qui complexifie l'interprétation des résultats.

En migration pré et postnuptiale, l'espèce est observée un peu partout sur les lagunes et sur le trait de côte. Lors de cette période de migration, l'espèce peut former de gros rassemblements sur certains sites comme les salins de Sète et l'étang de Thau avec 600-800 individus certaines années ou l'étang de Pissevaches (Aude) qui accueille

régulièrement entre 250- 500 individus. En hiver, l'espèce devient plus rare (pas plus de 500 individus sur l'ensemble du littoral du Languedoc) et s'alimente sur les lagunes, uniquement près de la côte (Jacob et al., 2022).

En méditerranée, les migrateurs semblent présents dès la fin juillet avec des haltes prolongées sur le littoral. Les individus migrants du nord de l'Europe viennent alors renforcer les populations nicheuses locales ce qui complexifie l'analyse de la phénologie de passage des oiseaux migrants (Jacob et al., 2022).

En mer, les campagnes pré-nuptiales du programme MGRALION montre que l'espèce se concentre sur la côte au printemps, probablement en lien avec la recherche active de site de reproduction. En revanche, on observe nettement la dispersion postnuptiale avec des individus présents dans l'ensemble du golfe du Lion et plus particulièrement au large de la Camargue en automne. Cette dispersion semble plus marquée durant les mois de septembre/octobre plutôt qu'en fin d'été. Là aussi, il apparaît difficile de distinguer les individus en migration active des oiseaux qui hiverneront dans le golfe du Lion et plus largement en méditerranée.

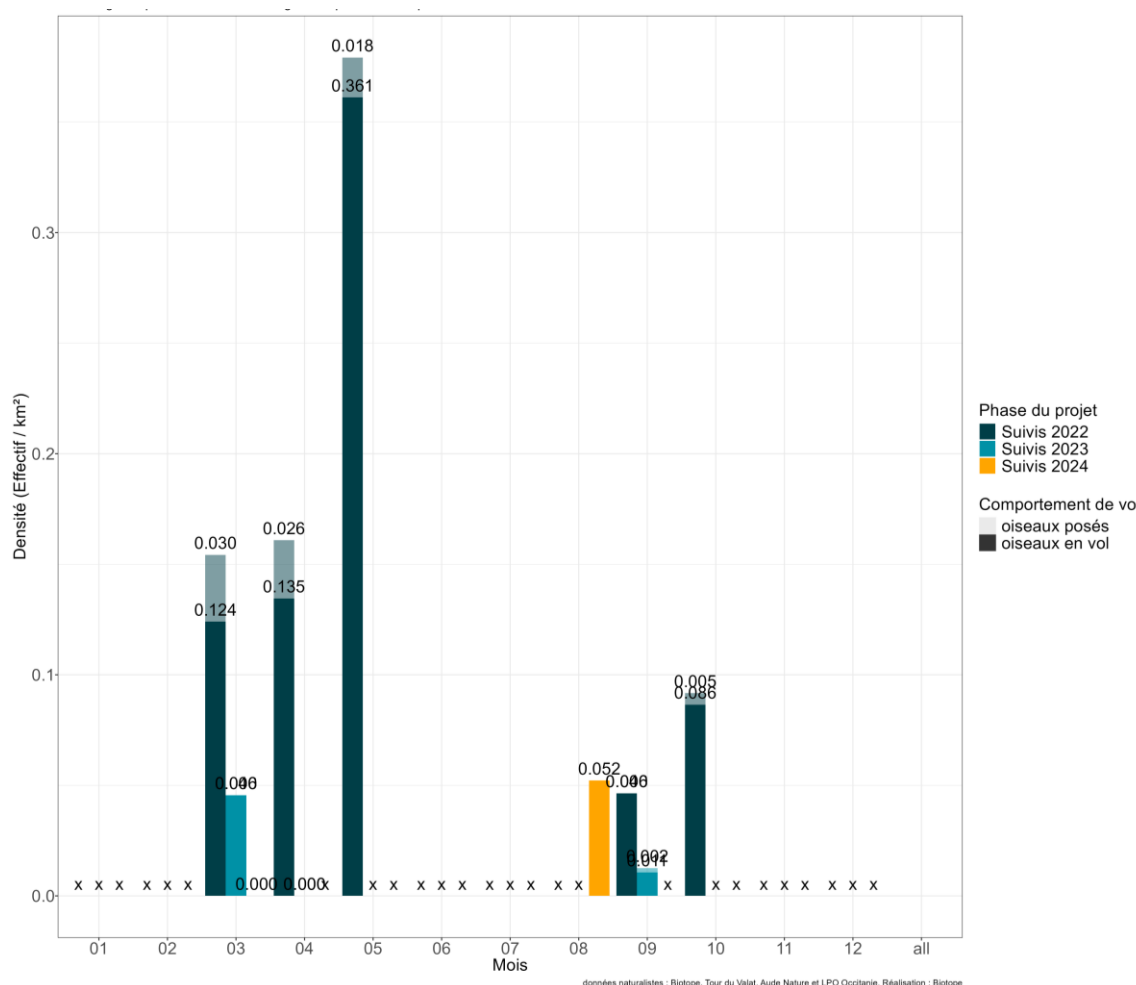


Figure 19 : Phénologie de présence de la Sterne caugek - Expertises nautiques 2022-2024.

Les densités maximales ont été notées au cours des campagnes de fin avril 2022 avec 0,35 ind /km².

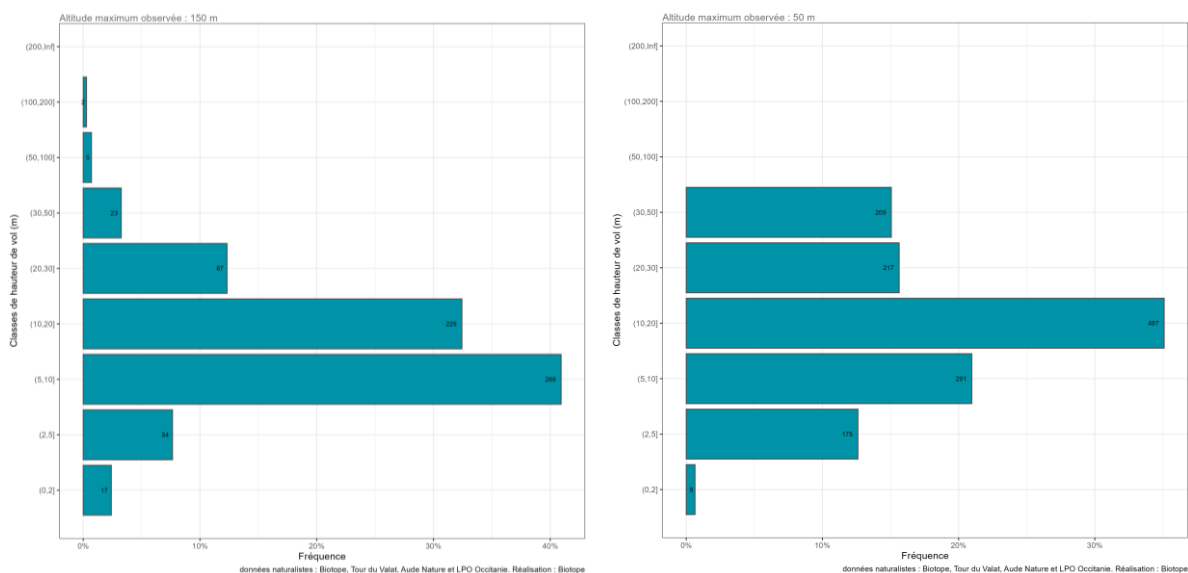


Figure 20 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Sterne caugek - Expertises nautiques 2022-2024.

Concernant les altitudes de vol, l'espèce est principalement notée à des altitudes situées entre 10 et 30 mètres.

o Sterne pierregarin

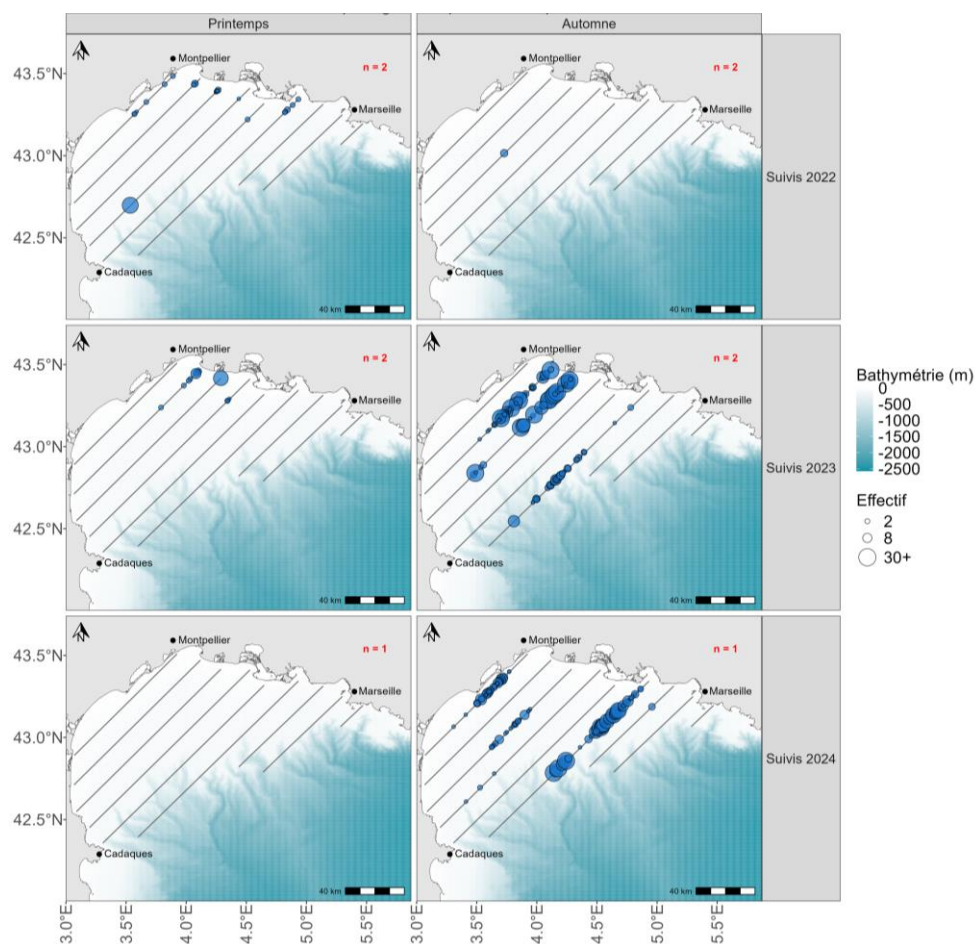


Figure 21 : Cartographie de synthèse des observations de la Sterne pierregarin - Expertises nautiques 2022-2024.

La **Sterne pierregarin** est une espèce inféodée au milieu aquatique qui va généralement être présente près des littoraux, des lacs, des rivières et des fleuves, tout au long de son cycle annuel. L'espèce s'aventure généralement peu loin des côtes en période de reproduction.

Les populations de Sterne pierregarin européenne sont migratrices et hivernent principalement sur le littoral d'Afrique occidentale, du Sénégal à l'Afrique du Sud. En France, quelques individus sont observés à la mauvaise saison dans le sud du pays (Landes, littoral languedocien, Camargue). En fin de reproduction, les oiseaux nicheurs ont tendances à gagner le littoral et à se regrouper en groupe parfois importants sur des secteurs favorables avant les départs en migrations. Cela est notamment noté en Camargue, où plusieurs milliers d'oiseaux peuvent parfois être notés lors des rassemblements postnuptiaux (Dupuy, 2022).

Les campagnes MIGRALION de l'automne montrent que ces rassemblements ne se cantonnent pas au littoral avec des observations importants au large de l'embouchure du Rhône où l'espèce est abondante, formant des radeaux à proximité des zones où elles pêchent. Elles profitent énormément des ressources locales et notamment des chasses de thons pour s'alimenter avant leur traversée de la Méditerranée. Des radeaux sont alors bien visibles et rassemblent parfois plusieurs centaines d'individus sur des zones de concentration bien marquées. Des groupes mixtes Sterne pierregarin/Guifette noire sont ainsi largement observés à partir de fin

août et s'étalent jusqu'à la fin octobre. La partie Est du golfe du Lion, entre le golfe d'Aigue Morte et l'embouchure du Rhône, joue probablement un rôle important pour l'alimentation des oiseaux en haltes migratoires ou sur le point de partir vers le sud. La Camargue et son littoral semblent jouer un rôle majeur dans la conservation de l'espèce en période de migration postnuptial.

En migration prénuptiale, l'espèce est globalement absente au large et l'essentiel des contacts sont alors côtiers.

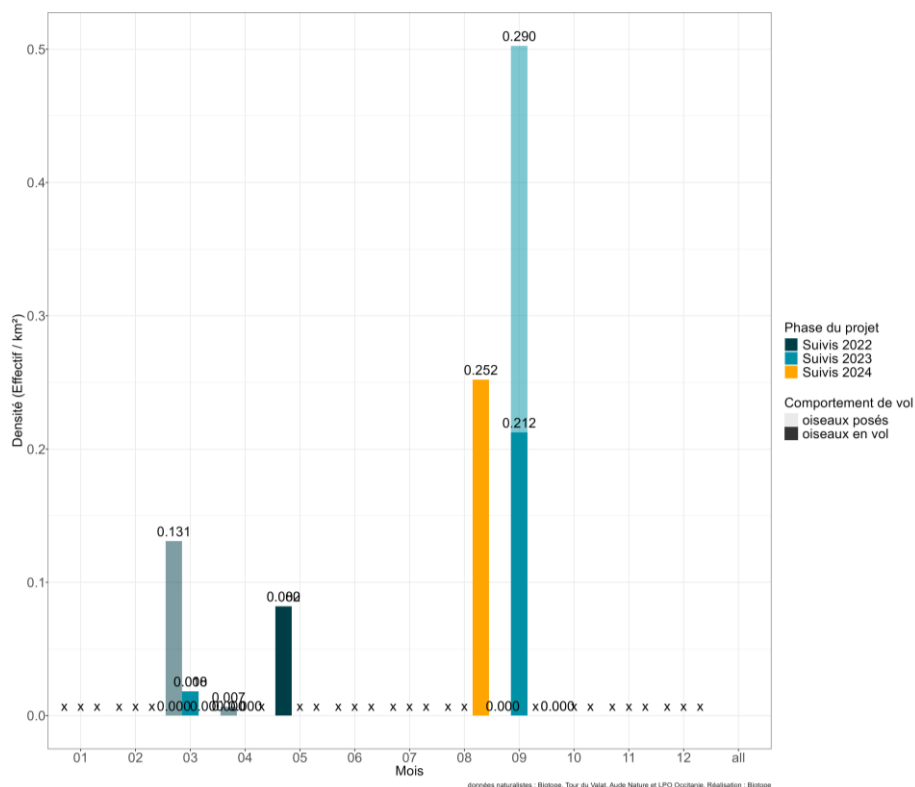


Figure 22 : Phénologie de présence de la Sterne pierregarin - Expertises nautiques 2022-2024.

La migration postnuptiale concentre les densités les plus importantes de Sterne pierregarin avec des densités maximales observées autour de 0.5 ind.km⁻².

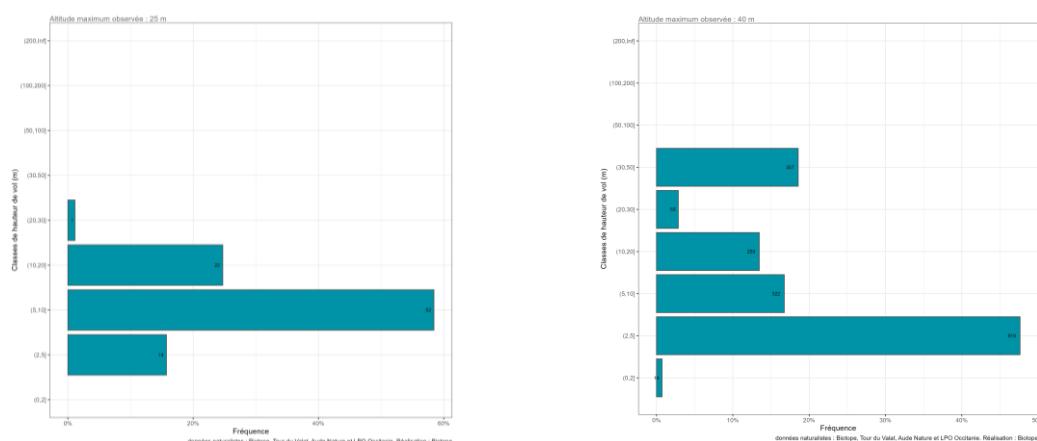


Figure 23 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour la Sterne pierregarin - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vols relevées pour la Sterne pierregarin montrent des altitudes de vol plus faibles que la Sterne caugak avec une majorité des observations situées entre 2 et 20 mètres.

o Autres Sterninés

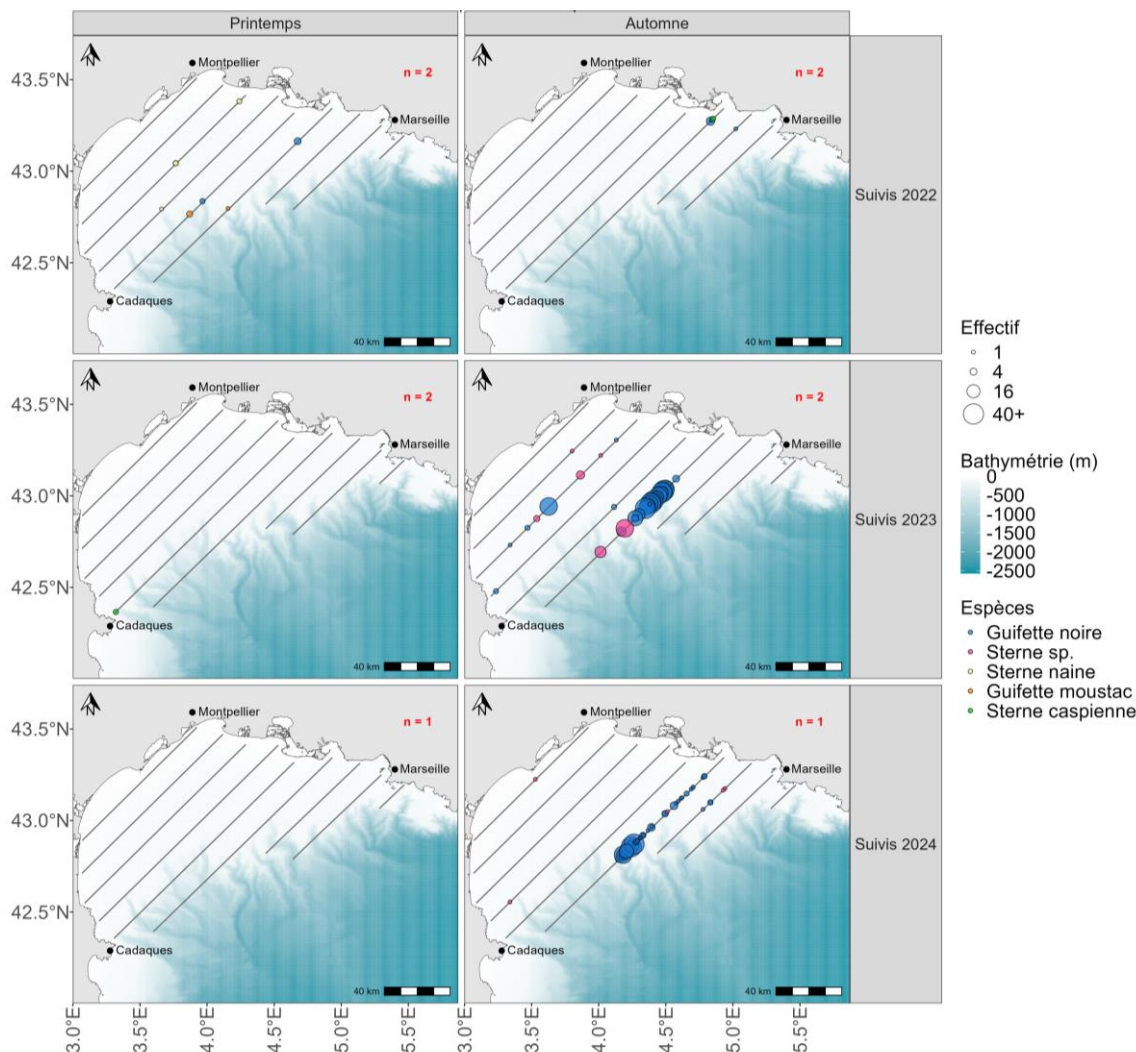


Figure 24 : Cartographie de synthèse des observations des autres Sterninés - Expertises nautiques 2022-2024.

La **Guifette noire** se reproduit dans les régions tempérées, méditerranéennes ou steppiques d'Europe et d'Asie avec des bastions européens situés en Europe de l'Ouest (Biélorussie, Russie, Ukraine, Lettonie, Pologne etc. L'espèce fréquente surtout les étangs, les marais continentaux ou arrières littoraux et s'observe en période de migration sur les grands cours d'eau, sur les marais littoraux et ainsi qu'en mer.

Le littoral méditerranéen, et plus particulièrement le delta du Rhône, jouent un rôle important aux deux passages, notamment lors du mois d'août avec plusieurs milliers d'individus qui fréquentent le littoral

camarguais. Des dortoirs qui regroupent plusieurs milliers d'individus sont parfois observés lors de la migration postnuptiale dans ce secteur (Bousquet et al., 2022).

Comme évoqué dans le chapitre relatif à la Sterne pierregarin, la phénologie de présence des Guifette noire semble assez proche de celle de la Sterne pierregarin avec une présence marquée au large de la Camargue entre mi-août et mi-septembre. Des groupes mixtes de plusieurs milliers d'oiseaux se forment alors avant la traversée de la méditerranée. La Camargue et son littoral semblent jouer un rôle majeur dans la conservation de l'espèce en tant que site de halte migratoire.

La migration pré-nuptiale de la Guifette noire semble être plus orientale avec des voies migratoires dans le bassin méditerranéen, notamment en Italie avant de regagner les pays bas par l'Europe centrale (van der Winden et al., 2014). Elle n'a ainsi pas été détectée lors des campagnes en mer.

La **Sterne naine** est, comme la Sterne pierregarin, une espèce migratrice stricte. Elle arrive sur ses sites de reproduction assez tardivement de mi-avril à mi-mai sur le littoral ou les fleuves. Les départs de la colonie s'effectuent dès la fin de juillet et s'étalent jusqu'en septembre. En saison postnuptiale, les mouvements de Sterne naine au sein du golfe du Lion ont été peu détectés lors des campagnes MIGRALION, probablement en lien avec le caractère moins pélagique de cette espèce. Toutefois, quelques observations au large ont été réalisées lors des campagnes du printemps montrant que certains individus peuvent parfois s'éloigner du littoral soit pour chasser (cas au large de l'embouchure du Rhône et de la Camargue) ou encore pour migrer. La distinction entre les différents comportements reste difficile du fait du faible nombre d'observations sans mouvement marqué dans le golfe du Lion.

La migration des autres espèces de Sterninés (Guifette sp., Sterne caspienne, etc.) est plus difficile à cerner car ces espèces sont globalement moins abondantes et donc moins détectables lors des suivis.

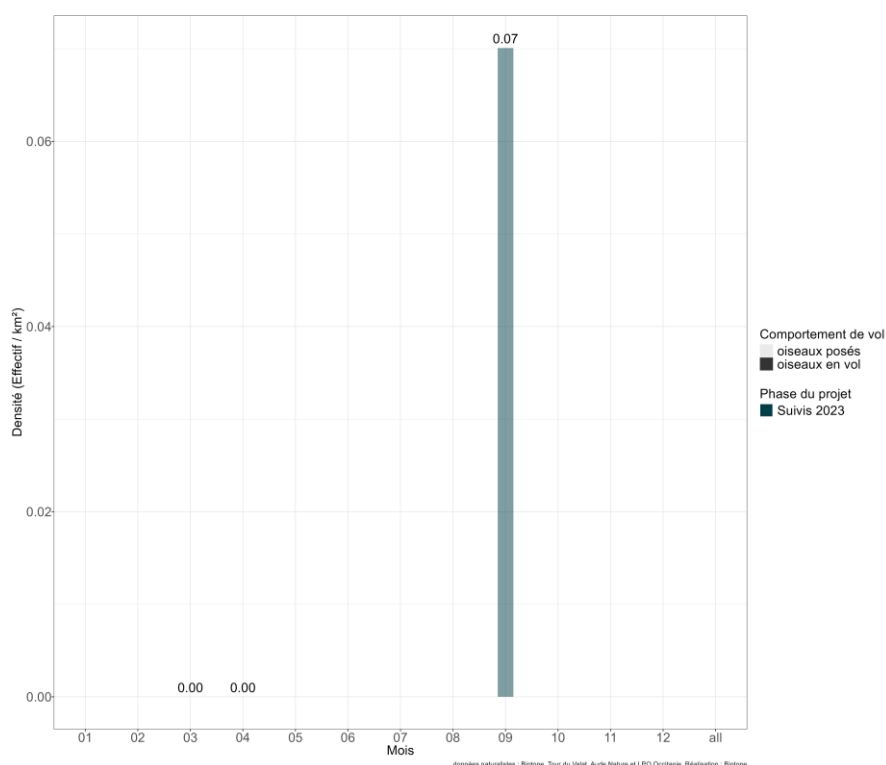


Figure 25 : Phénologie de présence des autres Sterninés - Expertises nautiques 2022-2024.

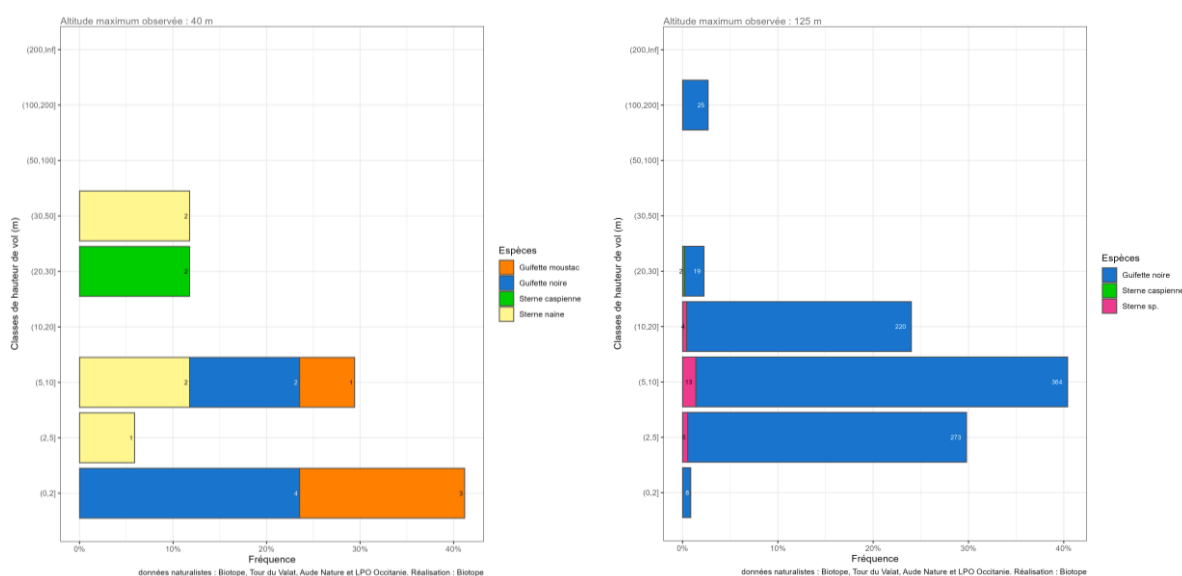


Figure 26 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les autres Sterninés - Expertises nautiques 2022-2024.

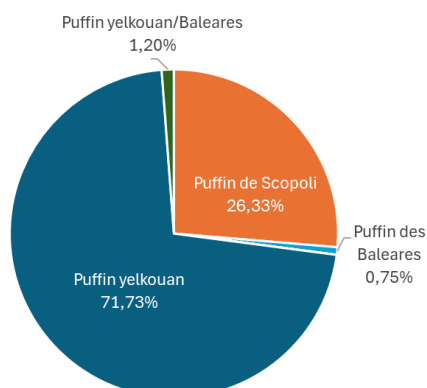
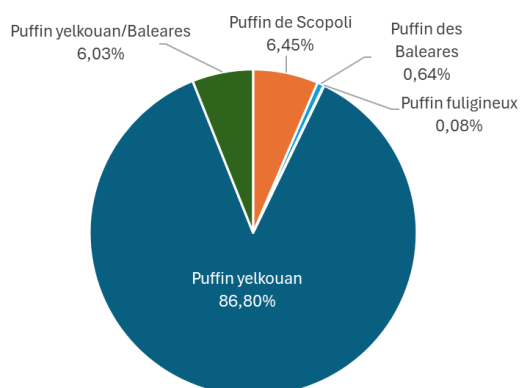
Les hauteurs de vol en halte migratoire de la Guifettes noire sont situées entre 2 et 20 mètres. L'espèce semble capable de voler à des altitudes élevées (> 200 m), ce qui limite sa détectabilité notamment lors des phases de migrations actives.

• Les Procellariidés

2022

Prénuptiale (n=2 636)

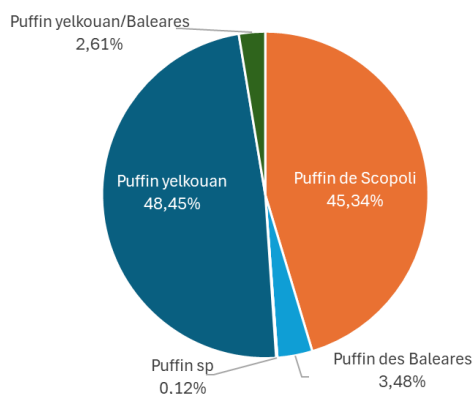
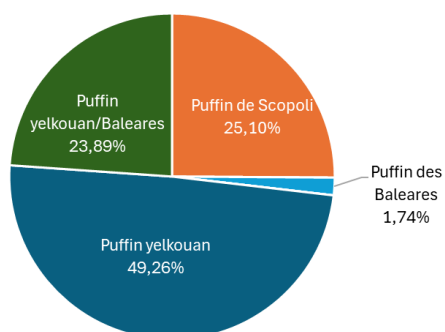
Postnuptiale (n=1 337)



2023

Prénuptiale (n=745)

Postnuptiale (n=805)



2024

Prénuptiale (n=222)

Postnuptiale (n=1 012)

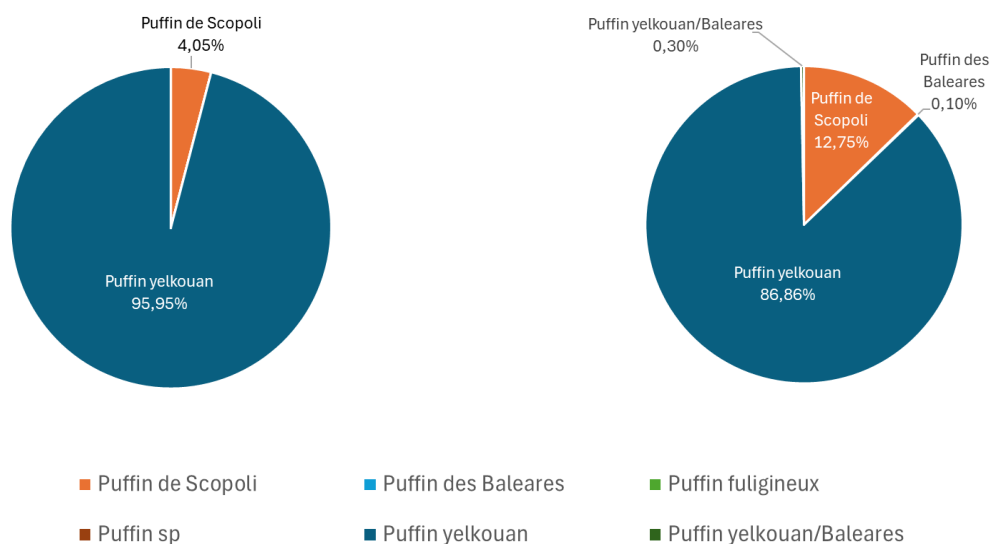


Figure.27: Comparaison des répartitions des effectifs de Procellariidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. **n*= effectifs saisonniers ; ***La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.*

o Puffin de Scopoli

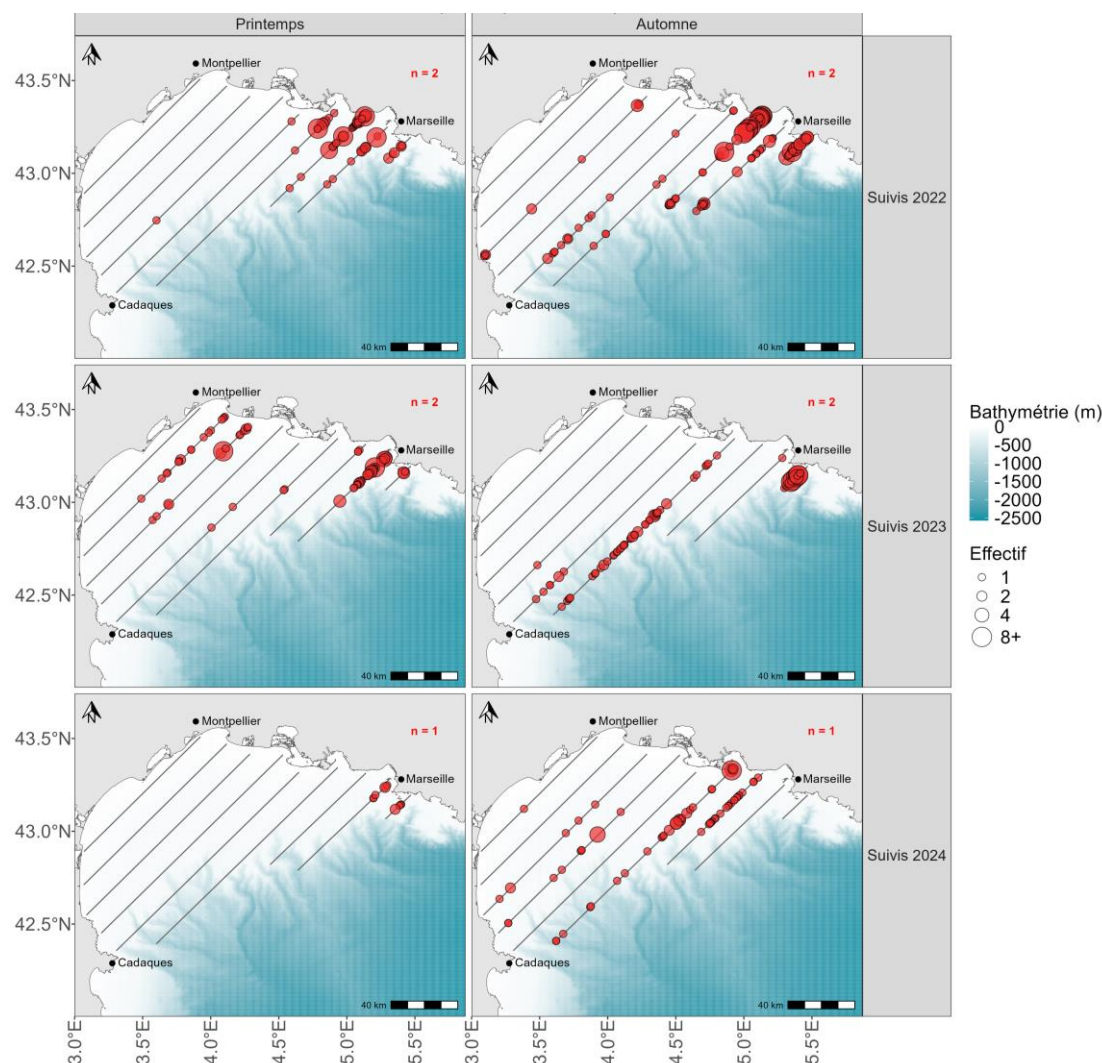


Figure 28 : Cartographie de synthèse des observations du Puffin de Scopoli - Expertises nautiques 2022-2024.

Le **Puffin de Scopoli**, espèce endémique à la méditerranée, nichent sur les îles méditerranéennes (Corse, îles de Marseille, îles d'Hyères). Migrateurs transéquatoriaux, leurs aires d'hivernage se situent en Atlantique et Sud-Ouest de l'Océan Indien et plus marginalement dans le bassin méditerranéen.

De manière générale, le Puffin de Scopoli est une espèce pélagique qui s'alimente sur le plateau continental, sur les têtes de canyon et les zones de remontées abyssales (upwelling). Dans ces secteurs, le Puffin de Scopoli trouve sa nourriture de manière opportuniste, en recherchant les chasses de thons, les œufs ou larves d'espèces pélagiques et les chalutiers en activité.

Peu de Puffins cendrés hivernent en Méditerranée (Borg et al., 1999, Anselme et al., 2012). La plupart rejoignent l'Océan Atlantique, rapidement après l'envol des jeunes, en passant par Gibraltar entre mi-octobre et mi-novembre (Camphuysen et al., 2001). L'hivernage se réalise essentiellement au large de l'Afrique de l'Ouest.

Lors des campagnes MIGRALION, les Puffins de Scopoli sont observés globalement proche des colonies (îles de Marseille) dès les campagnes de mars ; la dispersion plus au large, au niveau des canyons semble plus marqué à l'automne, avant les départs vers les sites d'hivernage en Atlantique.

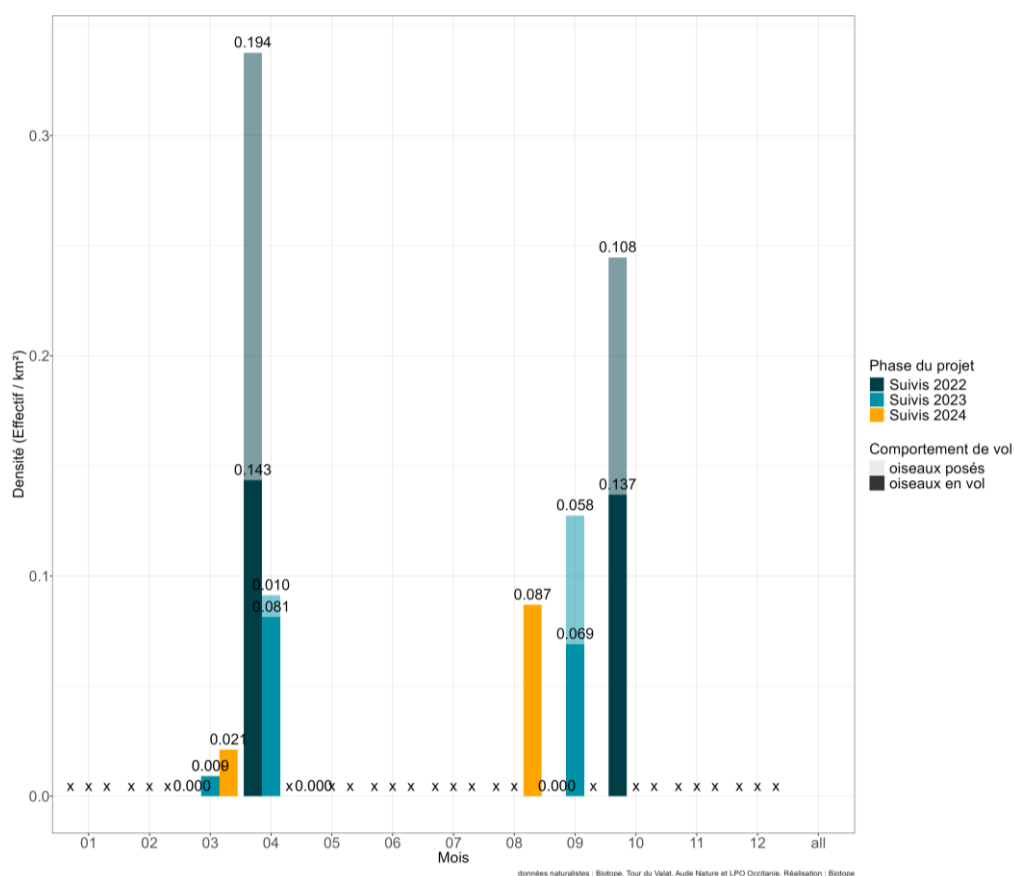


Figure 29 : Phénologie de présence du Puffin de Scopoli - Expertises nautiques 2022-2024.

Les densités les plus importantes relevées s'élèvent à 0.34 ind.km⁻² au printemps (début avril) et 0.25 ind.km⁻² à l'automne (fin septembre).

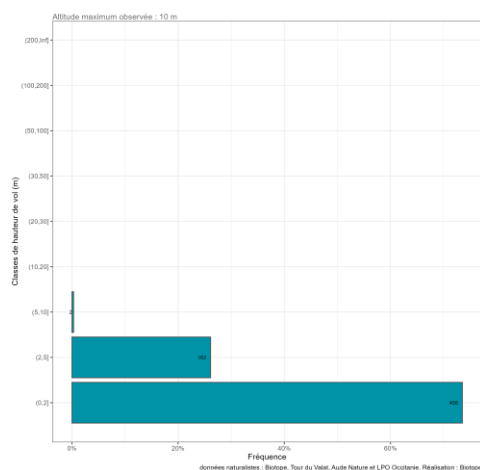
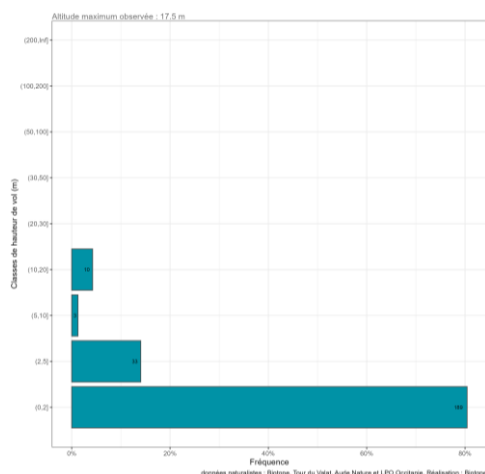


Figure.30 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour le Puffin de Scopoli - Expertises nautiques 2022-2024.

En cohérence avec les données collectées par GPS, le Puffin de Scopoli passe la majeure partie de son temps de vol à faible altitude soit moins de 5 mètres.

o Petits puffins (Puffin yelkouan et P. des Baléares)

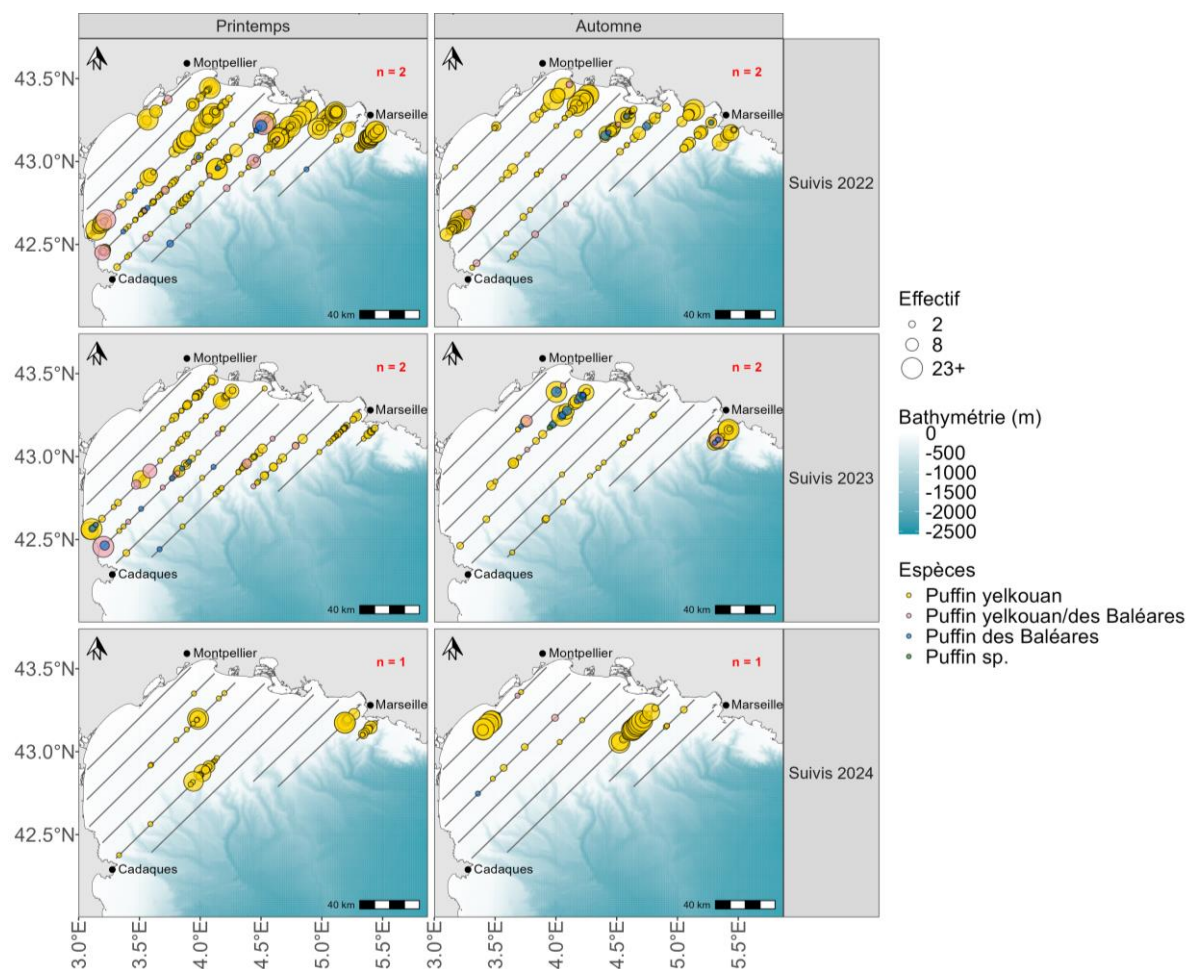


Figure 31 : Cartographie de synthèse des observations des petits puffins - Expertises nautiques 2022-2024.

Le **Puffin yelkouan** est également une espèce endémique de la méditerranée, qui niche sur les îles méditerranéennes (Corse, îles de Marseille, îles d'Hyères) pour la partie française mais également en Sardaigne, Italie, Turquie, Tunisie et Algérie avec d'importante colonie. La totalité de la population de Puffin yelkouan semble demeurer dans le bassin méditerranéen bien qu'elle migre loin des colonies de reproduction, notamment en méditerranée orientale. Le golfe du Lion joue un rôle important pour les individus résidents pendant la période internuptiale (Péron et al., 2013).

Le Puffin yelkouan est une espèce plus littorale que les autres puffins. Elle affectionne les zones de petits fonds (< 100 m) pour se nourrir, en évitant ainsi les zones de grands fonds (canyons ; Bourgeois et al., 2007). Comme le montre les résultats des campagnes MIGRALION, il en résulte une occupation assez homogène de tout le plateau continental du Golfe du Lion, depuis les plus petits fonds jusqu'aux sondes de 100 mètres

De plus, l'espèce semble assez tributaire des activités humaines selon Beaubrun et al. (2013) et Di-Méglio et David (comm.pers.). En effet, deux zones de présence plus abondantes se dessinent : la principale dans le large sud de la Camargue (entre Beauduc et Sète, et jusqu'au rebord du plateau continental) et la seconde, plus diffuse, s'étendant de Gruissan à Canet-Plage.

Parmi les puffins yelkouan, on peut observer la présence du Puffin des Baléares. À partir des mois de septembre-octobre, une part importante de la population migre vers l'Atlantique, et les retours vers la Méditerranée s'étalent d'avril à mai. Cette espèce semble exploiter des secteurs plus côtiers que le Puffin yelkouan, entre les lignes de sonde de 5-10 m et 35-40 m, mais elle ne dédaigne pas aller plus loin vers le large, attirée par les chalutiers.

Dans le golfe du Lion, le Puffin des Baléares est plus abondant dans le secteur du parc naturel marin du Golfe du Lion que dans le Golfe d'Aigues-Mortes, bien qu'il soit effectivement rencontré entre Agde et Sète ainsi que plus ponctuellement, au large de la Camargue. L'ouest du Golfe du Lion et le parc naturel marin jouent probablement un rôle important dans la conservation de l'espèce.

L'embouchure et le panache du Rhône jouent un rôle important pour les disponibilités alimentaires qu'ils offrent pour les puffins.

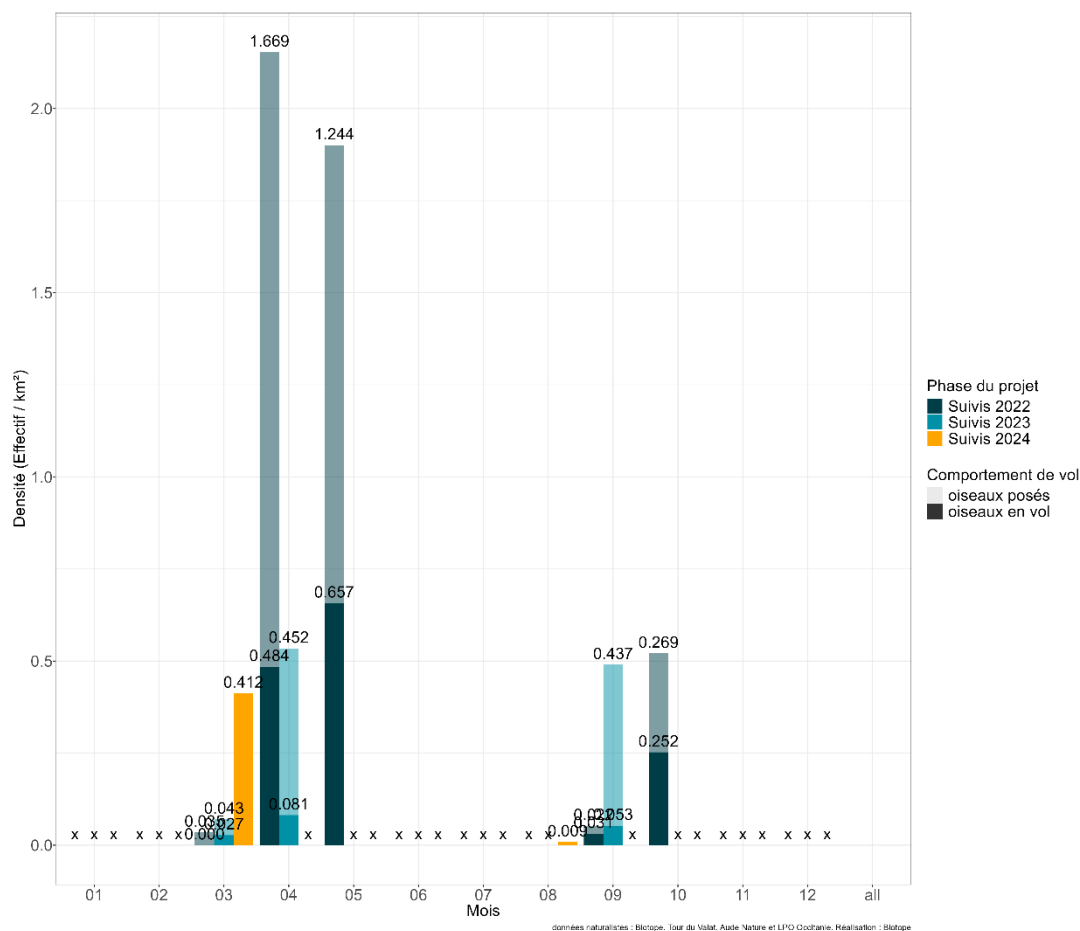


Figure 32 : Phénologie de présence des petits puffins - Expertises nautiques 2022-2024.

Les densités les plus importantes relevées s’élèvent à 2.2 ind.km⁻² au printemps (fin mars/début avril) et 0.5 ind.km⁻² à l’automne (fin septembre).

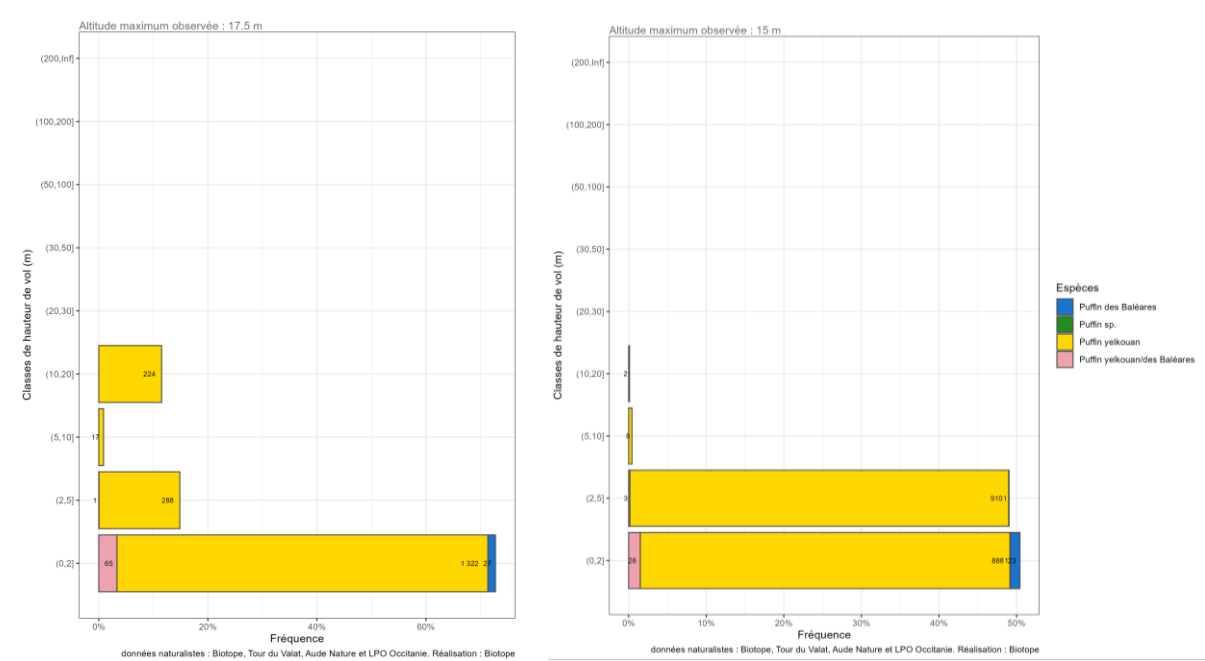


Figure.33 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les petits puffins - Expertises nautiques 2022-2024.

En cohérence avec les données collectées par GPS, le Puffin yelkouan passe la majeure partie de son temps de vol à faible altitude soit moins de 5 mètres. De plus grandes altitudes de vols peuvent être occasionnellement observées, notamment en cas de conditions en mer agitée.

• **Les Hydrobatidés**

Le seul Hydrobatidé identifié de manière spécifique lors des différentes campagnes MIGRALION est l’Océanite tempête.

Tableau 14 : Répartitions des effectifs d’Hydrobatidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Océanite tempête	43 (100%)		10 (100%)	98 (71%)	51 (100%)	

Océanite sp.				40		
				(28%)		
Total	43	0	10	138	0	51
Hydrobatidé						

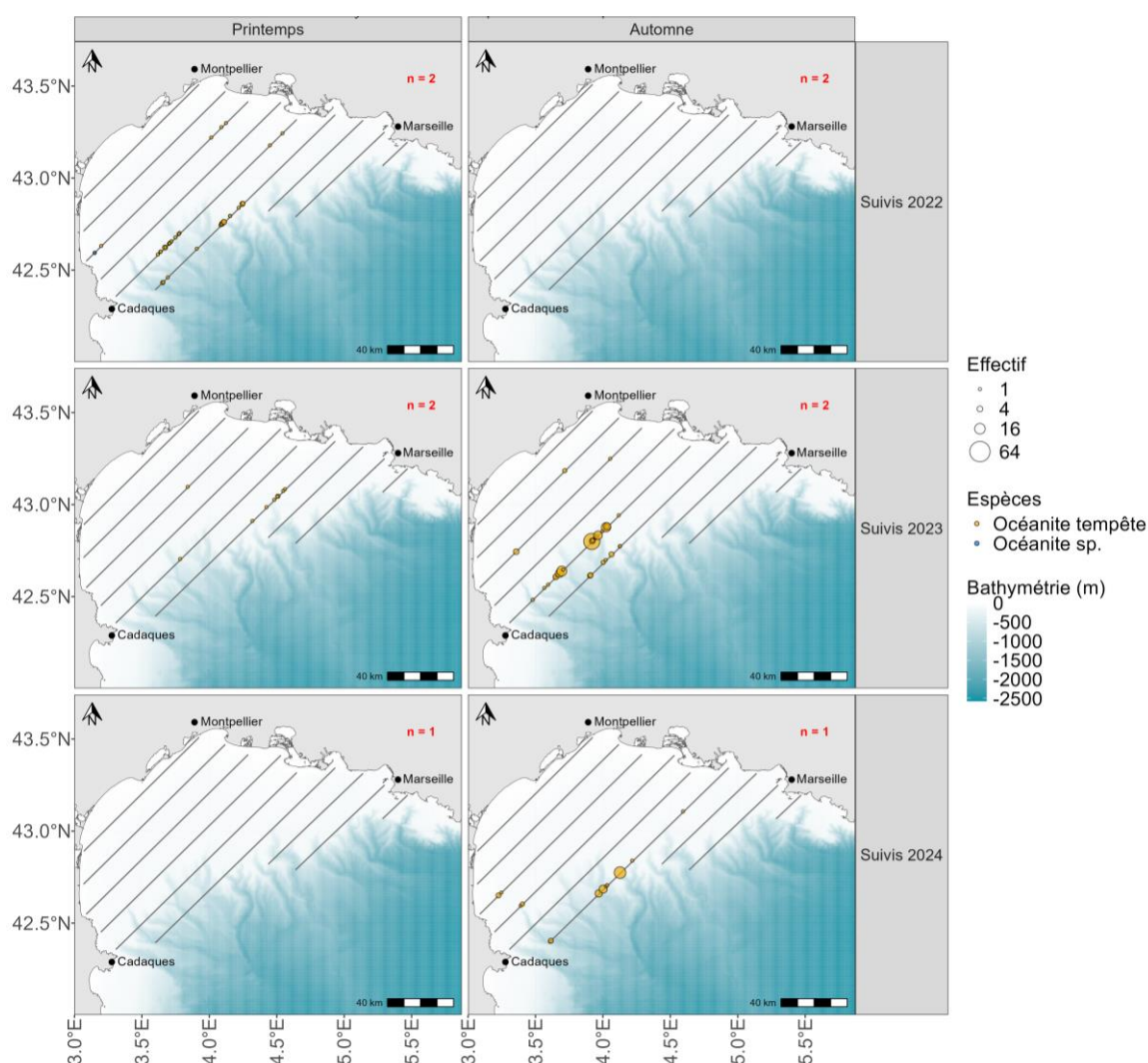


Figure 34 : Cartographie de synthèse des observations des Océanites - Expertises nautiques 2022-2024.

L'**Océanite tempête de Méditerranée** est une espèce planctonophage qui exploite de vastes zones marines allant du talus au plateau continental. Les dernières colonies françaises se situent aujourd'hui en Corse et potentiellement dans les îles d'Hyères et de Marseille.

Les Océanites tempêtes de Méditerranée présentes dans le golfe du Lion ne semblent pas quitter le bassin Méditerranéen durant la période internuptiale (Hémery et al., 1985, Paterson 1997). Les observations

concernent donc majoritairement des oiseaux adultes non nicheurs ou des oiseaux immatures en provenance des grandes colonies comme les Baléares. L'espèce s'observe toute l'année avec toutefois un probable pic en fin d'été lié à la dispersion postnuptiale de ces grandes colonies de Méditerranée.

Lors des campagnes MIGRALION d'automne, des effectifs conséquents ont ainsi été notés au niveau des canyons. La présence d'oiseaux au printemps y est également notée mais en de plus faible quantité et plus ponctuellement.

Le secteur du parc naturel marin du Golfe du Lion semblerait jouer un rôle important pour les oiseaux non nicheurs ou pour les oiseaux ayant fini leur reproduction.

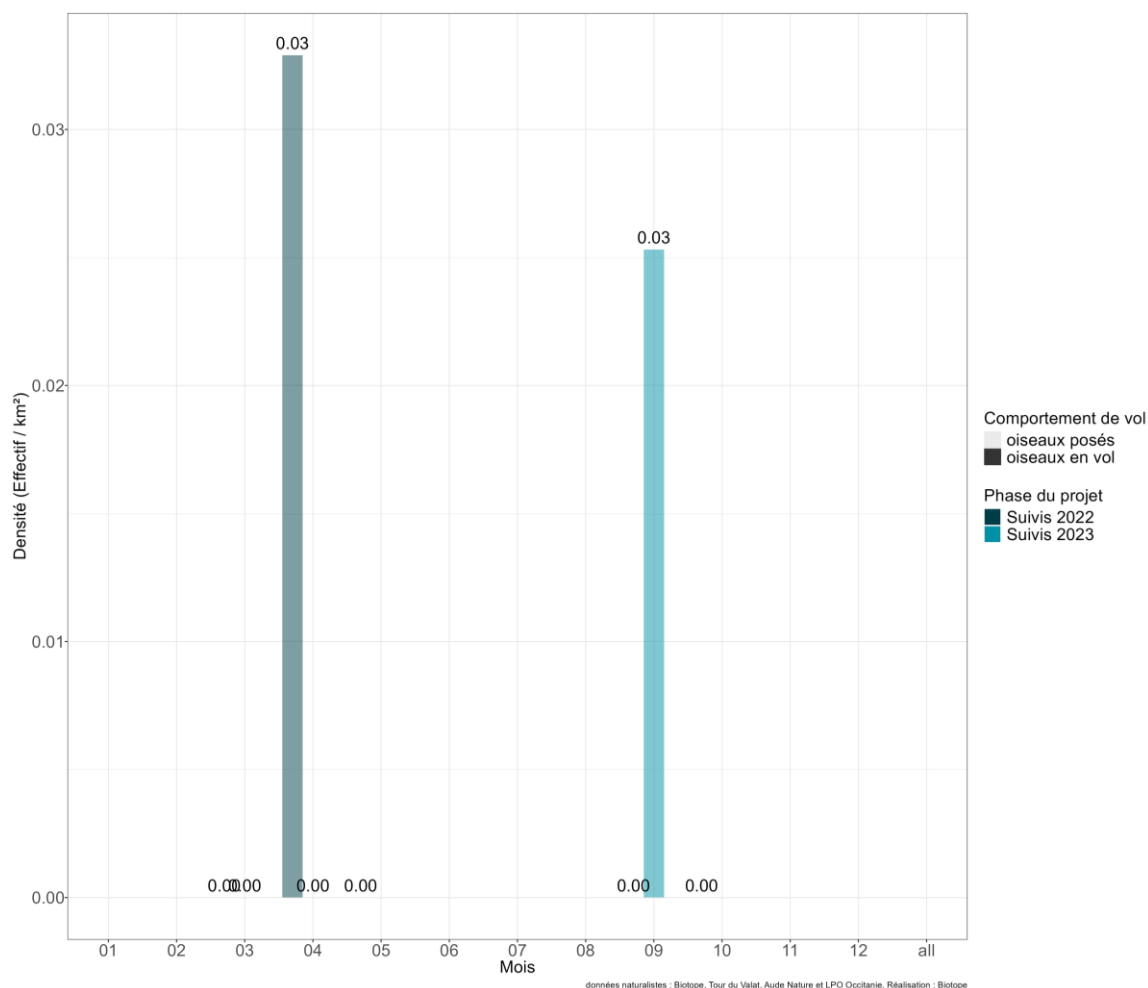


Figure 35 : Phénologie de présence des Océanites - Expertises nautiques 2022-2024.

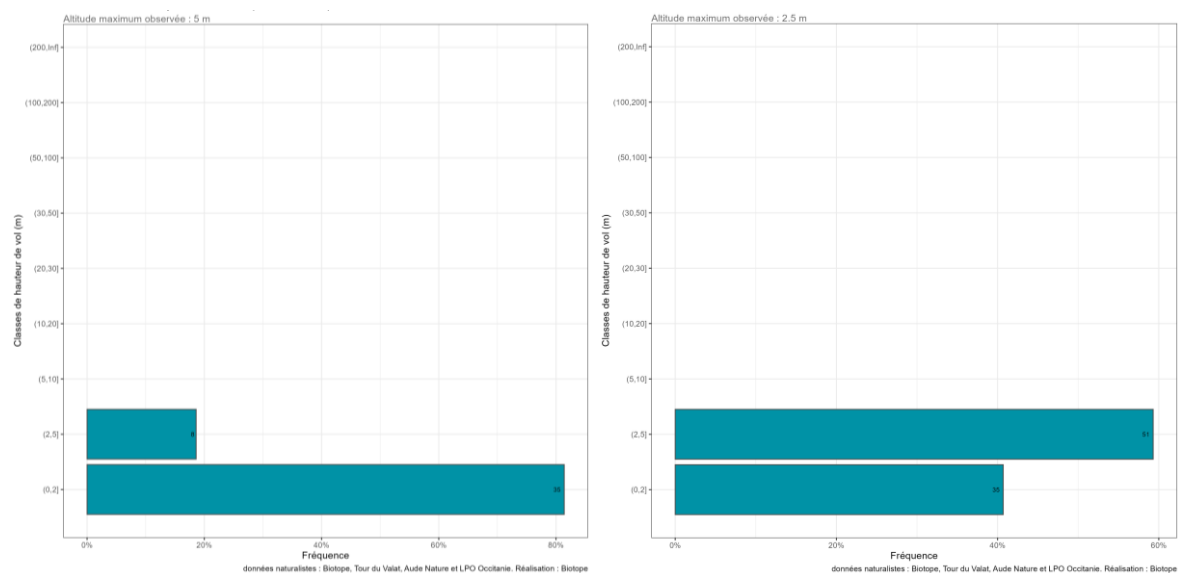


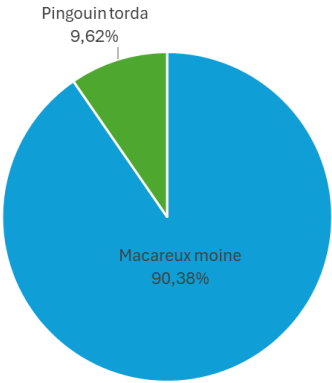
Figure 36 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les *Océanites* - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vol relevées montrent des faibles altitudes de vol pour cette espèce, généralement inférieure à 5 mètres.

• Les Alcidés

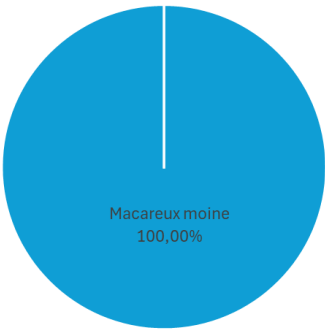
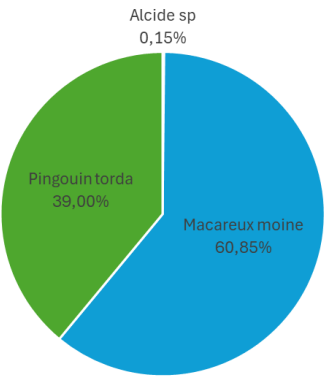
o Pingouin torda et Macareux moine

2022	
Prénuptiale	Postnuptiale



Aucun Alcidé observé

2023	
Prénuptiale	Postnuptiale



2024	
Prénuptiale	Postnuptiale

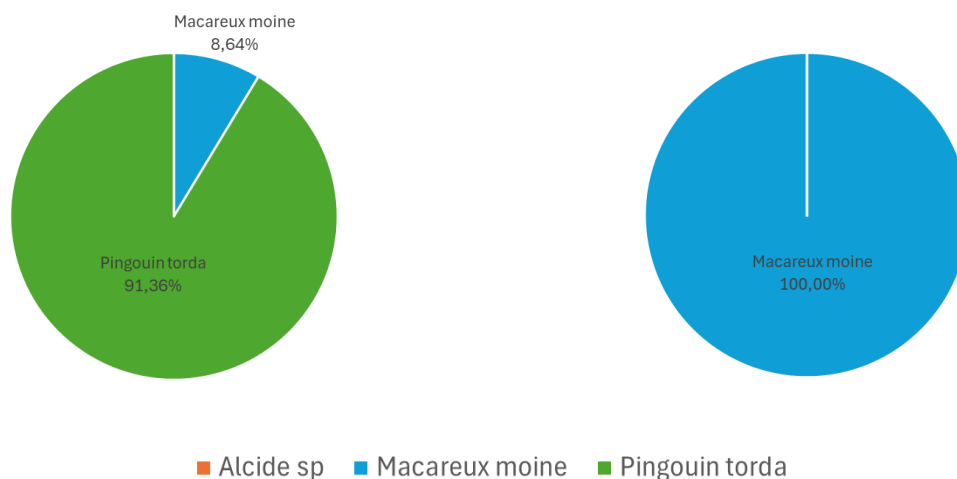


Figure 37: Comparaison des répartitions des effectifs de Laridés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.

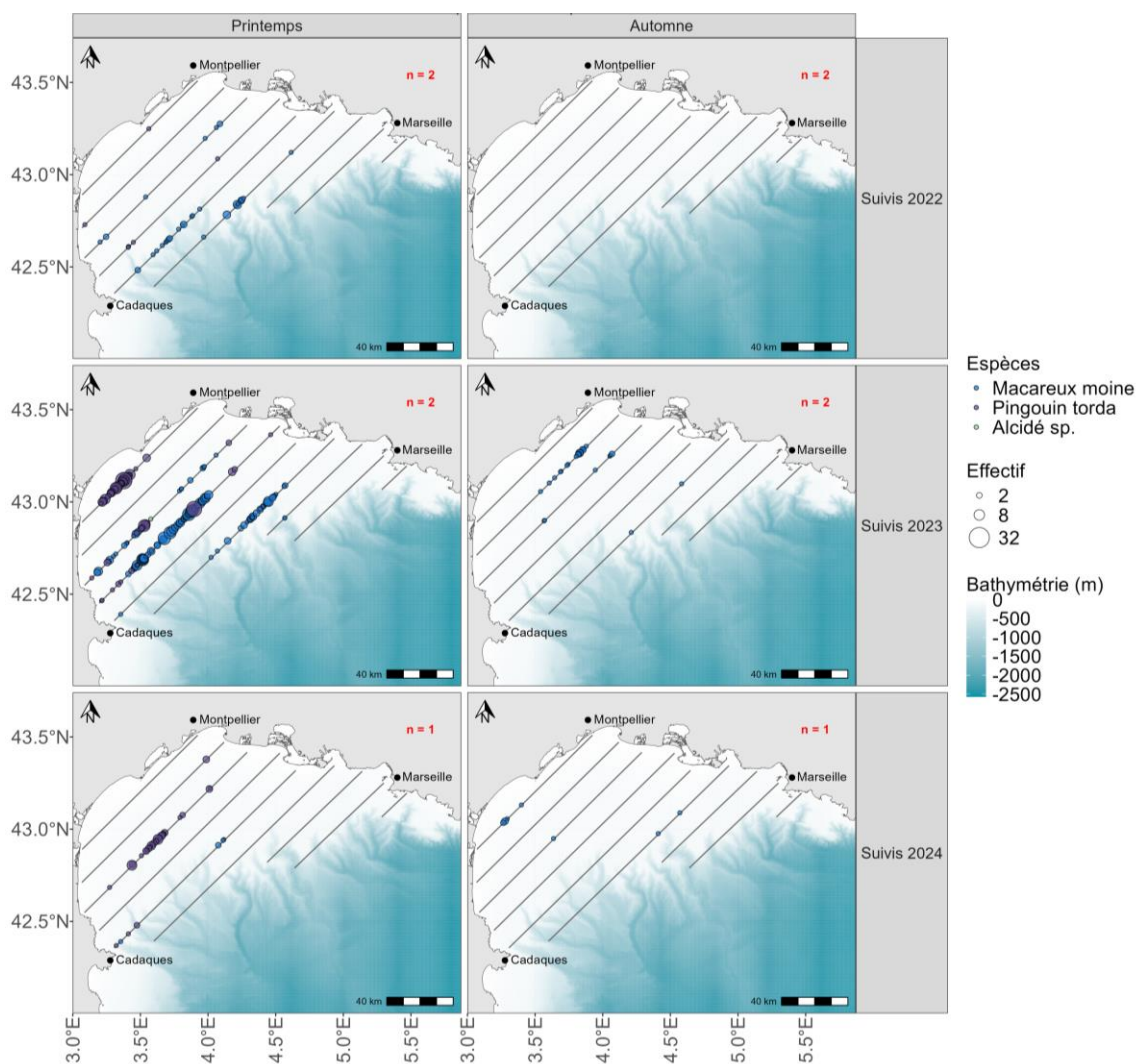


Figure 38 : Cartographie de synthèse des observations des Alcides - Expertises nautiques 2022-2024.

Le **Pingouin torda** est essentiellement observé en hivernage au sein de la zone d'étude du Golfe du Lion que ce soit depuis la côte ou en mer. Cette présence se reflète par les observations printanières d'oiseaux dans la partie ouest du golfe du Lion principalement.

Concernant le **Macareux moine**, l'espèce est connue pour fréquenter les eaux du golfe du Lion en été essentiellement d'avril à juillet (Ruffray, 2014). Les observations dans le cadre des campagnes MIGRALION montrent une présence assez marquée au printemps, ce qui tend à prouver que les macareux présents en Méditerranée sont des oiseaux immatures. Des zones de concentrations sont identifiées au niveau du parc marin et la zone centrale du golfe du Lion. Les premiers hivernants sont présents dès les mois d'automne avec une répartition proche côtière et centrale dans le golfe.

Cette phénologie d'observation des Macareux moines en Méditerranée est tout à fait particulière et fait l'objet souvent de débat au sein de la communauté ornithologique.

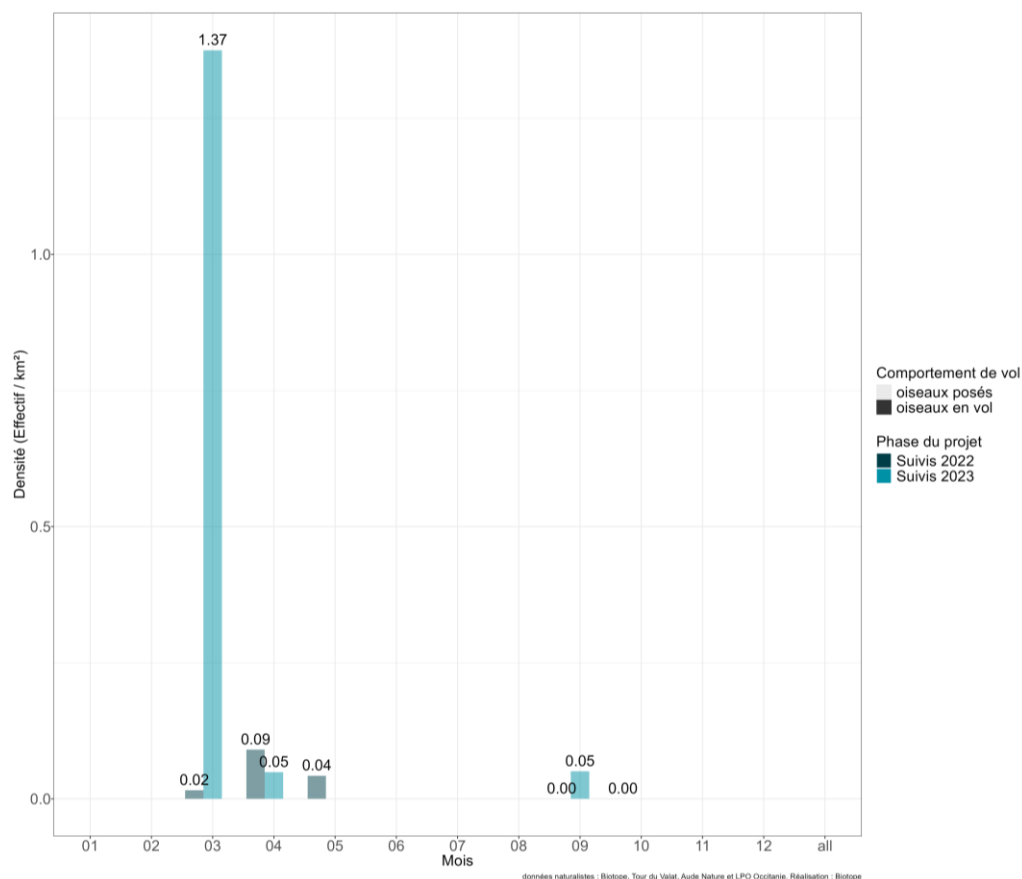
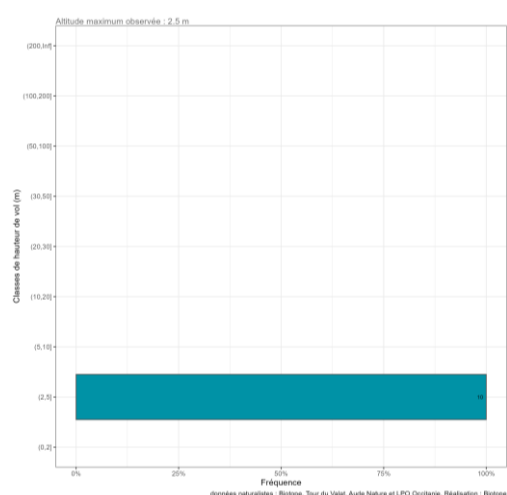
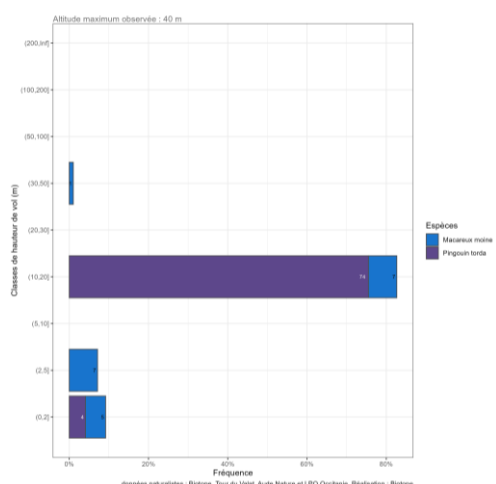


Figure 39 : Phénologie de présence des Alcidés - Expertises nautiques 2022-2024.

Lors des campagnes MIGRALION, le pic de présence des Alcidés se situait au mois de mars avec 1.37 ind.km⁻².



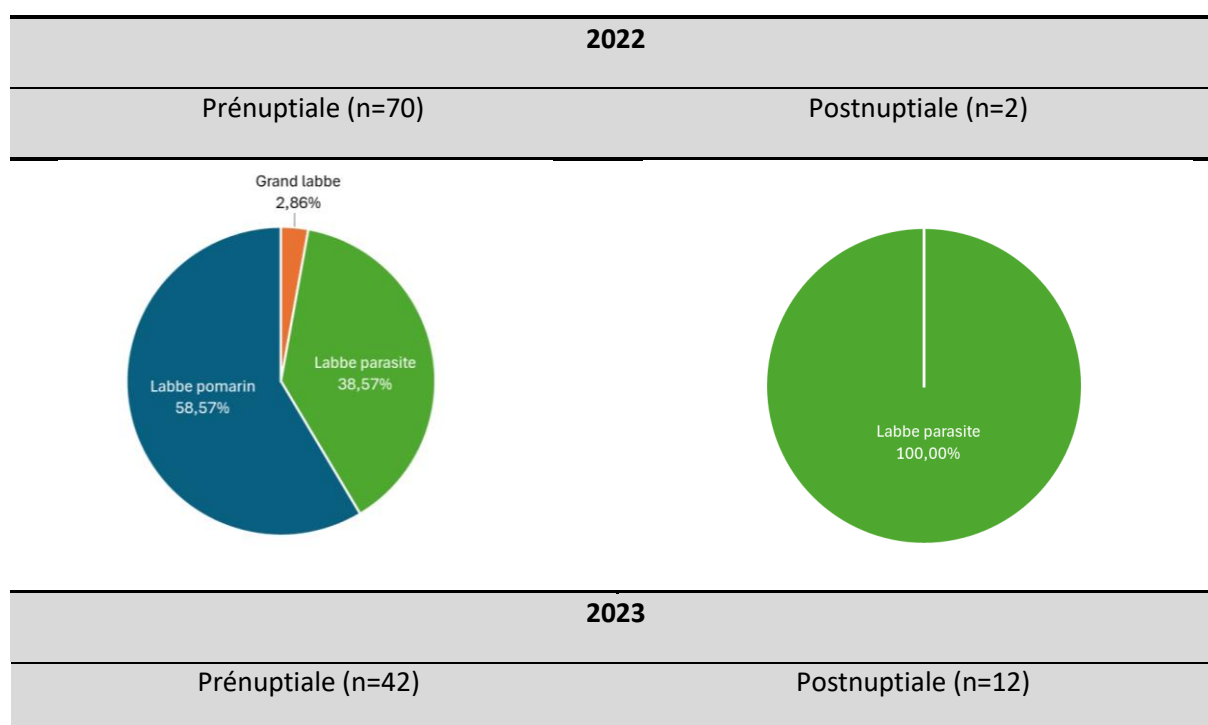
*A droite : Macareux moine uniquement

Figure.40 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les alcidés - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vols relevées pour les alcidés sont globalement faibles. Il faut toutefois noter des observations d'altitude de vol situés entre 10 et 20 mètres pour le Pingouin torda au printemps.

• Les Stercorariidés

o Labbe parasite, Labbe pomarin, Grand Labbe et Labbe à longue queue



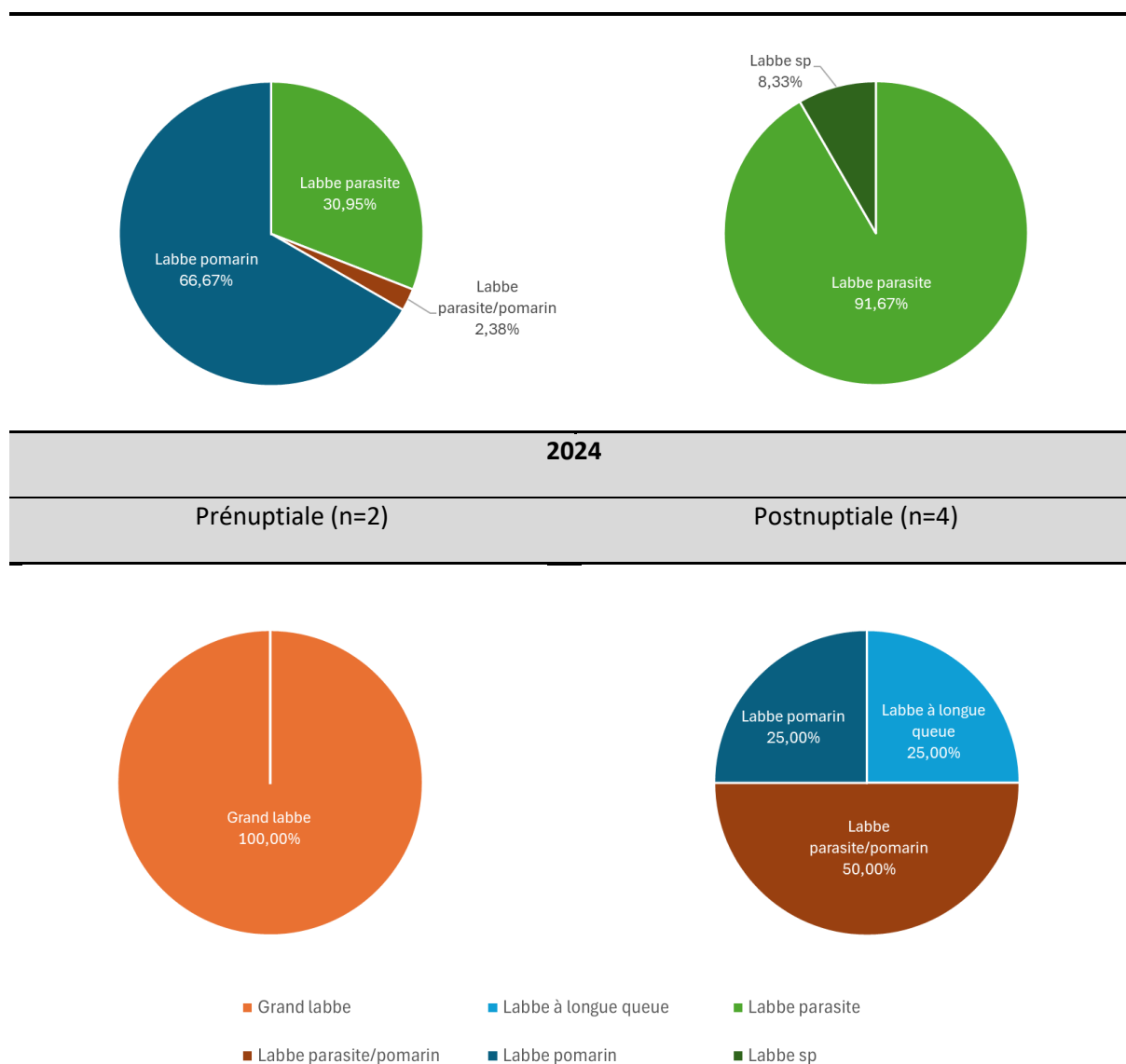


Figure 41: Comparaison des répartitions des effectifs des Stercorariidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.

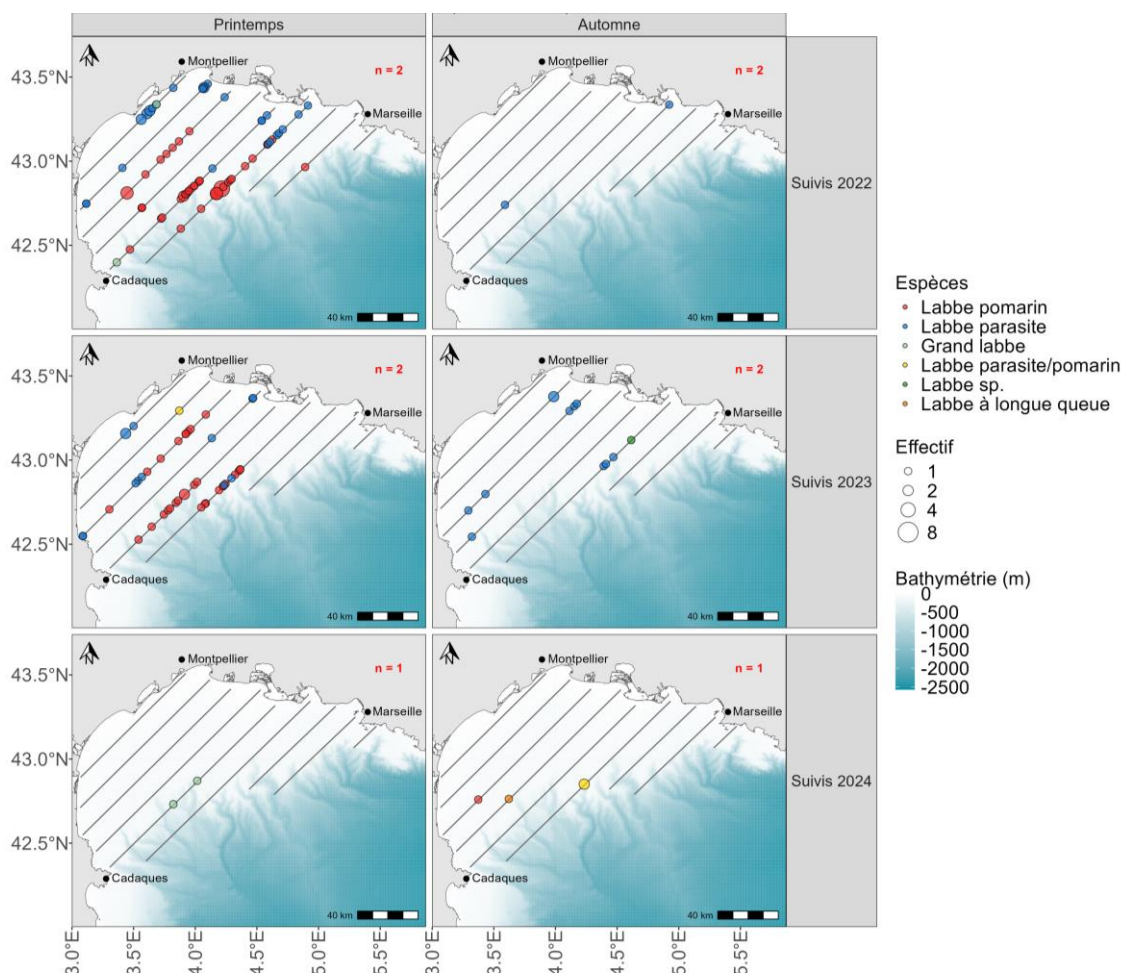


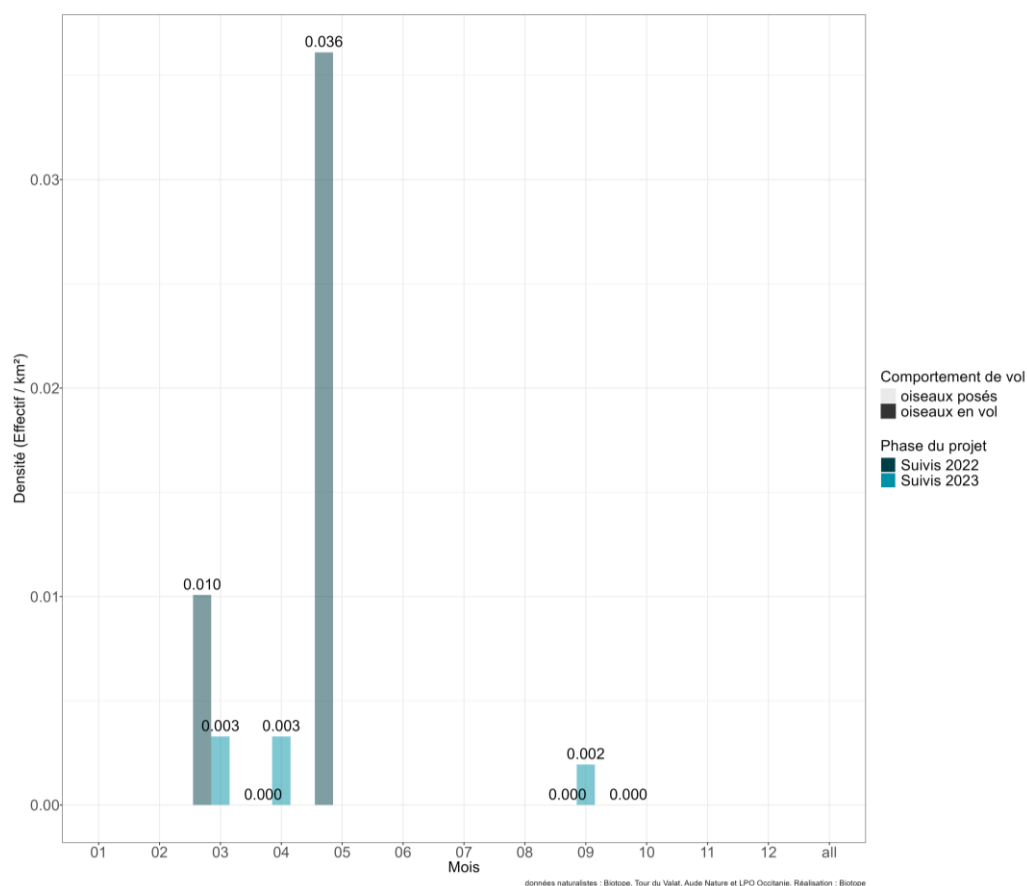
Figure 42 : Cartographie de synthèse des observations des Stercorariidés - Expertises nautiques 2022-2024.

Le **Labbe parasite** et le **Labbe pomarin** sont les deux espèces les plus communes lors des campagnes MIGRALION. Les autres espèces (**Grand Labbe**, **Labbe à longue queue**) sont plus anecdotiques au printemps et à l'automne.

Le Labbe parasite s'observe en période de migration à la fois prénuptiale et postnuptiale avec une concentration plus importante des observations pour la première période. Le passage postnuptial débute fin juillet et s'étale jusqu'en octobre avec une répartition globalement pélagique sur l'ensemble du golfe.

Le Labbe pomarin est plus présent à l'automne avec une répartition plus pélagique que le Labbe parasite. L'espèce est en revanche quasi absente à l'automne.

Notez également l'observation d'une espèce considérée comme rare dans le golfe du Lion, le Labbe à longue queue, au cours de la campagne de fin août 2024.



* Aucun individu posé ou en vol en Snapshot 2024

Figure 43 : Phénologie de présence des Stercorariidés - Expertises nautiques 2022-2024.

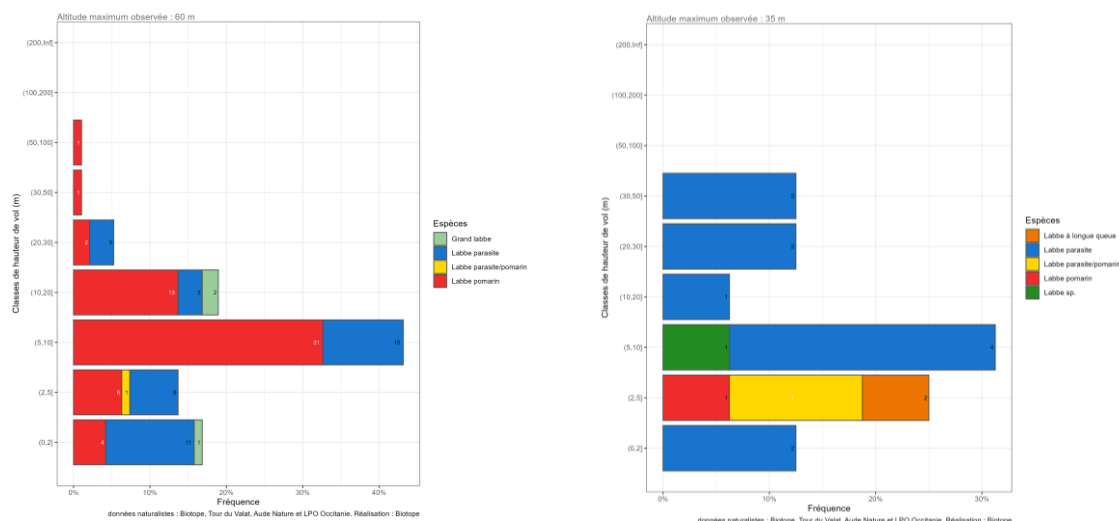


Figure 44 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les labbes - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vols des labbes sont très variables en lien avec les bonnes capacités des espèces concernées pour évoluer à différentes altitudes (notamment pour le cleptoparasitisme). Des oiseaux évoluant à plus de 30 mètres sont ainsi réguliers lors des observations réalisées dans le cadre des campagnes MIGRALION.

- **Les gaviidés et espèces associées**
 - Grèbe huppé, Plongeon arctique, Foulque macroule

Tableau 15 : Répartitions des effectifs de Gavidés et associées par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Foulque macroule			7 (15%)			
Grèbe huppé			35 (76%)	16 (80%)		
Plongeon arctique				1 (5%)		
Total Gavidés	9		46	20	0	0

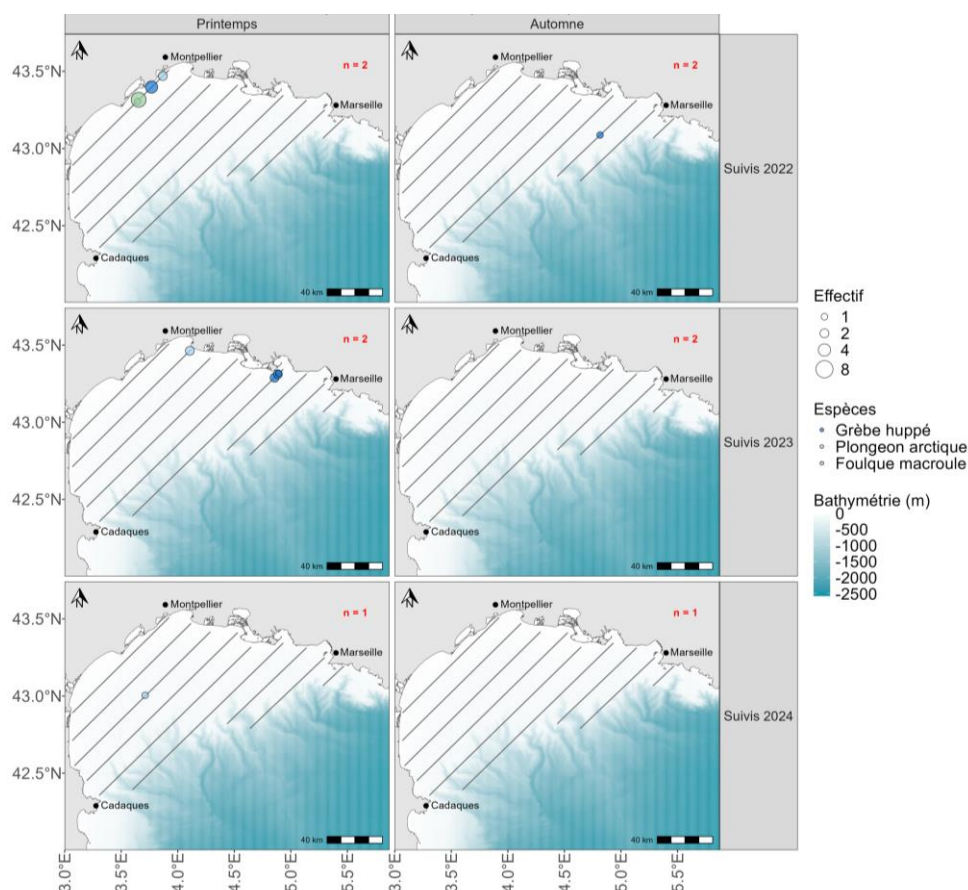


Figure 45 : Cartographie de synthèse des observations des gaviidés et espèces associées - Expertises nautiques 2022-2024.

Grèbe huppé, Plongeon arctique et Foulque macroule restent des espèces anecdotiques au large avec quelques données ponctuelles. Les observations se concentrent au niveau des embouchures de fleuves et des lagunes ainsi qu'au large de la Camargue. Aucun mouvement migratoire particulier n'a été relevé durant les campagnes MIGRALION. Cependant, les mouvements migratoires restent mal connus pour ces espèces, notamment pour la Foulque macroule. Cette espèce est notamment connue pour être un migrateur nocturne dont la migration pourrait être mieux cerner par l'utilisation des suivis acoustiques. Lors des campagnes MIGRALION, aucun contact de cette espèce ne figure parmi les enregistrements nocturnes dans le golfe du Lion.

• Les autres espèces occasionnelles d'oiseaux marins

o Grand Cormoran, Fou de Bassan, Puffin fuligineux

Tableau 16 : Répartitions des effectifs des autres espèces occasionnelles d'oiseaux marins par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Cormoran sp	1 (1%)					
Fou de Bassan	22 (1%)	3 (4%)	5 (5%)	2 (13%)		5 (83%)
Grand cormoran	182 (98%)	76 (96%)	89 (95%)	13 (87%)	50 (100%)	1 (17%)
Total autres esp. Marines	185	79	94	15	50	6

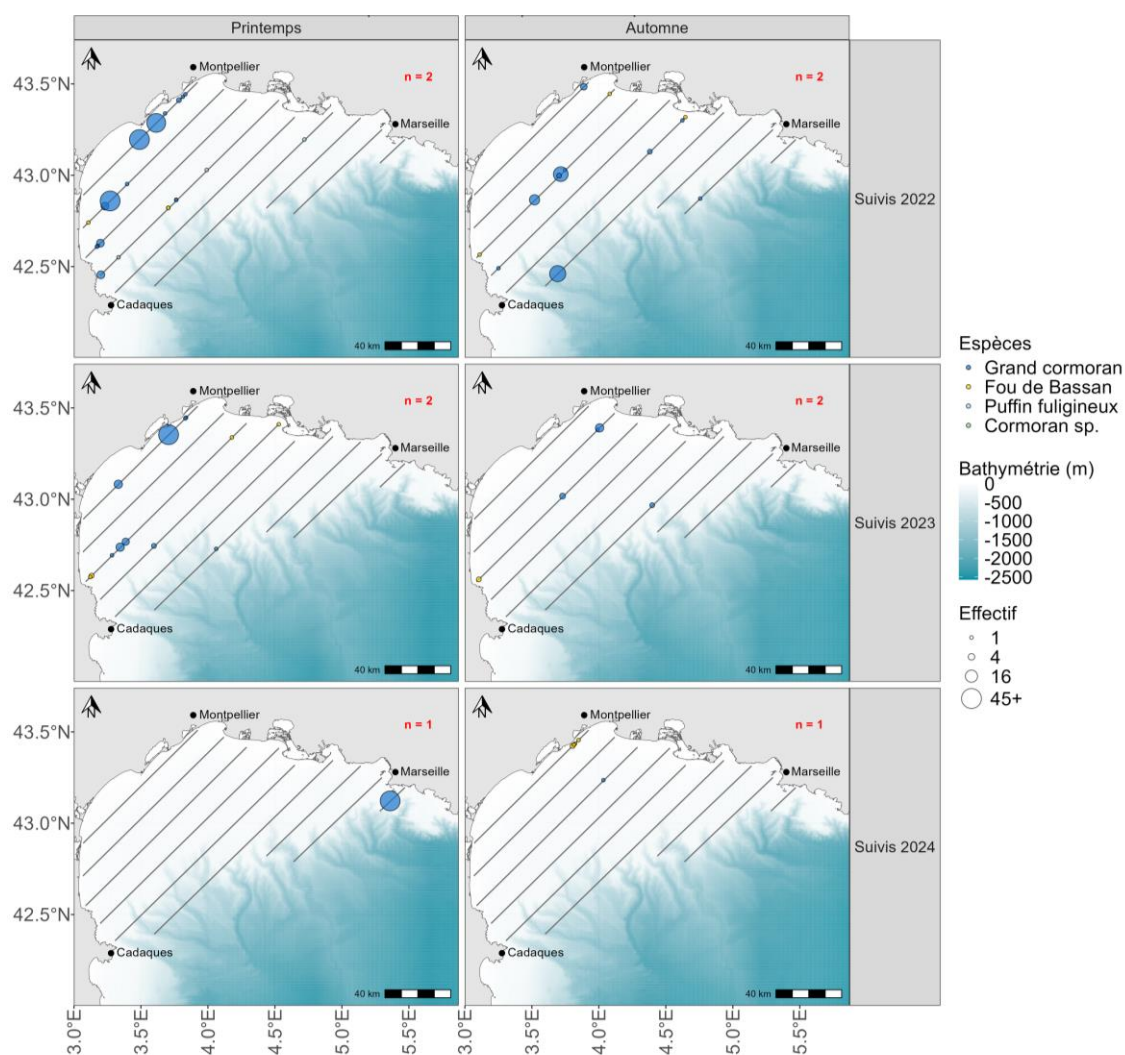


Figure 46 : Cartographie de synthèse des observations des autres espèces occasionnelles d’oiseaux marins - Expertises nautiques 2022-2024.

Lors des campagnes MIGRALION, des mouvements de **Grands Cormorans** ont été notés au large du golfe du Lion lors de la migration postnuptiale.

Les autres espèces (Fou de Bassan, Puffin fuligineux) sont anecdotiques dans le golfe du Lion.

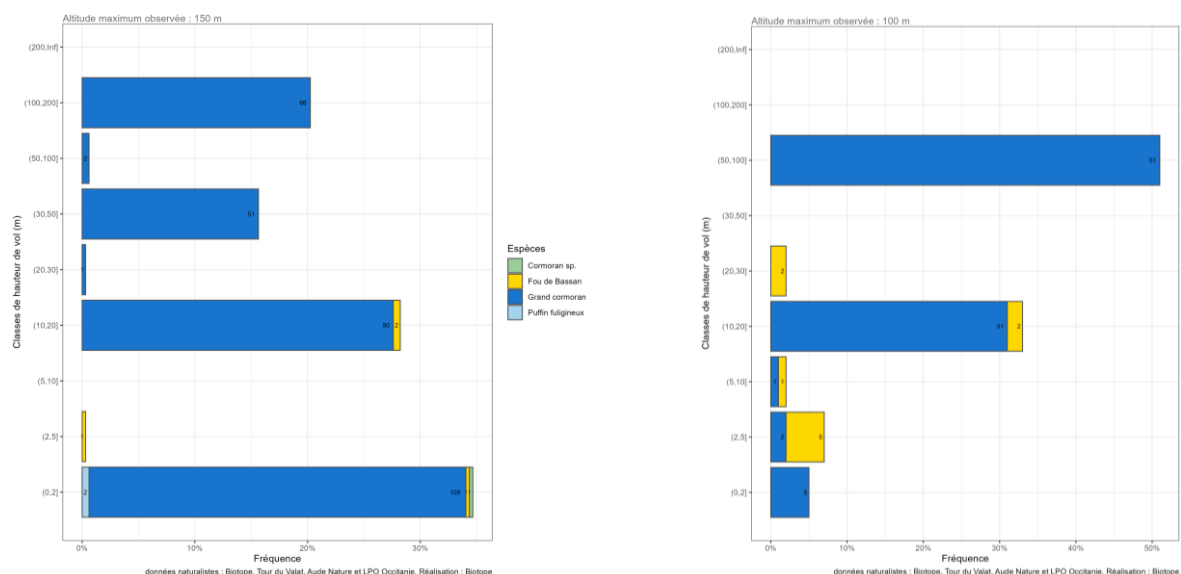


Figure 47 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les autres espèces occasionnelles d’oiseaux marins - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vol relevées pour les grands Cormorans sont très variables et peuvent atteindre 100 - 200 mètres d’altitude selon les conditions observées en mer.

3.3.2 Analyses des données récoltées pour les oiseaux migrants terrestres

• Les Anatidés

o Canard souchet, Tadorne de Belon, Canard colvert, Sarcelle sp.

Tableau 17 : Répartitions des effectifs d’Anatidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Canard colvert	7 (15%)					
Canard souchet			35 (76%)	16 (80%)		
Canard sp				1 (5%)		

Sarcelle sp		3 (15%)			
Tadorne de Belon	9 (100%)	4 (9%)			
Total Anatidé	9	46	20	0	0

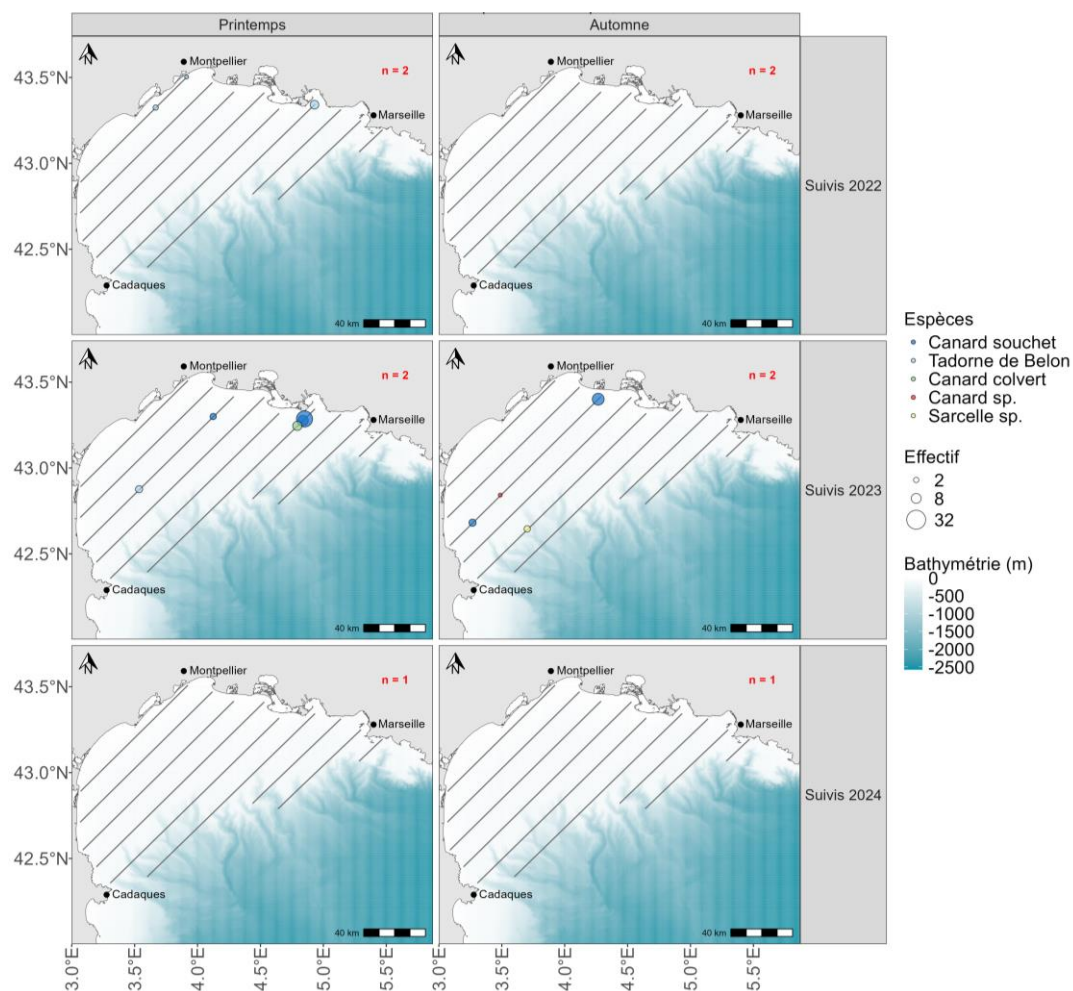


Figure 48 : Cartographie de synthèse des observations des Anaditès lors des expertises nautiques 2022-2024.

Aucun individu en vol en Snapshot

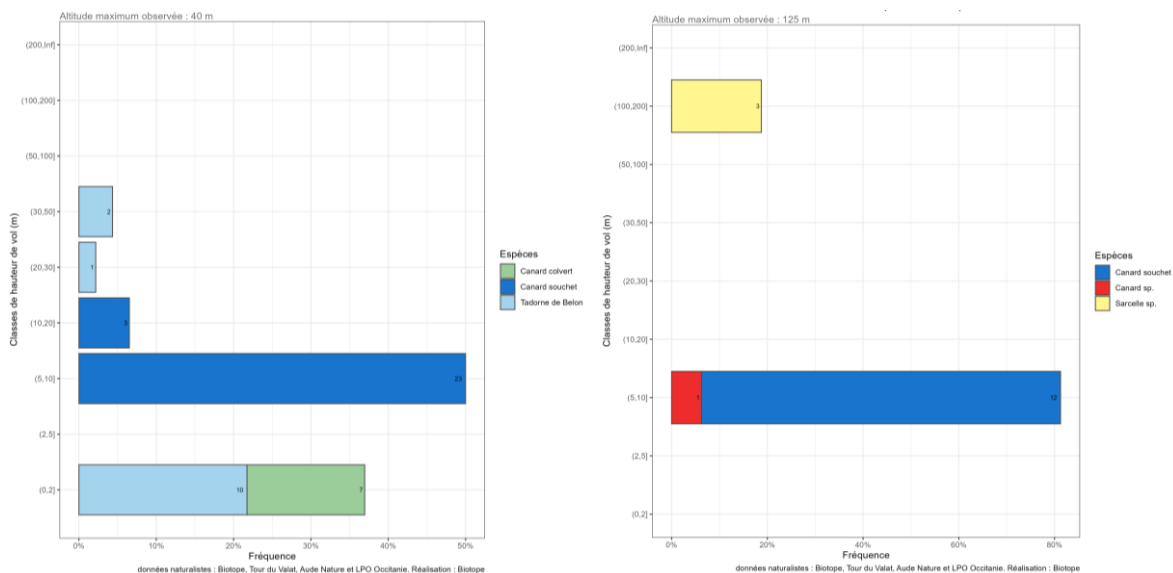
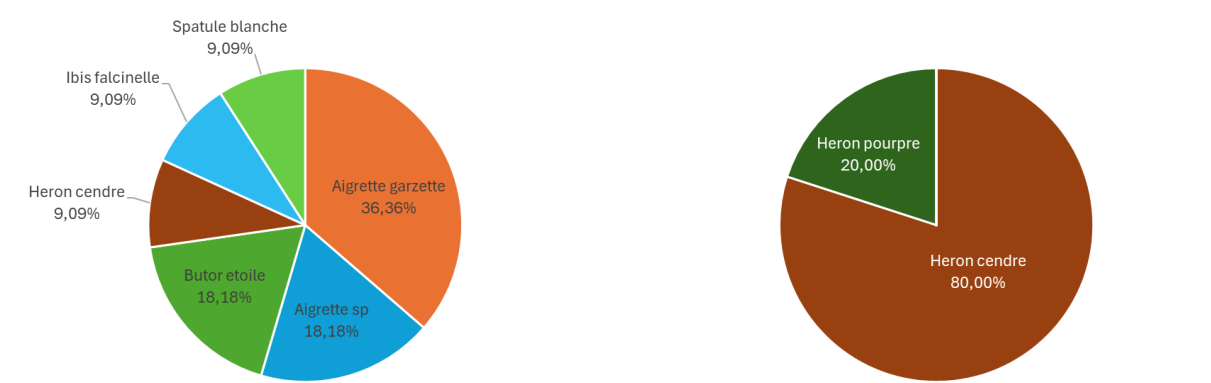


Figure.49 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les anatidés.

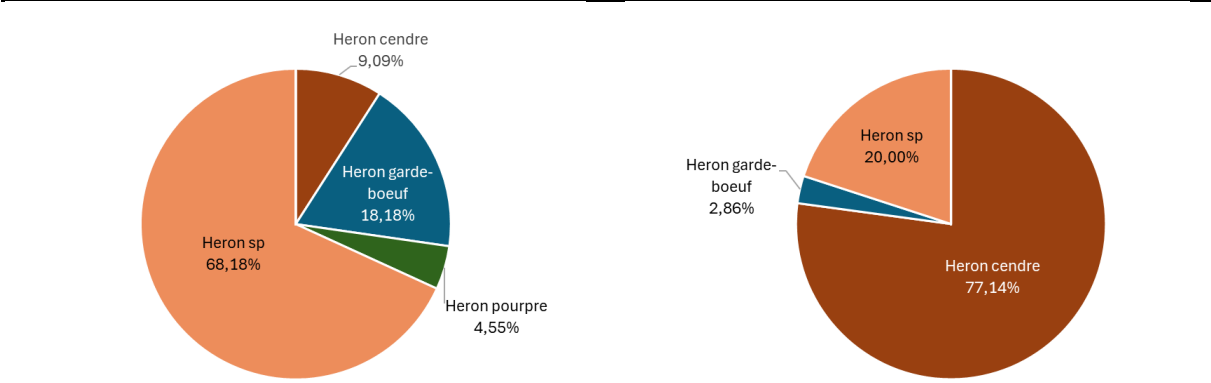
• Les Ardéidés et espèces associées

o Héron cendré, Aigrette garzette, Ibis falcinelle, Héron garde bœuf, Héron pourpre, Butor étoilé, Spatule blanche

2022	
Prénuptiale (n=11)	Postnuptiale (n=5)



2023	
Prénuptiale (n=22)	Postnuptiale (n=35)



2024	
Prénuptiale (n=18)	Postnuptiale (n=57)

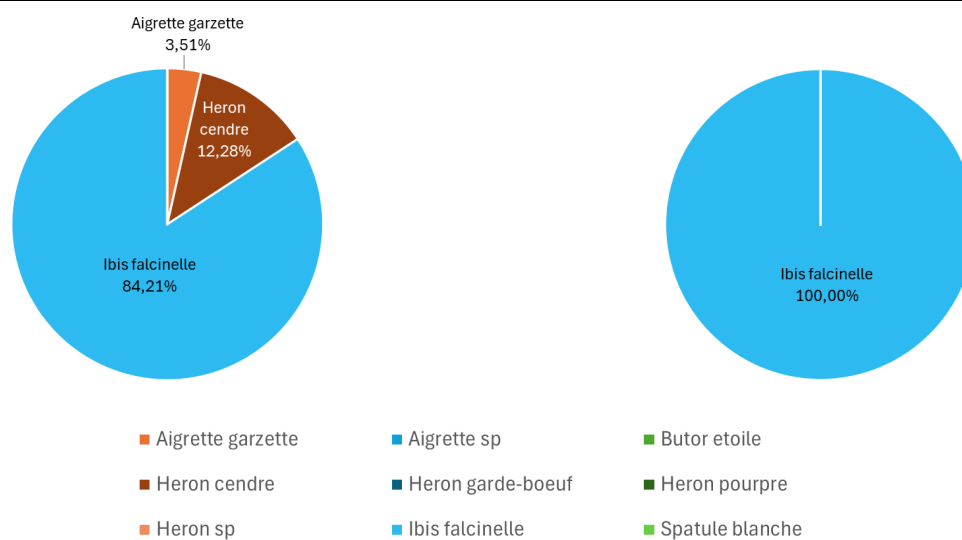


Figure 50: Comparaison des répartitions des effectifs des Ardéidés et espèces associées par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.

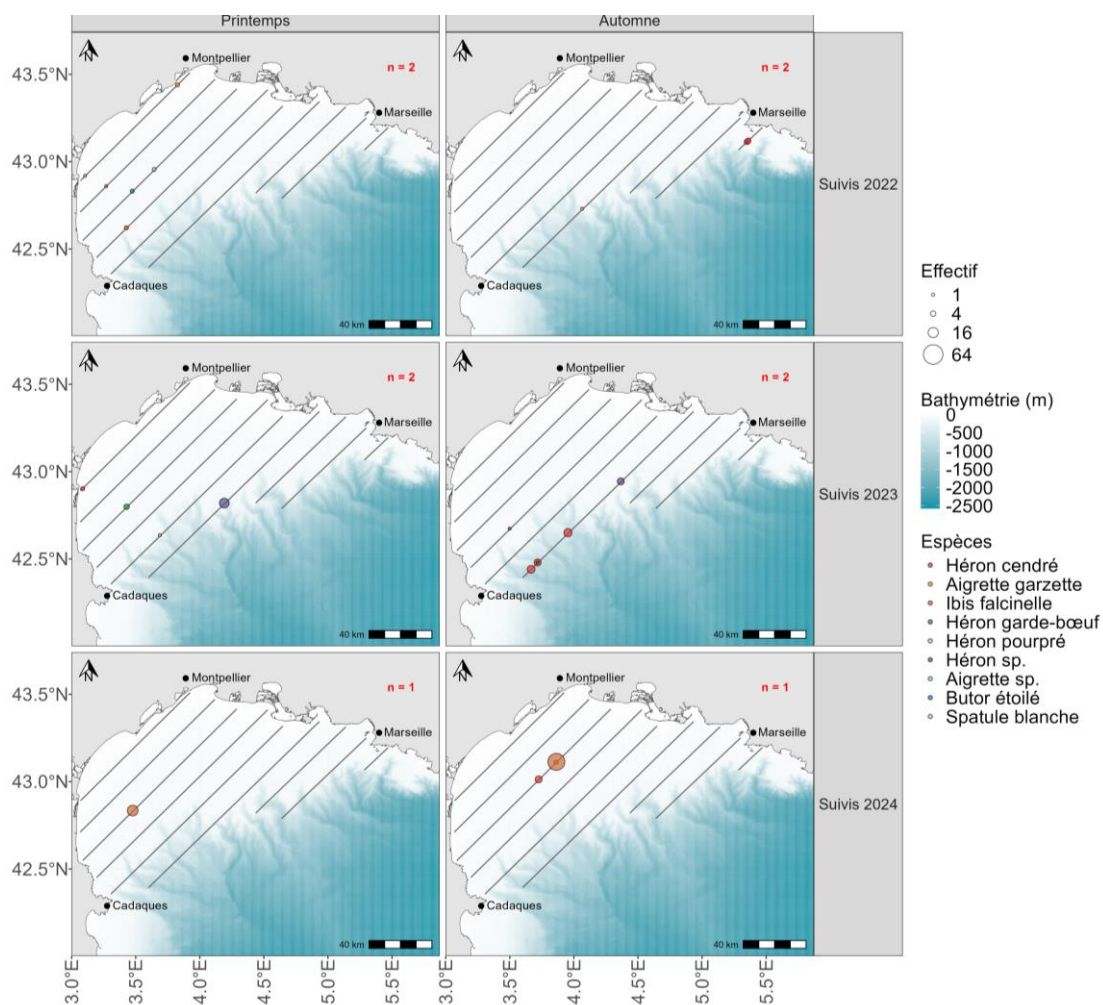


Figure 51 : Cartographie de synthèse des observations des ardéidés et espèces associées lors des expertises nautiques 2022-2024.

Différentes espèces d'Ardéidés ont été contactées lors des campagnes MIGRALION comme le **Héron cendré**, l'**Aigrette garzette**, l'**Ibis falcinelle**, le **Héron garde bœuf**, le **Héron pourpré**, le **Butor étoilé** ou encore la **Spatule blanche**. Toutes ces espèces semblent migrer essentiellement de nuits ou en début de matinée/fin de journée ce qui peut limiter leur détectabilité de jour. La multiplication des stations de suivi acoustiques permettra probablement de mieux cerner la migration de ces espèces.

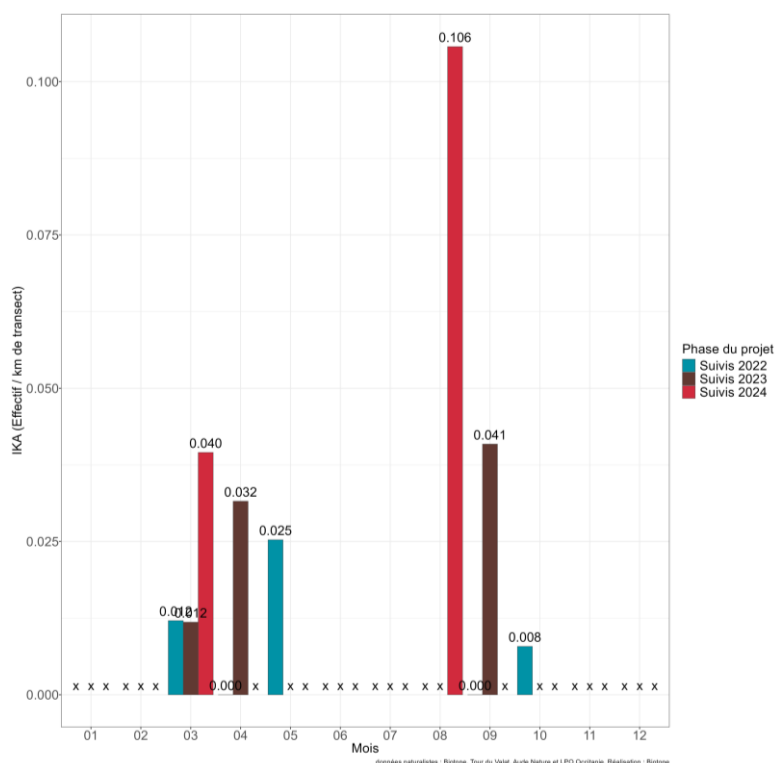


Figure 52 : Indice kilométrique d’abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des Ardéidés et espèces associées pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.

Les hauteurs de vol des Ardéidés sont très variables avec des hauteurs parfois importantes aux alentours entre 50 et 200 mètres d’altitude.

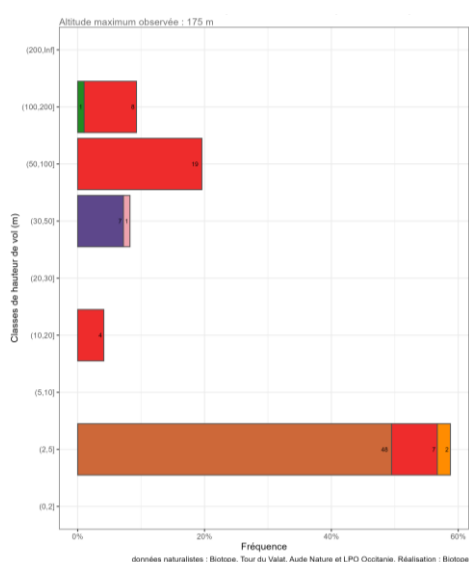
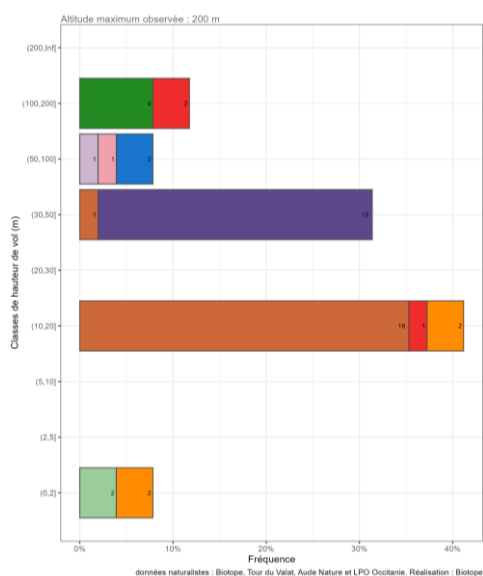
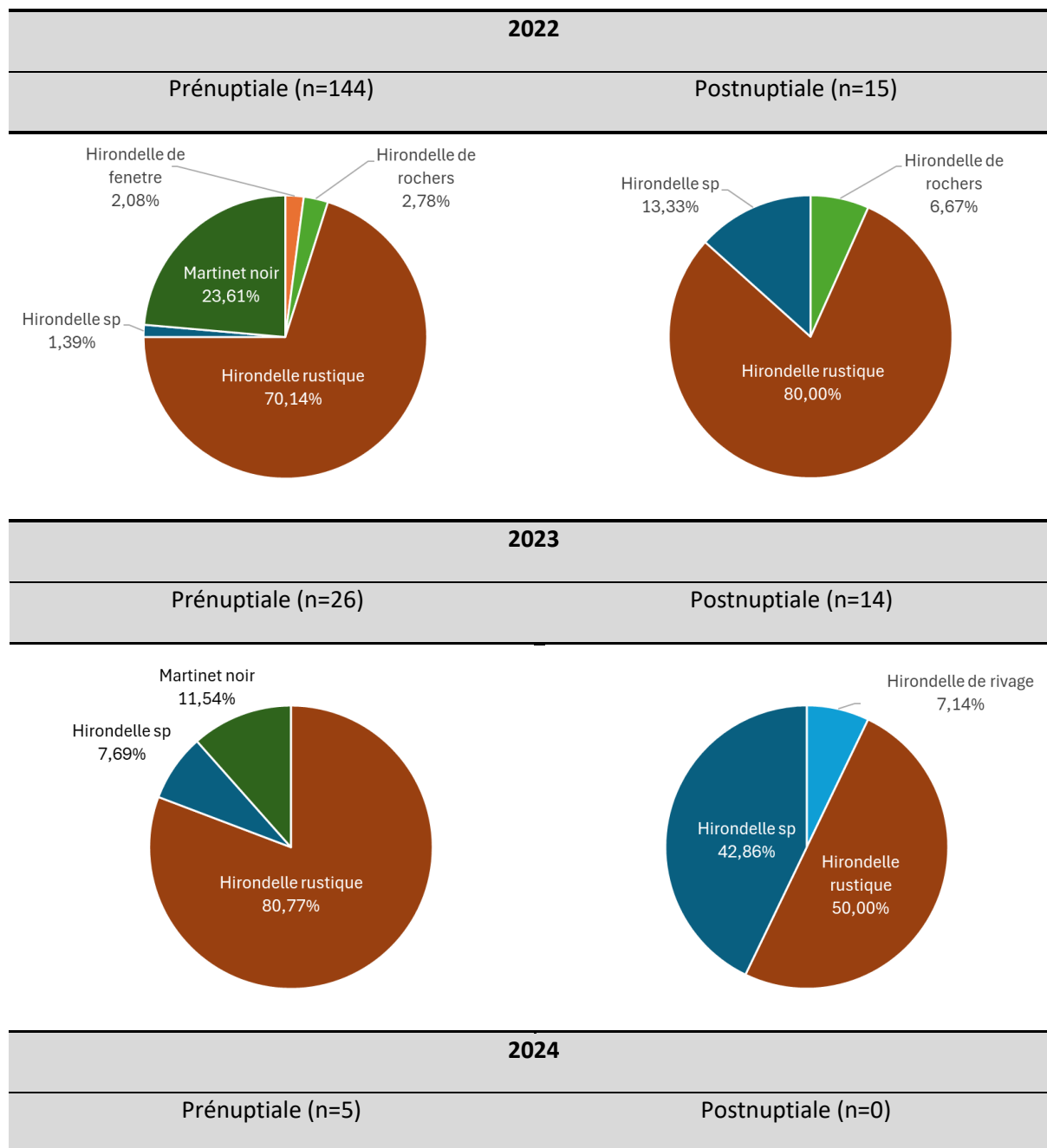
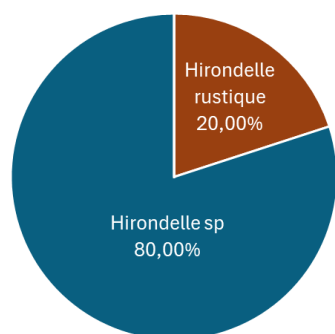


Figure 53 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les ardéidés et espèces associées.

• **Les Hirundinidés et espèces associées (Martinet noir)**

o Hirondelle de rochers, Hirondelle de fenêtre, Hirondelle de rivage, Martinet noir





Aucune hirondelle ni aucun martinet

- Hirondelle de fenetre
- Hirondelle de rivage
- Hirondelle de rochers
- Hirondelle rustique
- Hirondelle sp
- Martinet noir

Figure 54: Comparaison des répartitions des effectifs d’Hirundinidés et Apodidés par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d’observation.

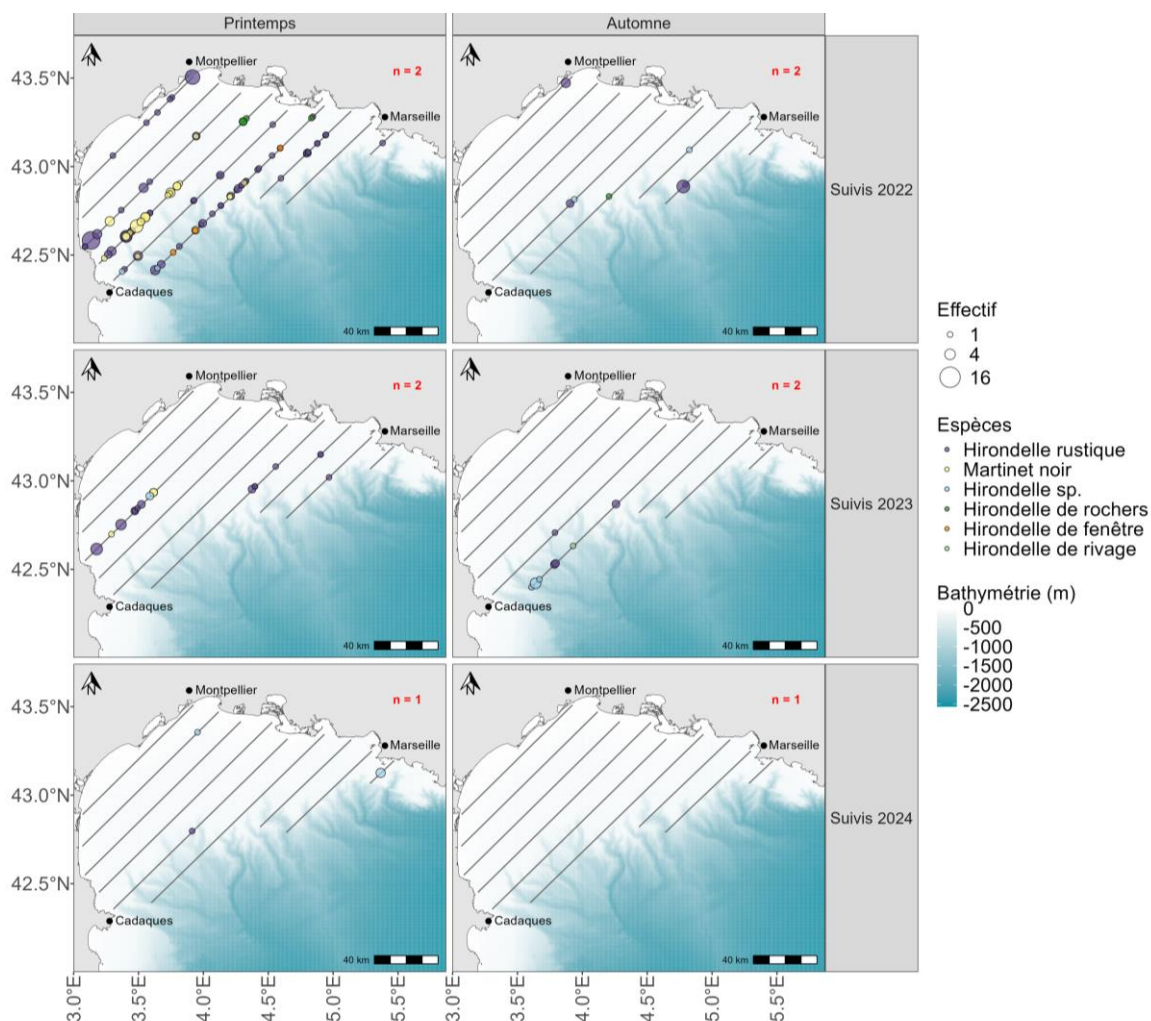


Figure 55 : Cartographie de synthèse des observations des hirondelles et martinets lors des expertises nautiques 2022-2024.

Capables de voler sur de longues distances sans se poser et communes, les hirondelles sont souvent observées en halte migratoire ou en migration active sur le littoral méditerranéen. Différentes espèces se rencontrent ainsi dans le golfe du Lion.

Migratrice au long cours, l'**Hirondelle rustique**, semblent suivre une voie occidentale qui traverse la France puis la péninsule Ibérique. Pour cette espèce, les voies terrestres ne semblent pas toujours privilégiées et d'importants passages sont ainsi notés au niveau des îles méditerranéennes comme les Baléares, la Corse ou la Sardaigne (Musitelli., 2019). Les marais littoraux continentaux (Camargue, étangs languedociens etc.) et insulaires (site de Prunete en Corse notamment) semblent jouer un rôle important comme site de halte migratoire. Les données collectées dans le cadre des campagnes MIGRALION viennent attester la fréquentation du golfe du Lion par l'espèce notamment durant la migration prénuptiale.

L'**Hirondelle de fenêtre** est l'un des migrateurs transsahariens les plus communs d'Europe et de France. Deux axes de migrations majeurs concernent cette espèce avec un axe sur le littoral atlantique et un autre dans la vallée du Rhône. Le littoral méditerranéen est largement fréquenté par l'espèce avec des effectifs importants observés sur les sites de suivis de la migration. La présence d'oiseaux au large a été notée dans le cadre des campagnes MIGRALION, notamment au cours de la MIGRALION prénuptiale.

Bien que majoritairement sédentaires en Europe du Sud, les **Hirondelles de rochers** rencontrées dans le golfe du Lion proviennent des populations migratrices d'Europe du Nord. Plusieurs observations au large attestent la traversée du golfe du Lion par cette espèce.

Les voies migratoires des **Hirondelles de rivages** concernent deux voies migratoires distinctes avec d'un côté, une voie « atlantique » avec les oiseaux originaires des îles britanniques, de France, Belgique et des Pays Bas et une voie qui concerne la moitié est de la France dont les individus fréquenteraient le littoral méditerranéen (France, Espagne, Italie, Balkans etc.) et qui concerne des oiseaux des populations d'Allemagne et de Fennoscandie notamment (Guegnard et al., 2022). La traversée de la méditerranée pour cette espèce est mentionné entre la Crète, la Libye et l'Egypte (Szép, 1995). Les données de MIGRALION mettent en évidence la présence d'individus au large suggérant une traversée du golfe du Lion par cette espèce.

Enfin, le Martinet noir est également rencontré au large lors de mouvement périodique (recherche alimentaire en mer notamment) ou de mouvement migratoire plus large.

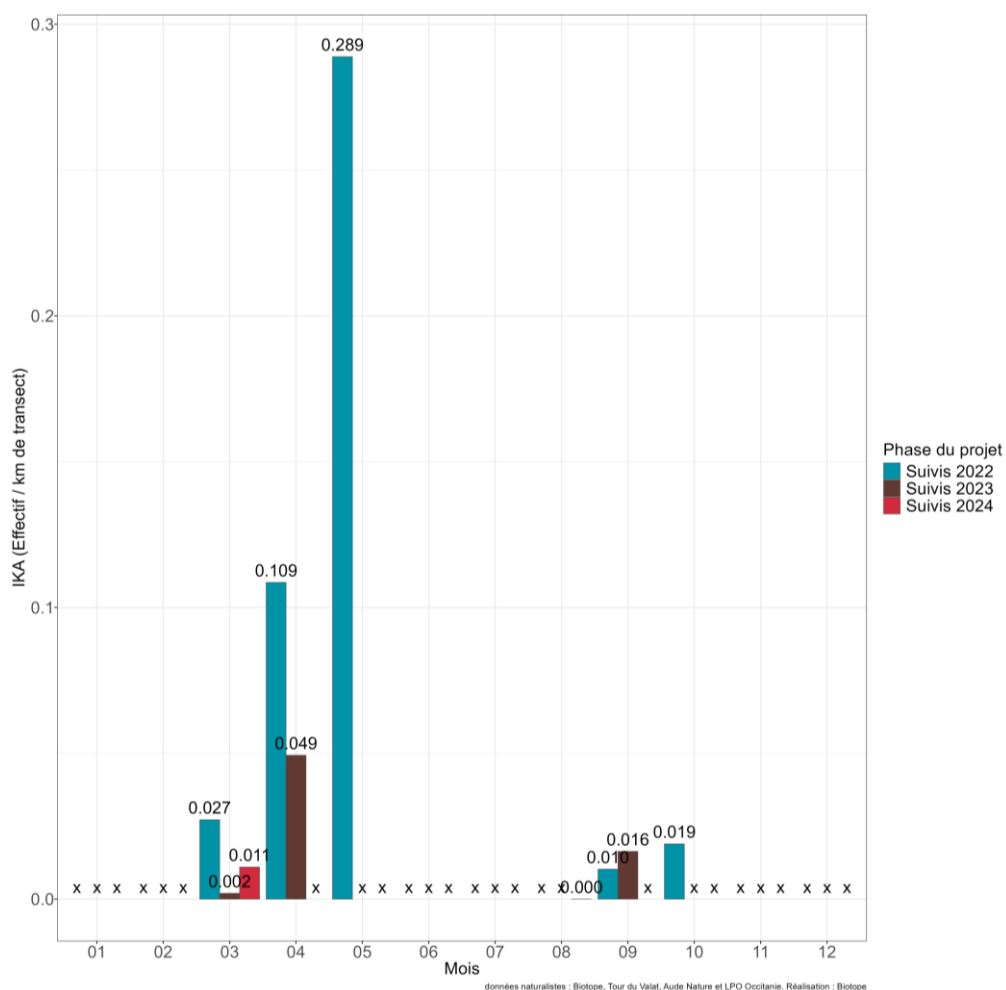


Figure 56 : Indice kilométrique d’abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des hirondelles et martinets pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.

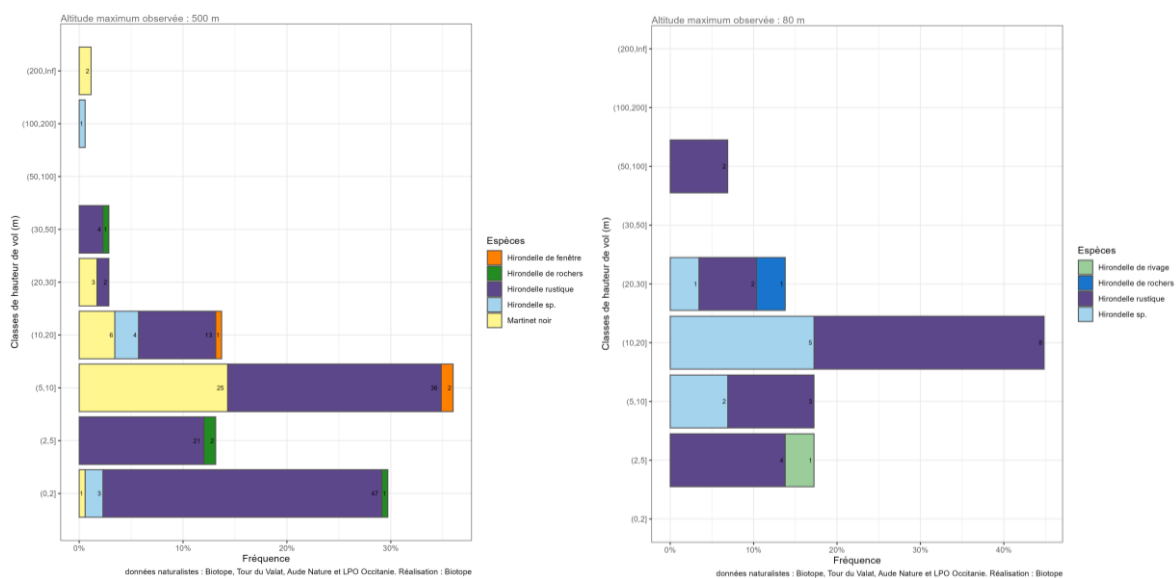


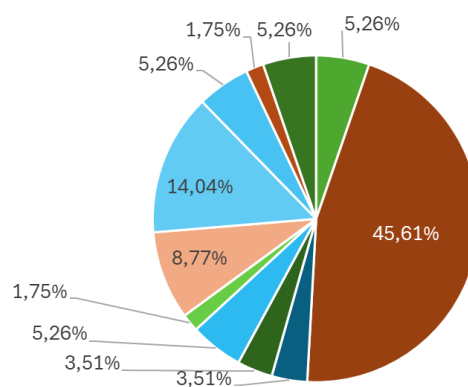
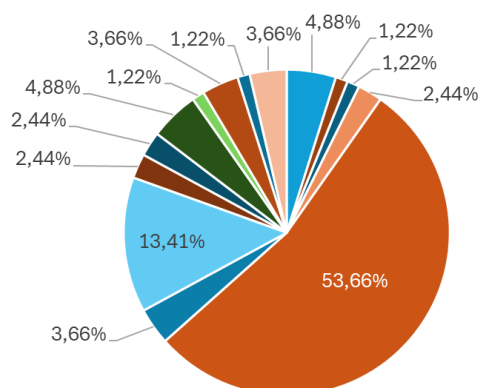
Figure.57 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les hirondelles et martinets.

• Les passereaux

2022

Prénuptiale (n=82)

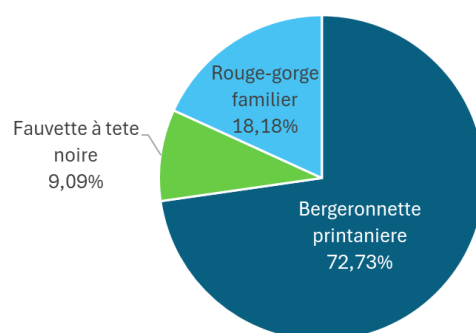
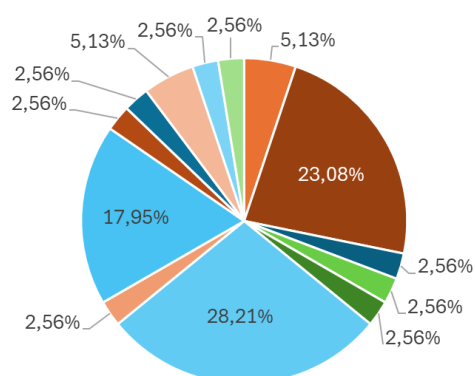
Postnuptiale (n=57)



2023

Prénuptiale (n=39)

Postnuptiale (n=11)



2024

Prénuptiale (n=39)

Postnuptiale (n=2)

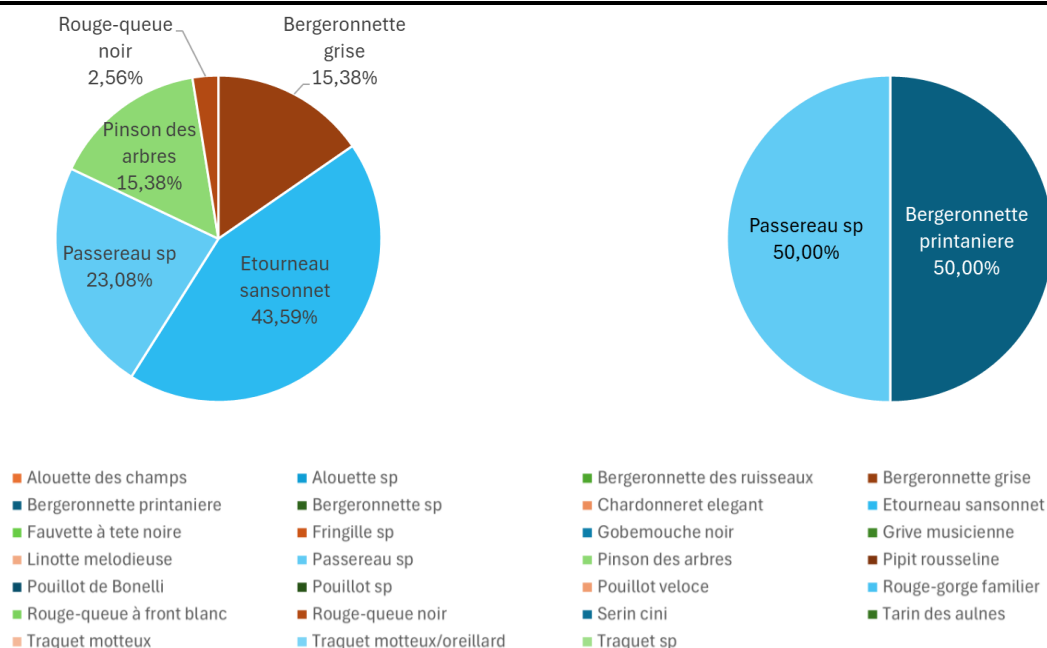


Figure 58: Comparaison des répartitions des effectifs de passereaux par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. * n = effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.

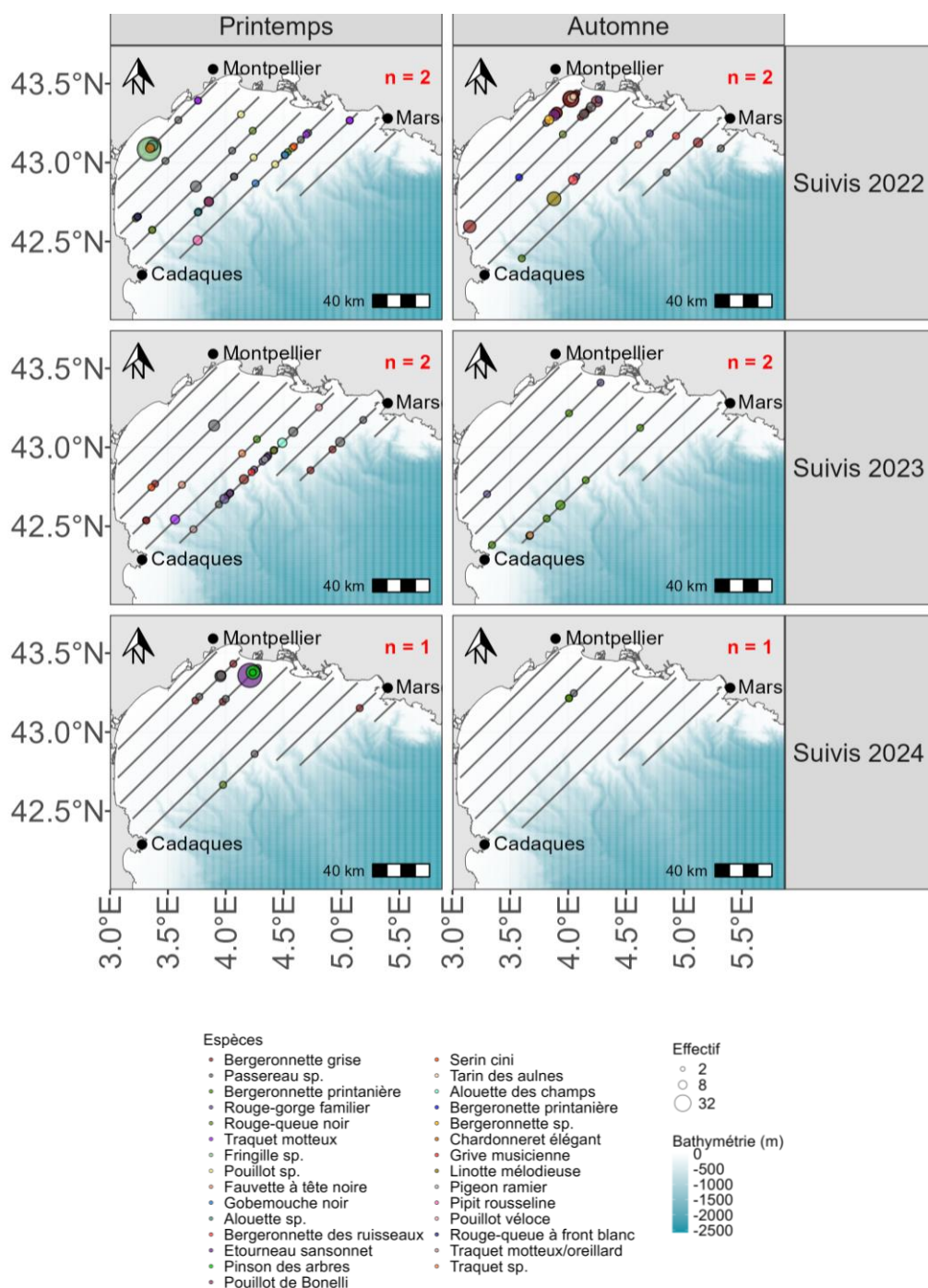


Figure 59 : Cartographie de synthèse des observations des passereaux lors des expertises nautiques 2022-2024.

La cartographie des observations des **passereaux** montre la diversité des espèces rencontrées dans le golfe du Lion durant les migrations pré et post nuptiales. On y retrouve de nombreuses familles comme les Turdidés (rougequeues, grives sp. etc.), les Motacillidés (bergeronnettes sp.), Alaudidés (alouettes sp.) ou encore les Fringillidés (pinsons, tarins, serins etc.) qui traversent le golfe du Lion. La plupart des observations de passereaux ont été notées au petit matin, à faible altitude et correspondant à des oiseaux à la recherche de reposoir ou de halte à la suite d'une traversée nocturne du golfe du Lion.

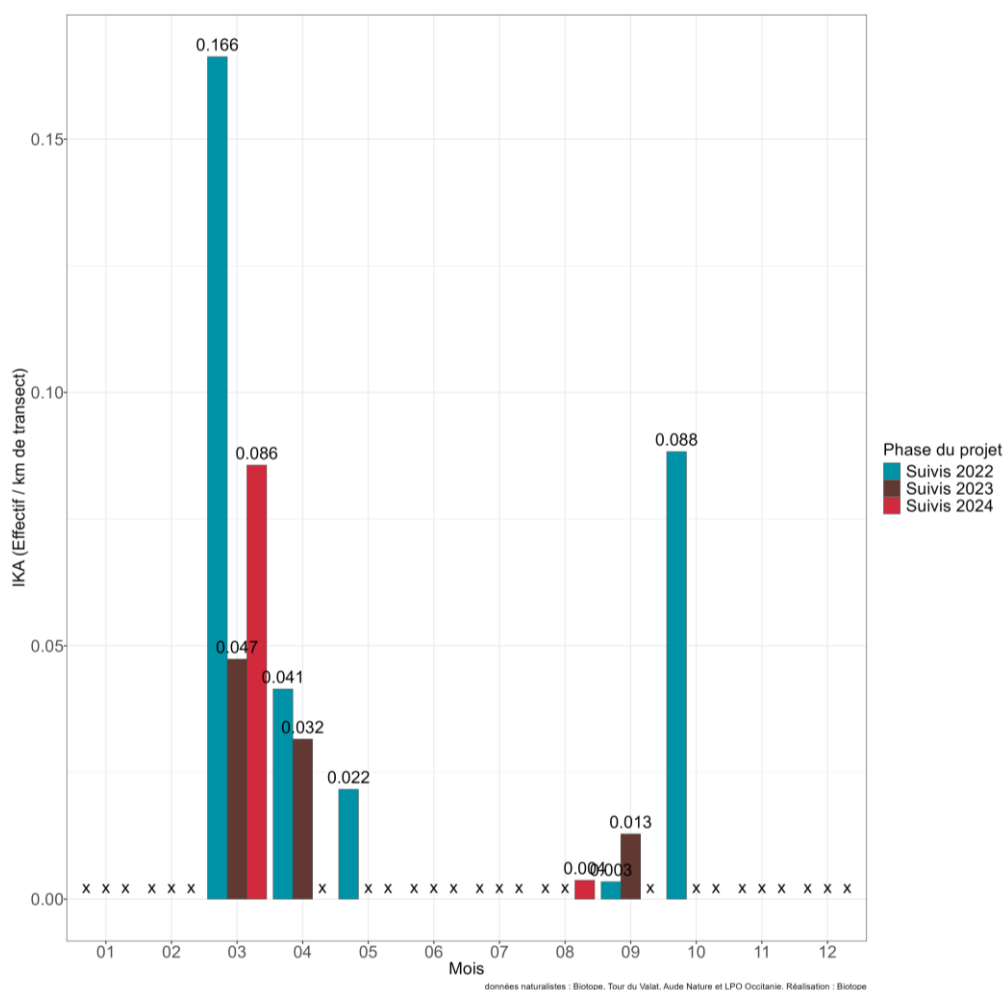
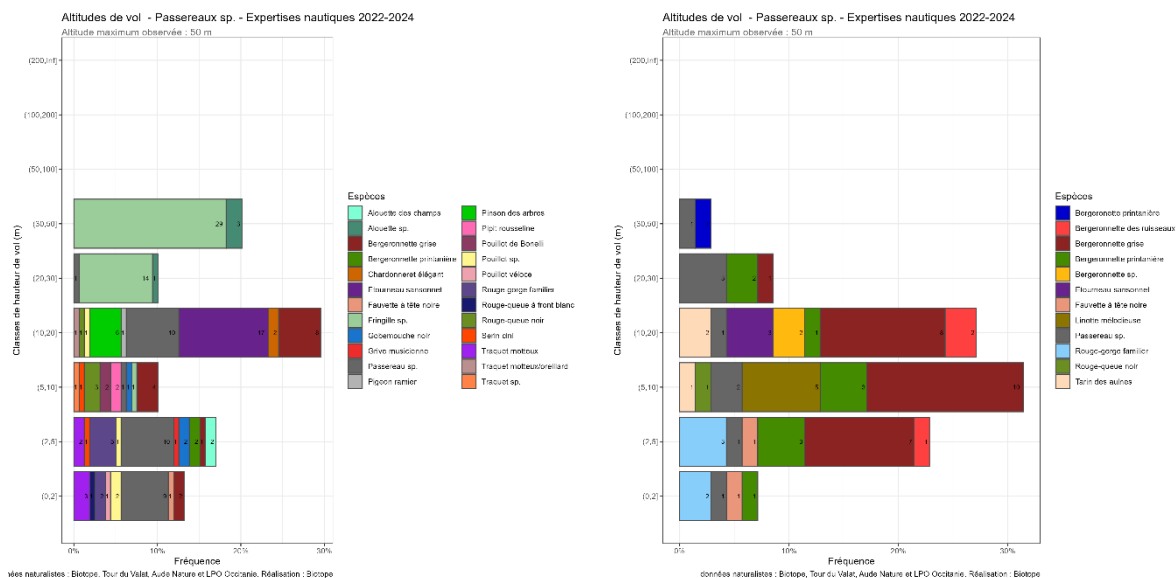


Figure 60 : Indice kilométrique d’abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des passereaux pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



• Les petits échassiers

o Avocette élégante, Bécasseau variable, Chevalier gambette, Chevalier sylvain, Gravelot à collier interrompu, Huitrier pie, Echasse blanche

Tableau 18 : Répartitions des effectifs de petits échassiers par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Avocette élégante	29 (23%)					
Bécasseau variable		2 (100%)				
Chevalier gambette	1 (<1%)					
Chevalier sylvain			10 (91%)			

Echasse blanche	90 (72%)					
Gravelot à collier interrompu	2 (2%)					
Huître pie	1 (<1%)					
Limicole sp	2 (2%)	4 (100%)	1 (9%)			
Total petits échassiers	125	2	4	11	0	0

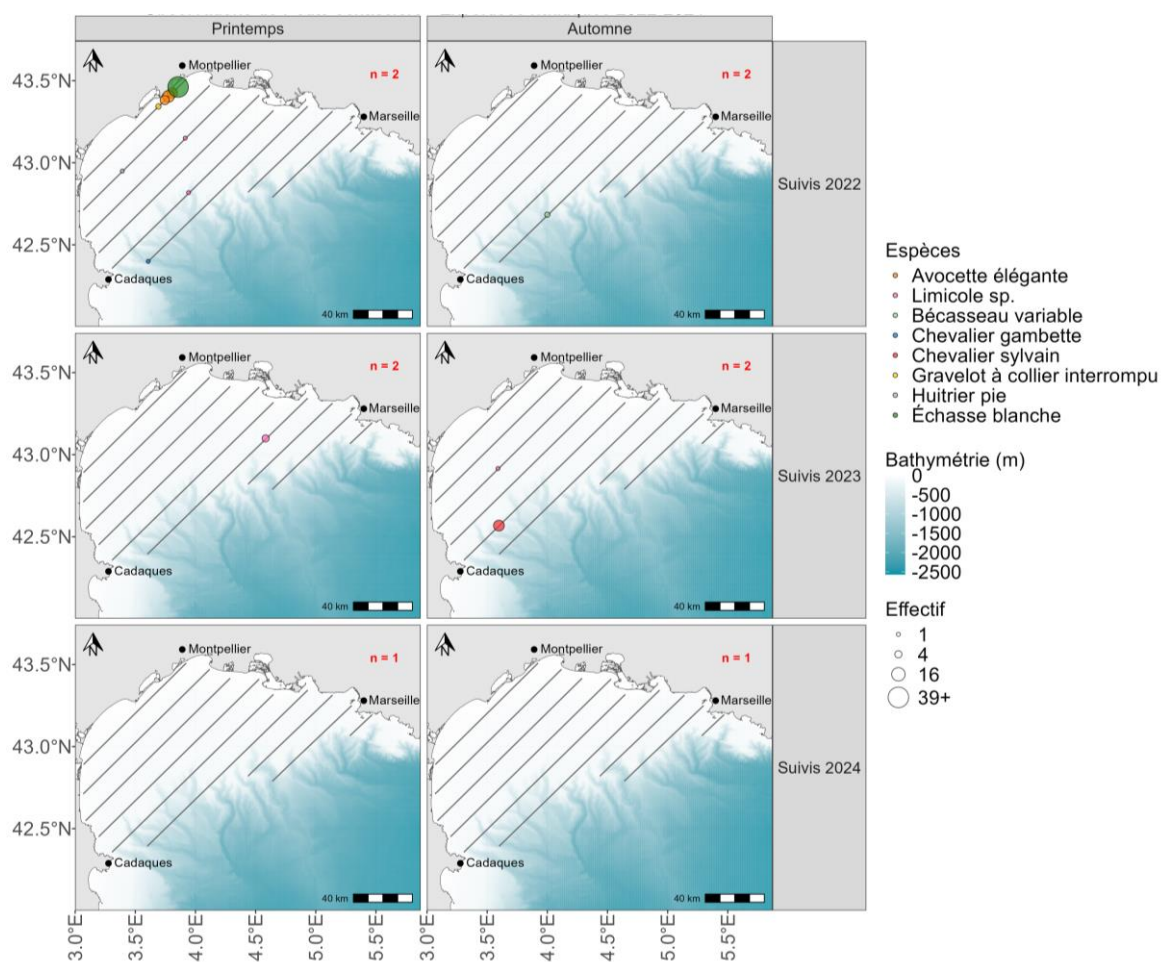


Figure 62 : Cartographie de synthèse des observations des petits échassiers lors des expertises nautiques 2022-2024.

Les observations de petits échassiers lors des campagnes MIGRALION sont diffusent et concernent essentiellement des observations en bordure de littoral ou quelques individus isolés en migration active dans le golfe

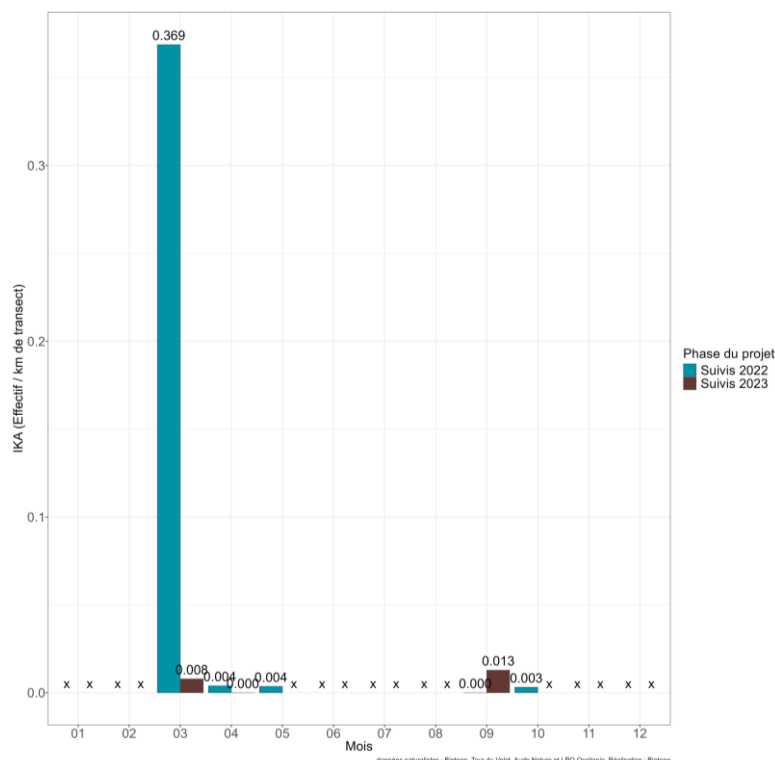


Figure 63 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des petits échassiers pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.

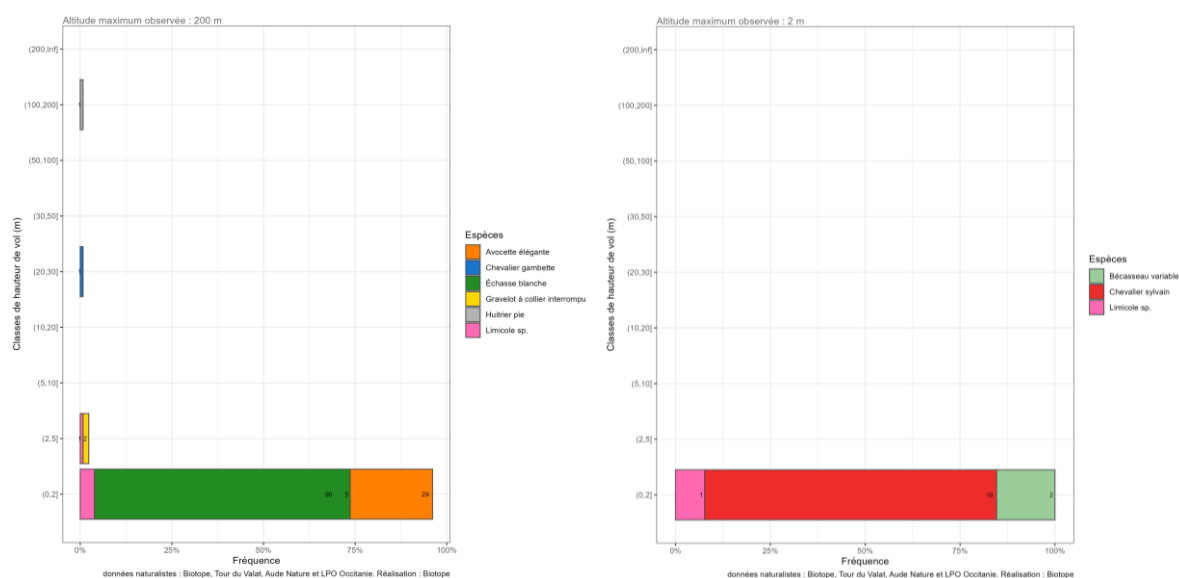
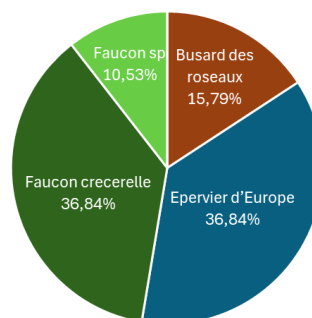
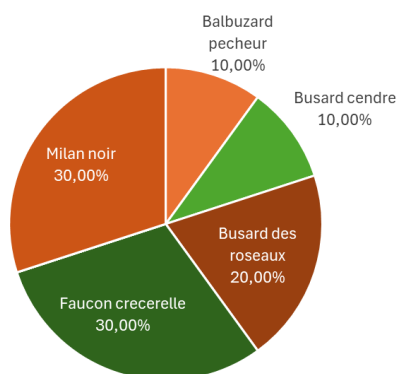


Figure 64 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les petits échassiers.

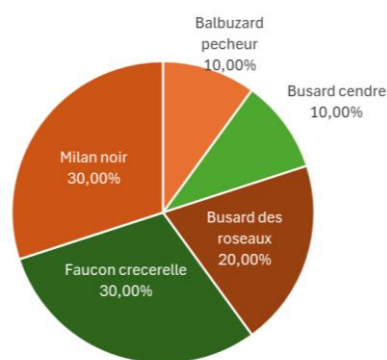
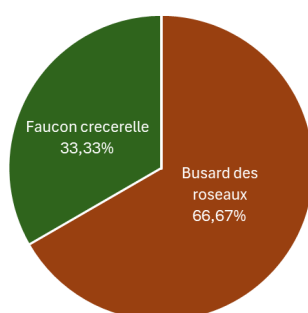
• Les rapaces

o Faucon crécerelle, Faucon crécerellette, Faucon kobez, Busard cendré, Busard pâle, Busard des roseaux, Epervier d'Europe, Balbuzard pêcheur, Bondrée apivore, Milan noir

2022	
Prénuptiale (n=10)	Postnuptiale (n=19)



2023	
Prénuptiale (n=3)	Postnuptiale (n=14)



2024	
Prénuptiale (n=1)	Postnuptiale (n=1)

- Balbuzard pêcheur
- Bondrée apivore
- Busard cendré
- Busard des roseaux
- Epervier d'Europe
- Faucon crécerelle
- Faucon crécerelle/crécerellette
- Faucon kobez
- Faucon sp
- Milan noir

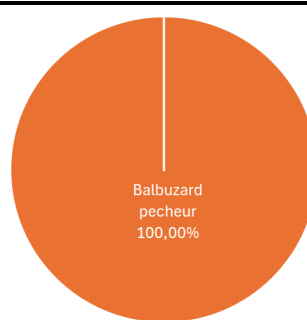
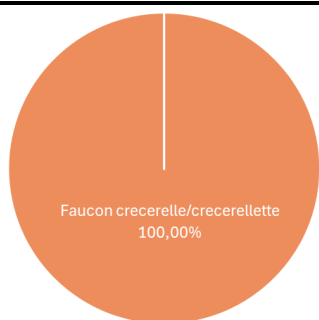
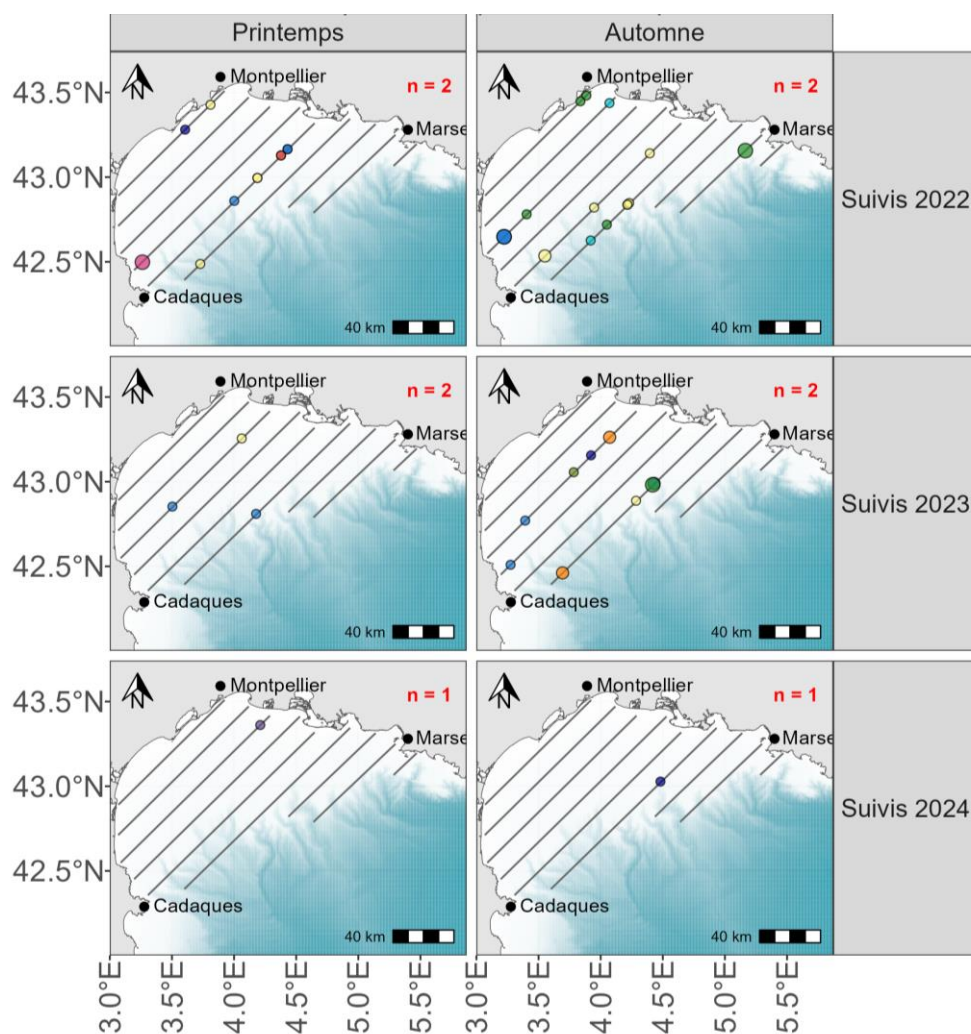


Figure 65: Comparaison des répartitions des effectifs des rapaces par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.



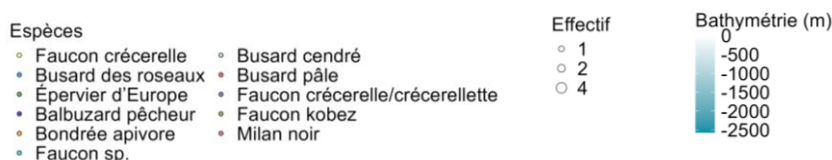


Figure 66 : Cartographie de synthèse des observations des rapaces lors des expertises nautiques 2022-2024.

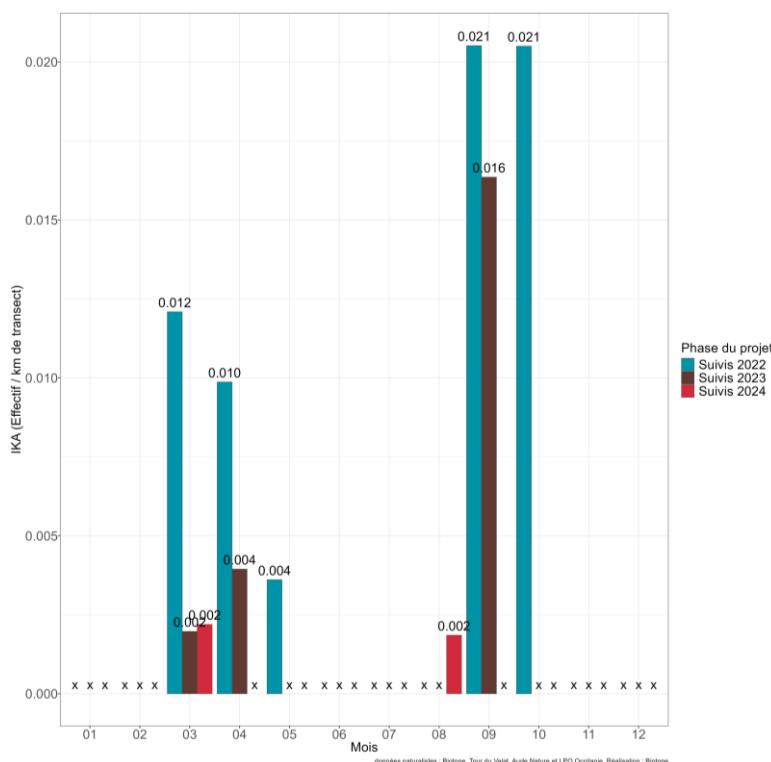


Figure 67 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des rapaces pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.

Migrateurs diurnes, différentes espèces de rapaces fréquentent le golfe du Lion en migration. La présence d'oiseaux au large semble plus marquée en migration pré-nuptiale qu'en migration post-nuptiale.

Le **Faucon crécerelle** et l'**Épervier d'Europe** figurent parmi les espèces les plus observées. Plusieurs individus ont ainsi été observés lors de la migration pré et post-nuptiale avec des oiseaux isolés et observés au centre du golfe du Lion et au niveau des canyons. D'autres espèces moins communes comme le **Faucon kobez** ainsi de probables **Faucon crécerellette (identifié comme Faucon crécerelle/crécerellette)** ont également été observés. Le **Faucon crécerellette** est notamment connu pour longer la côte méditerranéenne afin de rejoindre ses quartiers d'hivernage. Les données GPS mentionnent ponctuellement des traversées directes de la méditerranée par certains individus.

Une partie de la population de **Balbusard pêcheur** effectue des migrations de long court et migrent jusqu'en Afrique de l'Ouest. La traversée de la Méditerranée est bien connue pour cette espèce. 3 balbusard pêcheurs ont été contactés lors des suivis en mer et sur les deux saisons de migration.

La **Bondrée apivore** a également été observée en migration prénuptiale lors des campagnes tardives du mois de mai. Bien que la majeure partie des bondrées semblent emprunter des voies de migration terrestres en migration postnuptiale, les passages maritimes par le golfe du Lion semblent plus marqués au printemps comme le suggèrent les observations dans le cadre de MIGRALION. Ce phénomène semble conforté par des observations ponctuelles d'oiseaux en migration actives en provenance du large depuis les îlots provençaux (îles d'Hyères)

Enfin, les Busards (**Busard des roseaux**, **Busard cendré**, **Busard pâle**) et le **Milan noir** ont également été notés au large.

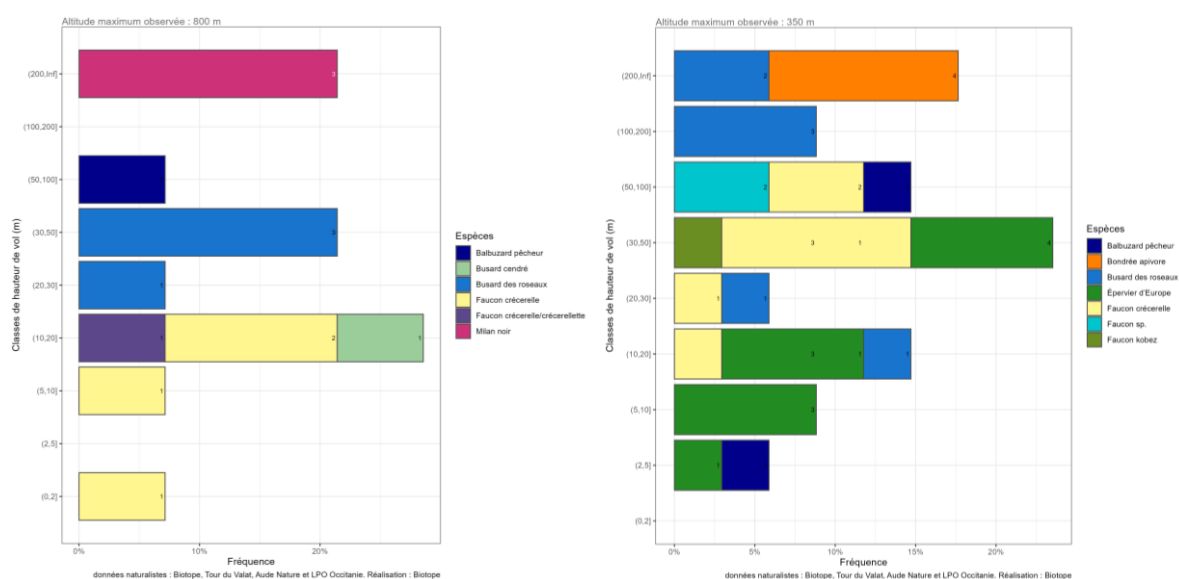


Figure 68 : Comparaison prénuptiale (gauche) et postnuptiale (droite) des hauteurs de vol observées lors des expertises nautiques 2022-2024 pour les rapaces.

Les altitudes de vol observées montrent une forte variabilité avec parfois des altitudes importantes supérieures à 200 mètres.

• **Autres espèces occasionnelles**

o Caille des blés, Engoulevent d'Europe, Huppe fasciée, Œdicnème criard, Pigeon biset domestique, Pigeon ramier, Tourterelle turque

Tableau 19 : Répartitions des effectifs d'autres espèces d'oiseaux occasionnelles par saison migratoire sur les trois années de suivis en expertises nautiques.

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Caille des blés						1 (100%)
Engoulevent d'Europe	2 (40%)					
Huppe fasciée	1 (20%)		1			
Œdicnème criard					1 (100%)	
Pigeon biset domestique	1 (20%)					
Pigeon ramier			1			
Tourterelle turque	1 (20%)	2 (2%)	1			
Autres espèces occasionnelles	5	0	3	0	1	1

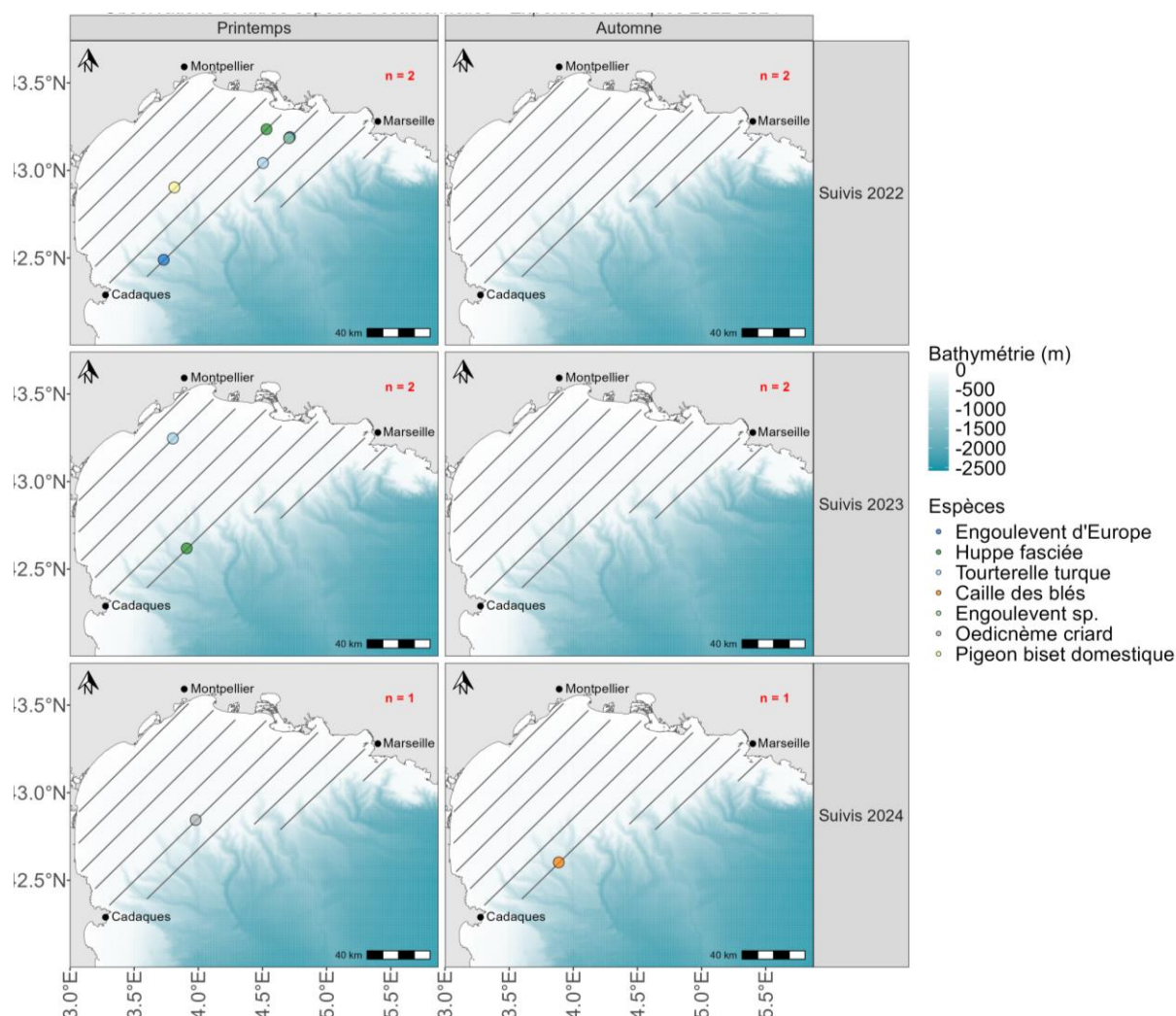


Figure.69 : Cartographie de synthèse des observations des autres espèces occasionnelles - Expertises nautiques 2022-2024.

7 espèces occasionnelles ont été observées lors des campagnes en mer, il s'agit notamment d'**Engoulevent d'Europe**, de **Caille des blés** ou de **Huppe fasciée** parfois observées au large au niveau des canyons suggérant une traversée importante de l'étendu marine. L'**Oedicnème criard**, espèce contactée par le biais des suivis acoustiques, a également été notée en mer.

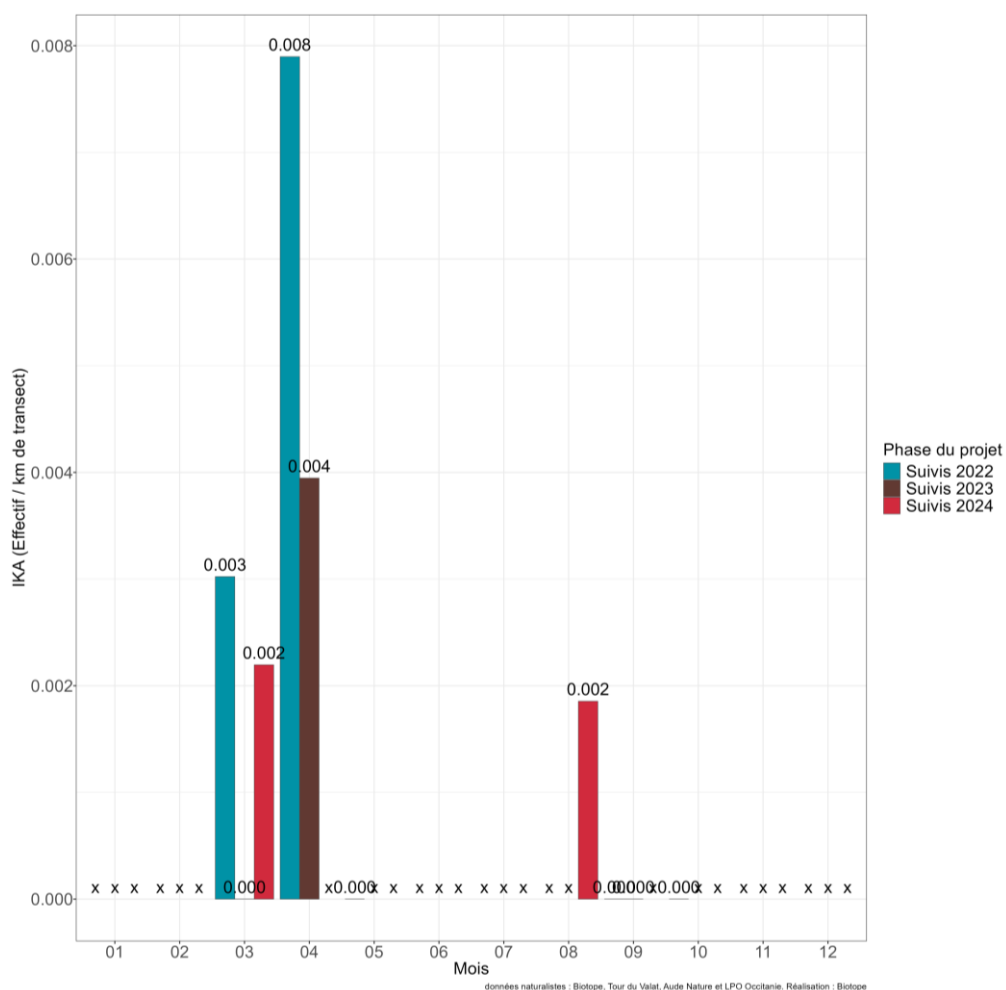


Figure 70 : Indice kilométrique d’abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des autres espèces occasionnelles pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.

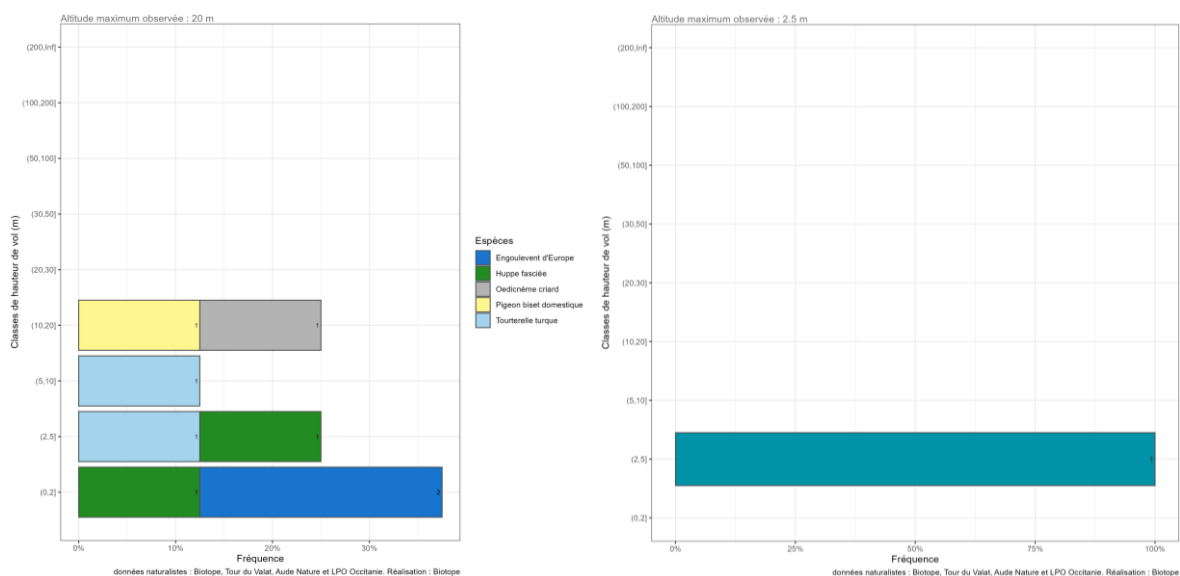


Figure 71 : Comparaison pré-nuptiale (gauche) et post-nuptiale (droite) des hauteurs de vol observées pour les autres espèces occasionnelles - Expertises nautiques 2022-2024.

3.3.3 Analyse des données collectées pour les mammifères marins

• Dauphin bleu et blanc, Grand dauphin, Rorqual commun

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Données brutes d'observations - Mammifères marins - Expertises nautiques 2022 - 2024

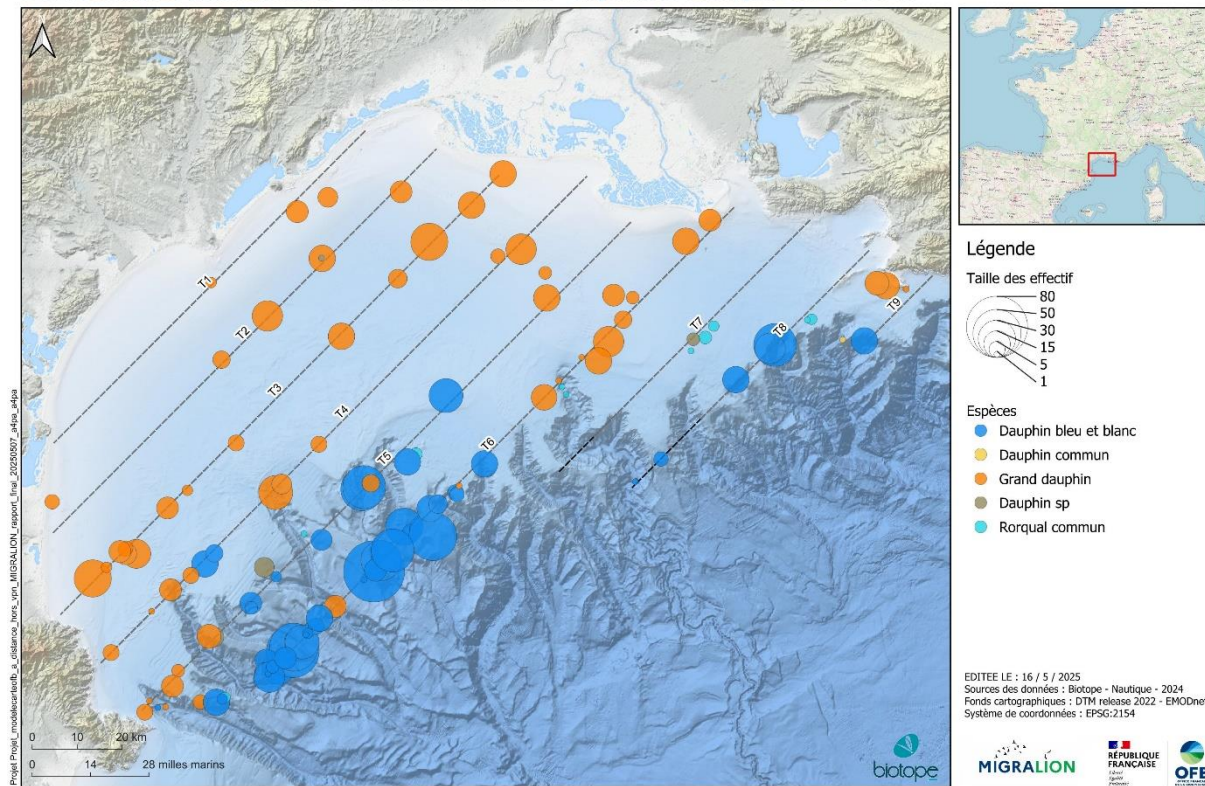
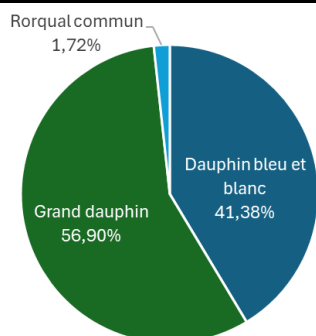


Figure 72 : Bilan des observations de mammifères marins réalisées pour les 3 années de suivi (10 campagnes).

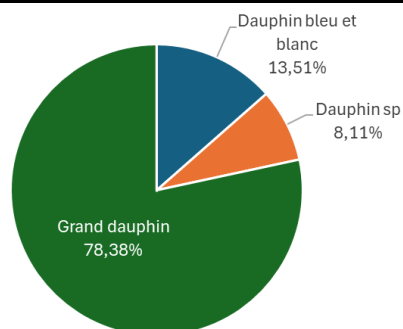
La carte présentée ci-dessus montre bien l'utilisation du golfe du Lion par les différentes espèces de mammifères marins. Le **Grand Dauphin** utilise l'intégralité du plateau continental ainsi que les zones de talus et plus ponctuellement les têtes de canyons alors que dans le même temps, le **Dauphin bleu et blanc**, plus pélagique, se cantonne strictement aux zones de canyons. Notez également la présence régulière de **Rorqual commun** au niveau des transects les plus pélagiques avec des intrusions sur le plateau continental comme le montre les observations au large de la Camargue. Enfin, le **Dauphin commun** a été rencontré dans le golfe du Lion.

2022

Printemps (n=58)

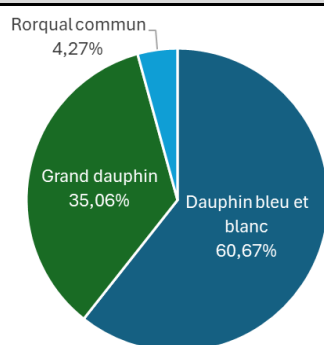


Automne (n=37)

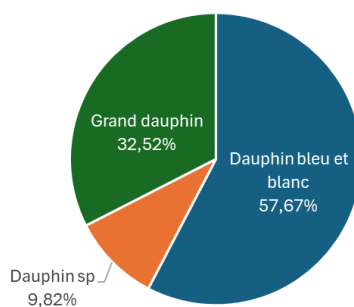


2023

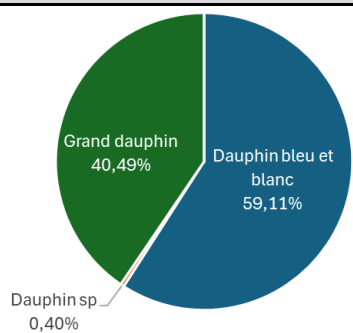
Printemps (n=328)



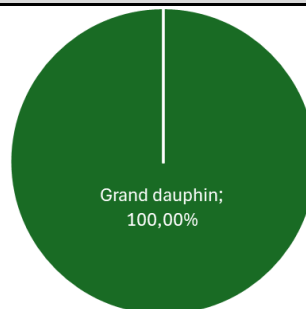
Automne (n=16)



Été (n=247)



Hiver (n=2)



2024

Été (n=480)

Hiver (n=18)

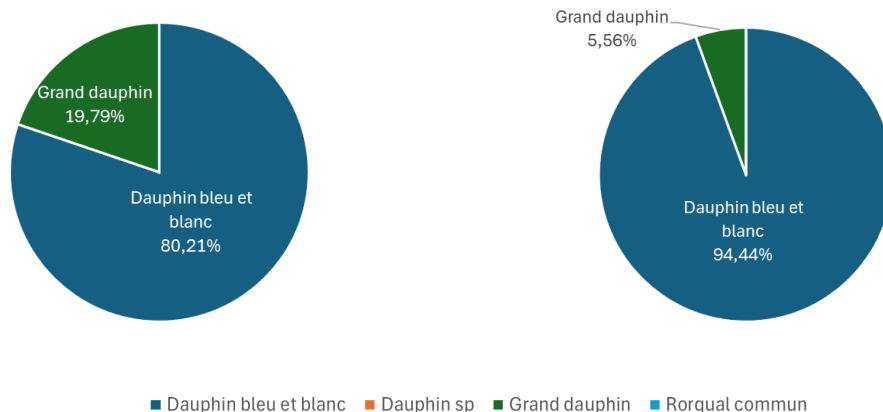


Figure 73: Comparaison des répartitions des effectifs de mammifères marins par saison sur les trois années de suivis en expertises nautiques. *n= effectifs saisonniers ; **La répartition des effectifs ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.

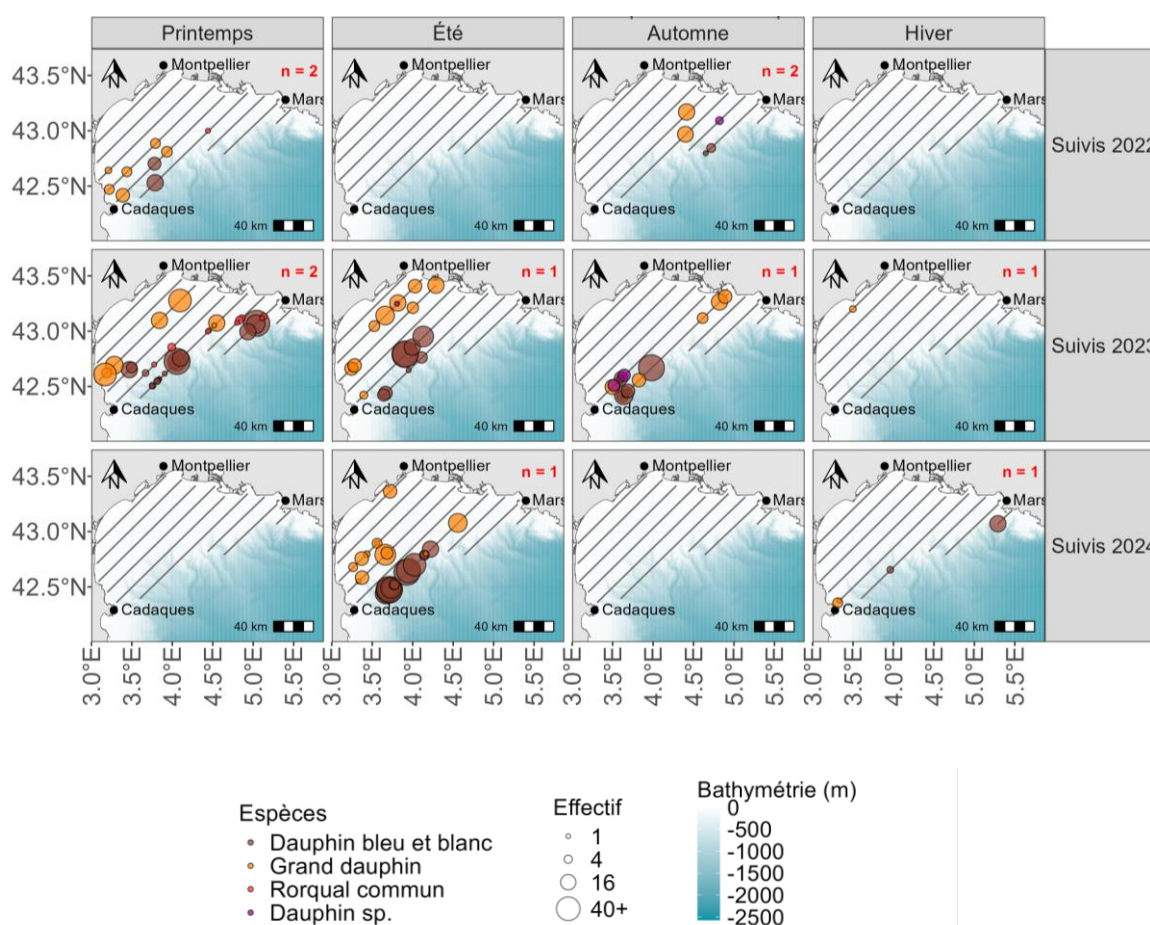


Figure 74 : Cartographie de synthèse des observations des mammifères marins lors des expertises nautiques 2022-2024.

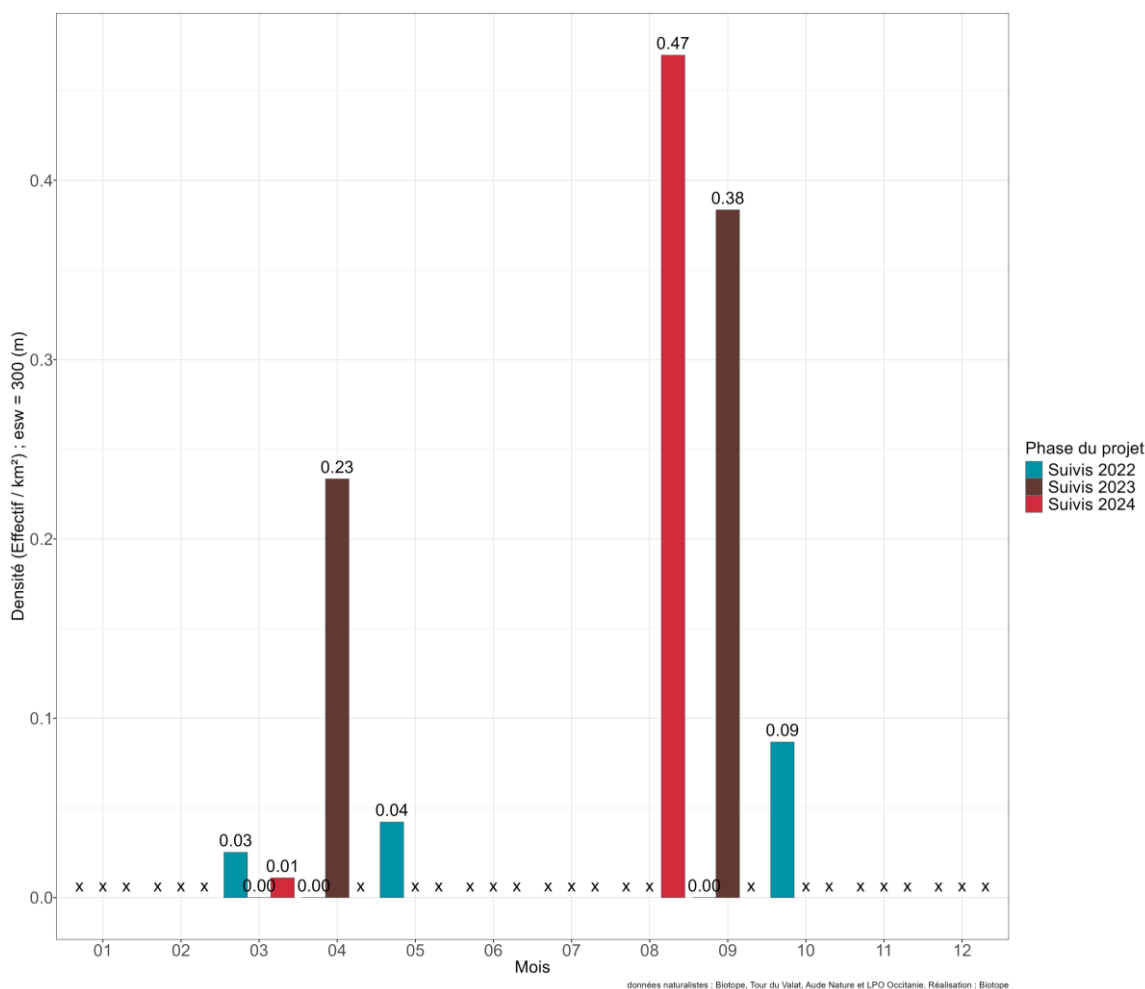


Figure 75 : Phénologie de présence des mammifères marins lors des expertises nautiques 2022-2024.

3.4 Résultats obtenus par acoustique oiseaux et chiroptères

3.4.1 Acoustique oiseaux

○ Bilan des données collectées

Le tableau présenté **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** synthétise les espèces mises en évidence par expertise acoustique lors des campagnes saisonnières de 2022 à 2024.

Tableau 20 : Synthèse des contacts lors des suivis acoustiques oiseaux (2022 - 2024).

Nom vernaculaire	Nombre de contacts			Remarques relatives aux passages observés
<i>Nom scientifiques</i>	2022	2023	2024	
Œdicnème criard <i>Burhinus oedicnemus</i>	21	0	0	
Grive mauvis <i>Turdus iliacus</i>	60	1	0	Passage très important dans les nuits du 27/28 et 28/29 octobre 2022
Merle noir <i>Turdus merula</i>	161	0	0	Passage très important dans les nuits du 27/28 et 28/29 octobre 2022
Rougegorge familier <i>Erithacus rubecula</i>	367	36	0	Passage très important dans les nuits du 27/28 et 28/29 octobre 2022 Passage plus important en septembre 2023 avec 25 individus sur 36 au total
Grive musicienne <i>Turdus philomelos</i>	466	3	0	Passage très important dans les nuits du 27/28 et 28/29 octobre 2022
Bécasseau variable <i>Calidris alpina</i>	1	0	0	
Sterne caugek <i>Thalasseus sandvicensis</i>	NC	11	0	
Mouette pygmée <i>Hydrocoloeus minutus</i>	NC	1	0	
Héron cendré <i>Ardea cinerea</i>	NC	1	0	
Rougequeue noir	NC	2	0	

Phoenicurus ochruros

Oiseau sp.	NC	NC	2
------------	----	----	---

* NC : Non concerné

○ Analyse des données collectées

10 espèces d'oiseaux ont été contactées par lors suivis acoustiques. Il s'agit, par ordre croissant du nombre de contacts de la **Grive musicienne** (466 contacts), du **Rougegorge familial** (367 contacts), du **Merle noir** (161 contacts), de la **Grive mauvis** (61 contacts), de l'**Œdicnème criard** (21 contacts) et d'autres espèces plus anecdotiques en termes de nombre de contact (**Héron cendré**, **Rougequeue noir**, **Mouette pygmée**, **Sterne caugek**, **Bécasseau variable**)

Ces résultats présentent une forte variabilité entre les 3 années de suivis. Un certain nombre de facteurs expliquent ces différences avec :

- Pour les années 2022 et 2023, une forte variabilité des résultats est observée malgré des dates de passages proches. En 2022, le nombre de cris des turridés (grives, merles) ainsi que du rouge-gorge est beaucoup plus important. Un effet de proximité avec la côte ne peut pas expliquer ici les différences puisque, pour exemple, les nuits du 27/28 2022 et 24/25 2023 suivent les mêmes transects (proche de la côte). Ces différences sont donc liées à des pics de passages migratoires différents entre ces deux années de suivi.
- En 2024, seuls deux contacts de qualité moyenne et donc correspondant à des espèces indéterminées ont été détectés. Toutefois, il est fort probable qu'il s'agisse des cris de passereaux.

Les résultats des 3 années de suivi pour suivi acoustique aviaire montrent une activité nocturne presque exclusivement en automne et majoritairement lors du mois d'octobre. Ce mois correspond à une période importante pour le passage des turridés en migration nocturne et montre que la Grive musicienne et le Rougegorge familial sont les espèces les plus importantes en passage migratoire dans le golfe du Lion à cette période de l'année.

3.4.2 Acoustique chiroptères

○ Bilan des données collectées

Le tableau présenté **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** synthétise les espèces mises en évidence par expertise chiroptères lors des campagnes saisonnières de 2022 à 2024.

Tableau 21 : Synthèse des contacts lors des suivis acoustiques chiroptères (2022 - 2024).

Nom vernaculaire Nom scientifiques	Nombre de contacts (minutes positives)					
	Printemps 2022	Automne 2022	Printemps 2023	Automne 2023	Printemps 2024	Automne 2024
Grande Noctule <i>Nyctalus lasiopterus</i>	0	1	0	0	0	0
Molosse de Cestoni <i>Tadarida teniotis</i>	0	0	0	2	0	0
Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i>	0	9	0	23	0	2
Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0	8	0	20	0	12
Pipistrelle pygmée <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	1	18	0	13	0	5
Pipistrelle commune / Pipistrelle pygmée <i>Pipistrellus pipistrellus</i> / <i>Pipistrellus pygmaeus</i>	0	2	0	3	0	3
Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i>	0	2	0	0	0	0
Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius <i>Pipistrellus kuhlii</i> / <i>Pipistrellus nathusii</i>	0	12	0	7	1	1
Sérotine sp / Noctule sp Eptesicus sp / Vespertilio / Nyctalus sp	0	0	0	3	0	0

6 espèces de Chauves-souris ont été contactées par lors suivis acoustiques ainsi que 3 groupes d'espèces indéterminées. Il s'agit, par ordre croissant du nombre de contacts (en minutes positives) de la **Pipistrelle commune** (40 contacts), de la **Pipistrelle pygmée** (37 contacts), de la **Noctule de Leisler** (34 contacts), du **Molosse de Cestoni** (2 contacts), de la **Pipistrelle de Kuhl** (2 contacts), de la **Grande Noctule** (1 contact), du **groupe Pipistrelle de Kuhl / Pipistrelle de Nathusius** (21 contacts), du **groupe Pipistrelle commune / Pipistrelle pygmée** (8 contacts) et du **groupe Sérotine sp / Noctule sp** (3 contacts).

La figure ci-dessous présente les données brutes de localisation des détections acoustiques de chiroptères en mer lors des campagnes de 2022 à 2024.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion Bilan des campagnes en mer - Données chiroptères 2022 à 2024

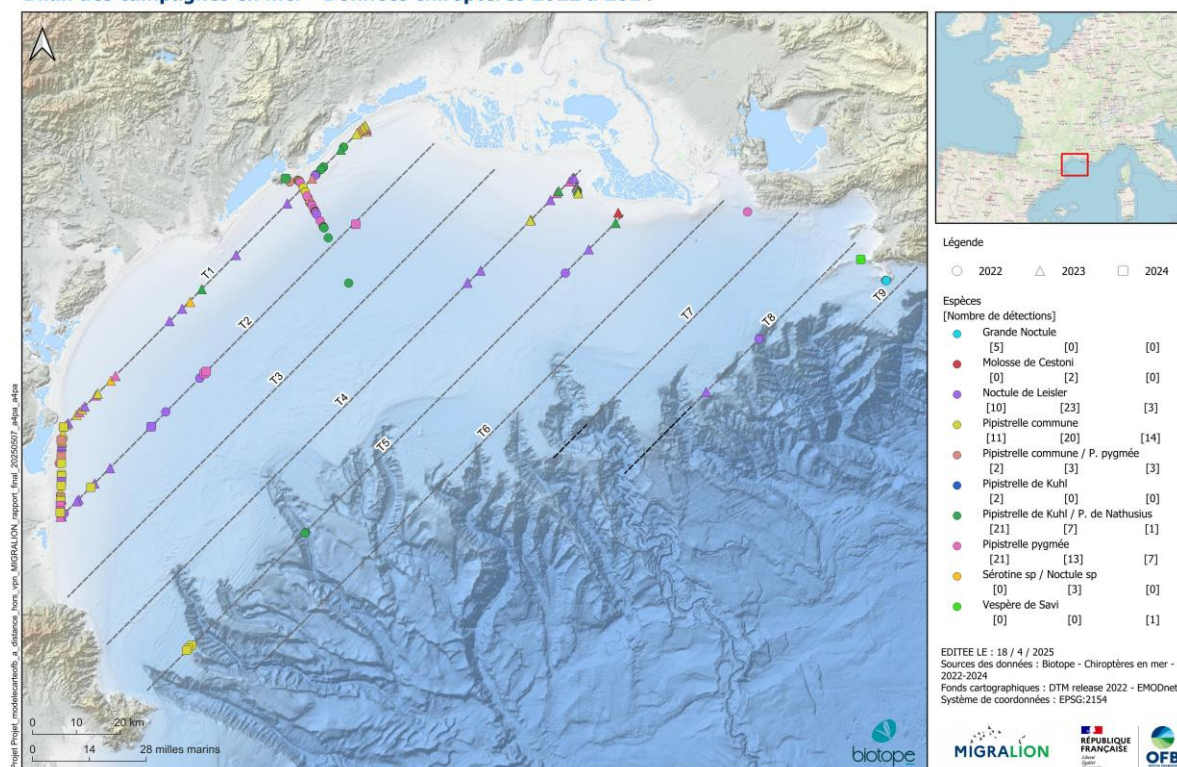


Figure 76 : Contacts de chiroptères en mer lors des campagnes MIGRALION – Années 2022, 2023 et 2024.

La totalité des contacts ont été réalisés lors des campagnes d'automne à l'exception d'un seul contact de Pipistrelle pygmée au printemps 2022. Cette différence de volume de données récoltées est probablement à mettre en lien avec la plus forte activité migratoire des chiroptères à cette saison. En effet, les expertises mises en œuvre au début du printemps 2022, 2023 et 2024 apparaissent trop précoces et peu adaptées au pic d'activité des chiroptères à cette période de l'année.

Lors des transects réalisés de l'automne 2022, 53 contacts (en minutes positives) de chiroptères ont été enregistrés et ont permis de mettre en évidence 5 espèces et 2 groupes d'espèces. Le nombre de d'individus

estimés pour la Pipistrelle pygmée s'élève à 11 individus estimés et pour la Noctule de Leisler à 8 individus estimés.

Lors des campagnes de 2023, les campagnes d'automne ont permis de contacter 4 espèces et 3 groupes d'espèces. Le nombre de contact s'élève à 71 avec une prédominance pour la Noctule de Leisler (23 contacts), la Pipistrelle commune (20 contacts) et la Pipistrelle pygmée (13 contacts).

Lors des campagnes 2024, l'unique campagne du mois d'août a permis de collecter des données avec 3 espèces et 2 groupes contactées. La Pipistrelle commune, la Pipistrelle pygmée et la Noctule de Leisler figurent parmi ces espèces.

○ Analyse des données collectées

Les campagnes menées dans le cadre du programme d'acquisition de données en mer MIGRALION entre 2022 et 2024 (10 campagnes lors des périodes de migration pré et post nuptiales) ont permis de mettre en évidence la présence des espèces suivantes au large :

La Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*) : Espèce grande migratrice peu documentée, la Grande Noctule semble passer l'hiver au sud de l'Europe (Espagne) et remonter vers le nord-est pour mettre bas. C'est une espèce de très haut vol qui peut chasser jusqu'à 2000 mètres d'altitude et parcourir jusqu'à 130 km en une nuit.

La Noctule de Leisler (*Nyctalus leisleri*) : la Noctule de Leisler est migratrice sur la quasi-totalité de son aire de distribution. Ce sont majoritairement les femelles qui migrent, sur un axe nord-est/sud-ouest, avec un record établi de 1567 km entre le nord de l'Allemagne et l'Espagne. Quelques migrations ont été notées sur un axe nord/sud entre la Russie et la Turquie.

La Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*) et **la Pipistrelle de Nathusius** (*Pipistrellus nathusii*) : ces deux pipistrelles ne sont pas considérées comme migratrices. Elles ne s'éloignent que rarement de leur domaine vital. Les données dans le golfe du Lion sont essentiellement côtières et concernent probablement des individus en déplacement et chasse local.

La Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*) : Espèce migratrice et principalement arboricole, la Pipistrelle de Nathusius apprécie particulièrement les massifs boisés, les haies et les lisières, mais aussi les zones humides (cours d'eau, étangs, prairies humides, bordures des lagunes etc.) et peut chasser jusqu'à 3 km des côtes. Elle migre sur de longues distances (au-delà de 1000 km avec un record établi de 2224 km entre la Lettonie et le nord de l'Espagne) sur un axe sud-ouest/nord-est, à une altitude de vol de 30 à 50 m et une vitesse de 29 à 48 km/h. Trois voies principales migratoires ont été identifiées : un axe longeant la mer du Nord et la Manche puis coupant la Bretagne jusqu'au littoral Atlantique, un second longeant les fleuves et grandes rivières de la Meuse au Rhin jusqu'à la Saône et le Rhône puis les rivages méditerranéens, et un axe alpin franchissant les cols suisses et français.

La Pipistrelle pygmée (*Pipistrellus pygmaeus*) : Elle est considérée comme partiellement migratrice mais plusieurs reprises montrent de longs déplacements (775 km entre la Saxe et la Croatie). Des observations en fin de saison de grand groupe d'individus dans des régions où il n'y en a habituellement que très peu (haute vallée du Rhin, nord-ouest de la Suisse et de la Drôme) pourraient être l'indice d'un possible comportement migratoire en lien avec leur cycle de vie (accouplements, hibernation) ou le changement climatique.

Le Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*) : il survole tous les types de milieux à la recherche de gros insectes. C'est une espèce de très haut vol qui chasse entre 30 et 300m d'altitude et peut se déplacer jusqu'à 100 km de son gîte. Le Molosse est la seule espèce européenne qui n'entre pas réellement en hibernation mais il se met en léthargie sur de courtes périodes. Les connaissances actuelles en France suggèrent que le Molosse n'effectuerait pas de réelle migration, mais plutôt des transhumances altitudinales, l'espèce étant bien plus présente dès l'automne dans les zones de basse altitude avant de quasiment disparaître des radars pendant l'été, et inversement pour les zones de haute altitude où le Molosse disparaît dès la fin de l'été.

3.5 Résultats radar obtenus par campagne

3.5.1 Préambule – contextualisation des résultats présentés

Les données radar ont l'avantage de fournir des informations sur les déplacements d'oiseaux de jour comme de nuit, dès lors que les conditions météorologiques et les conditions de mer sont favorables (pas de pluie, houle faible à modérée).

Aux échelles auxquelles les radars embarqués ont été paramétrés, et après sélection des zones de maximum de détection au sein des données enregistrées (cf. 2.4.3) :

- le radar horizontal (4 MN de rayon, maximum de détection entre 2 et 4km) permet de détecter tous les oiseaux de taille moyenne à grande (volant seuls et en groupe), alors que les petits oiseaux (e.g. petits passereaux) volant seuls sont peu détectés (i.e. en conditions très favorables et proche du radar) ;
- le radar vertical (1500m de rayon, maximum de détection au-dessus du radar) permet de détecter tous les oiseaux traversant le faisceau, avec néanmoins une perte de détection des petites cibles isolées aux plus hautes altitudes scannées ;
- Les oiseaux posés sur l'eau ou rasant la surface de la mer doivent être considérés comme absents des données, car les échos qu'ils renvoient se confondent avec ceux renvoyés par les vagues ou la surface de la mer.

Par conséquent, (i) la classe d'altitude 1450-1500m a été écartée des analyses du fait de l'érosion importante des détections et de la géométrie du disque radar, et les flux au-delà de 1000m d'altitude sont en partie sous-estimés ; (ii) la classe d'altitude 0-50m doit également être considérée comme sous-représentative des effectifs réels d'oiseaux.

Enfin, rappelons que si le traitement des données a permis d'écarter les échos provenant d'insectes, de bateaux, de bouées, d'avions ou encore de la côte elle-même, les images radar à elles seules ne permettent pas de déterminer les espèces observées.

3.5.2 Campagnes réalisées en saison prénuptiale

Prénuptiale – campagne 01 2022

Pour rappel les données 2022 du radar horizontal ne sont pas exploitables et n'apparaissent donc pas dans les représentations suivantes.

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

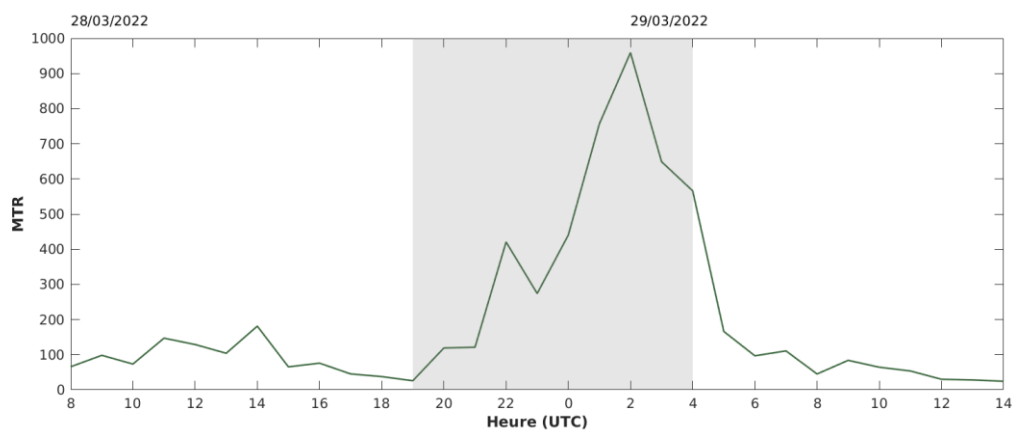


Figure 77 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical du 28/03/2022 au 29/03/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 28/03/2022 au 29/03/2022

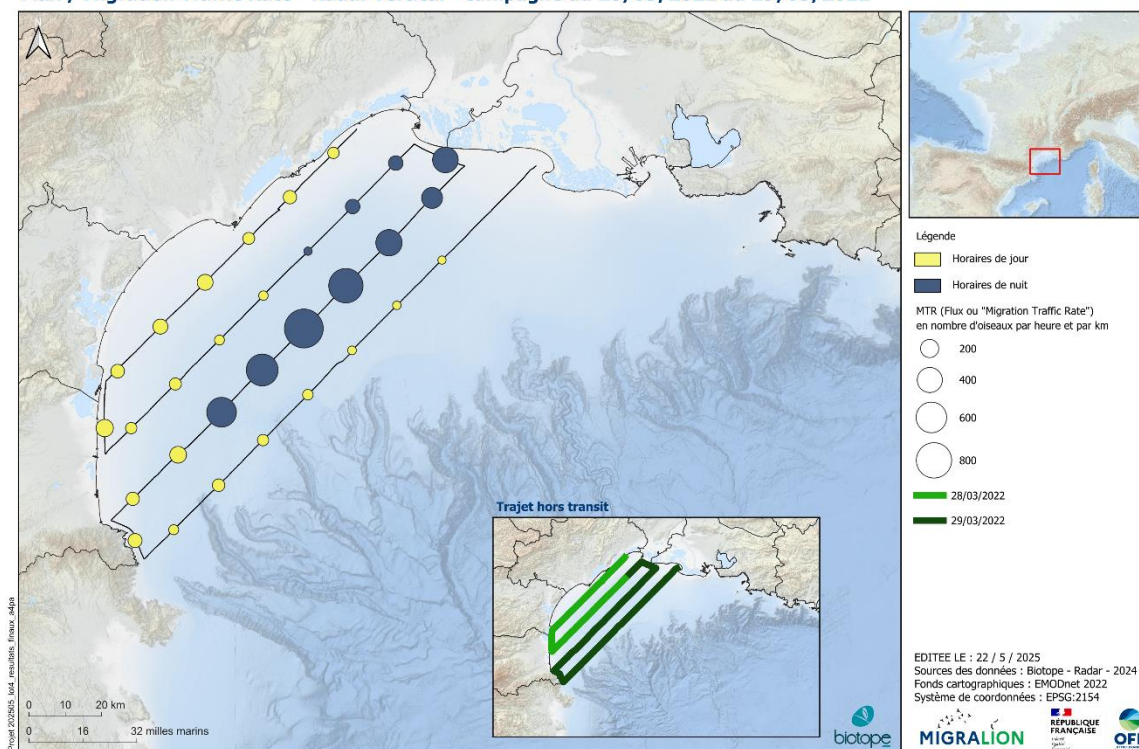
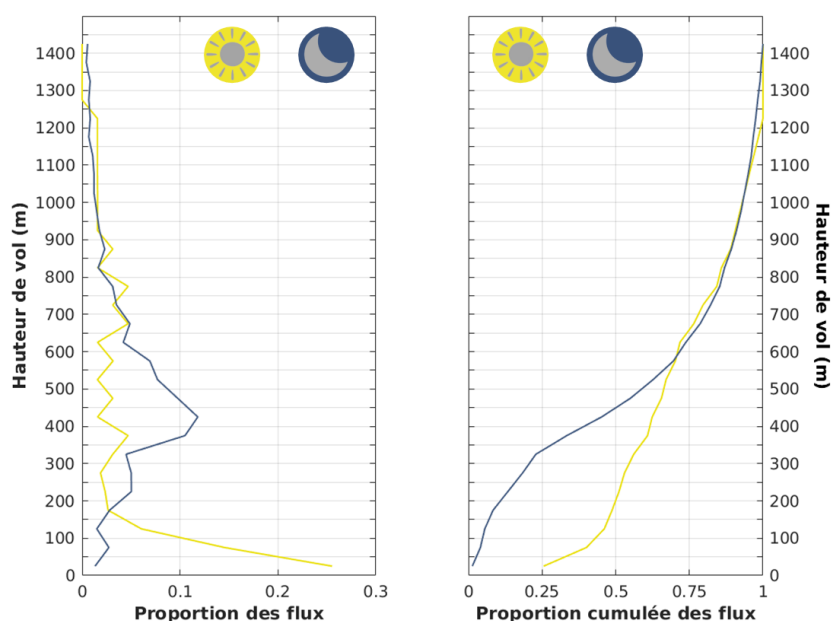
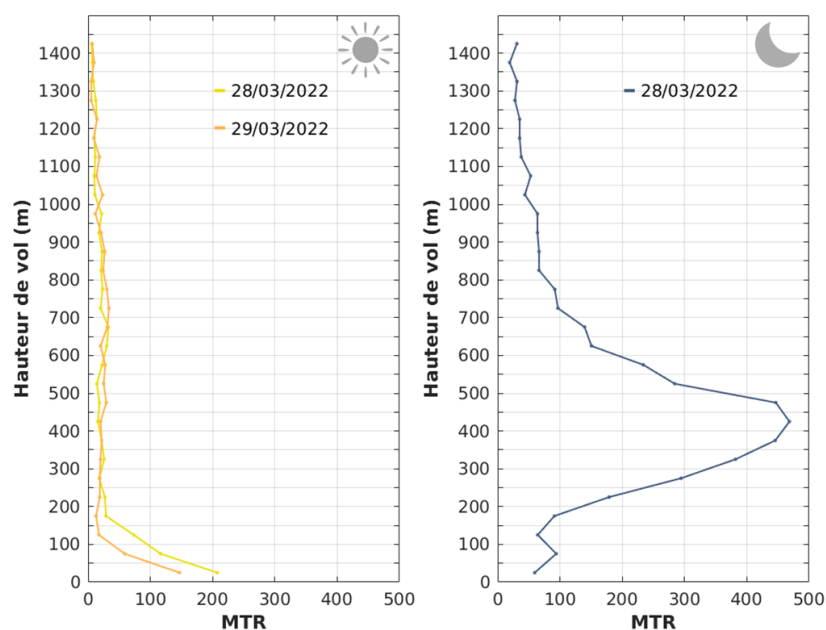


Figure 78 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar lors de la campagne du 28/03/2022 au 29/03/2022.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux



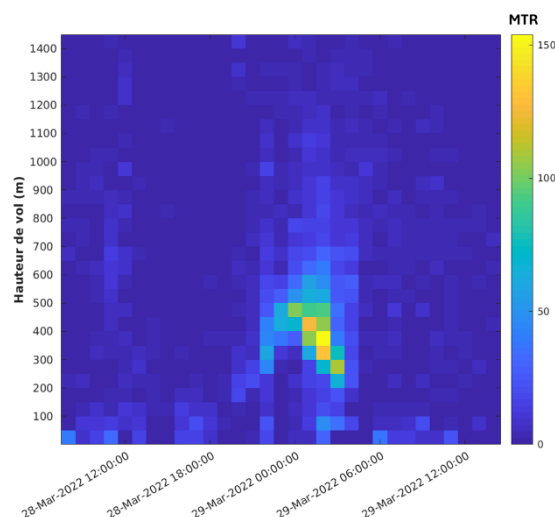
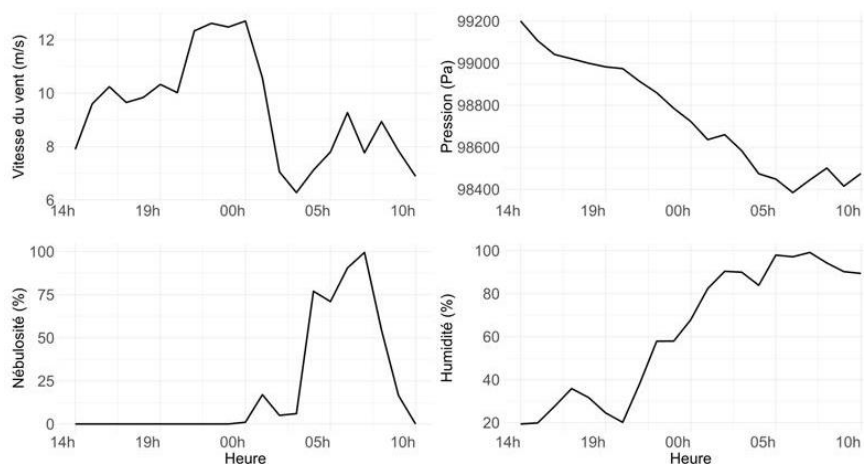


Figure 81 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 28/03/2022 au 29/03/2022.

Synthèse

Le pic de 2h UTC (**Figure 77**) lors de la nuit du 28 au 29/03/2022 a été enregistré au centre du golfe du Lion (**Figure 78**). Il correspond à des déplacements principalement compris entre 300 et 500m d'altitude (**Figure 79**,

Figure 80), qui constituent près de 40% des flux enregistrés de nuit au cours de la campagne. Si à 00h UTC les



hauteurs de vol se situent autour de 500m d'altitude, elles diminuent au cours des heures pour atteindre 300m à 3h UTC (**Figure 81**) alors même que le bateau s'éloigne de la côte. Pour essayer d'expliquer cette diminution

des hauteurs de vol surprenante, l'évolution des conditions météorologiques au cours de la nuit ont été analysées.

Figure 3.82 : Variables météorologiques issues du modèle météorologique AROME 2,5 km (Météo France) extraites à 250 m d'altitude au niveau de Frontignan au cours de la nuit du 28 au 29/03/2022.

Lors de la nuit du 28 au 29/03/2022, une diminution de la vitesse du vent et de la pression est observée (en particulier entre 00h et 04h UTC), associée à une augmentation soudaine de la nébulosité et de l'humidité (**Figure.83** **Figure 3.82**). Ces conditions correspondent à l'arrivée d'une épaisse masse nuageuse, contraignant probablement les oiseaux à adapter leur hauteur de vol et descendre sous le plafond nuageux.

Lors de cette campagne, 53% et 18% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m, respectivement de jour et de nuit.

Prénuptiale – campagne 01-02 2022

Rappelons que les données 2022 du radar horizontal ne sont pas exploitables et n'apparaissent donc pas dans les représentations suivantes.

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

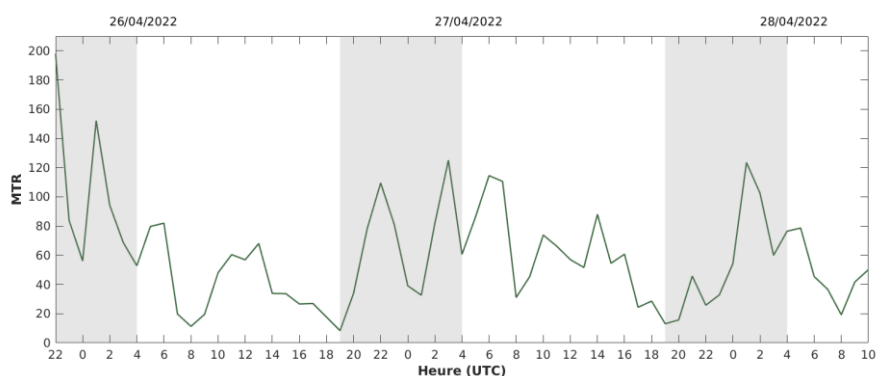


Figure.83 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 25/04/2022 au 28/04/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022

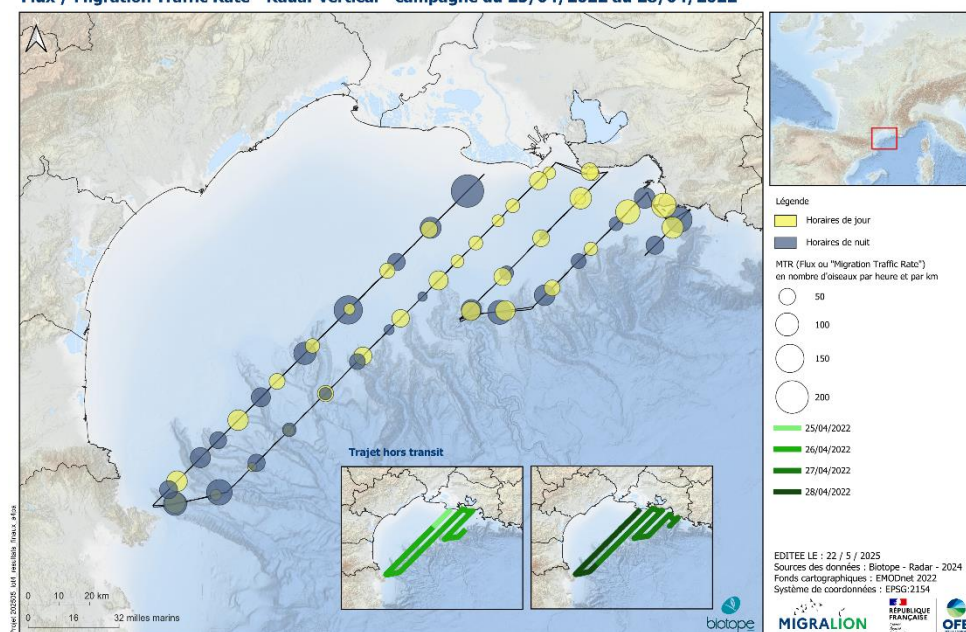


Figure 84 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

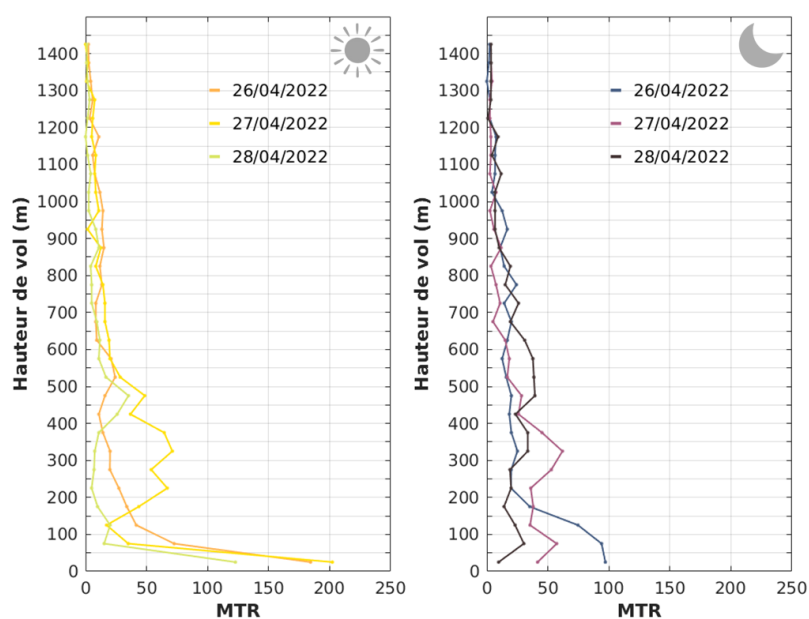


Figure.85 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022, distinctement de jour et de nuit.

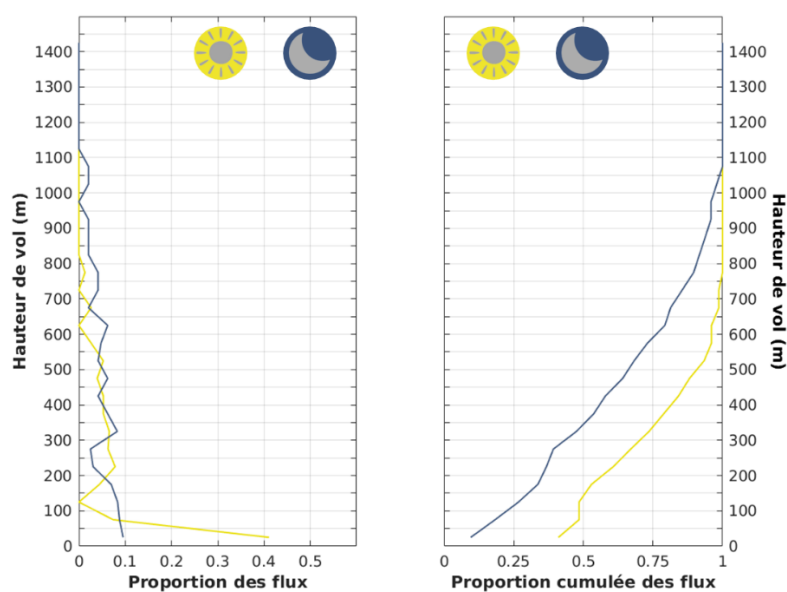


Figure 86 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022, distinctement de jour et de nuit.

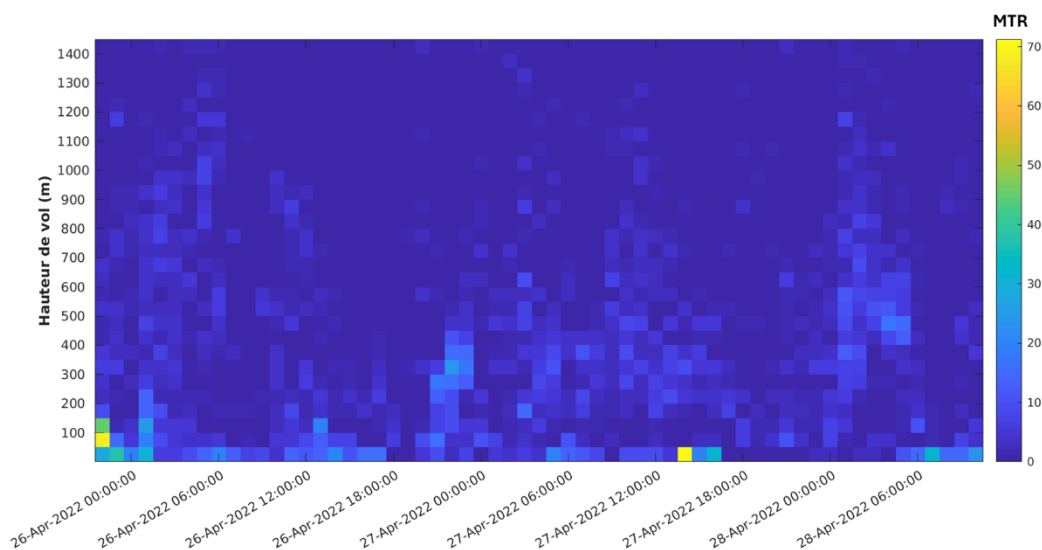


Figure 87 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 25/04/2022 au 28/04/2022.

Synthèse

Tout comme lors de la campagne précédente, en avril 2022 les flux les plus importants ont été enregistrés de nuit, autour de 2h UTC (**Figure.83**), avec cependant un autre pic en début de nuit pour les nuits du 26 et 27/04/2022, alors que le bateau était proche de la côte (**Figure 84**). Ces flux sont toutefois bien plus faibles que ceux enregistrés en mars 2022. La répartition en altitude de ces déplacements diffère entre les nuits, avec un mode principal se déplaçant vers de plus hautes altitudes au cours des nuits successives (50-100 m le 26/04, 300-350 m le 27/04, et 400-600 m le 28/04/2022, **Figure.85**). Les déplacements de nuit se répartissent globalement sur une plus large gamme d'altitudes que les déplacements de jour (**Figure 86**), ces derniers étant majoritairement représentés par des vols à faible altitude (0-100m, **Figure.85**). Notons toutefois que la journée du 27/04/2022, tout comme la nuit qui s'en suit, enregistre des déplacements relativement plus importants entre 200 et 400m d'altitude. Enfin, en l'absence de passage migratoire important enregistré, comme cela a été le cas au cours de cette campagne, les MTR les plus élevés ont été enregistrés à basse altitude (<100m, **Figure 87**), de jour et de nuit, alors que le bateau était proche de la côte. De jour, en particulier, 41% des déplacements ont été enregistrés entre 0 et 50 m (**Figure 86**), alors même que cette classe d'altitude est sous-estimée (cf. 2.4.3).

Lors de cette campagne, 67% et 39% des flux ont été enregistrés en dessous de 300m d'altitude, respectivement de jour et de nuit.

Prénuptiale – campagne 02 2022

Rappelons que les données 2022 du radar horizontal ne sont pas exploitables et n'apparaissent donc pas dans les représentations suivantes.

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

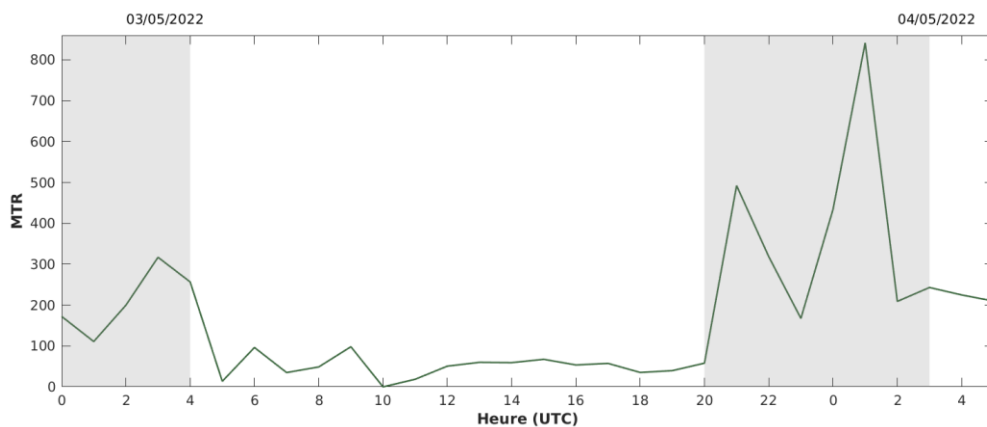


Figure 88 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 03/05/2022 au 04/05/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 03/05/2022 au 05/05/2022

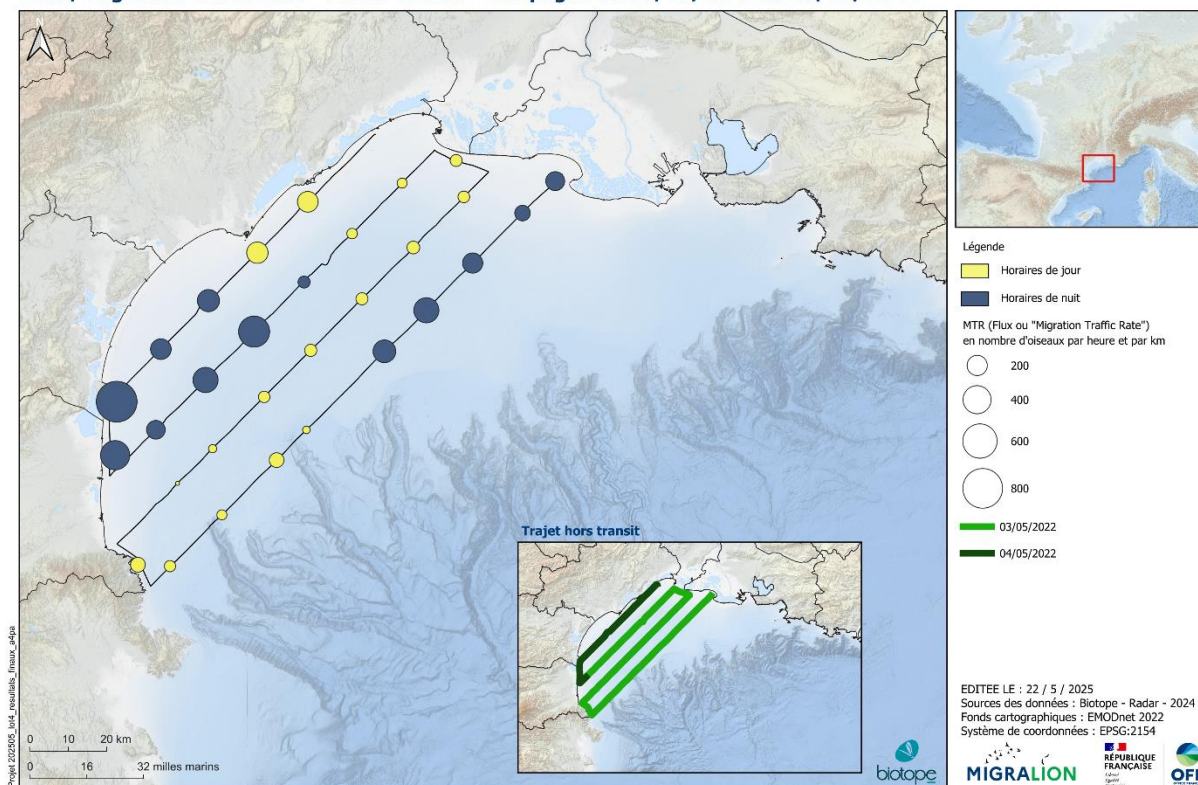


Figure 89 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 03/05/2022 au 05/05/2022.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

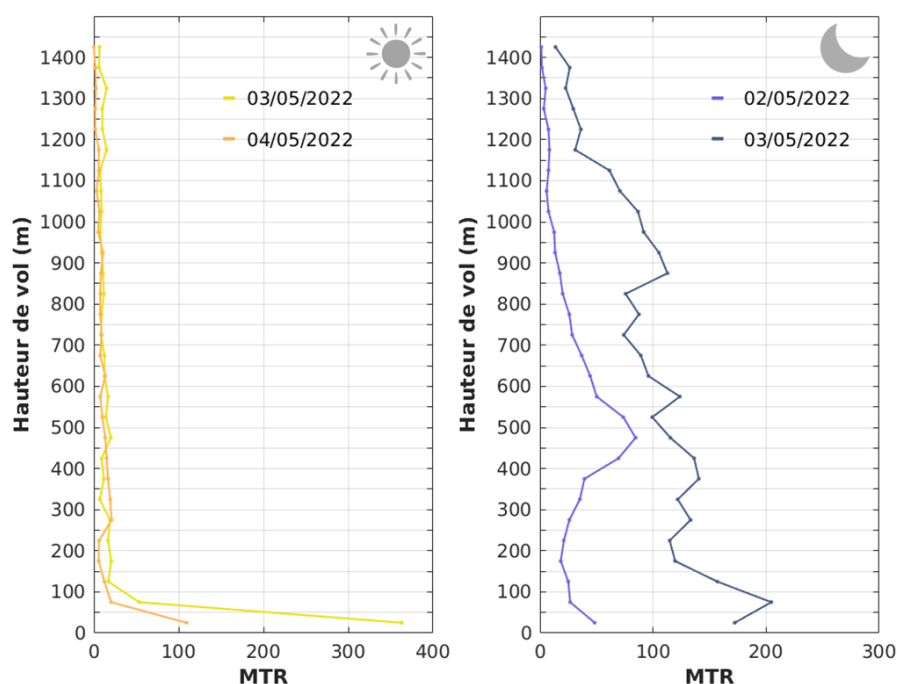


Figure 90 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 03/05/2022 au 05/05/2022, distinctement de jour et de nuit. Précisons que la fin de la nuit du 02/05/2022 au 03/05/2022 est notée 02/05/2022 sur le graphique de droite.

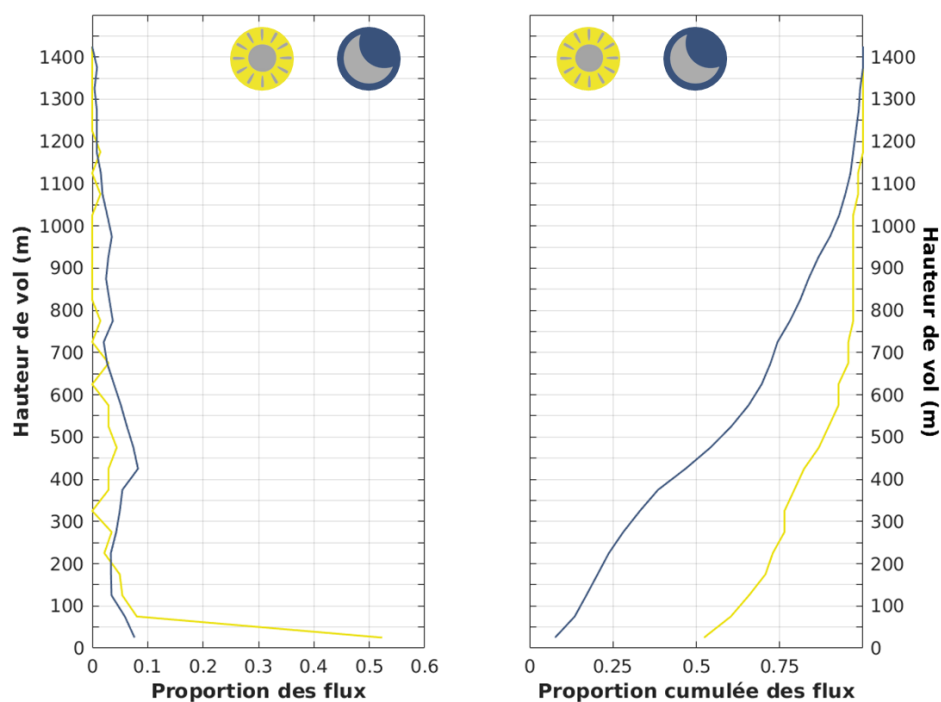


Figure 91 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 03/05/2022 au 06/05/2022, distinctement de jour et de nuit.

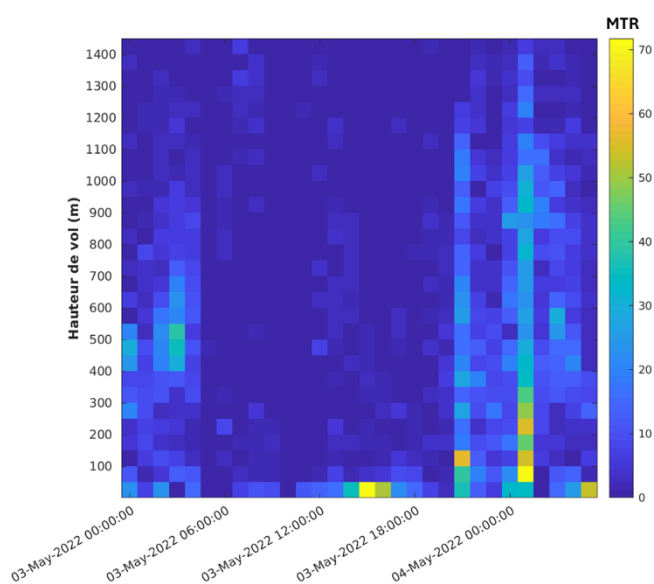


Figure.92 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 03/05/2022 au 05/05/2022.

Synthèse

Lors de la campagne de mai 2022, les flux les plus importants ont été enregistrés autour de 21h UTC 1h UTC (nuit du 03 au 04/05/2022) à l'ouest du golfe du Lion (**Figure 89**). Si à 21h UTC les hauteurs de vol étaient majoritairement inférieures à 150m (**Figure.92**), à 1h les déplacements sont plus étagés avec une large proportion d'oiseaux volant entre 200 et 400m, ainsi qu'entre 800 et 1100 m (**Figure 90 ; Figure.92**). Le pic enregistré la nuit précédente, autour de 3h UTC (**Figure 88**) correspond à des déplacements d'oiseaux entre 400 et 550 m d'altitude (**Figure 90 ; Figure.92**). Lors de cette campagne, environ 76% et 25% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m, respectivement de jour et de nuit (**Figure 91**).

Prénuptiale – campagne 01 2023

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

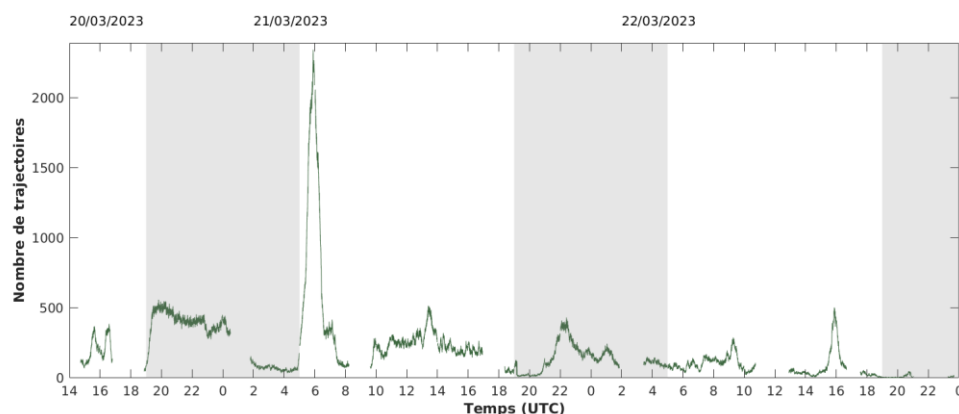


Figure 93 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 20/03/2023 au 23/03/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

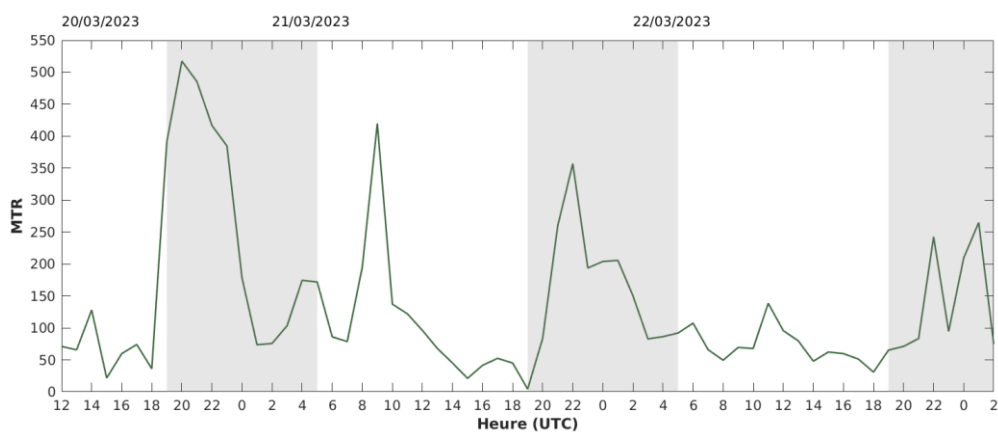


Figure.94 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 20/03/2023 au 23/03/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Activité horaire des déplacements d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023

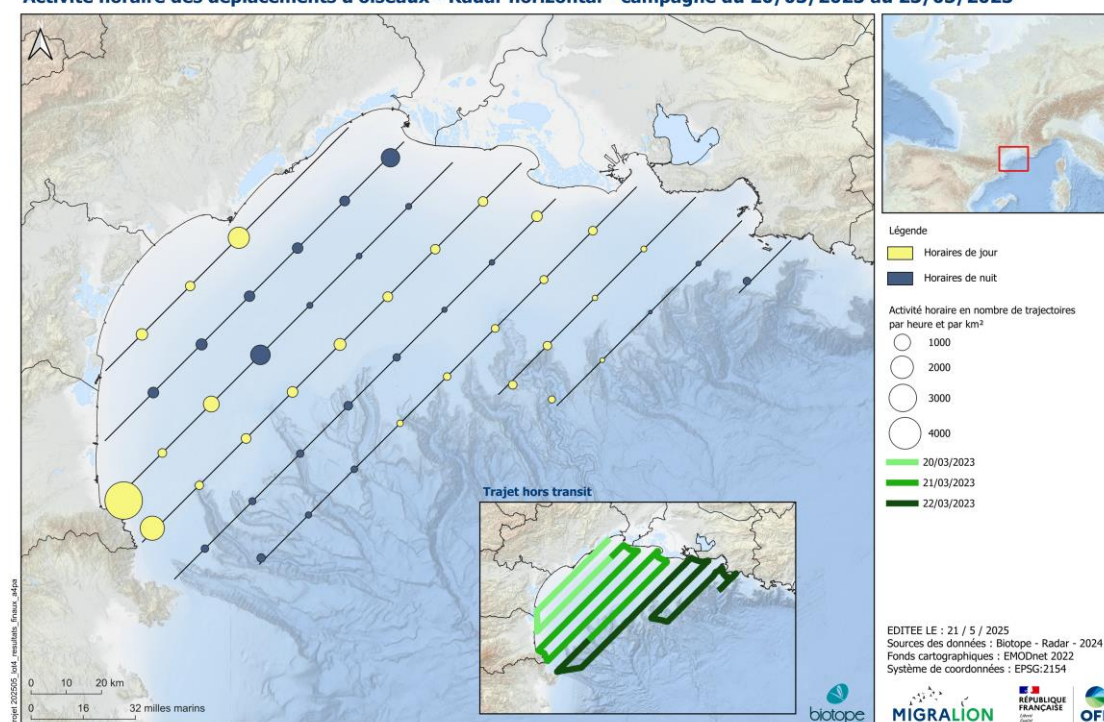


Figure.95 : *Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023.*

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023

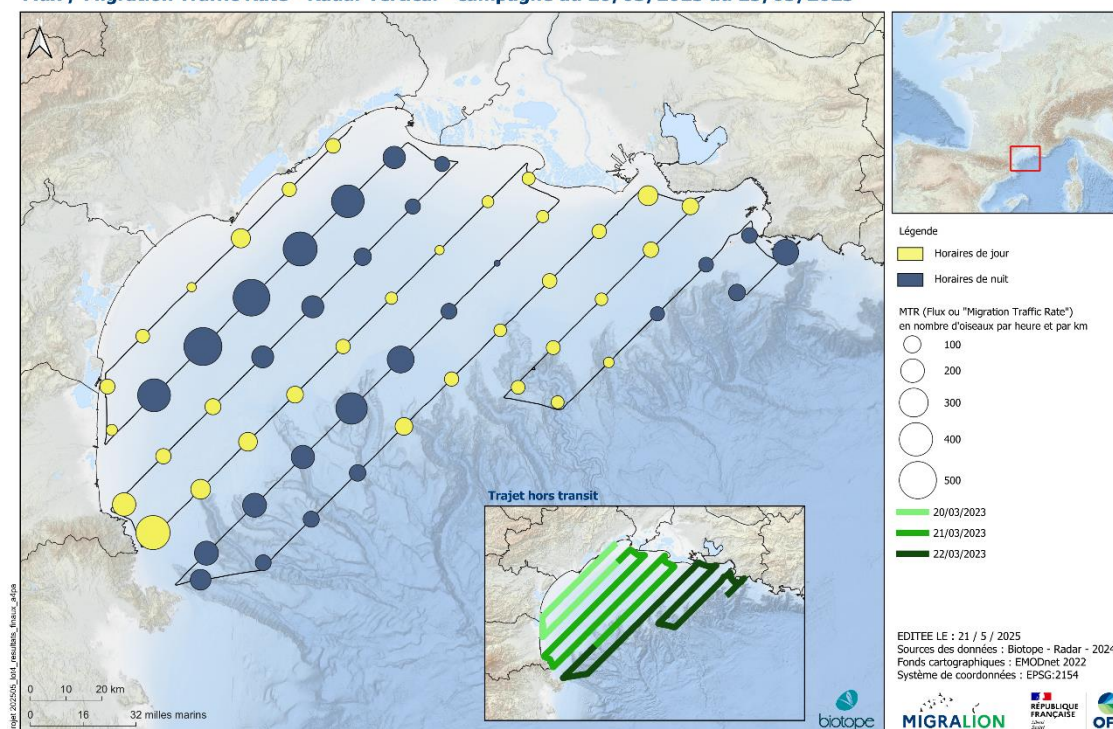
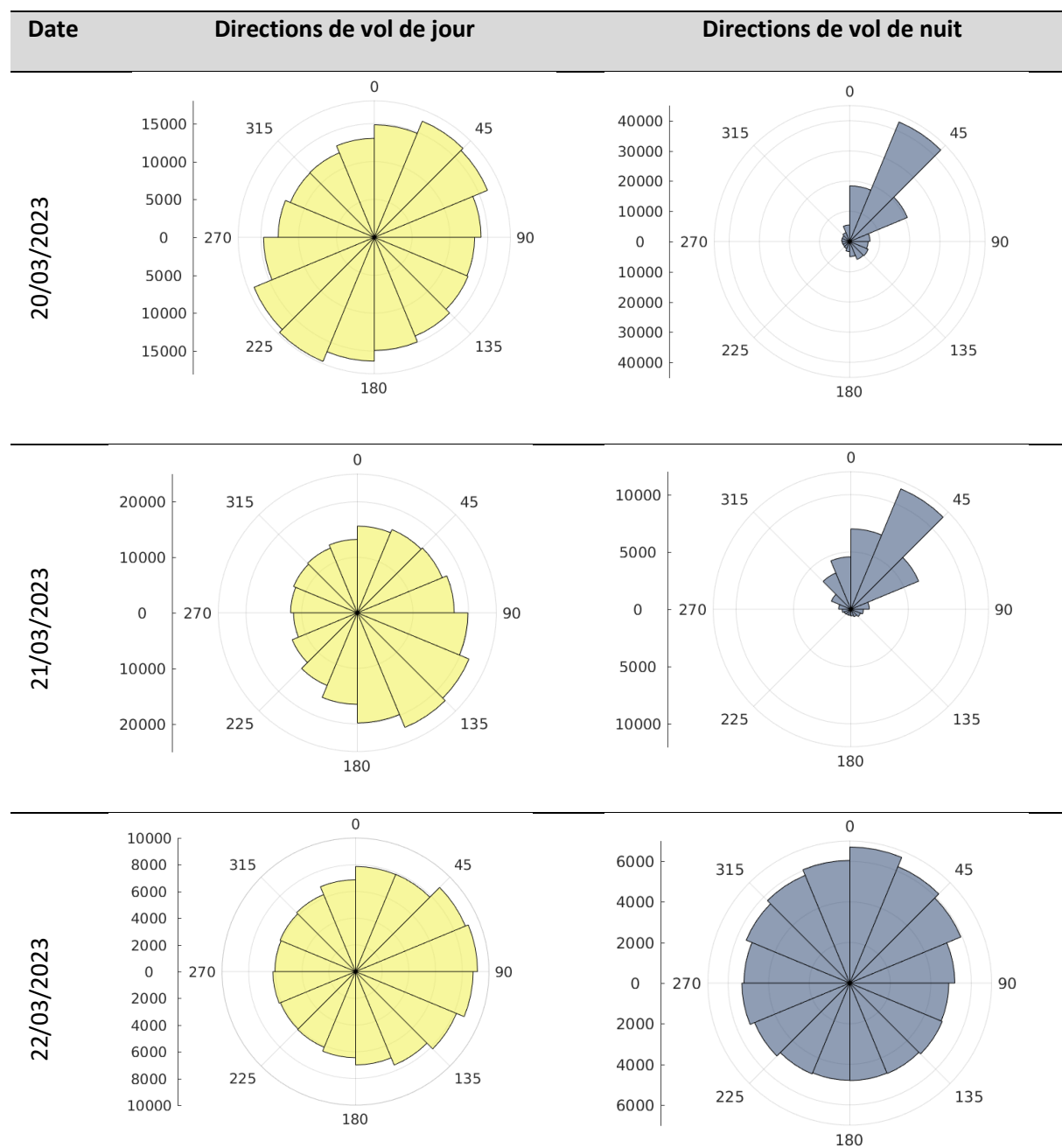


Figure 96 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

Tableau 22 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction. Notons que la date du 23/0



MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Directions horaires des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023

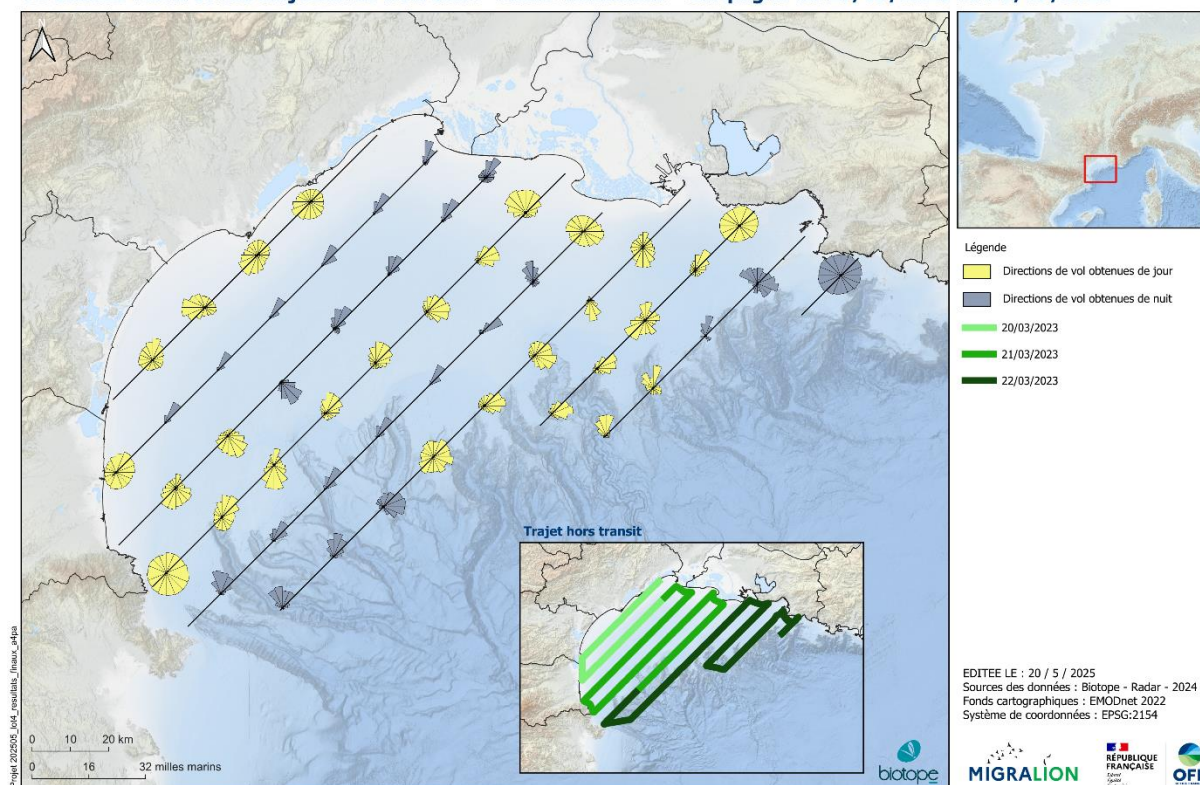


Figure 97 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023.

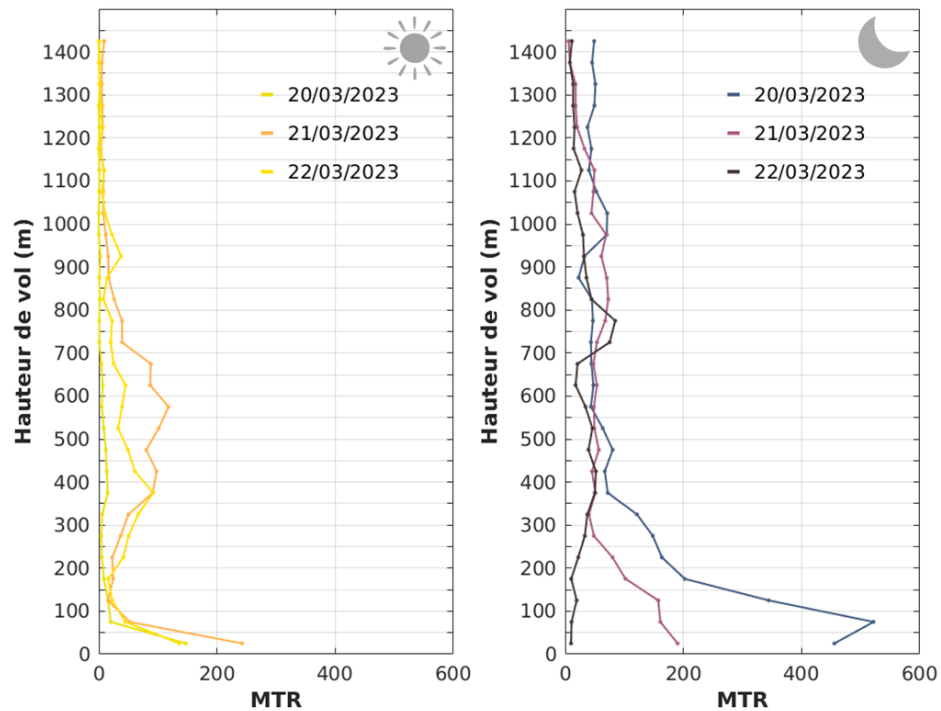


Figure 98 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023, distinctement de jour et de nuit.

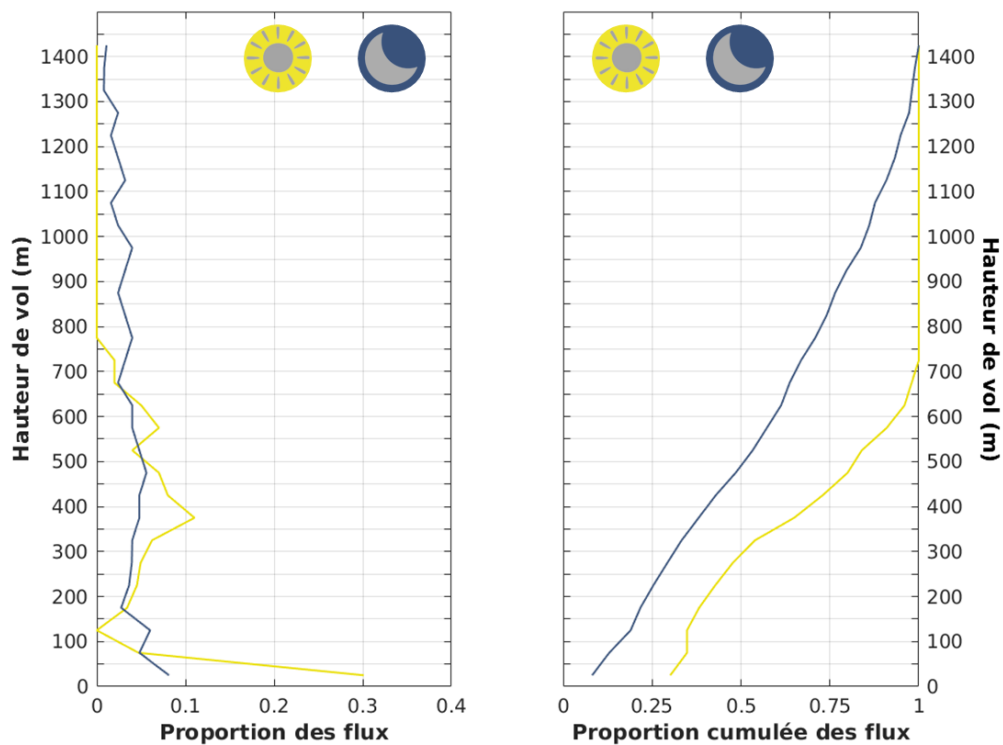


Figure.99 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023, distinctement de jour et de nuit.

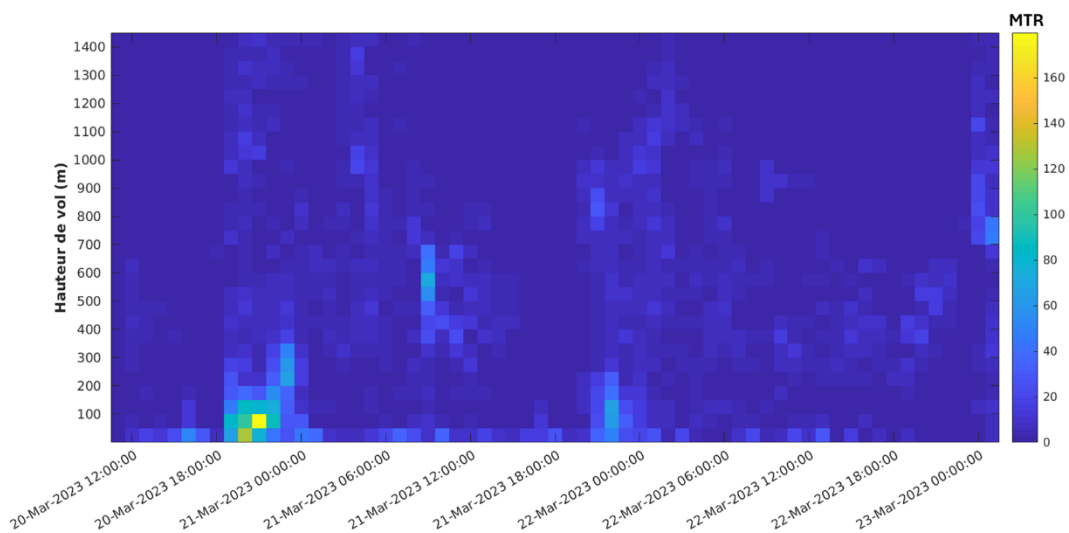


Figure 100 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 20/03/2023 au 23/03/2023.

Synthèse

Les flux nocturnes les plus importants de la campagne de mars 2023 ont été enregistrés autour de 21-22h les nuits du 20 et 21/03/2023 (**Figure.94**). De façon intéressante, cette dynamique est visible sur les deux radars (**Figure 93, Figure.94**), signifiant que les déplacements étaient probablement effectués par des oiseaux de taille moyenne à grande (car visibles au radar horizontal), et à des altitudes modérément élevées, ce qui se vérifie en **Figure 98 et Figure 100**, avec des hauteurs de vol majoritairement inférieures à 200m pour ces deux évènements.

Ces pics correspondent à des déplacements migratoires enregistrés dans la partie nord-ouest du golfe du Lion pour le premier, et au niveau des têtes de canyon pour le second (plus au large, au centre du golfe du Lion ; **Figure 96**), et sont caractérisés par des directions nettes vers le nord-est (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), évoluant plus vers le nord en fin de nuit (**Figure 97**).

À contrario, le jour, les directions de vol des oiseaux sont plus homogènes (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), en particulier à proximité des côtes (**Figure 97**). Si les déplacements diurnes sont principalement enregistrés en dessous de 50m d'altitude, un mode secondaire se distingue entre 300 et 700m (**Figure.99**), issu de flux importants au cours de la journée du 21/03/2023 à ces altitudes (**Figure 98**). A 6h (**Figure 93**) et 8h UTC, des flux importants ont en effet été enregistré à proximité des côtes (Albères ; **Figure.95, Figure 96**).

Lors de cette campagne, environ 43% et 38% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300 m, respectivement de jour et de nuit (**Figure.99**).

Prénuptiale – campagne 02 2023

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

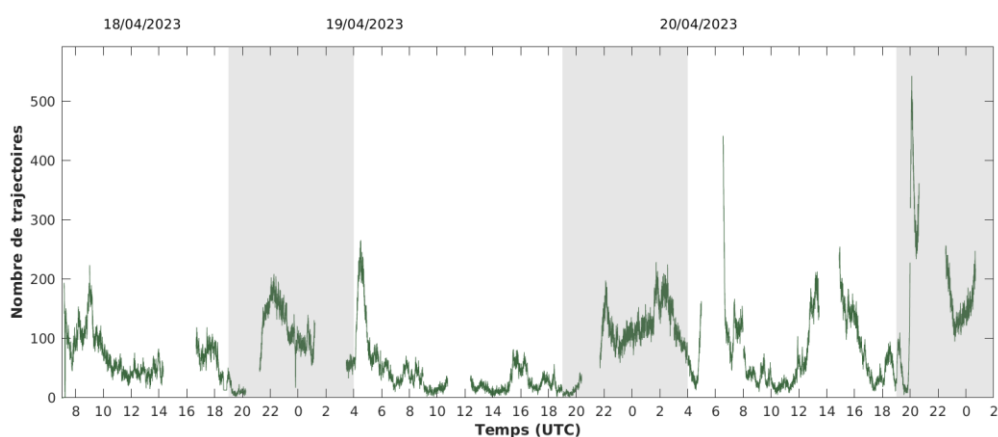


Figure.101 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 18/04/2023 au 21/04/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

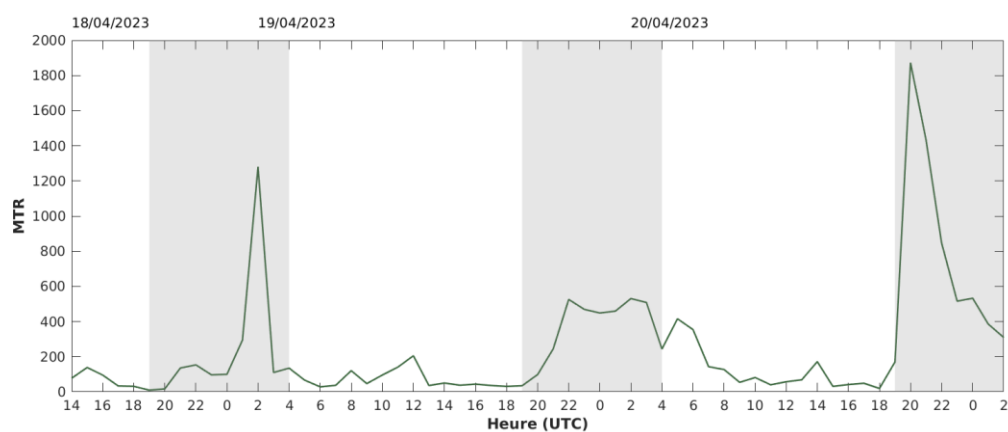


Figure 102 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 18/04/2023 au 21/04/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Activité horaire des déplacements d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023

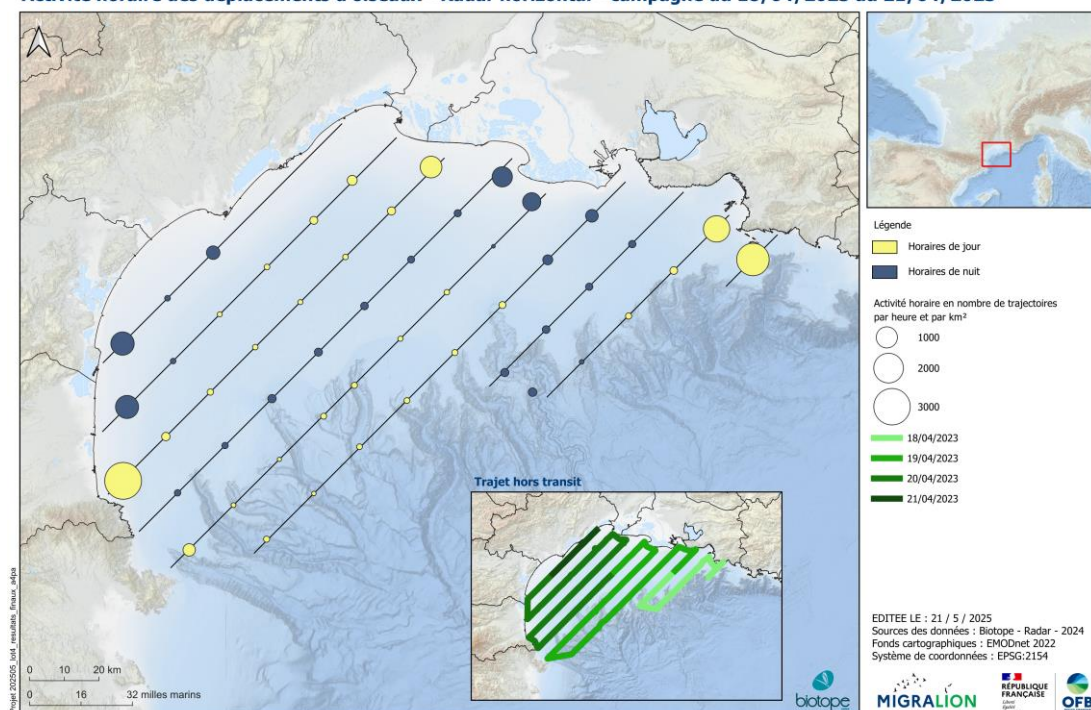


Figure 103 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023

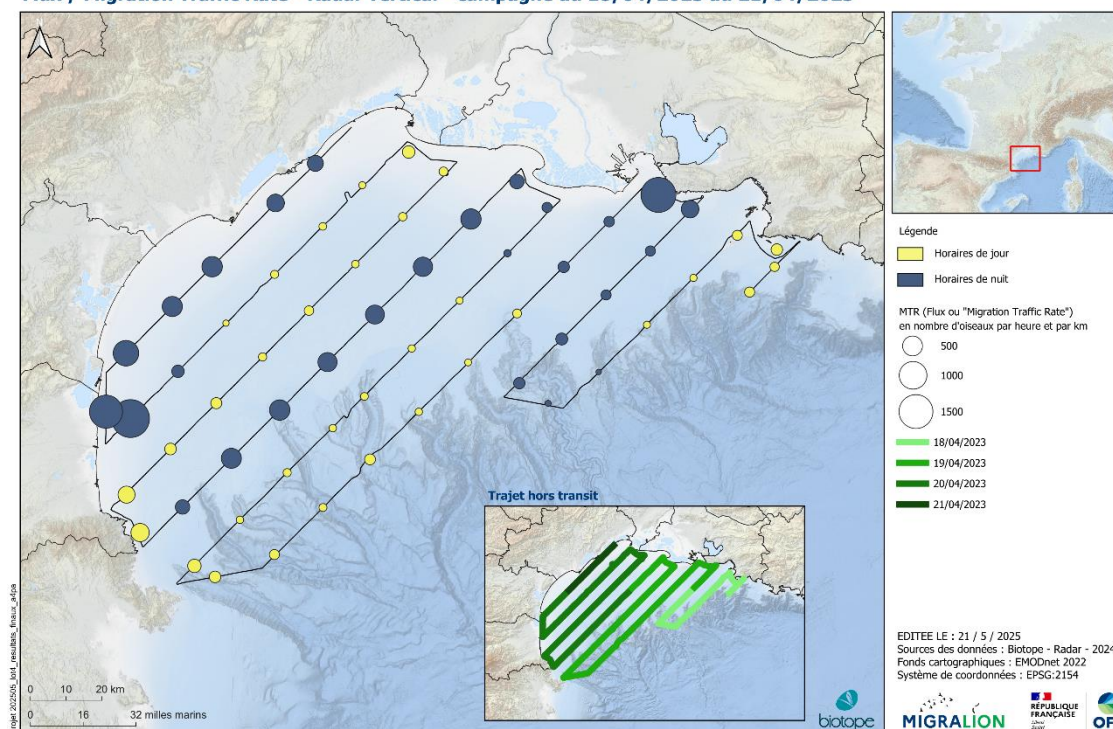
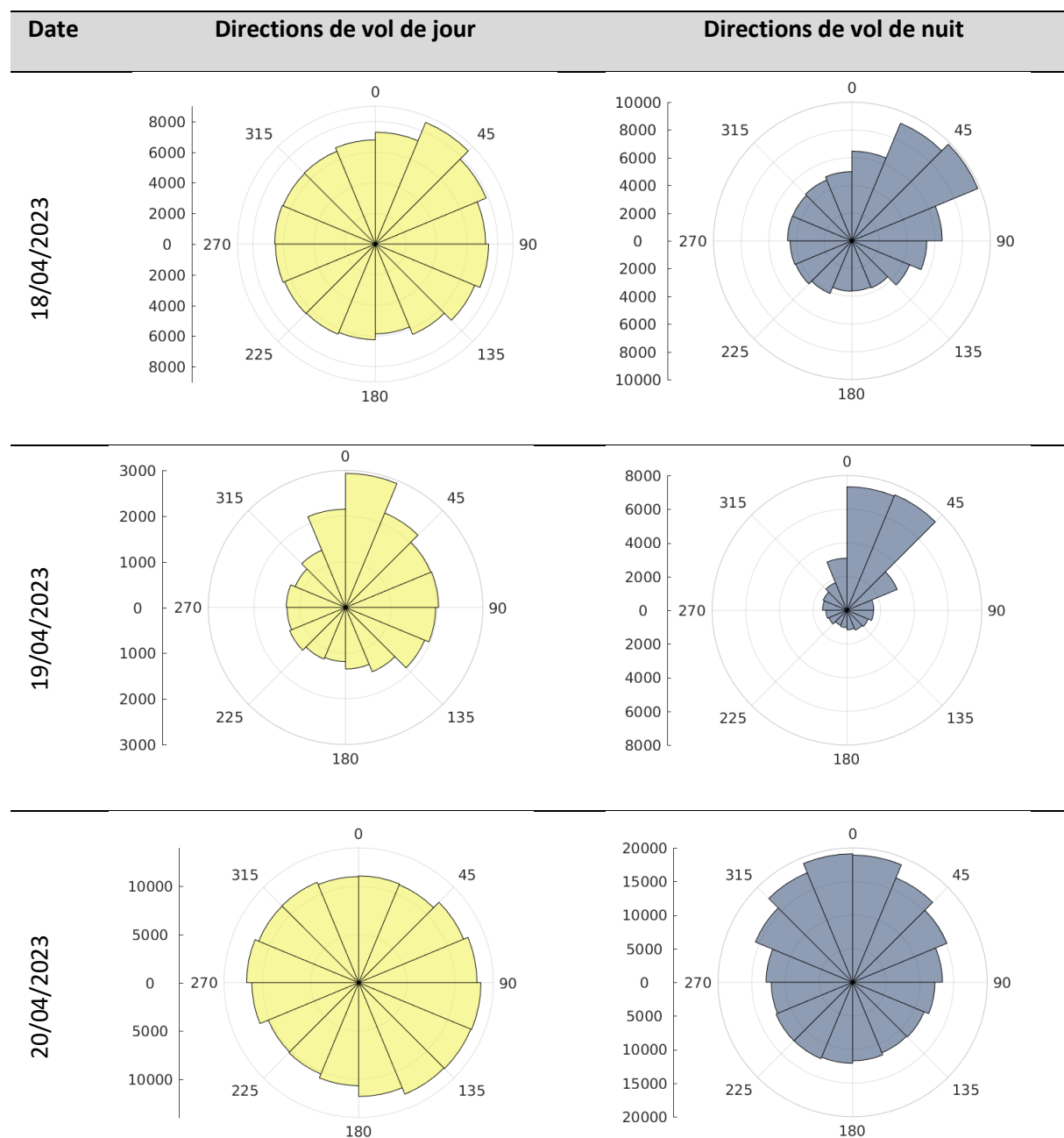


Figure 104 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

Tableau 23 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.



MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Directions horaires des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023

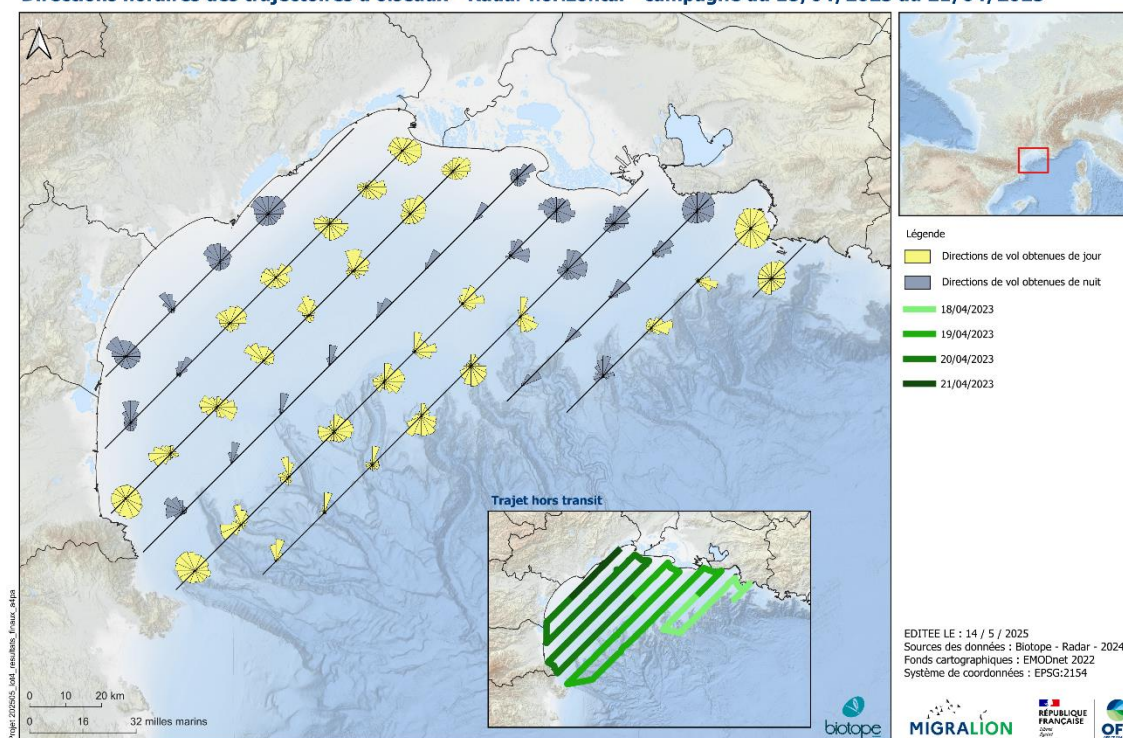


Figure 105 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 18/04/2024 au 21/04/2024.

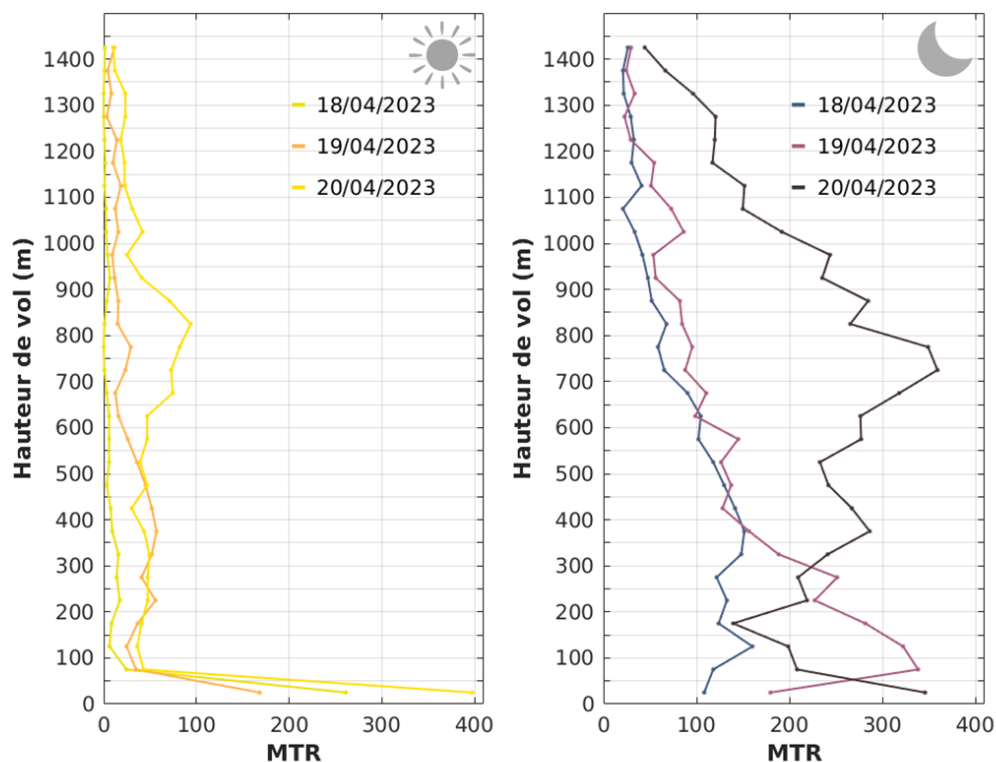


Figure.106 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023, distinctement de jour et de nuit.

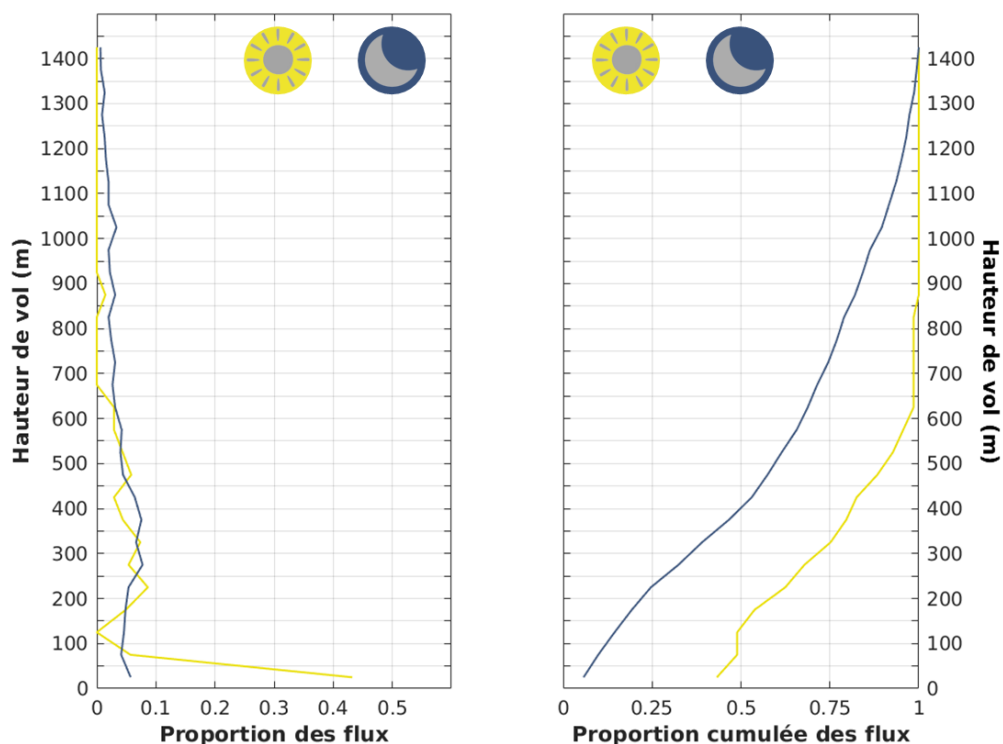


Figure.107 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023, distinctement de jour et de nuit.

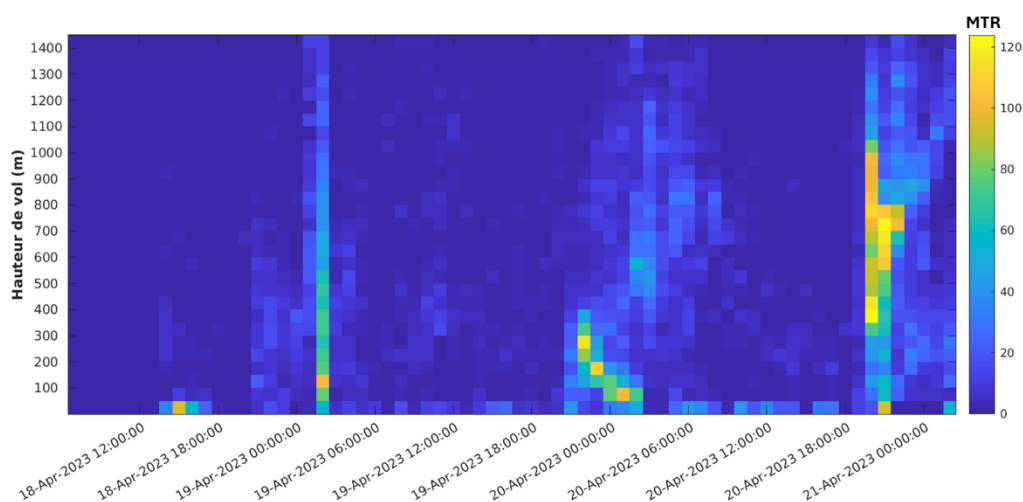


Figure.108 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 18/04/2023 au 21/04/2023.

Synthèse

Lors de la campagne d'avril 2023, des flux très importants ont été enregistrés en début et milieu de nuit, en particulier lorsque que le bateau était à proximité des côtes, que ce soit à l'est (au droit de Fos, autour de 2-3h UTC le 19/04/2023) ou à l'ouest (Leucate, autour de 21h UTC le 20/04/2023 ; **Figure 102, Figure 104**). Si le nombre de trajectoires obtenu au radar horizontal retrace en partie ces évènements, une activité plus forte a aussi été enregistrée au cours des premières heures de la journée (5 à 7h UTC, **Figure.101**), à proximité immédiate des côtes (Marseille le 18/04/2023 ; Albères le 20/04/2023). Des flux relativement importants ont aussi été enregistrés tout au long de la nuit du 19/04/2023, alors que le bateau traversait le golfe de part en part, au large (**Figure 102, Figure 104**). Cette nuit-là en particulier, les mouvements nocturnes ont été particulièrement directs (nord-nord-est ; **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) de prime abord dirigé nord-est et s'orientant davantage vers le nord au fil des heures (**Figure 105**).

Tout comme observé lors de la campagne précédente, les mouvements diurnes adoptent des directions relativement homogènes **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, en particulier à proximité immédiate des côtes (**Figure 105**).

Si 49% de l'activité diurne a été enregistrée à basse altitude (<100m ; **Figure.107**), les flux nocturnes ont été plus étagés, avec néanmoins des mouvements majoritairement en-dessous de 300m pour la nuit du 19/04/2023, alors que nettement plus élevés entre 600-900m pour la nuit suivante (**Figure.106**). Par ailleurs, l'évolution des altitudes de vol au cours de la nuit du 19/04/2023 est intéressante, avec les premiers déplacements importants enregistrés à 400m à 22h UTC, perdant progressivement de l'altitude jusqu'à atteindre environ 100m à 2h (**Figure.108**). Les flux migratoires enregistrés autour de 21h UTC le 20/04/2023 sont quant à eux répartis entre 400 et 1100m, puis majoritairement entre 600 et 800m l'heure suivante (**Figure.108**).

Lors de cette campagne, environ 68% et 32% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m, respectivement de jour et de nuit (**Figure.107**).

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

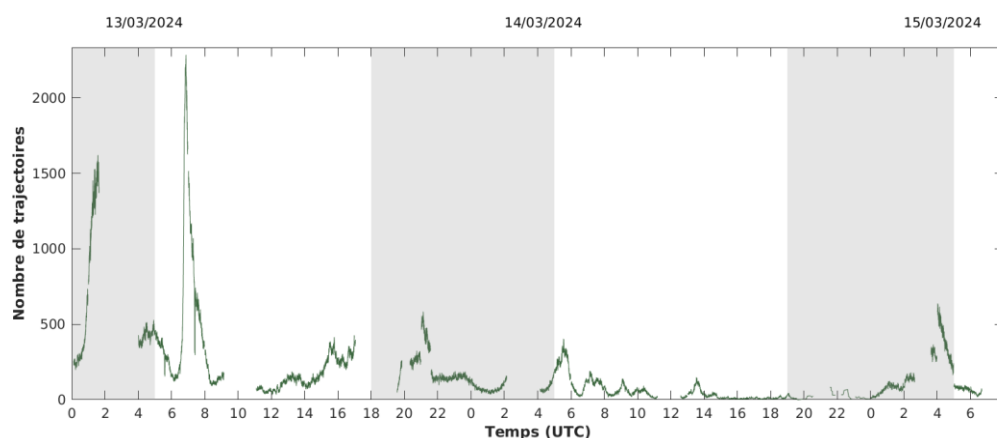


Figure.109 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 12/03/2024 15/03/2024. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

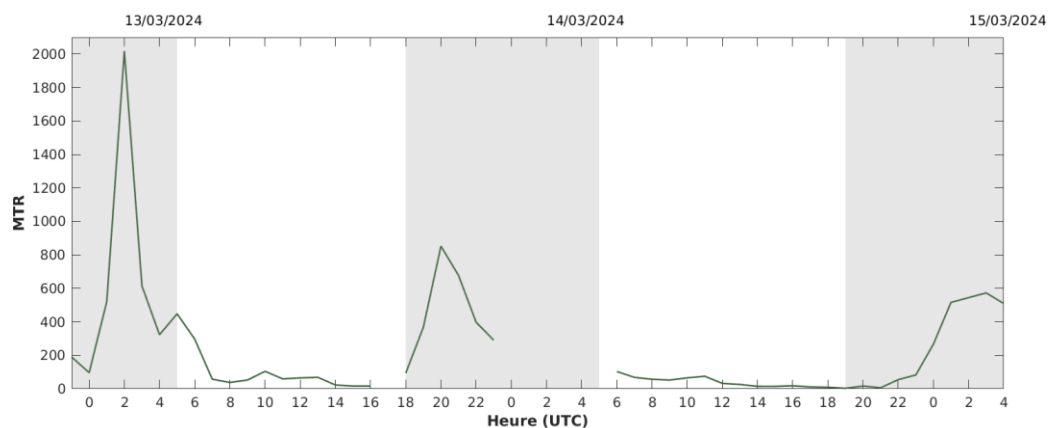


Figure.110 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 12/03/2024 15/03/2024. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit. Les absences de données proviennent d'images inexploitable (e.g. bruitées).

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Activité horaire des déplacements d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024

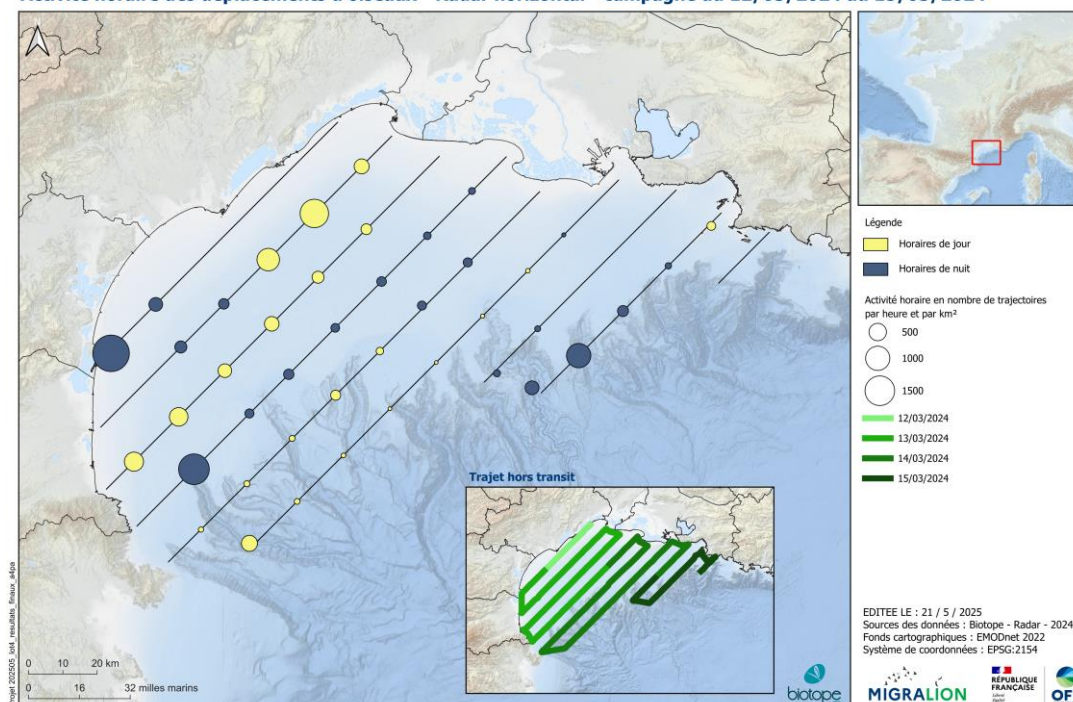


Figure.111 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024

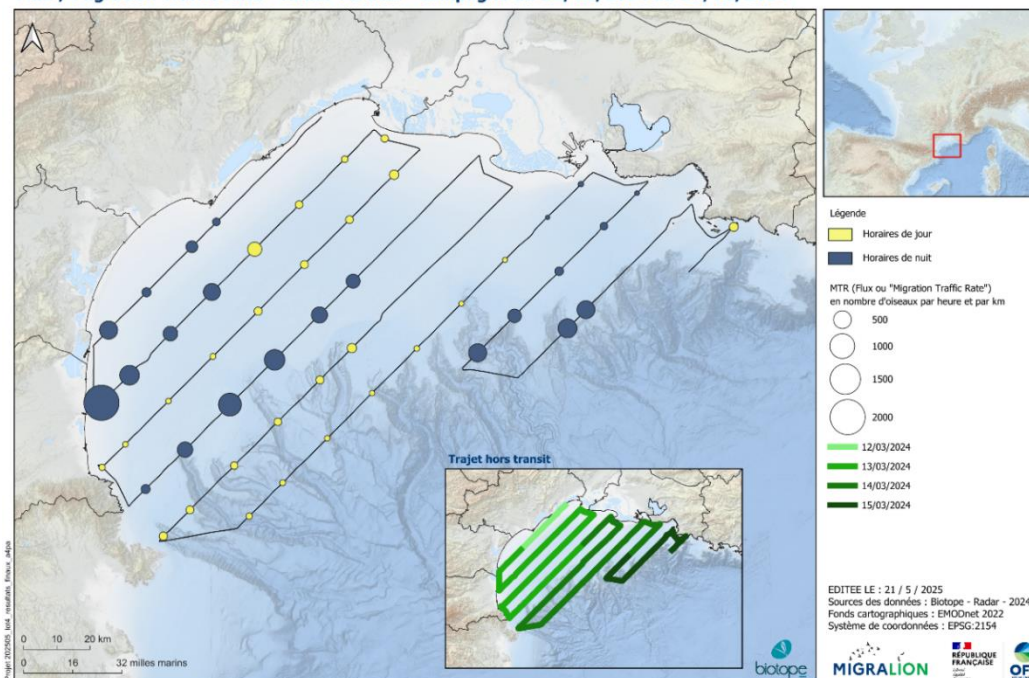
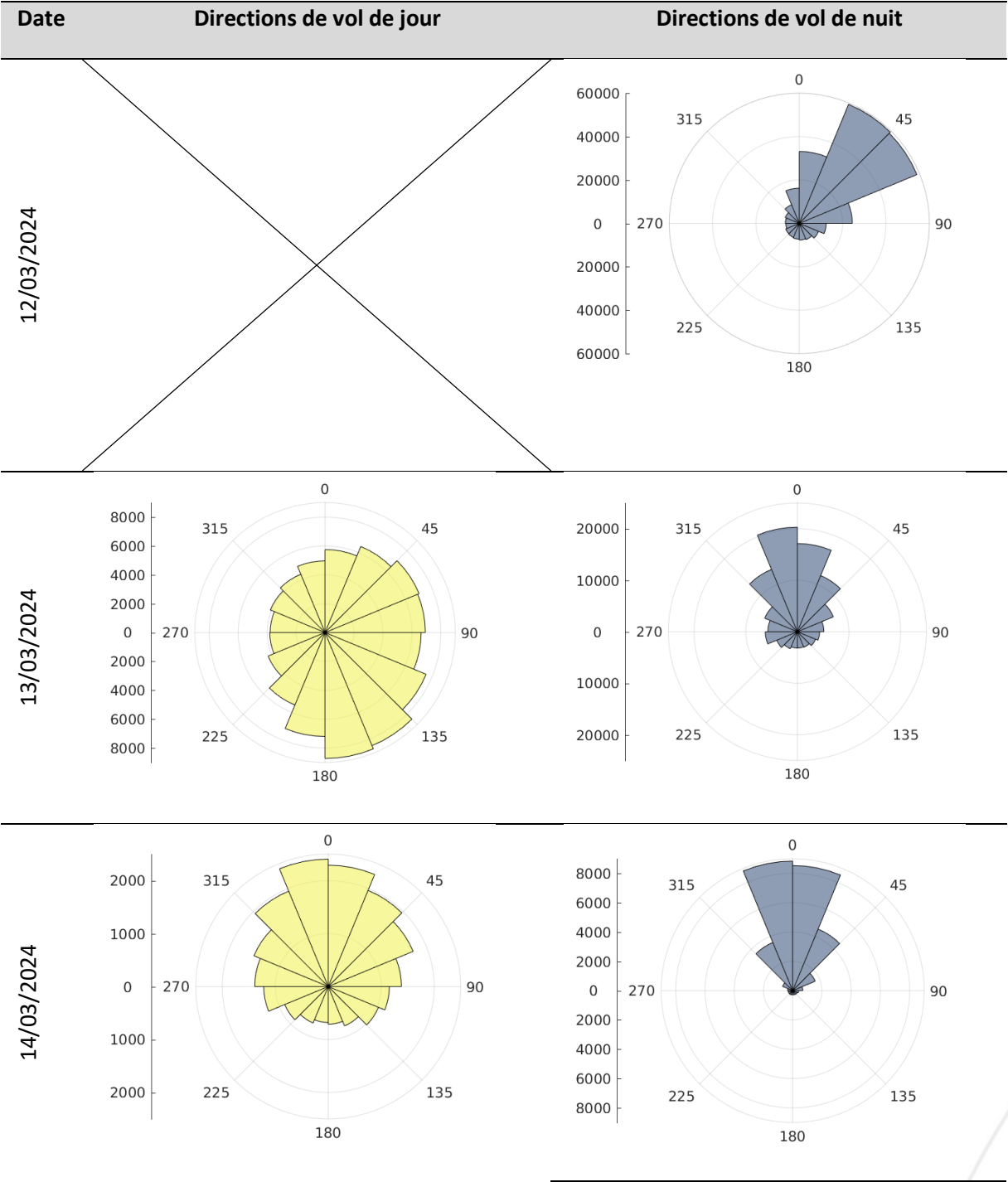
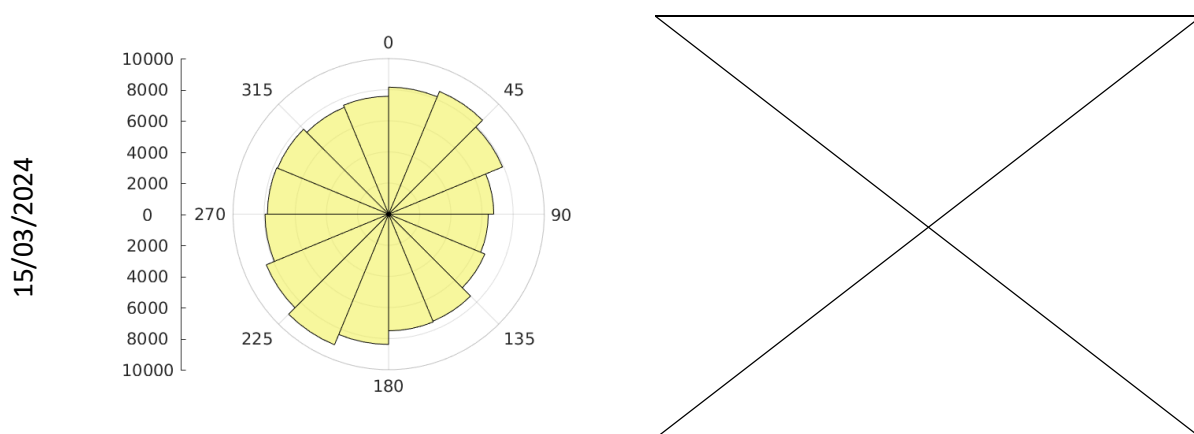


Figure.112 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

Tableau 24 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.





MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Directions horaires des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024

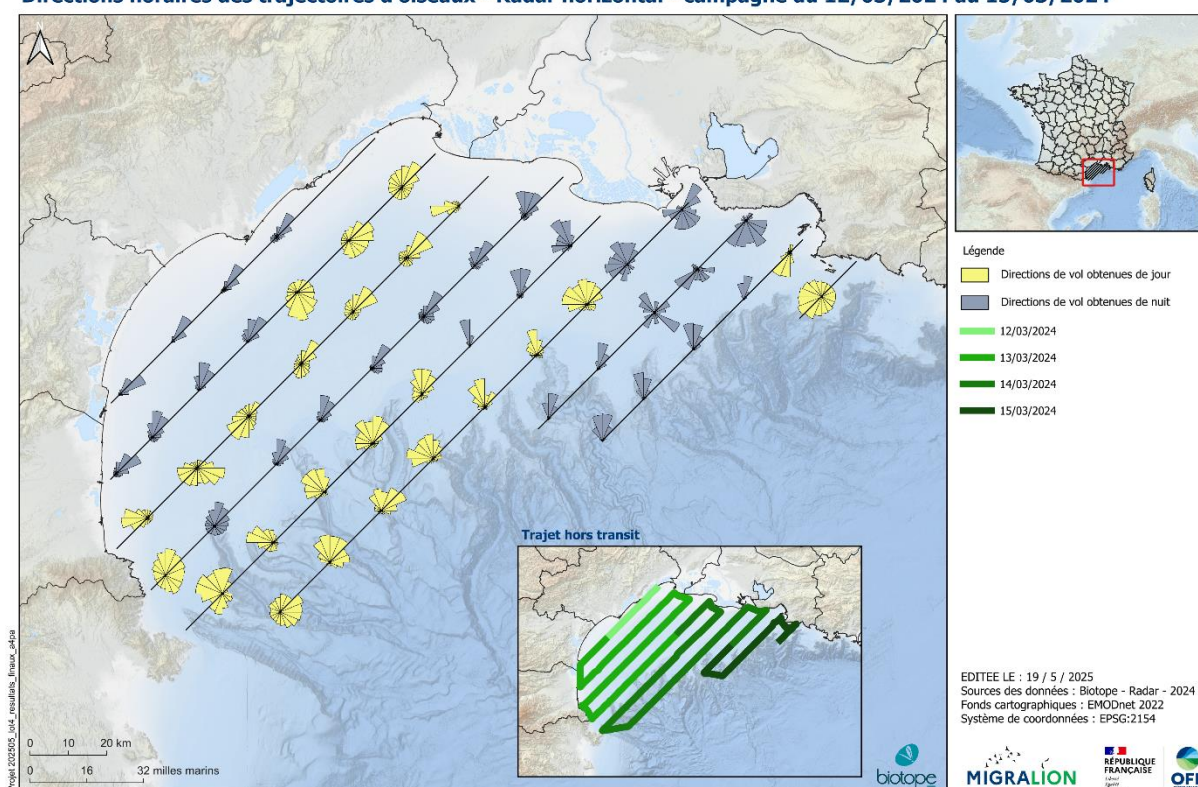


Figure.113 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024.

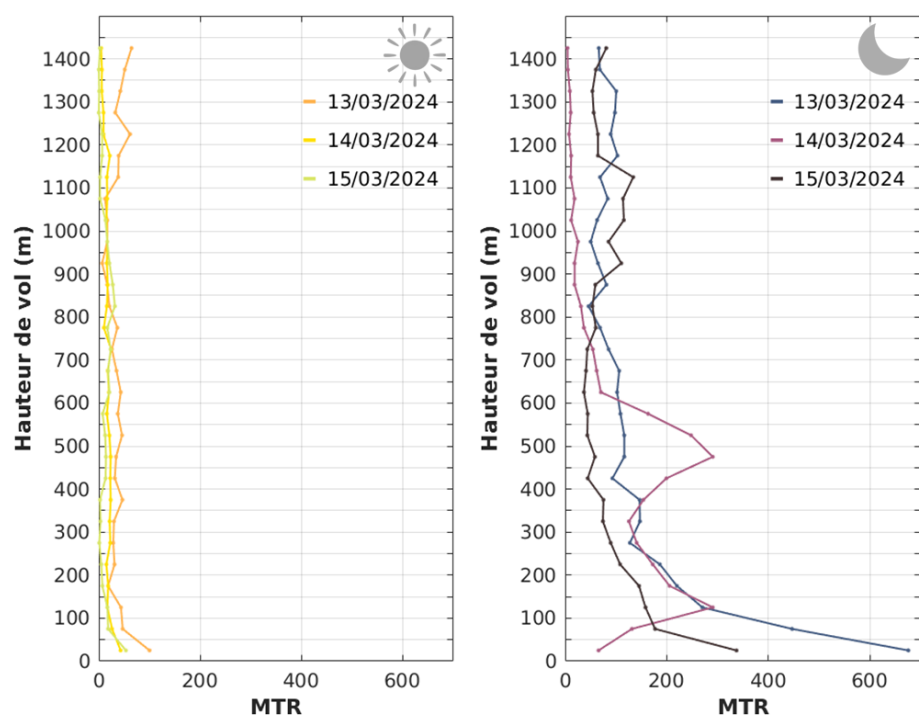


Figure.114 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024, distinctement de jour et de nuit.

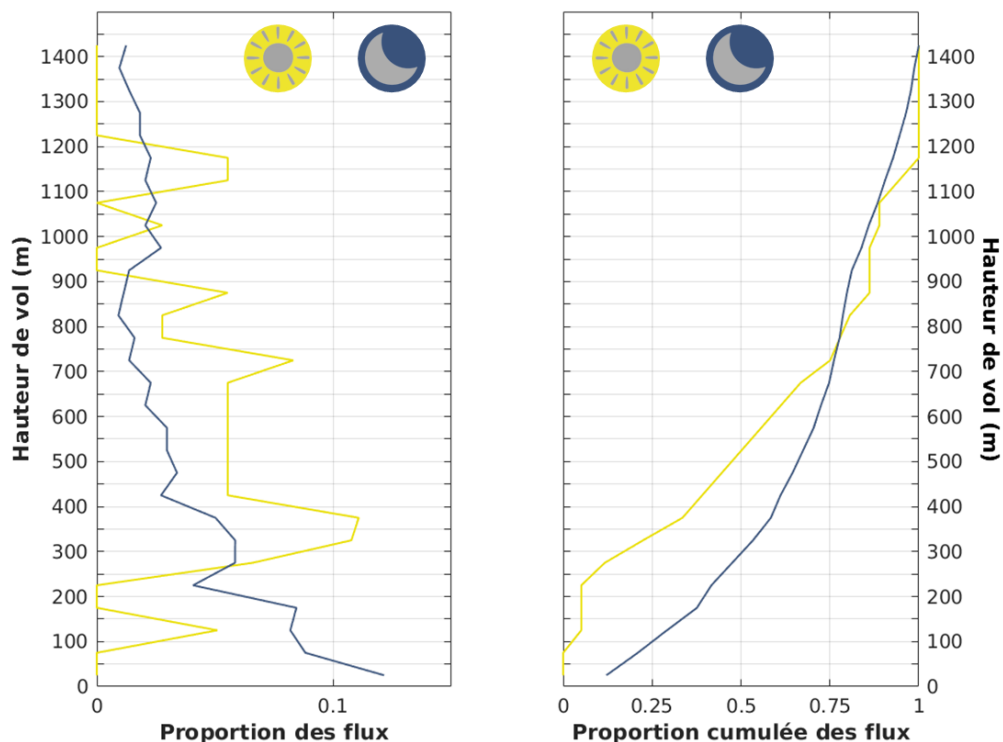


Figure.115 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024, distinctement de jour et de nuit.

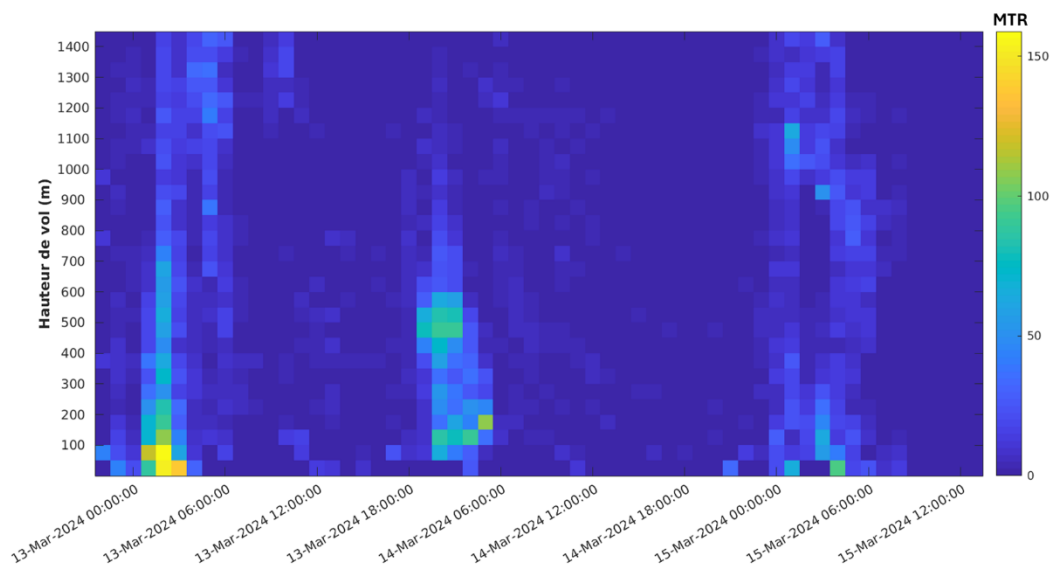


Figure.116 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024.

Synthèse

Lors de la campagne de mars 2024, les principaux pics de migration ont été enregistrés le 13/02/2024 à 2h et 20h UTC, ainsi que le 16/03 entre 1h et 4h UTC (**Figure.110**). Pour ces événements, le bateau se trouve successivement à l'ouest du golfe de Lion (Leucate), au large des Albères, puis au large à l'est du golfe du Lion (

Figure.111, Figure.112). Si le nombre de trajectoires obtenu par radar horizontal suit les mêmes pics (**Figure.109**), ils sont cependant largement dépassés par une forte activité diurne entre 6h et 8h le 13/03/2024, alors que le bateau est au droit de Sète (mais pas à proximité immédiate de la côte ;

Figure.111).

Si les mouvements migratoires enregistrés au nord-ouest du golfe du Lion lors de la première nuit de cette campagne adoptent des directions nord-est marquées, les mouvements des nuits suivantes (au large dans le golfe) sont eux davantage orientés nord-nord-est à nord, (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ;

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Directions horaires des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 12/03/2024 au 15/03/2024

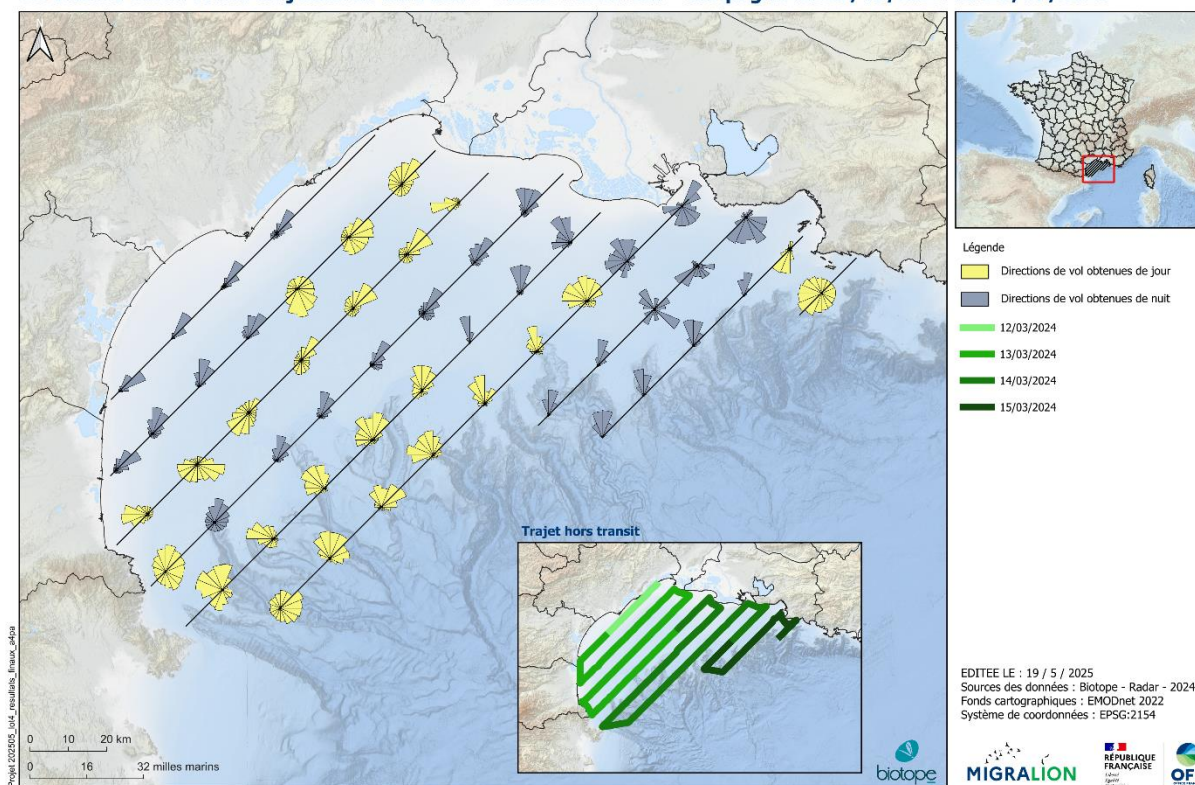


Figure.113).

Les altitudes de vol des flux nocturnes des 13 et 15/03 sont très dispersées au sein de la gamme d'altitude scannée, bien que majoritairement basses (< 200 m ; **Figure.114**). A contrario, les mouvements enregistrés au large au cours de la nuit du 14/03 présentent deux modes principaux, à 100-200m et 400-600m (**Figure.114**), également bien visibles sur la déclinaison horaire des hauteurs de vol (**Figure.116**).

Pour cette campagne, les proportions de flux nocturnes en-dessous de 300m dépassent celles autres campagnes réalisées lors de la saison prénuptiale, contrairement aux flux diurnes plus étagés. En effet, environ 12% et 48% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m, respectivement de jour et de nuit.

Contextualisation des observations radar : exemple le 13/03/2024

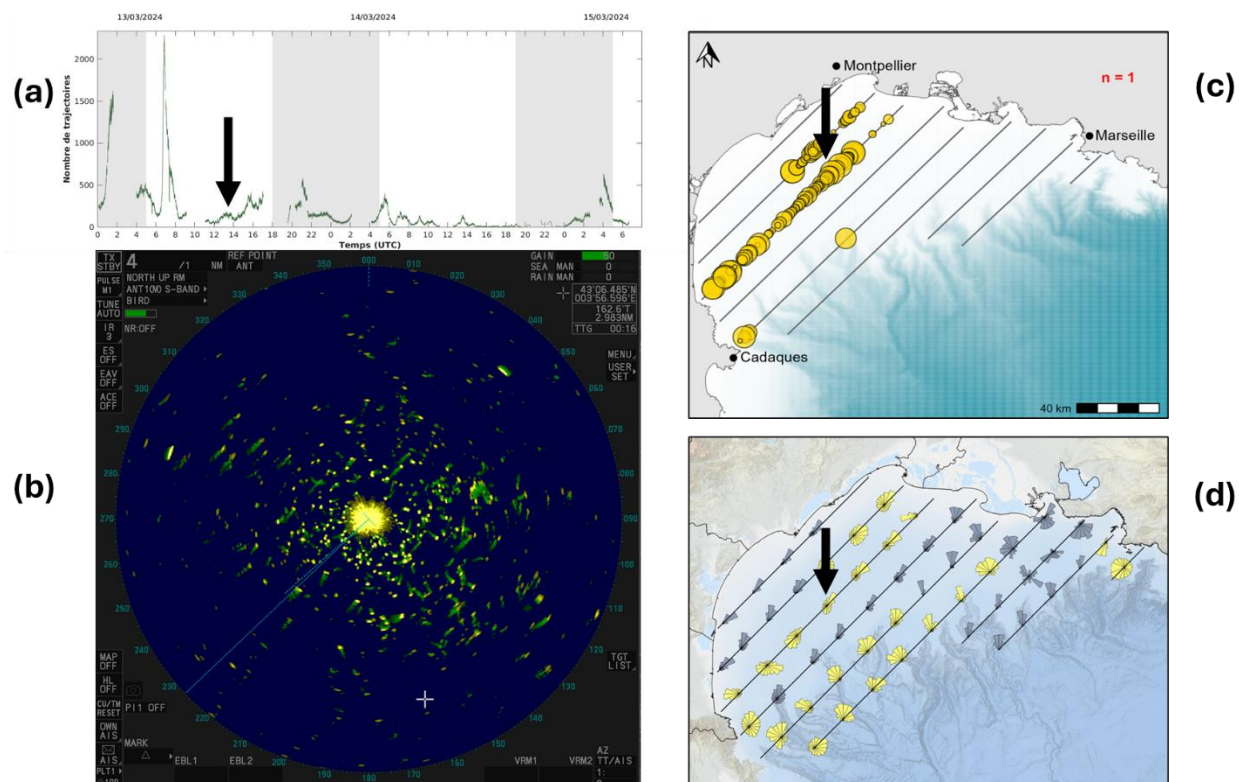


Figure.117 : Contextualisation de l'observation de concentrations de Mouettes pygmées autour de 13h le 13/03/2024. Les panneaux (a), (c) et (d) proviennent de résultats présentés dans le rapport en lien avec la campagne considérée. Le panneau (b) correspond à une image radar enregistrée lors de ce créneau horaire. Les flèches noires indiquent l'heure et la localisation étudiées.

Cet exemple illustre la concordance entre les différentes sources de données, avec une nette activité enregistrée au radar horizontal (panneau (b)), correspondant à des effectifs importants de Mouettes pygmées détectées par les observateurs lors du suivi visuel. La direction principale vers le nord-est mesurée par radar confirme le comportement des oiseaux en migration active à cette période.

3.5.3 Campagnes réalisées en saison postnuptiale

Postnuptiale – campagne 03_2022

Rappelons que les données 2022 du radar horizontal ne sont pas exploitables et n'apparaissent donc pas dans les représentations suivantes.

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

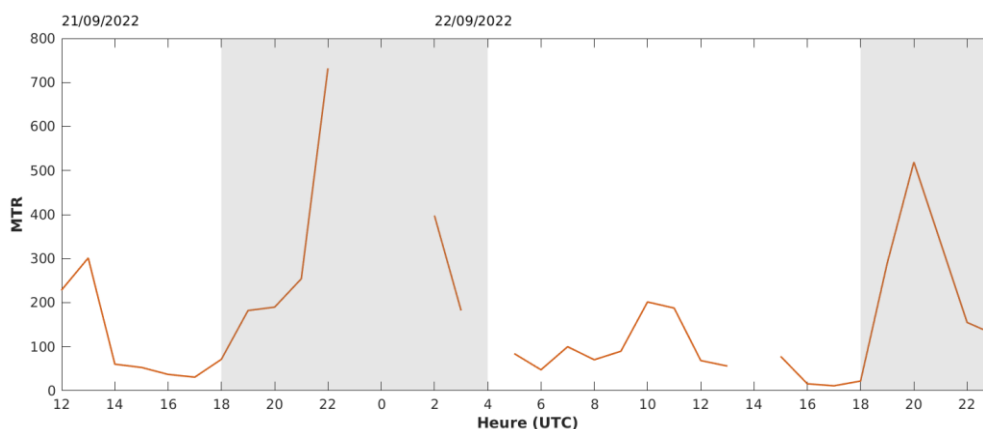


Figure.118 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 21/09/2022 au 22/09/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit. Les absences de données proviennent d'images inexploitables (e.g. bruitées).

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022

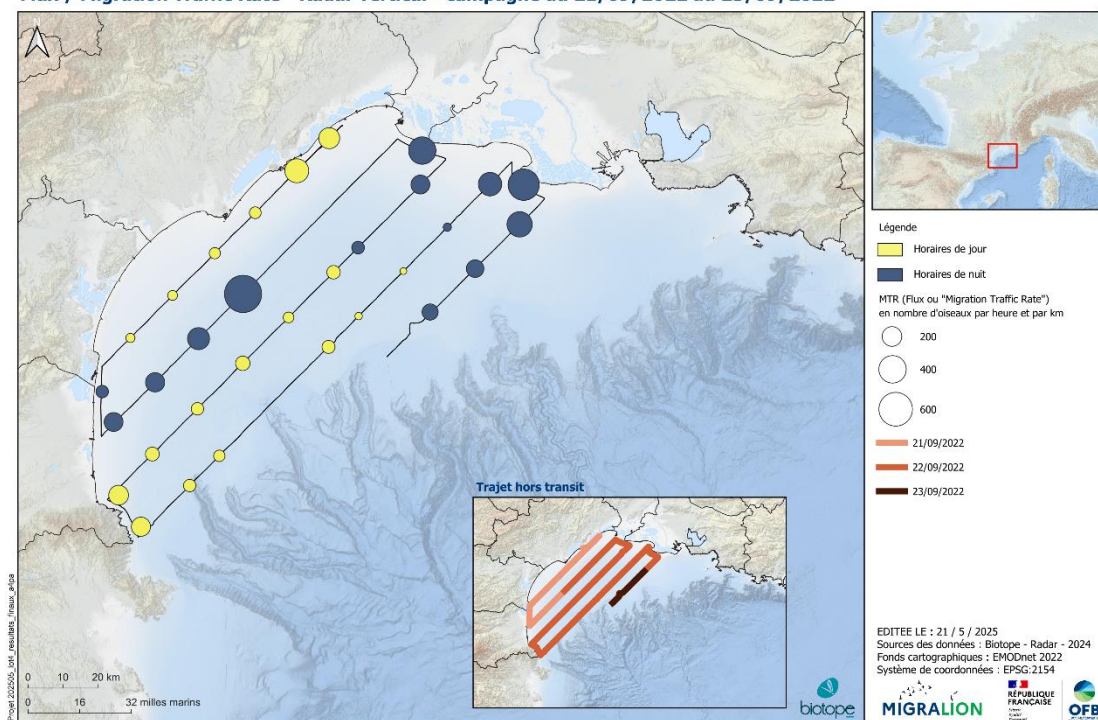


Figure.119 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

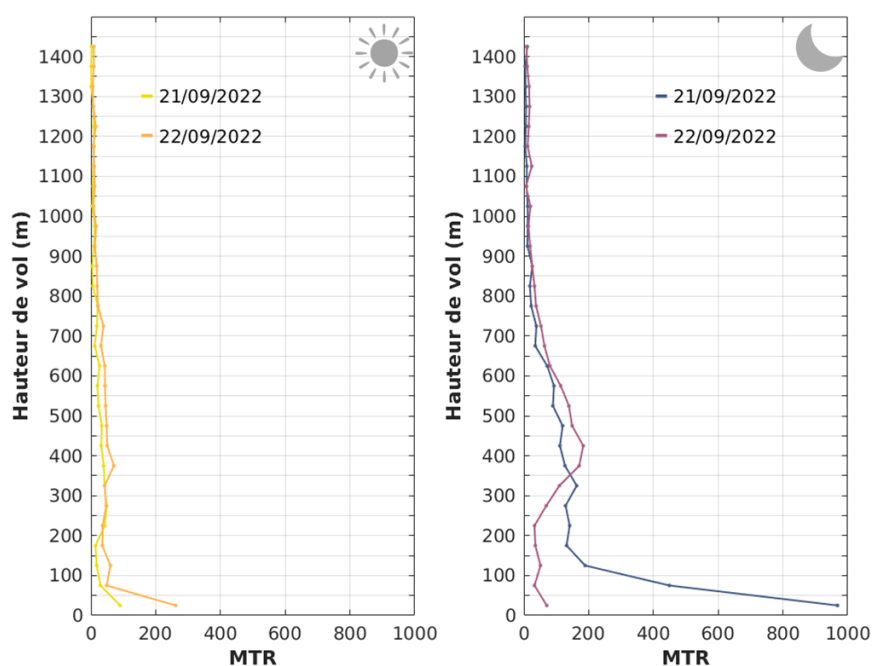


Figure.120 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022, distinctement de jour et de nuit.

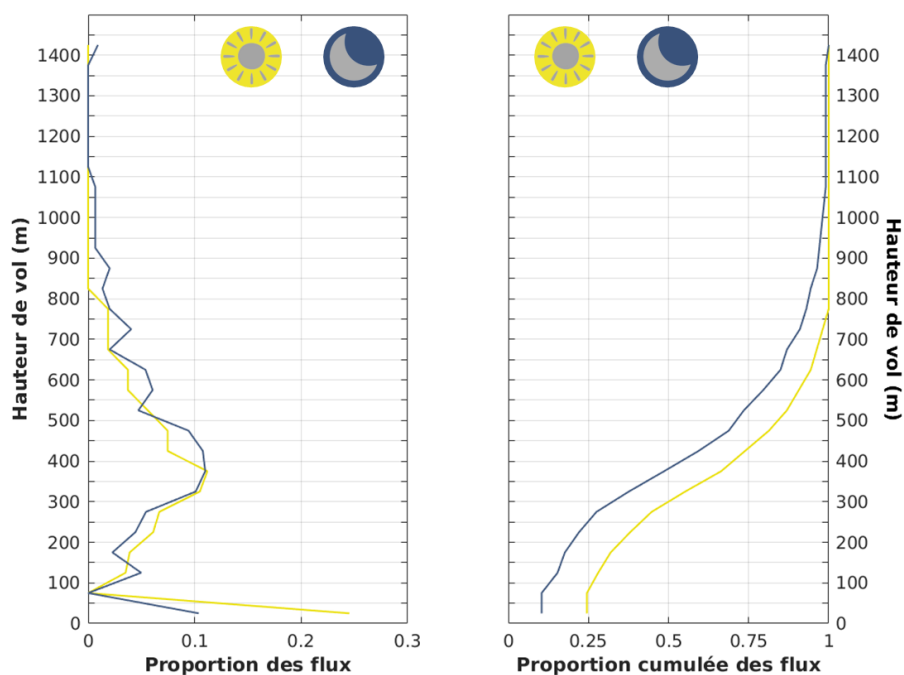


Figure.121 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022, distinctement de jour et de nuit.

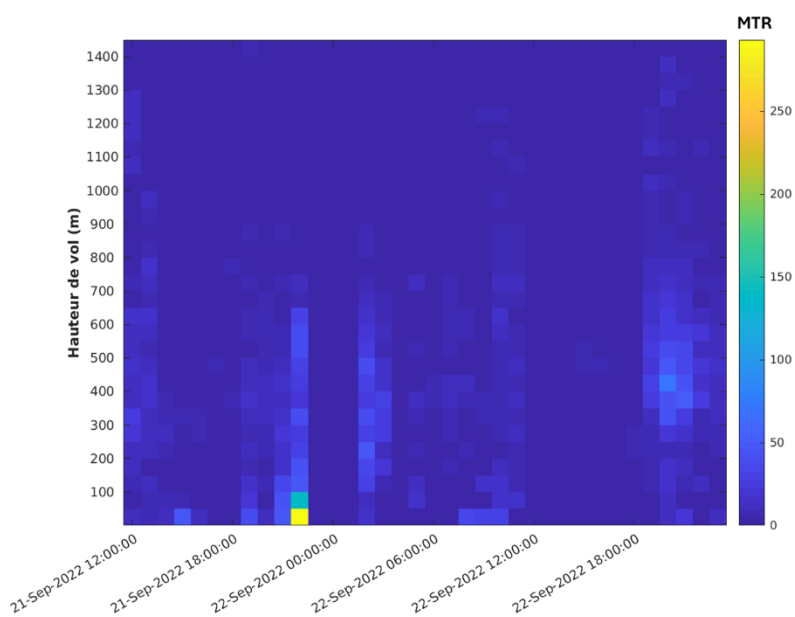


Figure.122 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 21/09/2022 au 23/09/2022.

Synthèse

Lors de la première campagne postnuptiale de 2022, deux pics nocturnes ont été enregistrés autour de 22h le 21/09/2022 (au droit d'Agde, mais pas à proximité immédiate des côtes) et autour de 20h le 22/09/2022 (à proximité du secteur de l'Espiguette, **Figure.119**).

Les vols du premier passage enregistré étaient concentrés à basse altitude (<50m), alors que ceux de la nuit suivante présentaient une majorité de hauteurs de vol comprises entre 300 et 500m (**Figure.120**).

Par ailleurs, la distribution en altitude des proportions des flux est assez similaire entre la nuit et le jour lors de cette campagne, avec toutefois une activité diurne plus importante en-dessous de 50m (**Figure.121**). 45% et 28% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m d'altitude, respectivement de jour et de nuit.

Postnuptiale – campagne 03-04 2022

Rappelons que les données 2022 du radar horizontal ne sont pas exploitables et n'apparaissent donc pas dans les représentations suivantes.

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

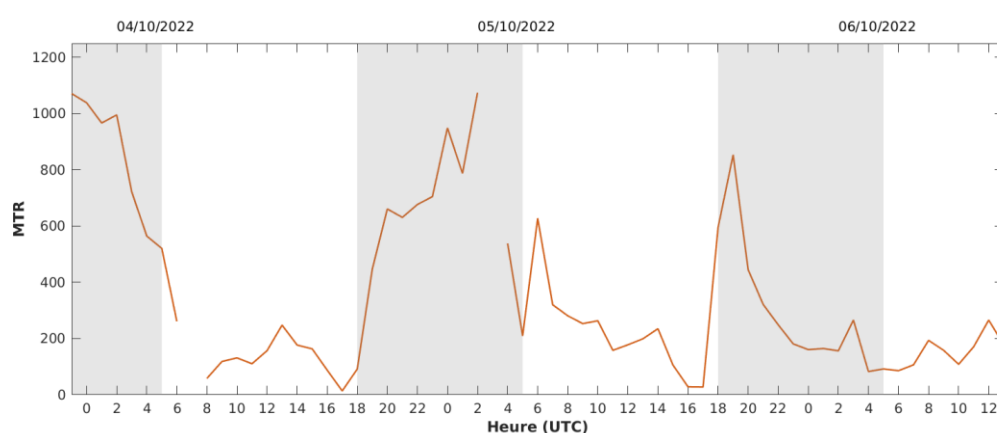


Figure.123 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 04/10/2022 au 06/10/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit. Les absences de données proviennent d'images inexploitables (e.g. bruitées).

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022

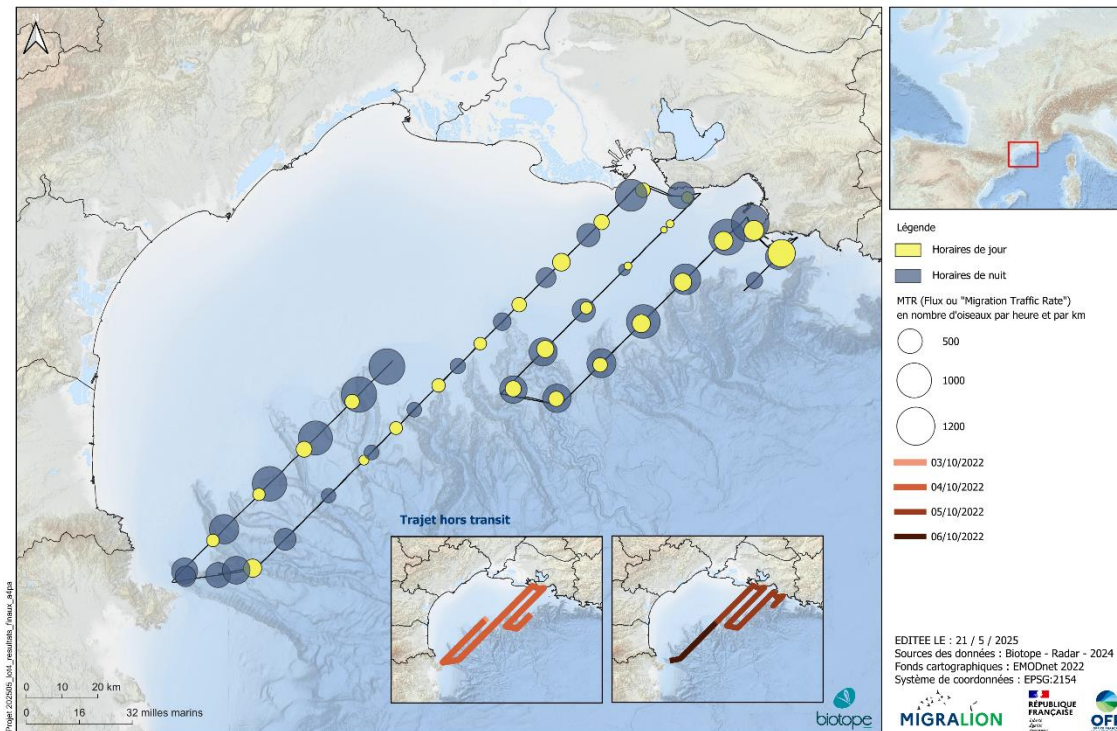


Figure.124 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

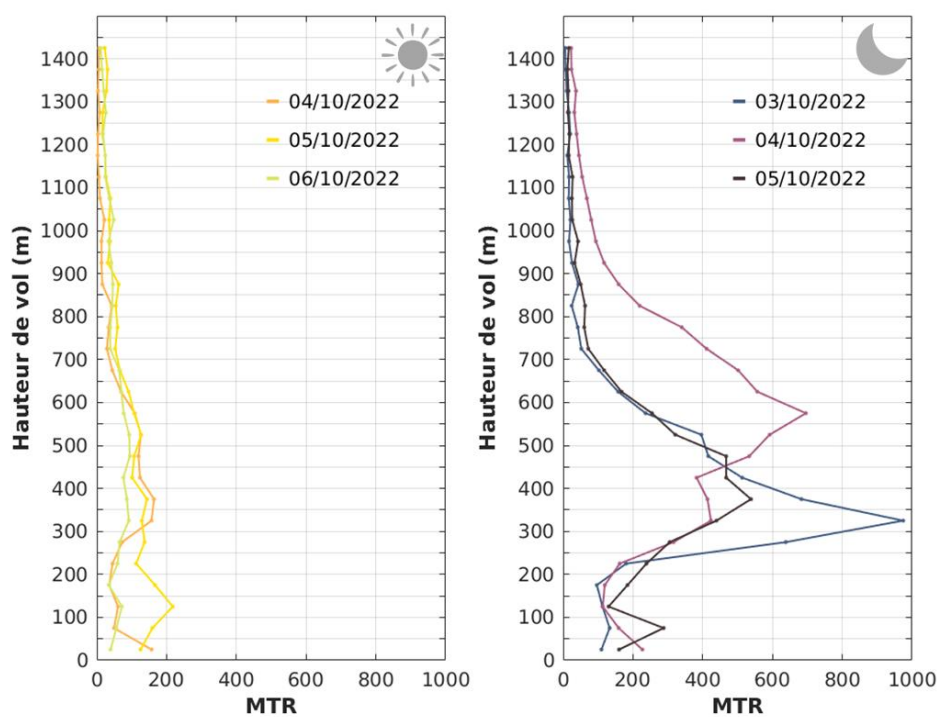


Figure.125 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022, distinctement de jour et de nuit.

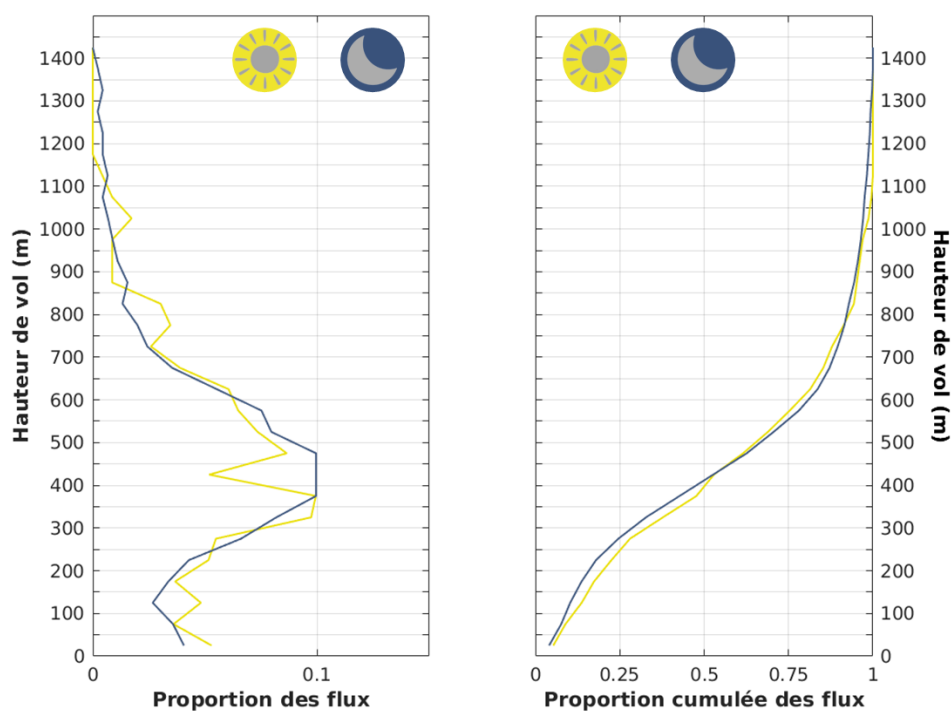


Figure.126 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022, distinctement de jour et de nuit.

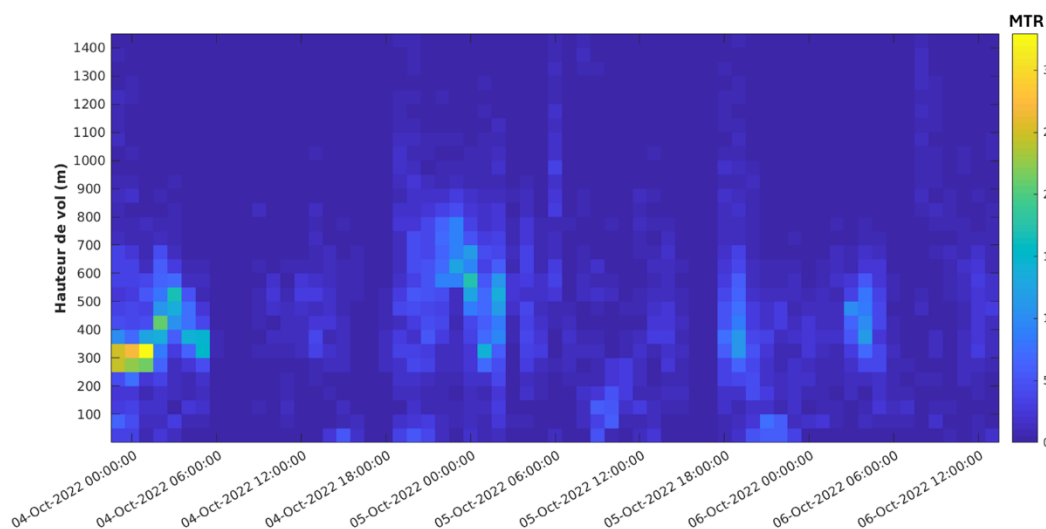


Figure.127 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 03/10/2022 au 06/10/2022.

Synthèse

Lors de la première campagne d'octobre 2022, d'importants flux nocturnes ont été enregistrés, atteignant leurs plus fortes valeurs soit autour de 0-2h UTC (respectivement au centre du golfe du Lion et à proximité de la côte / au droit de Fos les nuits du 03 et 04/10), soit en début de nuit (19h le 05/10/2022 ; à proximité immédiate de la côte – Marseille ; **Figure.123** ; **Figure.124**). Notons que l'activité diurne la plus importante a elle aussi été enregistrée au large de Marseille, en début de journée.

Les passages migratoires nocturnes présentent une distribution en altitude variable entre les nuits, avec un mode autour de 300m, 450-650m et 300-500m consécutivement (**Figure.125**).

Bien que les flux diurnes soient inférieurs aux flux diurnes, leur distribution relative en altitude est similaire, avec un mode marqué entre 300 et 600m (**Figure.126**). De plus, les altitudes de vol ont tendance à diminuer en deuxième partie de nuit (**Figure.127**).

28% et 25% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m, respectivement de jour et de nuit (**Figure.126**).

Postnuptiale – campagne 04 2022

Rappelons que les données 2022 du radar horizontal ne sont pas exploitables et n'apparaissent donc pas dans les représentations suivantes.

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

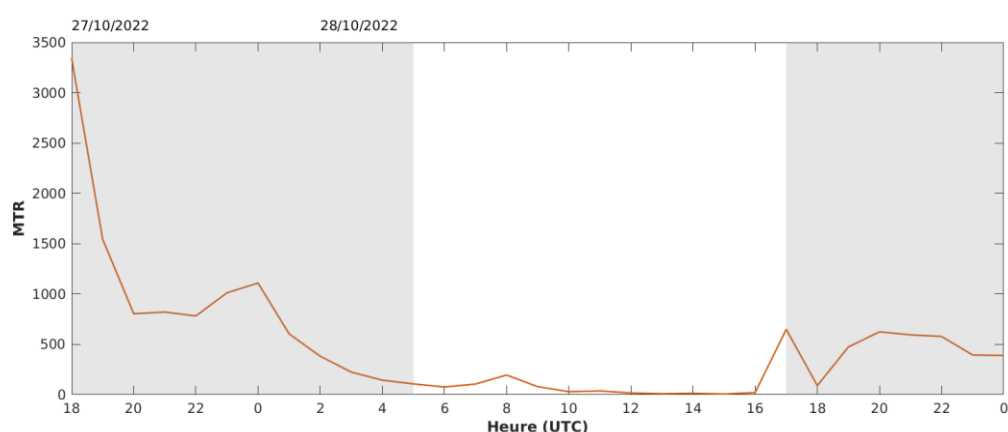


Figure.128 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 27/10/2022 au 28/10/2022. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 27/10/2023 au 29/10/2023

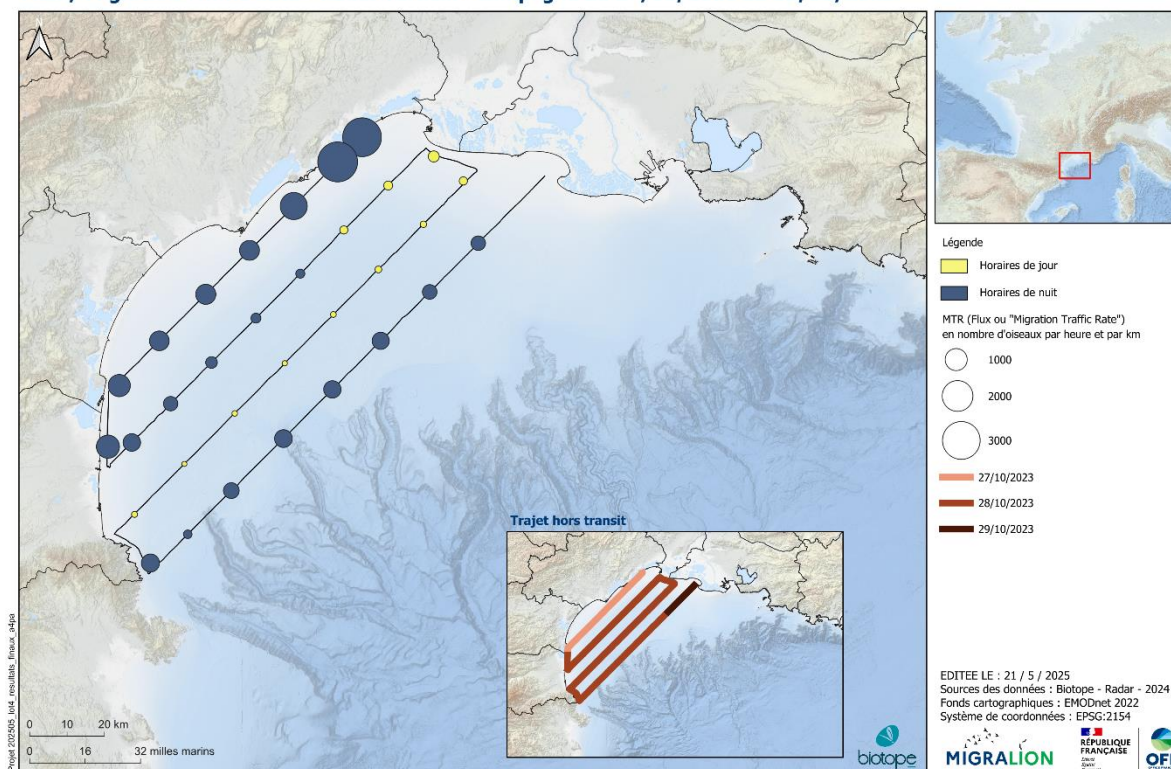


Figure.129 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 27/10/2023 au 29/10/2023.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

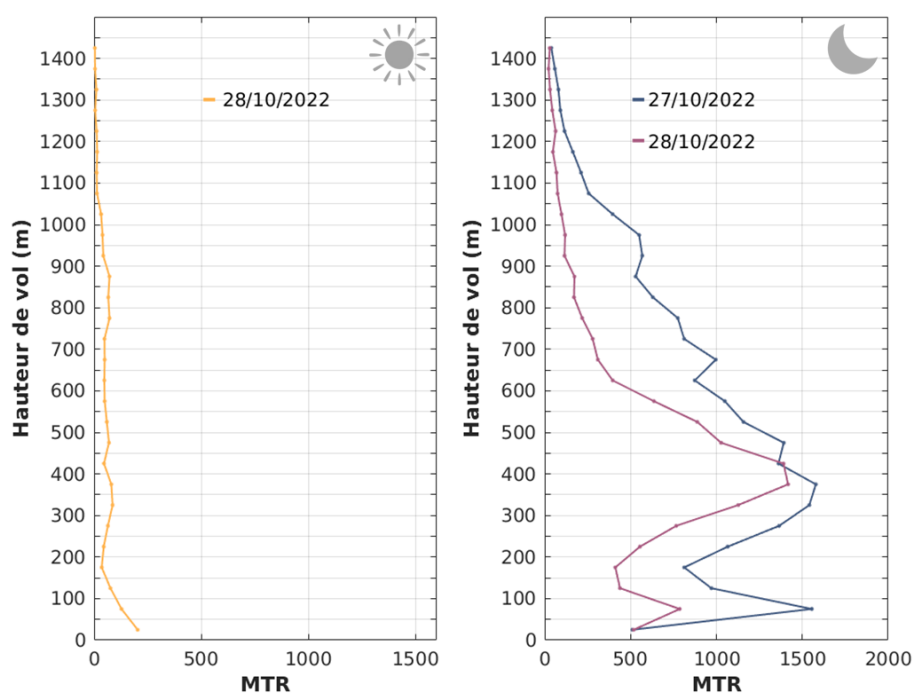


Figure.130 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 27/10/2022 au 29/10/2022, distinctement de jour et de nuit.

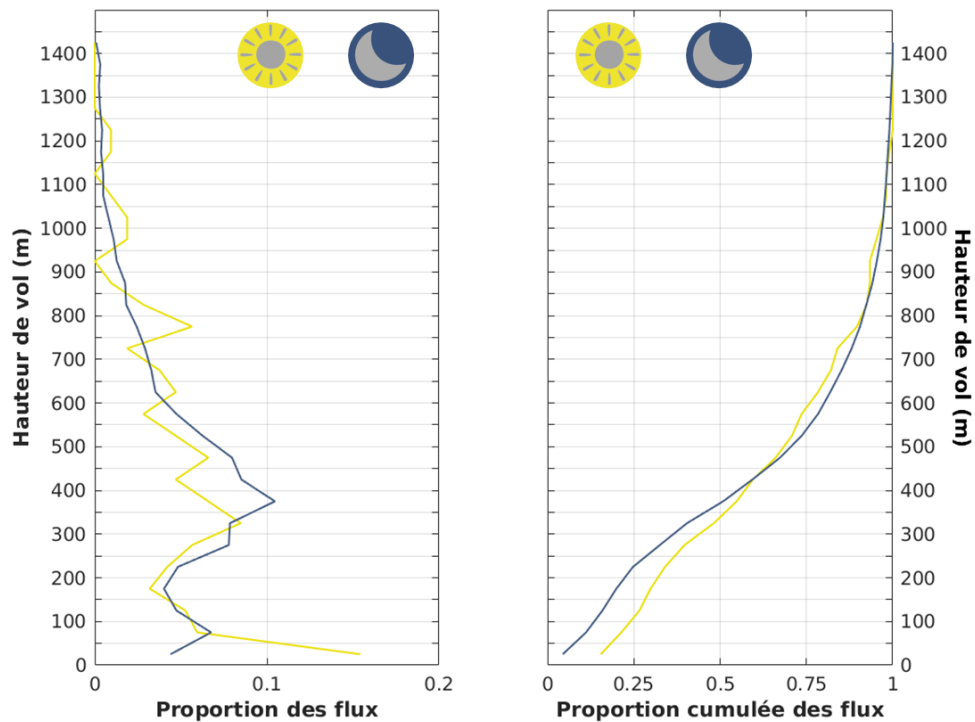


Figure.131 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 27/10/2022 au 29/10/2022, distinctement de jour et de nuit.

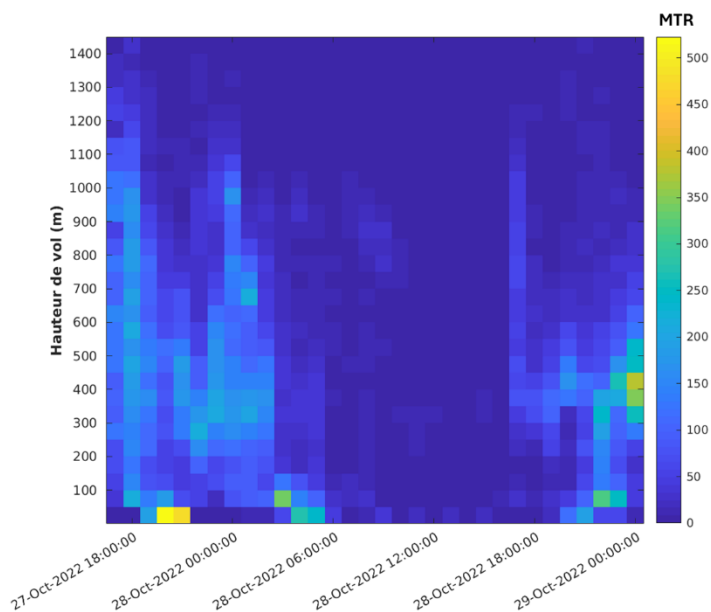


Figure.132 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 27/10/2022 au 29/10/2022.

Synthèse

Un passage migratoire très important a été enregistré dans le nord et nord-ouest du golfe du Lion en début de nuit du 27/10/2022, se poursuivant jusqu'à 1h UTC (**Figure.128**). Les enregistrements acoustiques nous informent par ailleurs de passages concomitants de turdidés (Grive mauvis, Merle noir, Rougegorge familier, Grive musicienne ; cf. 3.4.1). La nuit suivante a elle aussi été marquée par des flux importants, au centre du golfe du Lion (**Figure.129**). Pour ces deux nuits, la distribution des hauteurs de vol montre un mode entre 300 et 600m, avec de même de nombreux déplacements s'effectuant entre 700 et 1000m lors de la nuit du 27/10/2022 (**Figure.130**).

Si l'activité diurne est majoritairement enregistrée en-dessous de 50m d'altitude, les distributions des proportions des flux diurne/nocturne sont ensuite assez similaires, avec un mode plus marqué entre 350 et 500m (**Figure.131**).

La distribution en altitude au fur et à mesure des heures évolue d'une large gamme de hauteurs en de vol en début de nuit, que l'on retrouve en deuxième partie de nuit, après quelques heures durant lesquelles les vols sont davantage concentrés en-dessous de 500m (autour de 22h à 00h UTC lors des deux nuits ; **Figure.132**).

Lors de cette campagne, 40% et 33% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m, respectivement de jour et de nuit (**Figure.131**).

Postnuptiale – campagne 03 2023

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

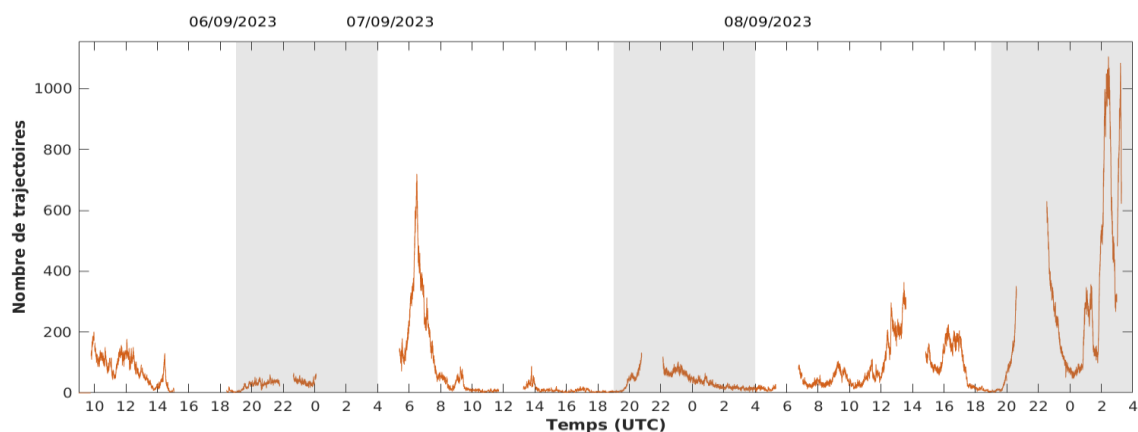


Figure.133 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 06/09/2023 au 09/09/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

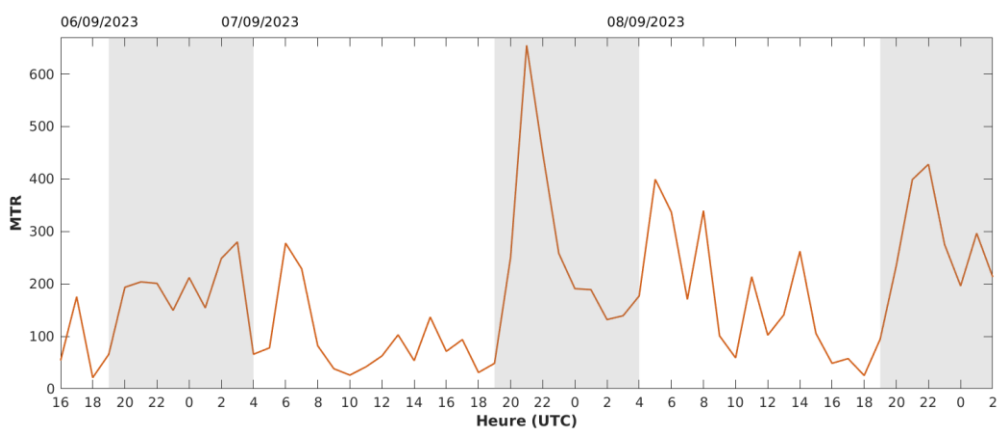


Figure.134 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 06/09/2023 au 09/09/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Activité horaire des déplacements d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023

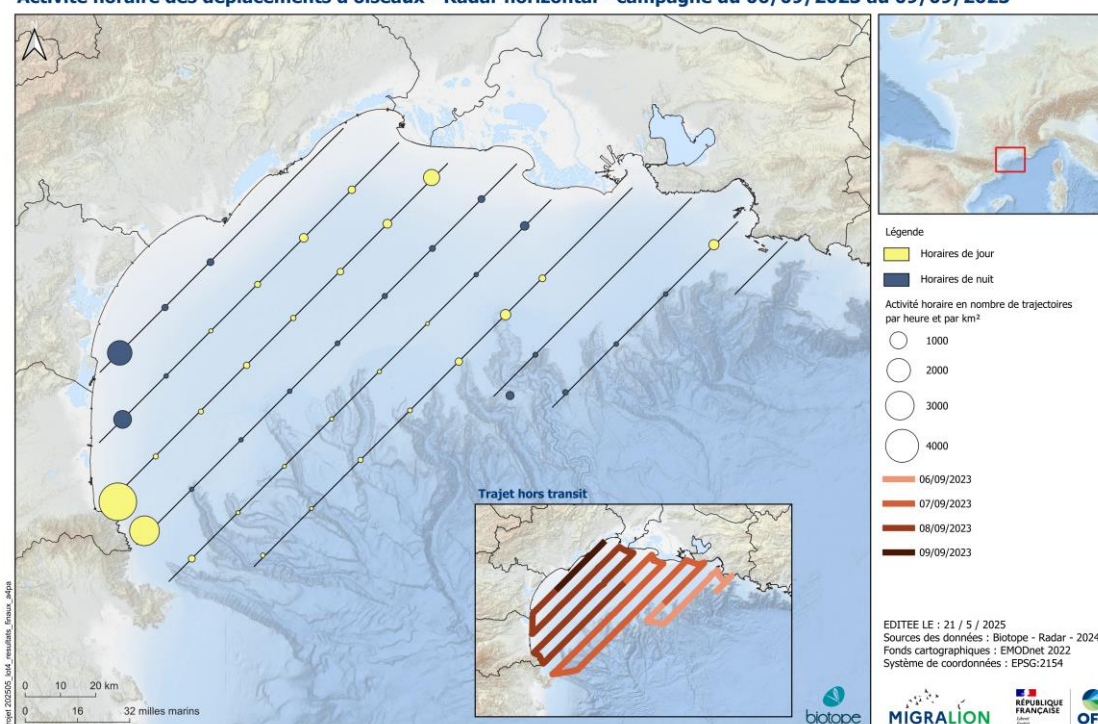


Figure.135 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023

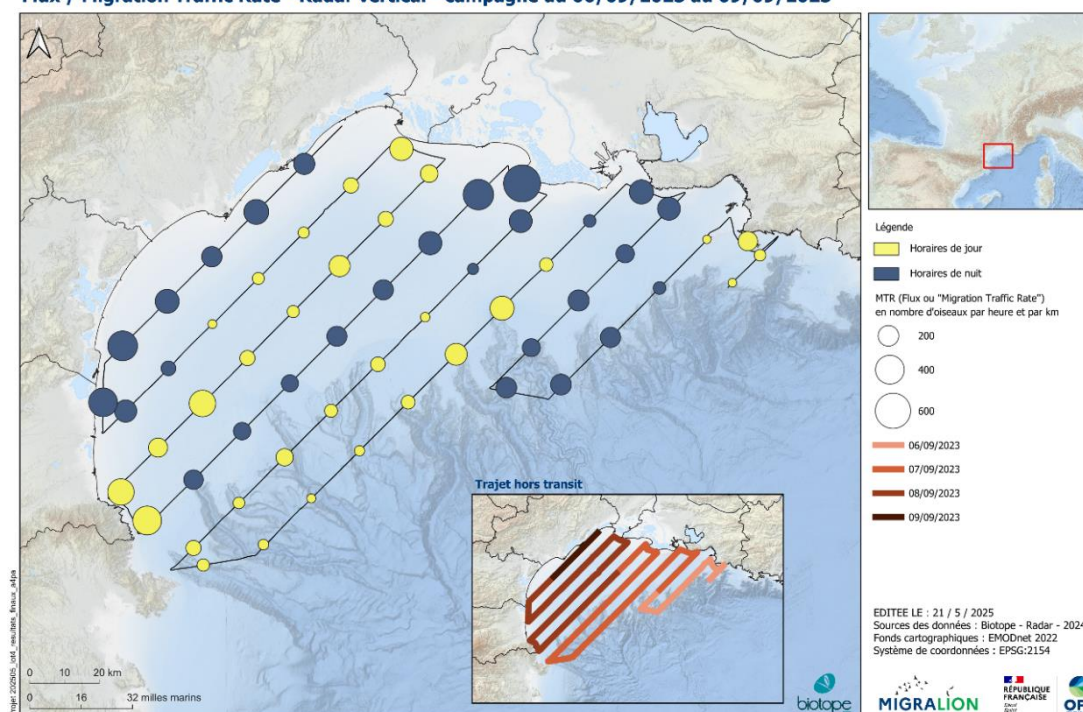
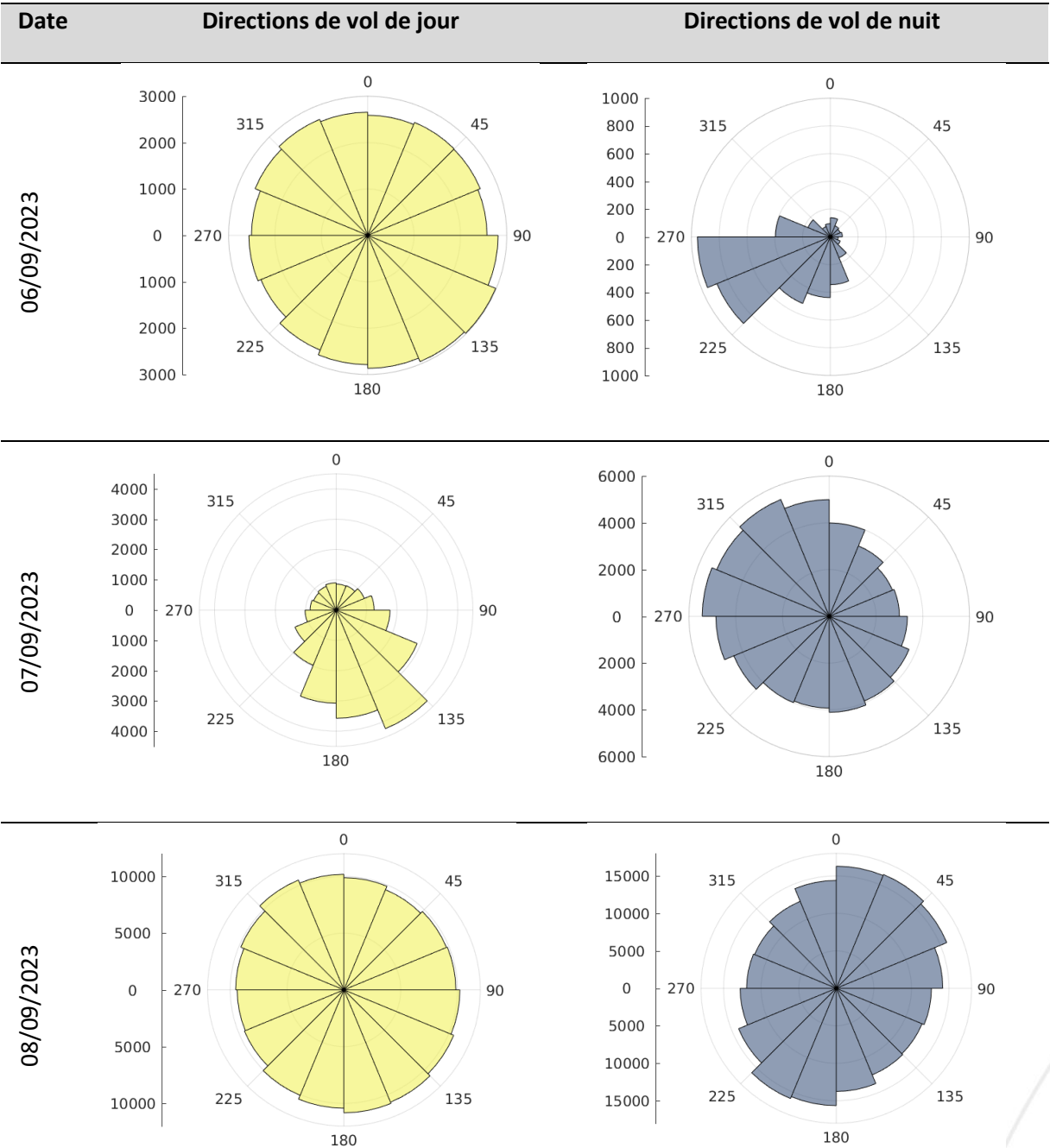


Figure.136 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023.

Caractéristiques des déplacements d’oiseaux

Tableau 25 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.



MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Directions horaires des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023

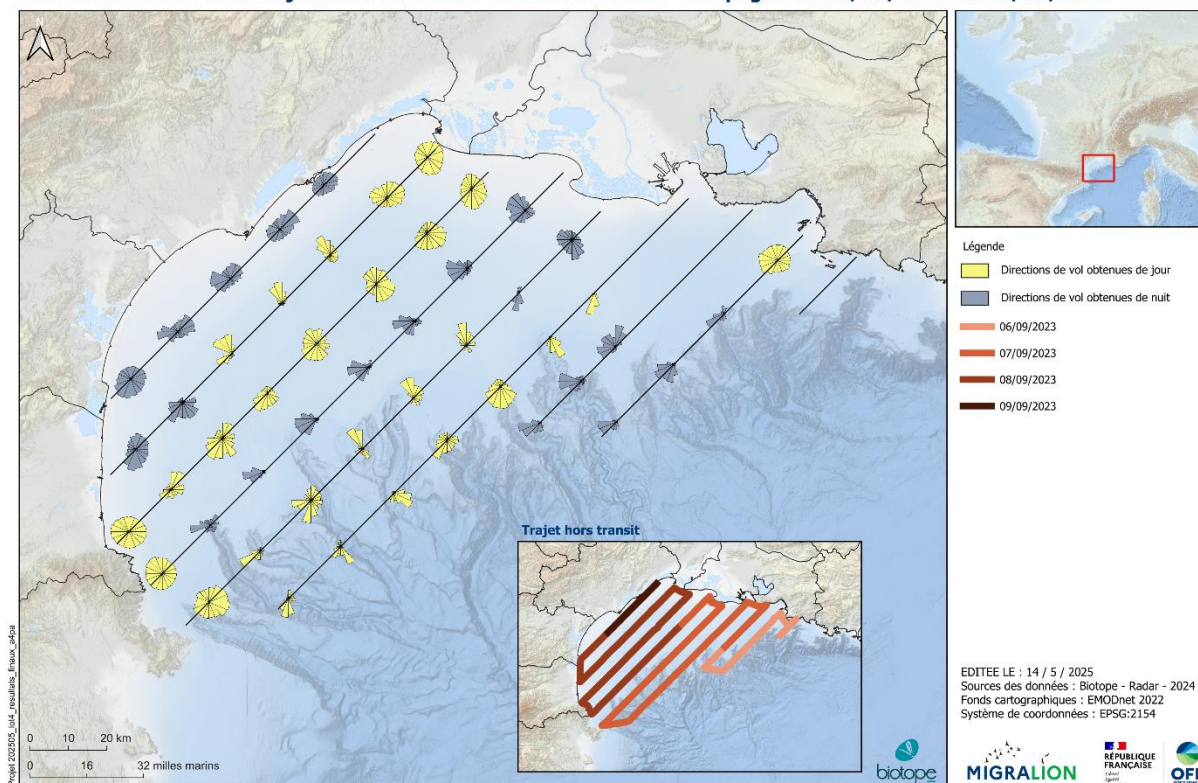


Figure.137 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023.

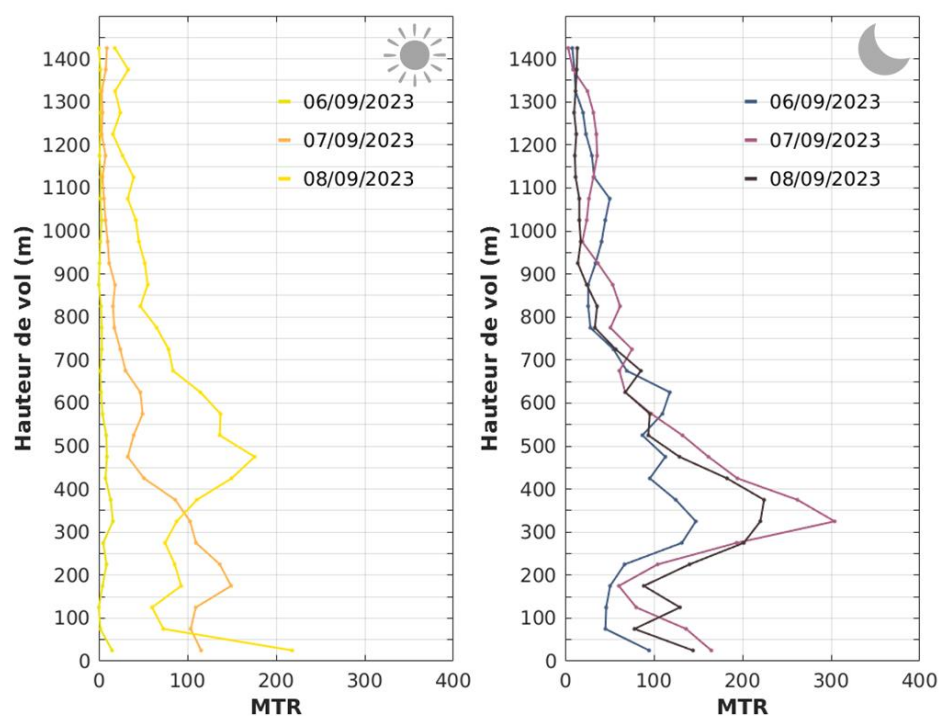


Figure.138 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023, distinctement de jour et de nuit.

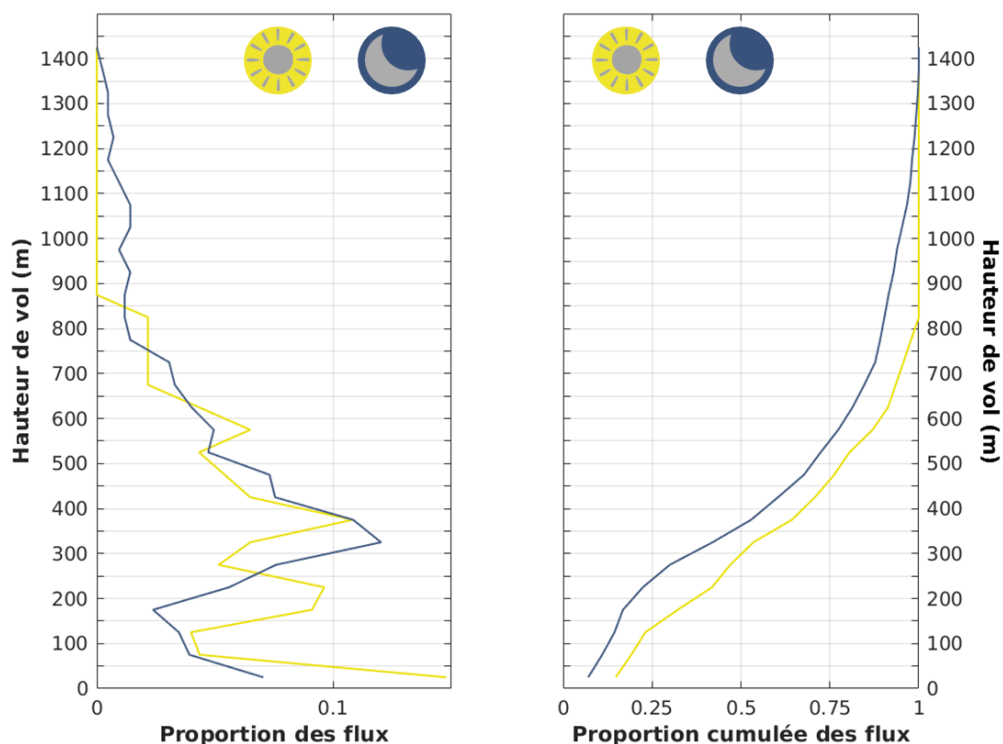


Figure.139 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023, distinctement de jour et de nuit.

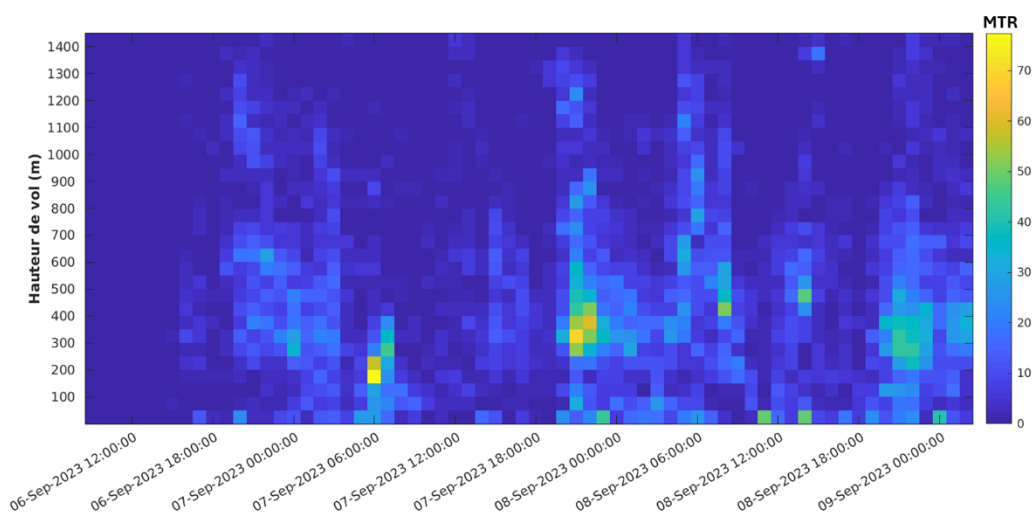


Figure.140 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 06/09/2023 au 09/09/2023.

Synthèse

Lors de la première campagne postnuptiale de 2023, les flux nocturnes les plus importants ont été enregistrés dans le secteur de l'Espiguette, en début de nuit du 07/09/2023 (**Figure.133, Figure.134, Figure.135, Figure.136**). Notons que ce pic ne se retrouve pas au radar horizontal pour raisons méthodologiques (proximité de la côte, **Figure.133, Figure.135**).

Par ailleurs, d'importants flux ont été enregistrés sur les deux radars au cours de la nuit du 08/09/2023, à partir de 21h, alors que le bateau se trouve à proximité de Leucate et évolue dans le nord-ouest du golfe du Lion. L'activité diurne la plus marquée a été enregistrée à la côte, au droit des Albères, en tout début de journée (6-8h UTC).

De façon intéressante, les vols enregistrés de nuit à l'est du golfe du Lion sont orientés ouest-sud-ouest (nuit du 06 au 07/09/2023), basculant sud-sud-est au cours de la journée suivante, au large du golfe du Lion (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les distributions jour/nuit des directions de vol sont par ailleurs très homogènes les jours suivants. Les distributions horaires la nuit du 07 au 08/09/2023 sont étonnamment orientées ouest, s'éloignant d'un a priori sur les directions migratoires nord/sud (**Figure.137**).

Ces différents événements nocturnes sont marqués par des vols majoritairement concentrés en 250 et 500m d'altitude (environ 27% des flux ; **Figure.138, Figure.139**). Les hauteurs de vol déclinées par heure retracent les modes constatés entre 250 et 500m d'altitude en première partie de nuit, ainsi que des passages plus ponctuels en journée, autour de 200m (07/09/2023, 6-7h UTC) et 450m (08/06/2023, 8h et 14h UTC), marquant les distributions diurnes des hauteurs de vol (**Figure.138, Figure.140**).

Lors de cette campagne, 48% et 29% des vols ont été enregistrés en-dessous de 300m, de jour et de nuit respectivement (**Figure.139**).

Contextualisation des données radar : exemple le 08/09/2023

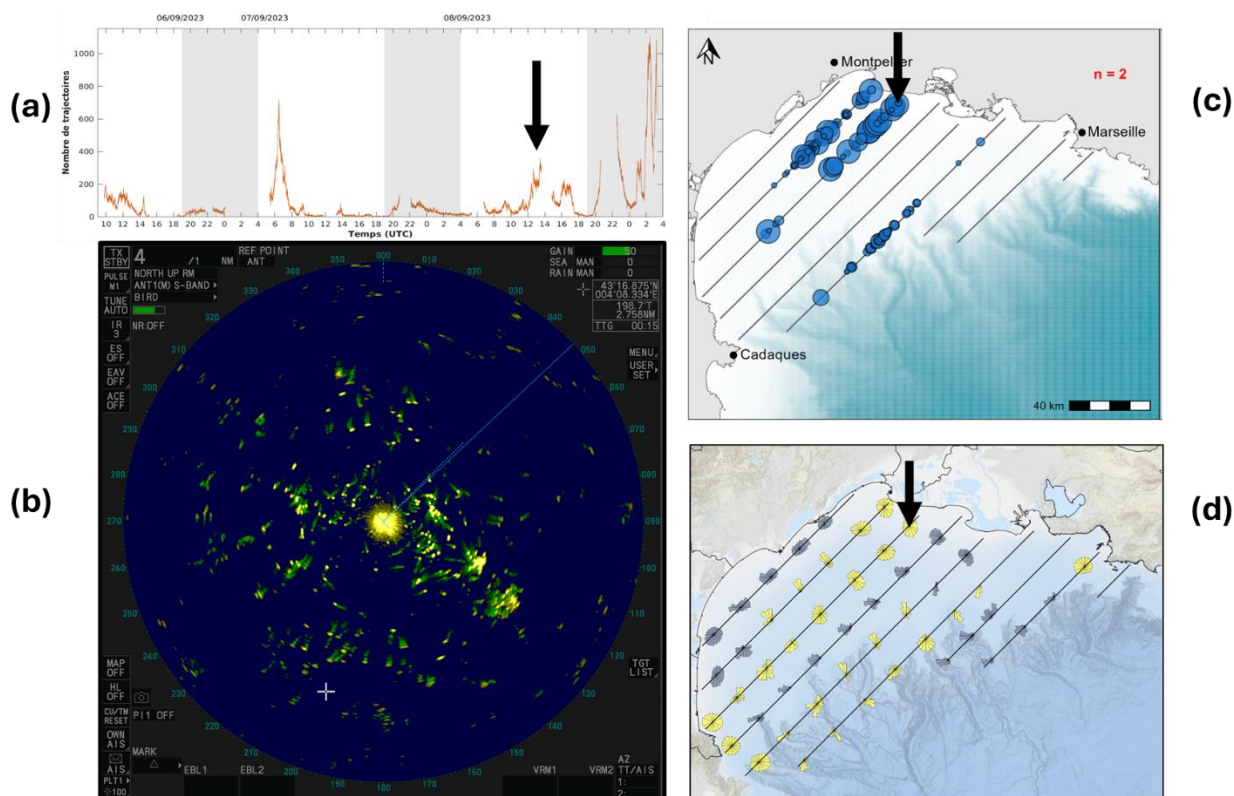


Figure.141 : Contextualisation de l'observation de concentrations de sternes pierregarin autour de 13h le 08/09/2023. Les panneaux (a), (c) et (d) proviennent de résultats présentés dans le rapport en lien avec la campagne considérée. Le panneau (b) correspond à une image radar enregistrée lors de ce créneau horaire. Les flèches noires indiquent l'heure et la localisation étudiées.

Les grandes concentrations de sternes pierregarin relevées lors de la campagne de début septembre 2023 sont effectivement visibles au radar horizontal avec une forte activité dans la zone durant plusieurs heures (**Figure.141**). Cette activité correspond à des regroupements et dispersions de groupes de sternes en recherche alimentaire et chasse. Ainsi, la distribution des directions résultante est homogène.

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

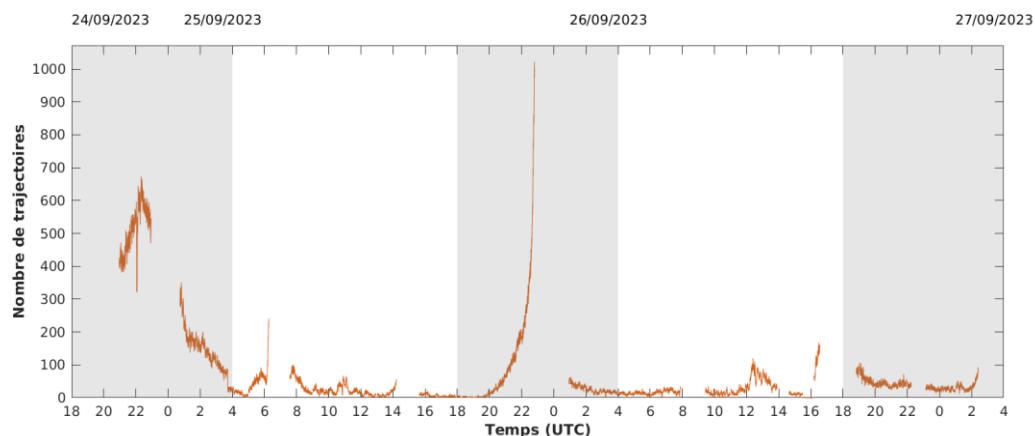


Figure.142 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 24/09/2023 au 27/09/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

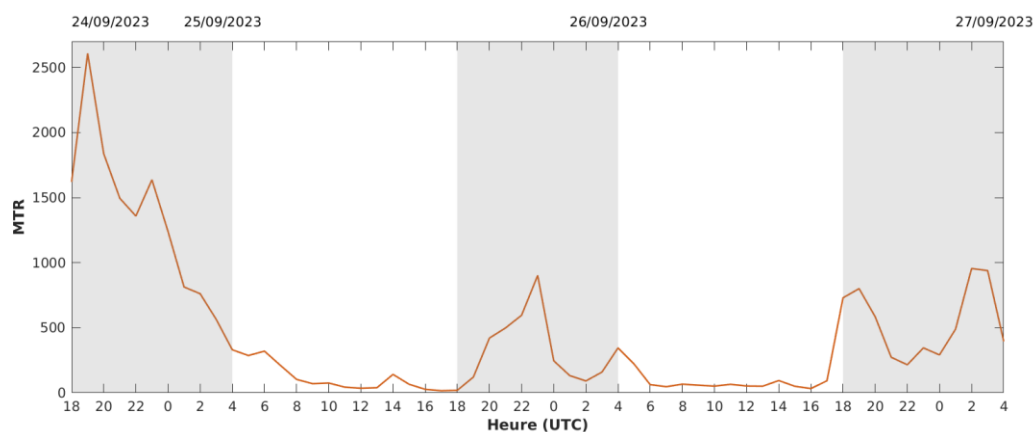


Figure.143 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 24/09/2023 au 27/09/2023. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Activité horaire des déplacements d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023

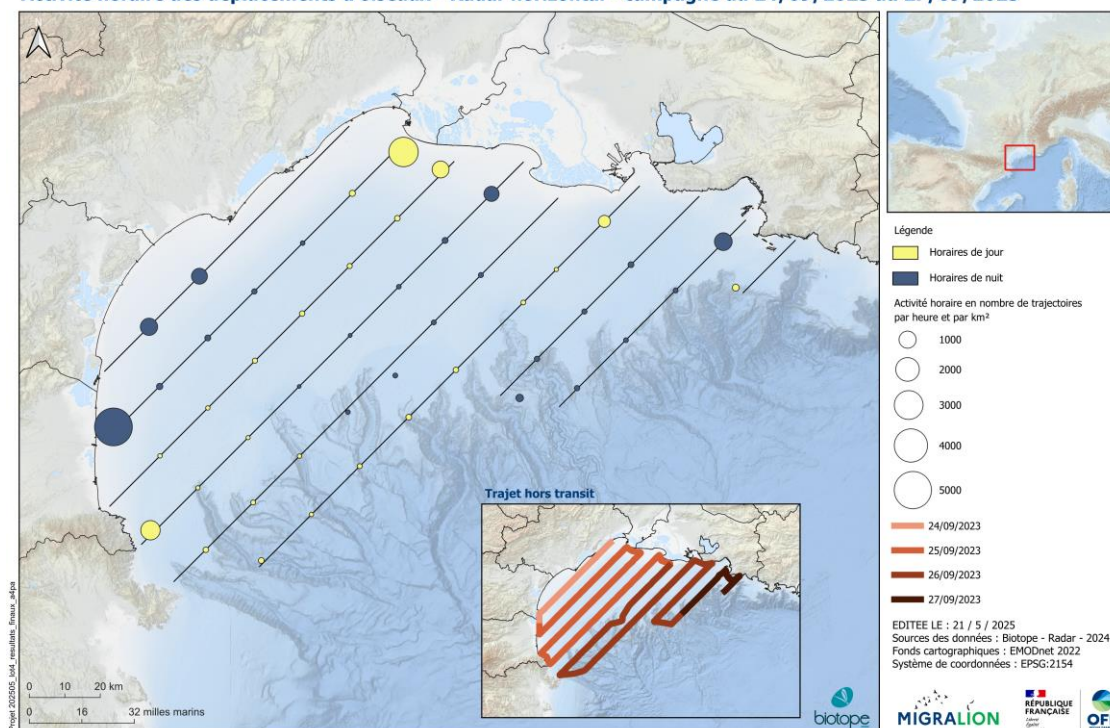


Figure.144 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023

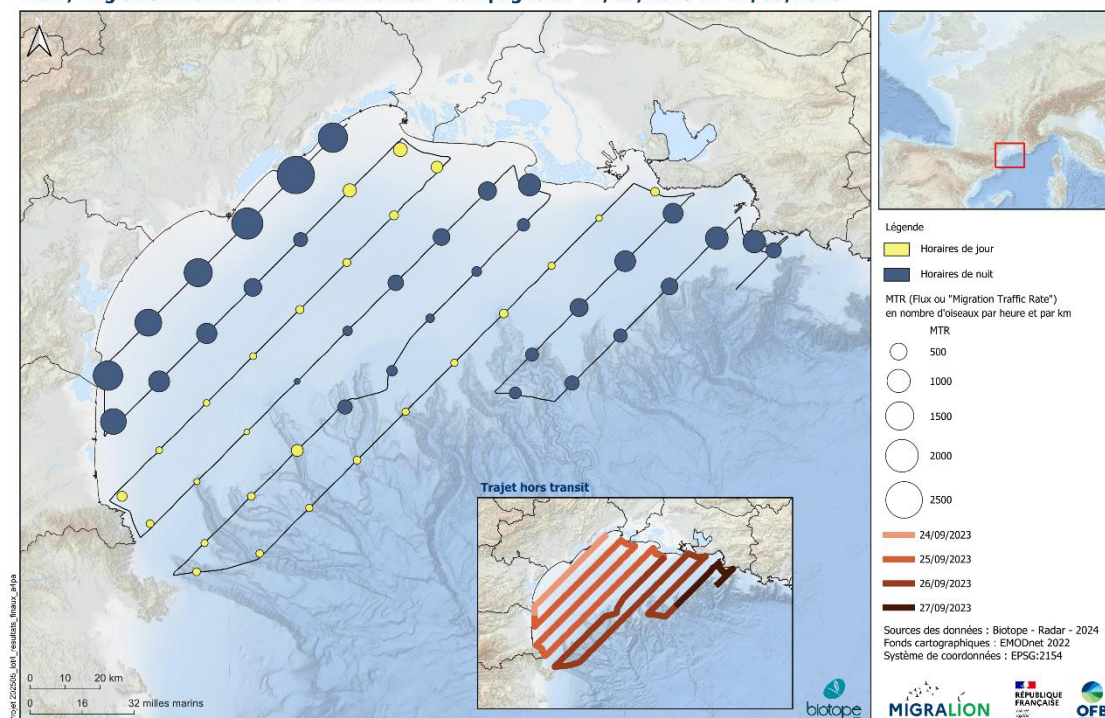
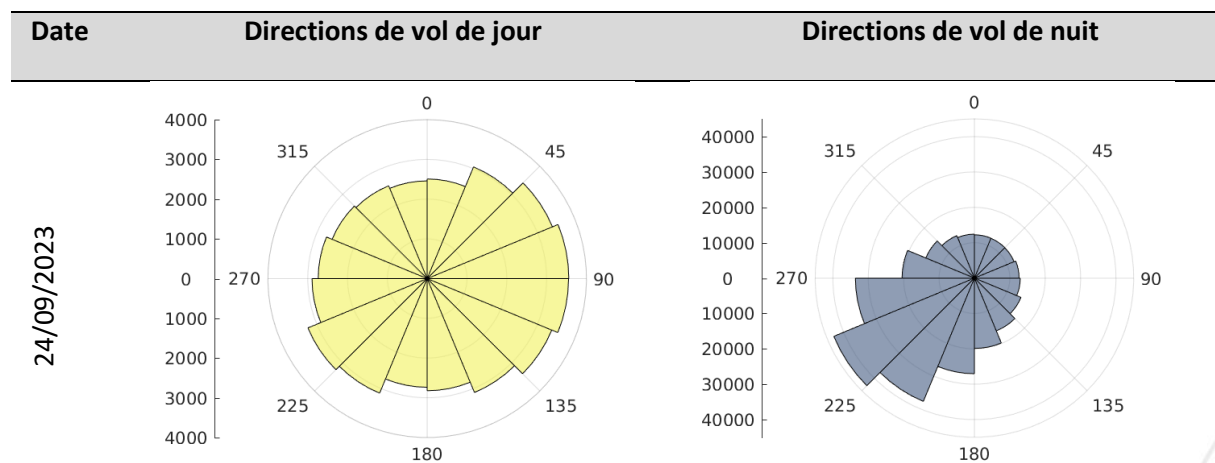


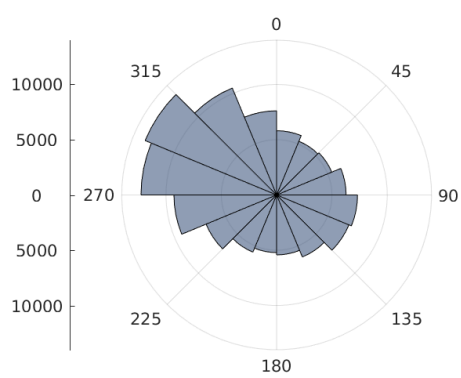
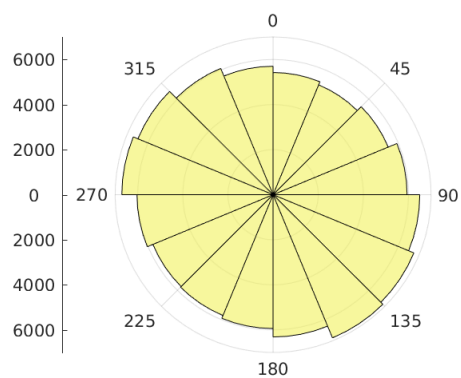
Figure.145 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

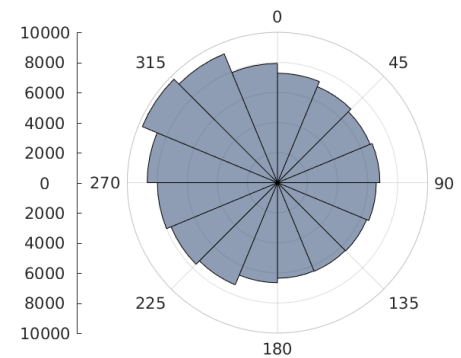
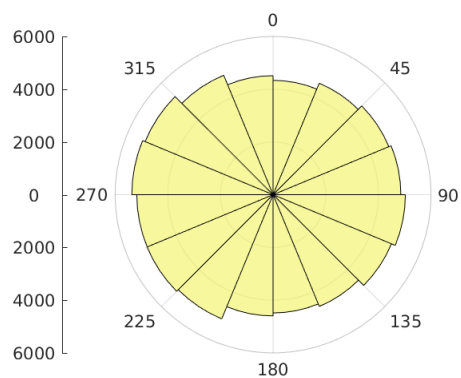
Tableau 26 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.



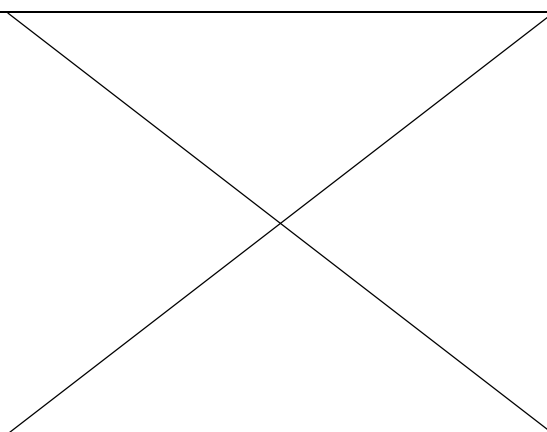
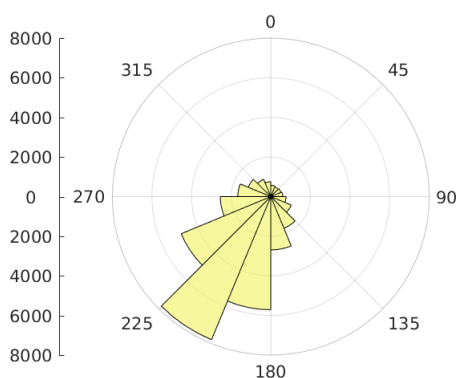
25/09/2023



26/09/2023



27/09/2023



MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Directions horaires des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023

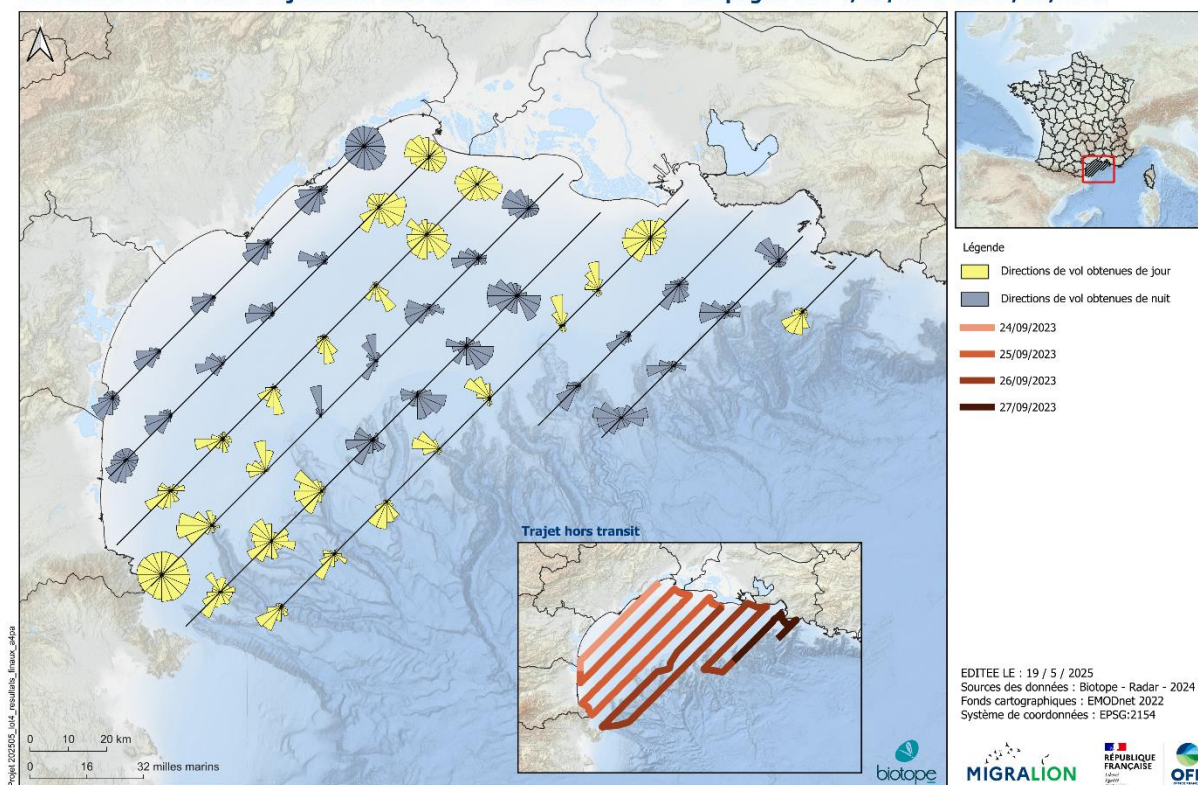


Figure.146 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023.

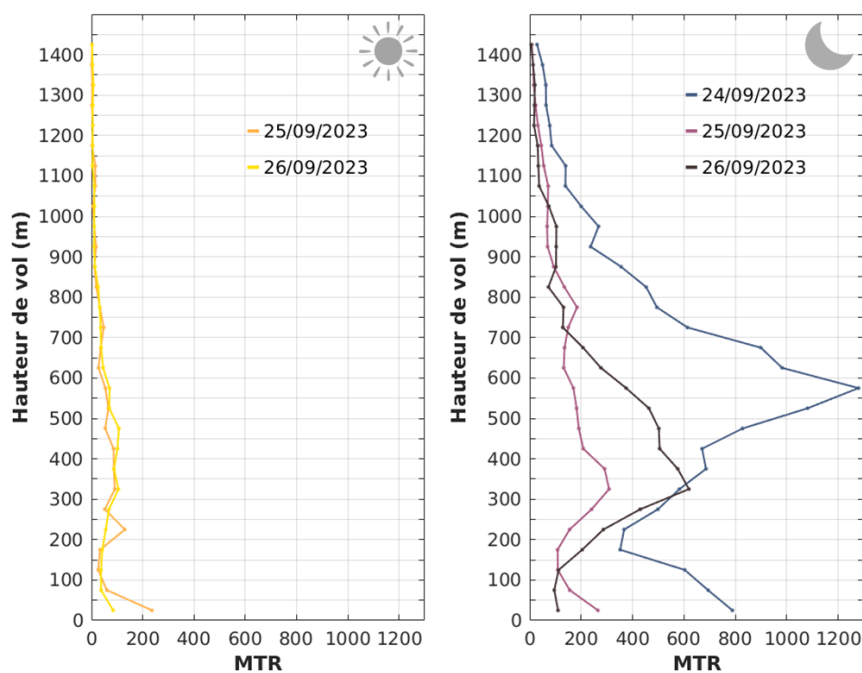


Figure.147 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023, distinctement de jour et de nuit.

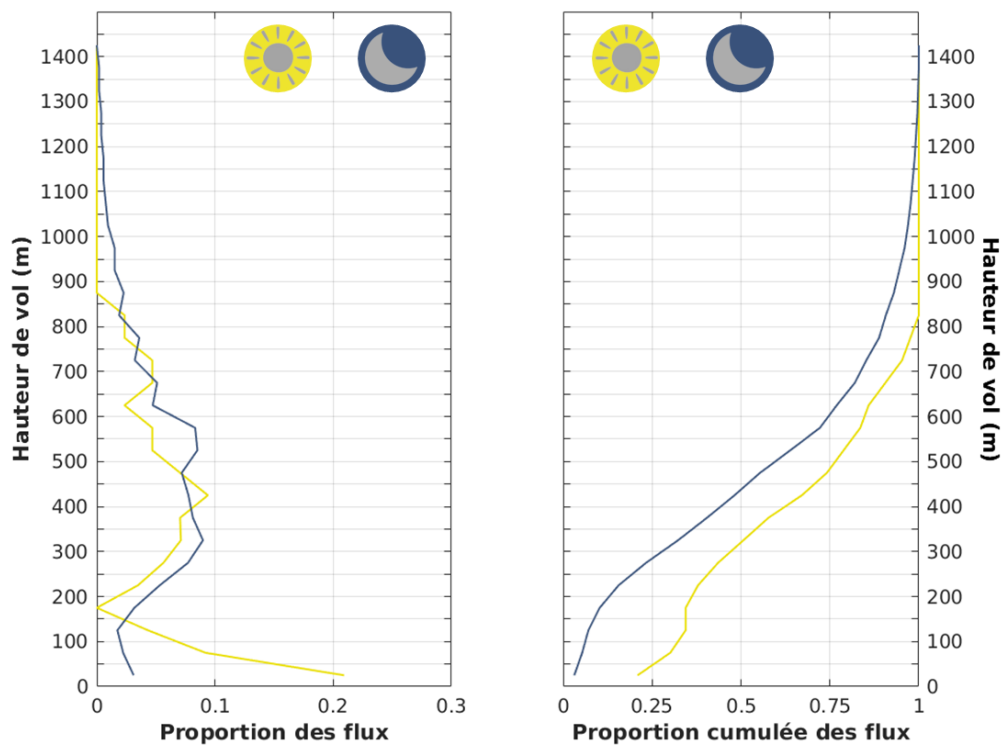


Figure.148 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023, distinctement de jour et de nuit.

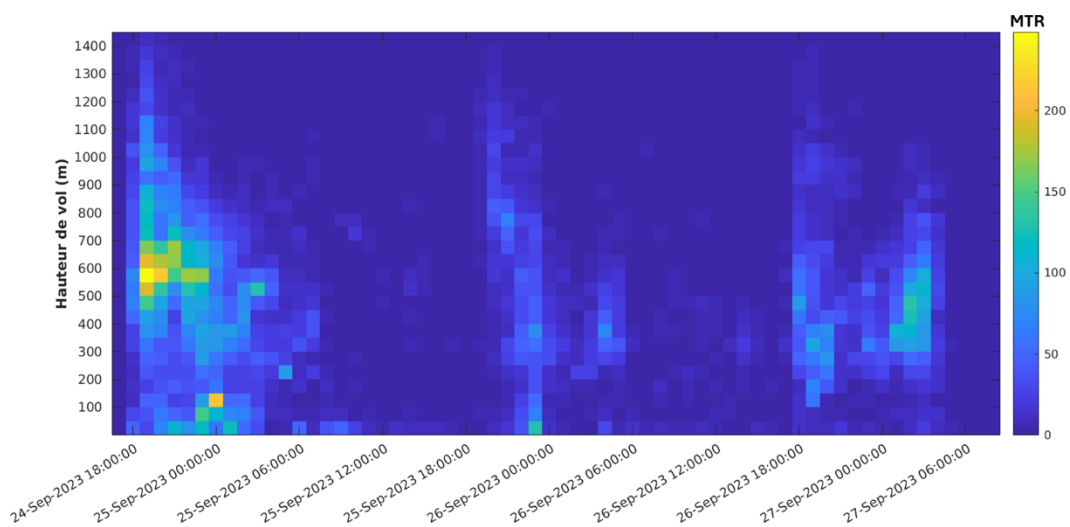


Figure.149 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 24/09/2023 au 27/09/2023.

Synthèse

Les flux les plus importants enregistrés lors de la deuxième campagne postnuptiale de 2023 ont été enregistrés en première partie de nuit le 24/09/2023 (20 à 00h la nuit du 24 au 25/09/2023, 22h la nuit suivante, particulièrement visibles au radar horizontal) alors que le bateau se situait proche de la côte au nord et nord-ouest du golfe du Lion, puis au droit de la Camargue la nuit suivante ; ainsi qu'autour de 19h et 2h au cours de la nuit du 26 au 27/09/2023, à l'est du golfe (**Figure.142, Figure.143, Figure.144, Figure.145**).

Les flux enregistrés au nord-ouest du golfe, par ailleurs les plus importants de cette campagne, étaient dirigés en moyenne vers le sud-ouest, alors que plutôt orientés nord-ouest ou plus homogènes au cours des nuits suivantes, en lien probable avec une activité nocturne d'oiseaux locaux (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les distributions horaires des directions de vol illustrent une grande variabilité au fil des heures (**Figure.146**), de jour comme de nuit, avec néanmoins des directions stables tout au long de la nuit du 24 au 25/09, et, tout comme observé lors d'autres campagnes, des directions très homogènes à proximité immédiate des côtes (en particulier au nord et au sud-ouest du golfe du Lion ici).

Le pic de passage le plus important a été enregistré entre 500 et 600m d'altitude, alors que le mode de la distribution en altitude des nuits suivantes est plus étagé (entre 250 et 600m ; **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). De façon intéressante, si l'activité diurne est à nouveau majoritairement observée en-dessous de 50m, elle présente un mode secondaire proche de celui de l'activité nocturne entre 250 et 600m d'altitude (**Figure.147**).

Les différents événements nocturnes décrits ci-dessus sont par ailleurs bien visibles sur la déclinaison horaire des hauteurs de vol (**Figure.149**). Notons une diminution de l'altitude de vol au fil des heures, en première partie de nuit le 24/09/2023, avec un passage important à 100-150m à 00h le 25/09/2023.

Globalement lors de cette campagne, 44% et 23% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m, respectivement de jour et de nuit (**Figure.148**).

Séries temporelles des déplacements d'oiseaux

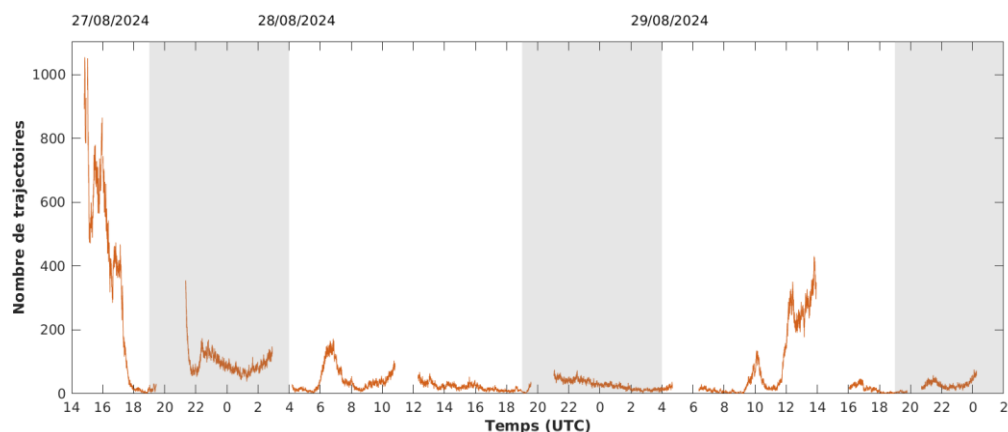
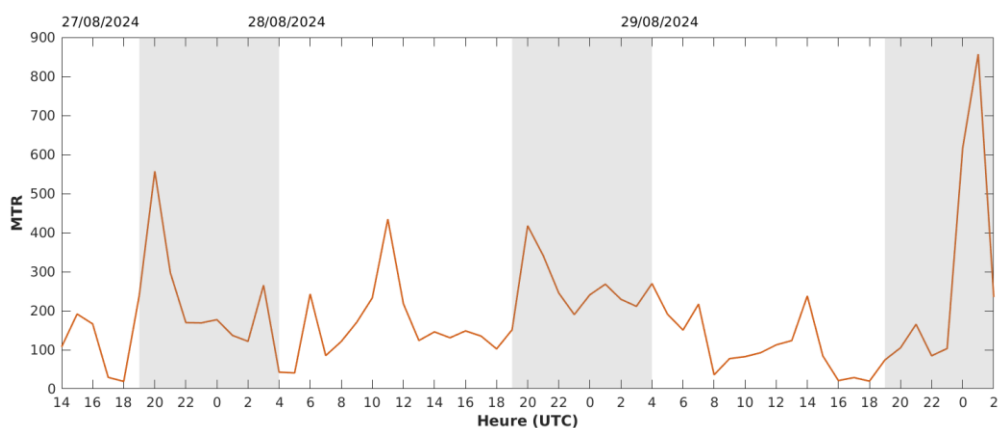


Figure.150 : Nombre de trajectoires d'oiseaux enregistrées par radar horizontal embarqué du 27/08/2024 au 30/08/2024. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.



Figur.151 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistré par radar vertical embarqué du 27/08/2024 au 30/08/2024. Les périodes grisées correspondent aux heures de la nuit.

Distribution spatiale des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Activité horaire des déplacements d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024

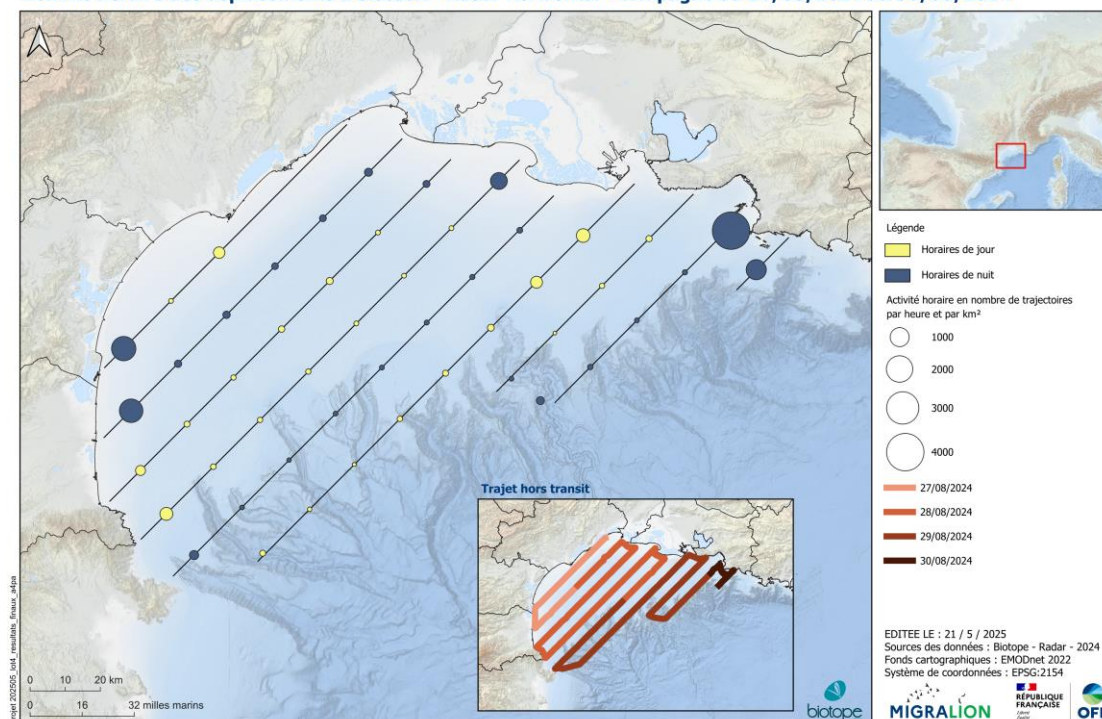


Figure.152 : Activité horaire (nombre de trajectoires d'oiseaux par heure et par km²) obtenue par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Flux / Migration Traffic Rate - Radar vertical - campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024

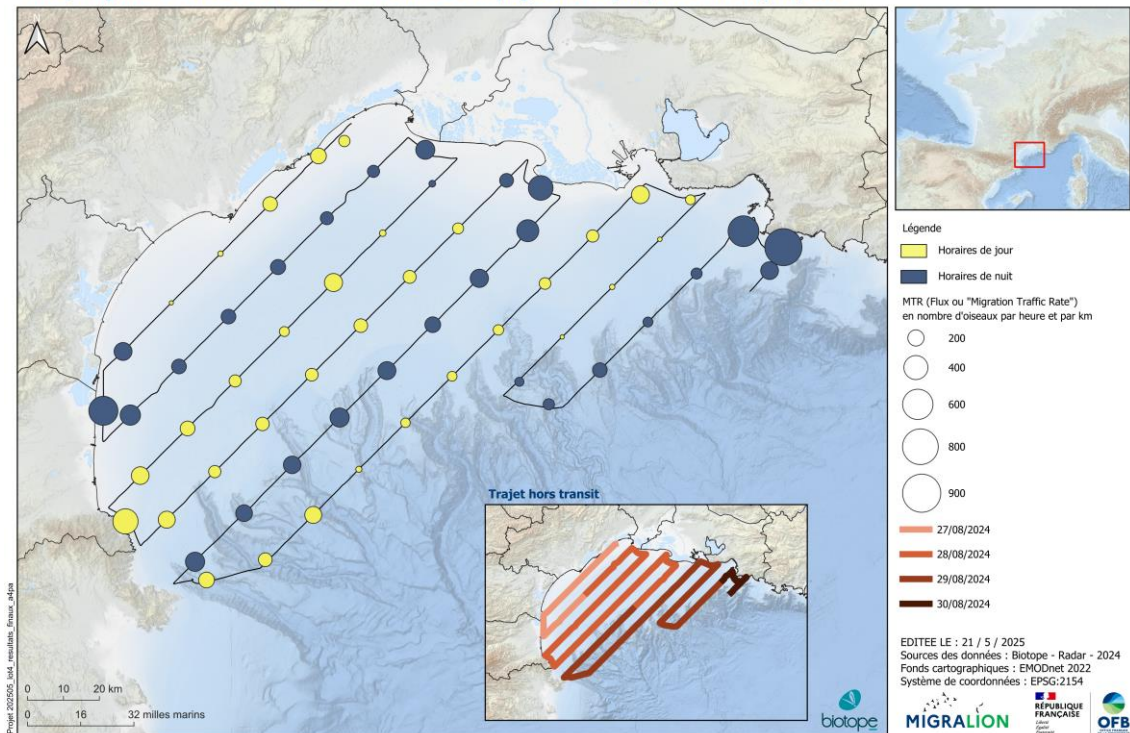
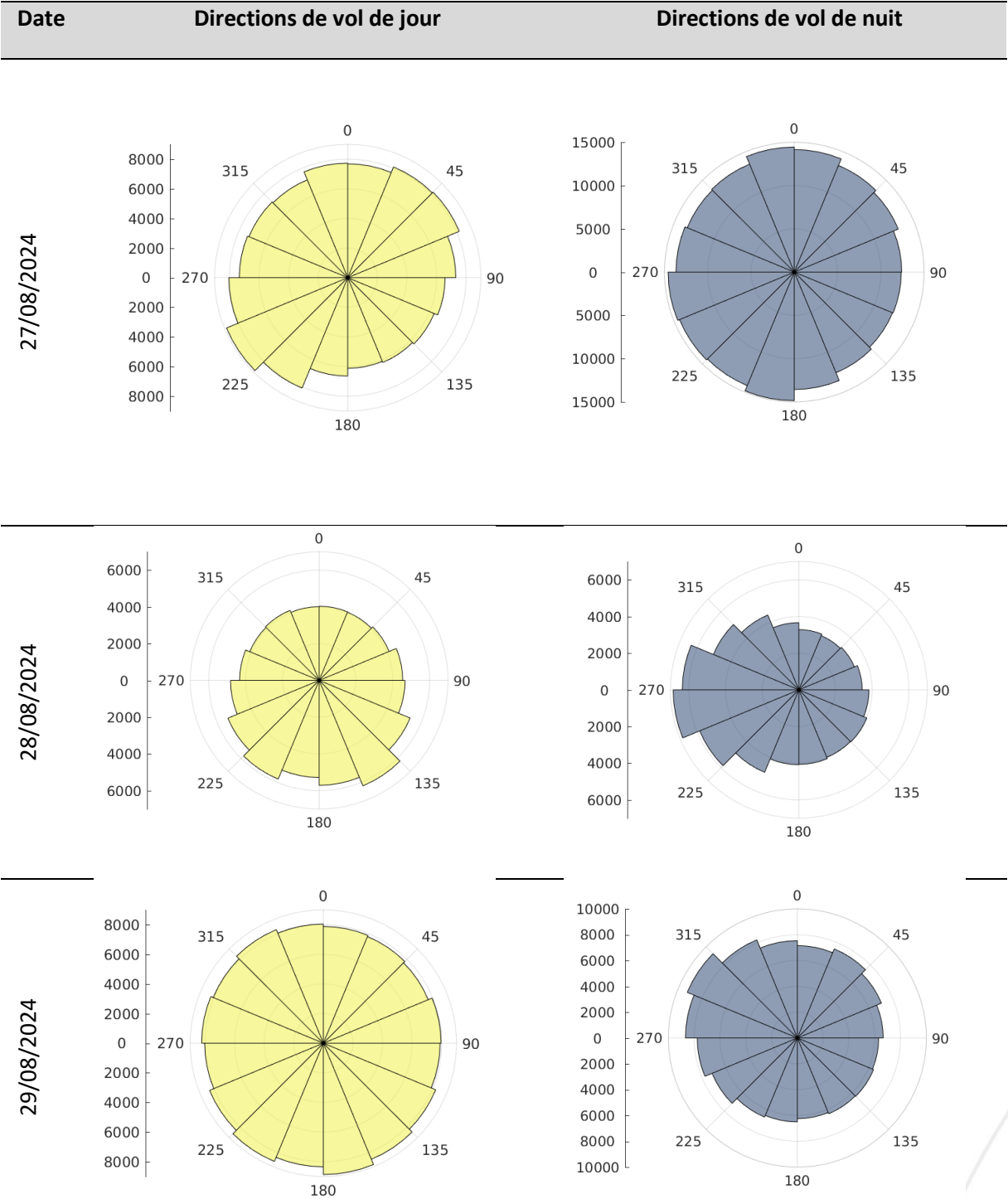


Figure.153 : Flux (ou MTR pour « Migration Traffic Rate ») obtenus par radar vertical lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

Tableau 27 : Directions de vol (jour/nuit) obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024. L'échelle correspond au nombre de trajectoires contribuant à chacune des classes de direction.



MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Directions horaires des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024

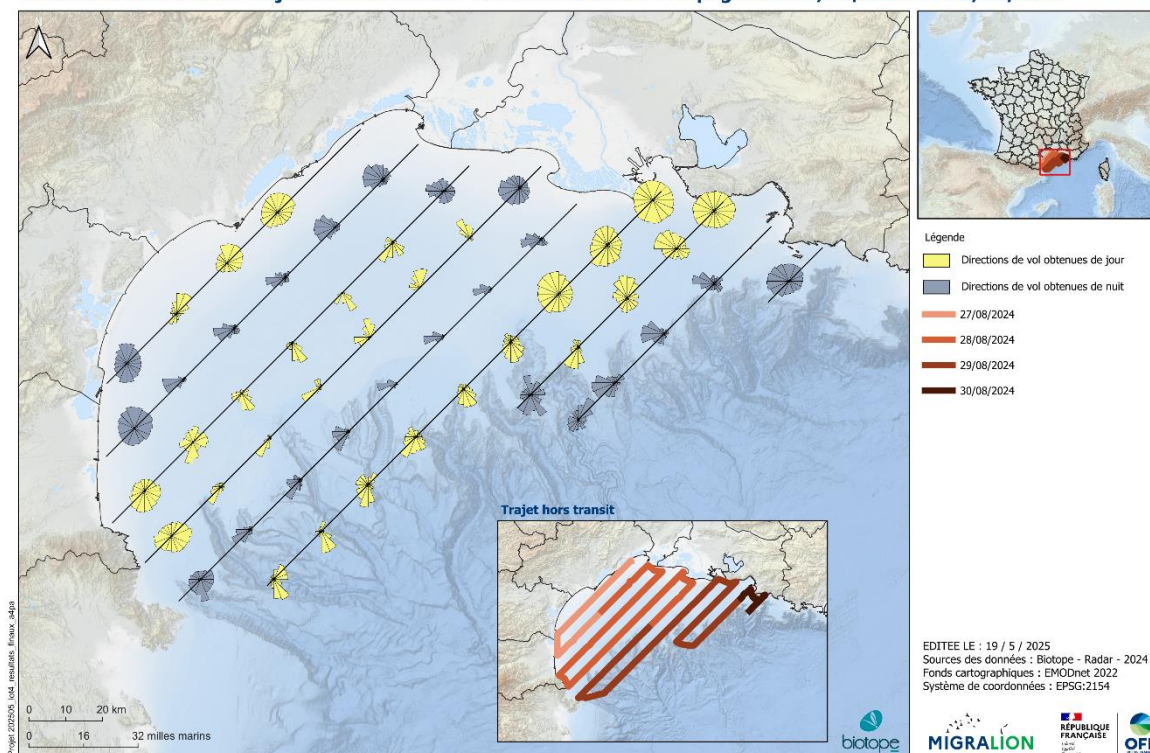


Figure.154 : Directions horaires des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal le long des transects lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024.

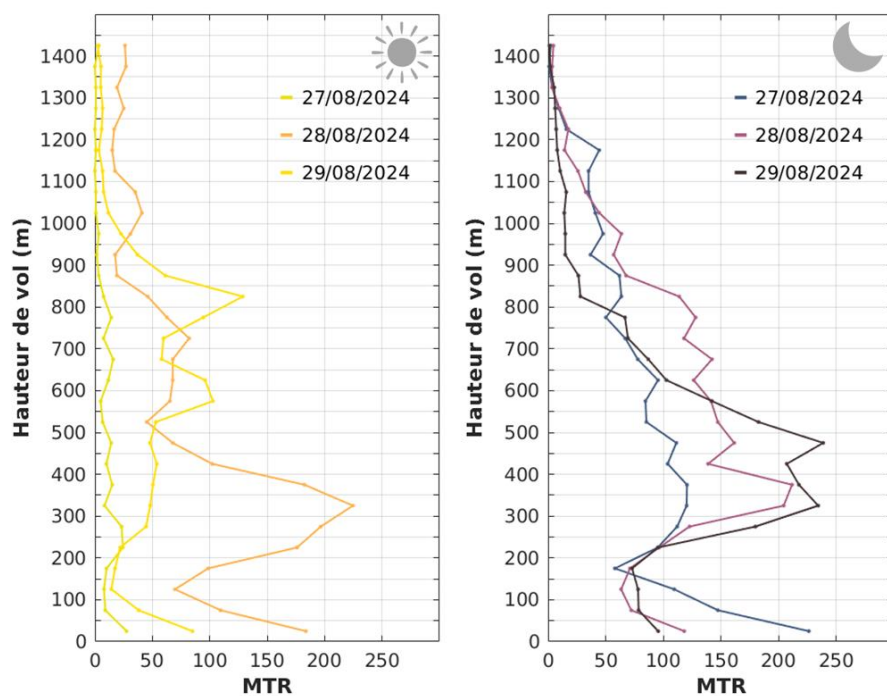


Figure.155 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024, distinctement de jour et de nuit.

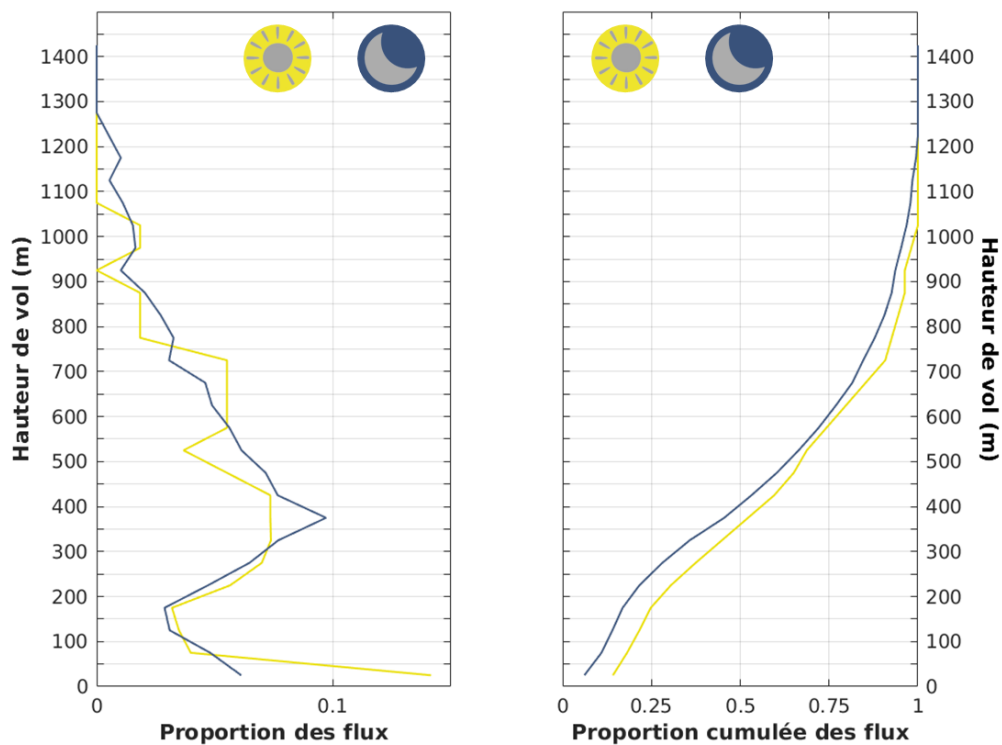


Figure.156 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024, distinctement de jour et de nuit.

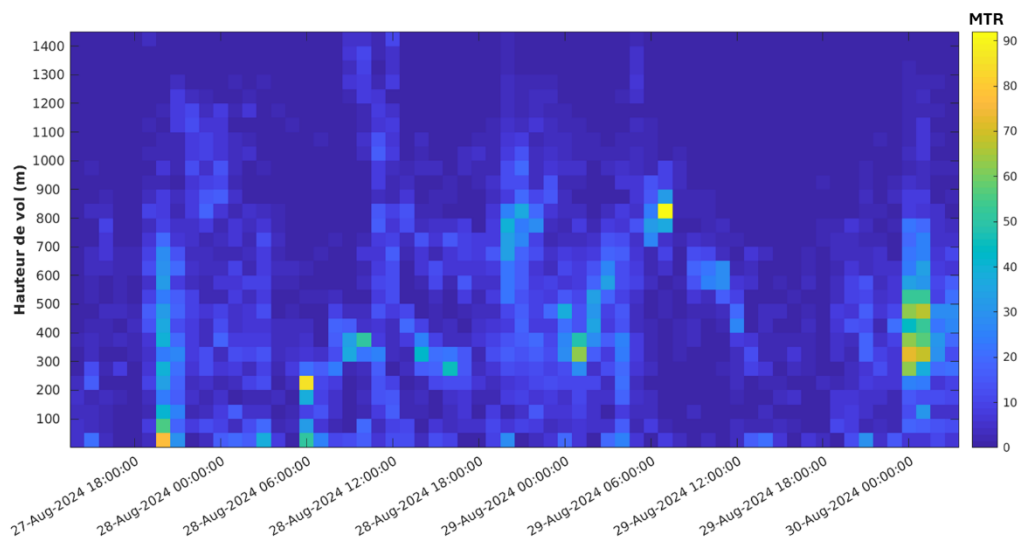


Figure.157 : Flux horaire (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la campagne du 27/08/2024 au 30/08/2024.

Synthèse

Lors de la campagne postnuptiale 2024, l'activité nocturne présentait un pic à 20h UTC lors des deux premières nuits (27/08 au 28/08/2024, respectivement du côté de Leucate et de l'Espiguette), dépassé en termes de flux lors de la nuit suivante autour de 1h UTC (à proximité de Marseille ; **Figur.151, Figure.153**).

De jour comme de nuit, les directions de vol sont en moyenne relativement homogènes (**Erreur ! Source du renvoi introuvable. (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)**). Lorsqu'elles sont cependant déclinées par heure, les mouvements nocturnes présentent une direction ouest-sud-ouest, mis à part à proximité immédiate des côtes. De façon intéressante, les distributions horaires des directions des déplacements diurnes adoptent un mode principal vers le sud, ou sud-ouest (centre du golfe du Lion et plus au large (**Figure.154**), notamment le 28/08 où les hauteurs de vol majoritaires ont été enregistrées entre 200 et 400m (**Figure.155**). Les altitudes de vol de la nuit du 29/08/2024 sont concentrées entre 250 et 650m, alors qu'elles sont plus largement distribuées entre 250 et 1000m les nuits précédentes. La déclinaison horaire des hauteurs de vol illustre en effet un passage dense au cours de la nuit du 09 au 10/08/2024. Le passage de 20h le 27/08 est important en-dessous de 50m mais est visible jusqu'à 700m, alors que la nuit du 28 au 29/08 recense plusieurs mouvements migratoires à différentes hauteurs (**Figure.157**). Des évènements diurnes, ponctuels, sont aussi visibles à 6h le 28/08 (200-250m) et à 7h le 29/08 (800-850m).

Lors de cette campagne, 37% et 28% des flux ont été enregistrés en-dessous de 300m, respectivement de jour et de nuit (**Figure.156**).

3.6 Résultats radar obtenus par saison

3.6.1 Période de migration pré-nuptiale – années 2022-2023-2024

Phénologie horaire des déplacements d'oiseaux

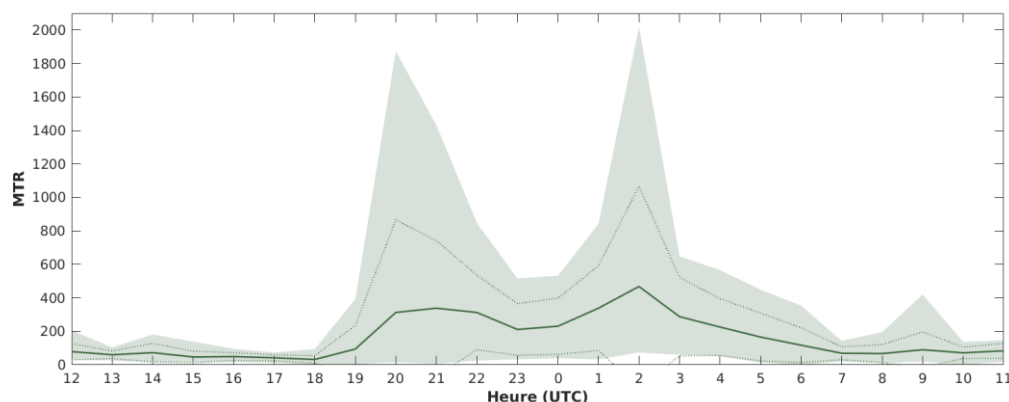


Figure.158 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistrés par radar vertical embarqué au cours des campagnes réalisées en période pré-nuptiale (années 2022, 2023, 2024). La ligne pleine correspond aux MTR moyens, les lignes en pointillés correspondent aux MTR moyens +/- l'écart-type, et l'enveloppe pleine correspond aux valeurs minimales et maximales.

La distribution des flux horaires calculés sur l'ensemble des campagnes pré-nuptiales laisse apparaître deux modes principaux où l'activité aviaire est plus importante, i.e. 400-500 oiseaux par heure et par km en moyenne en début de nuit (20-21h) et autour de 2h UTC (**Figure.158**). La variabilité de ces flux est tout de même élevée, avec un coefficient de variation (écart-type/moyenne) proche de 1 à ces horaires. L'enveloppe maximale et minimale des valeurs de flux dénote aussi d'une variabilité certaine entre les nuits, bien davantage que le jour pendant lequel les valeurs de flux sont globalement plus faibles (maximum <400 oiseaux par heure et km, moyenne autour de 100 oiseaux par heure et km).

La dynamique des flux nocturnes, avec notamment le pic observé vers 2 h UTC interpelle par rapport à ce qui serait attendu lors de la migration pré-nuptiale. Après investigation, l'origine probable de ce pic correspond à la localisation fréquente du bateau à proximité immédiate des côtes à cette heure (environ 70% des nuits ; contrairement au créneau de 21h avec 57% des nuits), conjuguée à certaines nuits avec des profils atypiques. Les altitudes déclinées heure par heure semblent cohérentes entre les observations moyennes des créneaux horaires 21-22h et 1-2h UTC (**Figure.163**).

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion **Directions diurnes des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - saison pré-nuptiale**

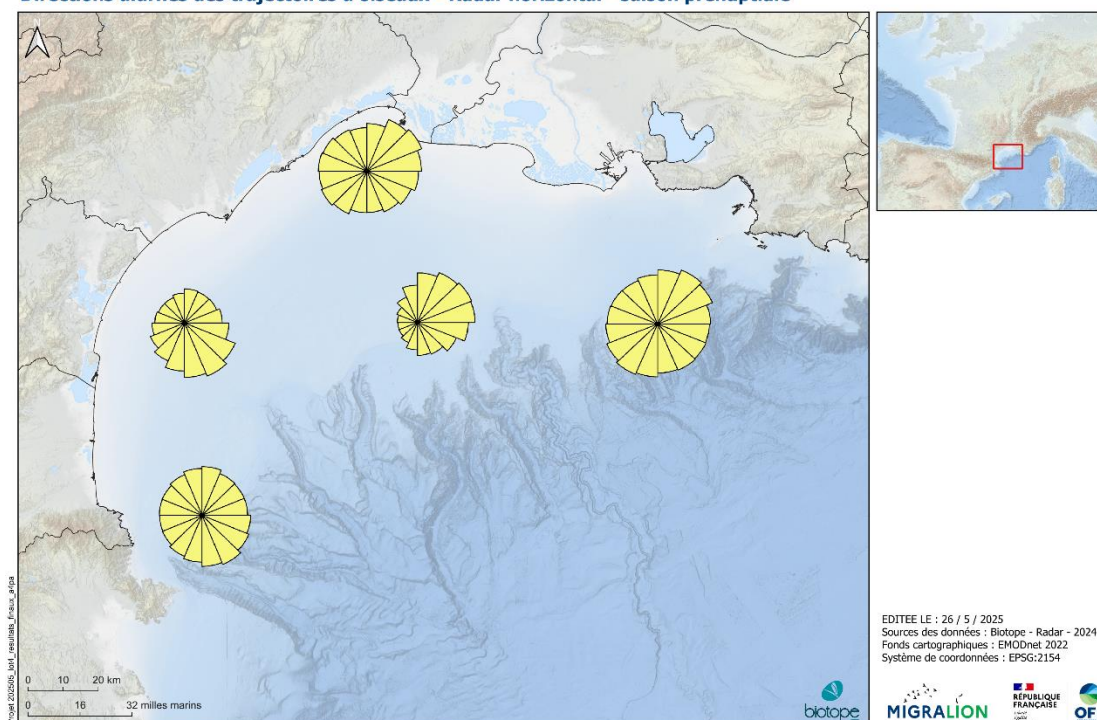


Figure.159 : Directions de vol obtenues de jour dans cinq secteurs du golfe du Lion au cours de la saison pré-nuptiale.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Directions nocturnes des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - saison prénuptiale

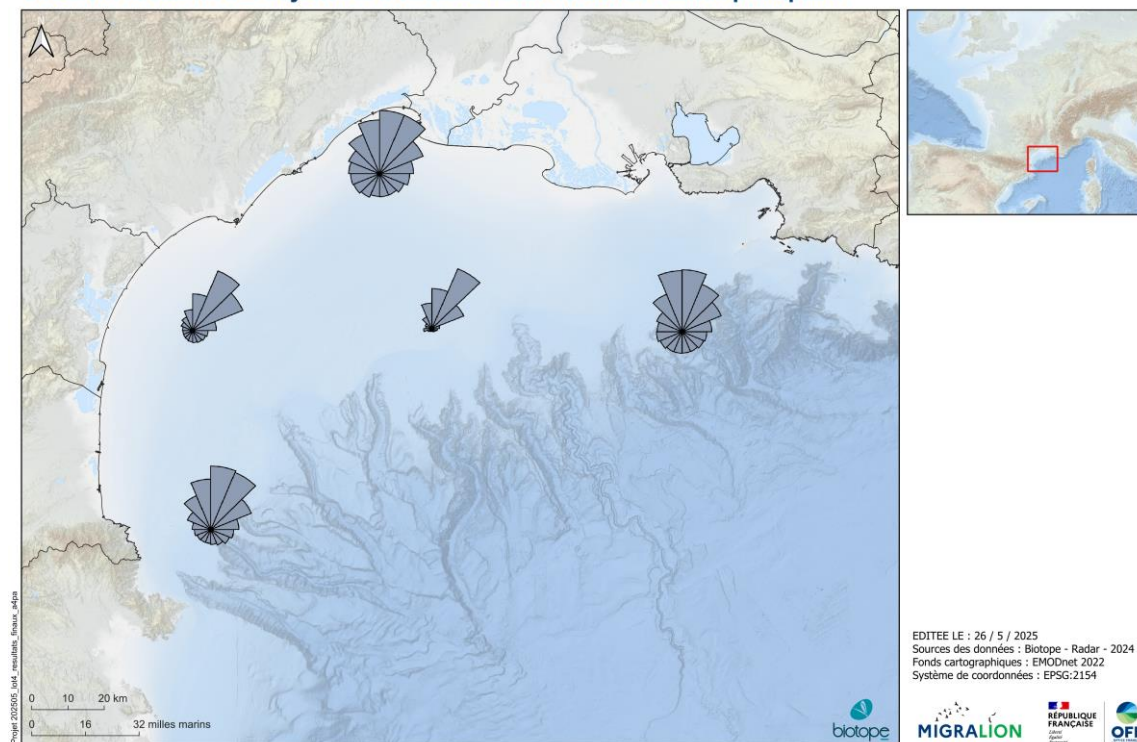


Figure.160 : Directions de vol obtenues de nuit dans cinq grands secteurs du golfe du Lion au cours de la saison prénuptiale.

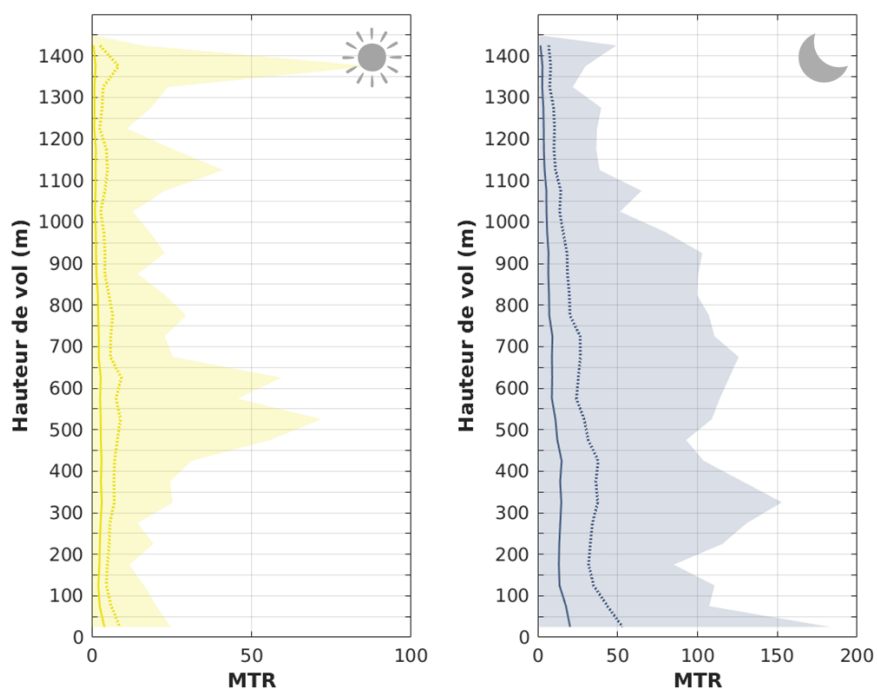


Figure.161 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors des campagnes pré-nuptiales. La ligne pleine correspond aux MTR moyens, les lignes en pointillés correspondent aux MTR moyens +/- l'écart-type, et l'enveloppe pleine correspond aux valeurs minimales et maximales.

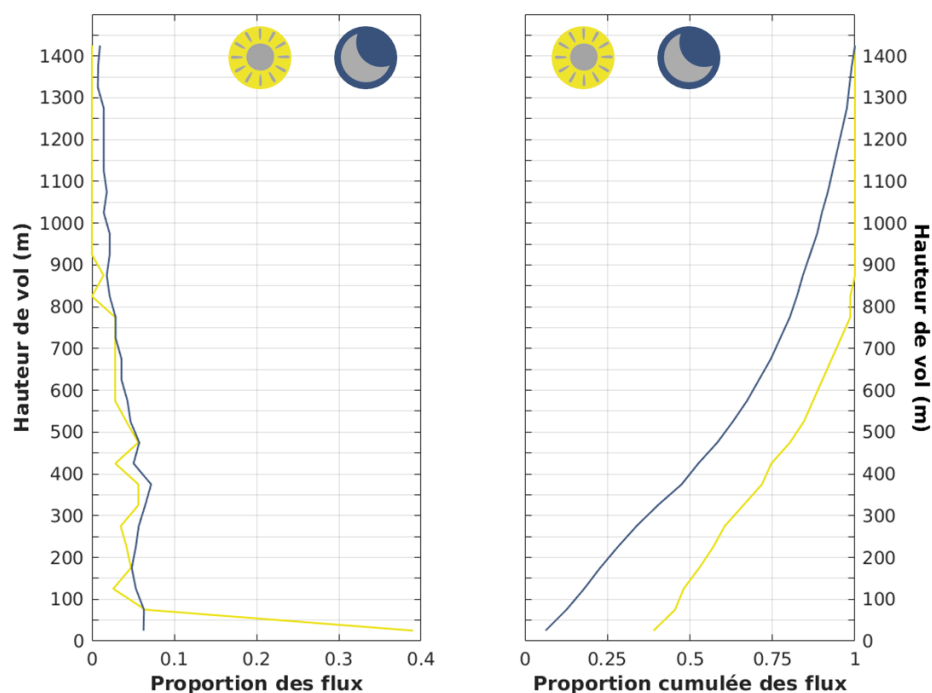


Figure.162 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la saison prénuptiale, distinctement de jour et de nuit.

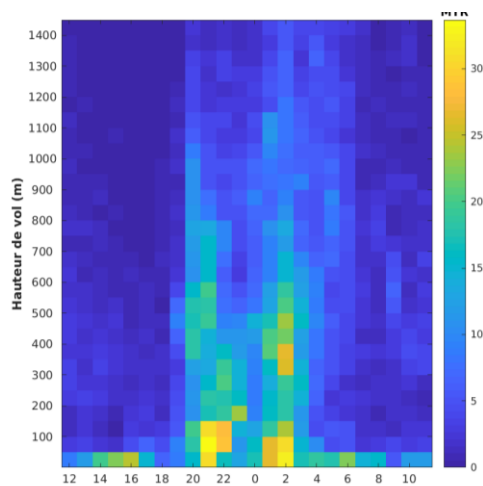


Figure.163 : Flux horaire moyen (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la saison prénuptiale.

Tableau 28 : Pourcentages cumulés des flux au sein des classes d'altitude, lors de la saison prénuptiale.

Classe d'altitude (m)	0-50	<100	<150	<200	<250
Pourcentage cumulé des flux diurnes	39%	45%	48%	53%	57%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	6%	13%	18%	23%	28%

Classe d'altitude (m)	<300	<350	<400	<450	<500
Pourcentage cumulé des flux diurnes	61%	66%	72%	75%	80%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	34%	40%	47%	53%	58%

Classe d'altitude (m)	<550	<600	<650	<700	<750
Pourcentage cumulé des flux diurnes	84%	87%	90%	93%	96%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	63%	67%	71%	75%	77%

Classe d'altitude (m)	<800	<850	<900	<950	<1000
Pourcentage cumulé des flux diurnes	99%	99%	100%	100%	100%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	80%	82%	84%	86%	89%

Classe d'altitude (m)	<1050	<1100	<1150	<1200	<1250
Pourcentage cumulé des flux diurnes	100%	100%	100%	100%	100%

Pourcentage cumulé des flux nocturnes	90%	92%	93%	95%	96%
---------------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

Classe d'altitude (m)	<1300	<1350	<1400	<1450	<1500
Pourcentage cumulé des flux diurnes	100%	100%	100%	100%	/
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	98%	98%	99%	100%	/

Les distributions directions de vol enregistrées au cours de la saison pré-nuptiale apparaissent très homogènes sur l'ensemble du golfe de jour (**Figure.159**) alors qu'orientées majoritairement vers le nord-est (et le nord, à l'est du golfe) de nuit (**Figure.160**). Les mouvements migratoires de Mouette pygmée et de sternes, nombreuses en avril, participent probablement grandement à ces directions de vol.

Comme décrit campagne par campagne dans le paragraphe 3.5, une large proportion des mouvements diurnes ont été enregistrés à basse altitude (<50m) lors de la saison pré-nuptiale, alors même que cette classe d'altitude est sous-échantillonnée (2.4.3). A contrario, les altitudes des vols nocturnes sont plus étagées sur l'ensemble de la colonne d'air scannée, avec un mode entre 500 et 700m dessinant l'enveloppe maximale des flux enregistrés de jour. De nuit, la contribution des vols à basse altitude est bien plus faible, avec des modes plus fréquents autour de 400 et 700-800m (**Figure.161**).

61 et 72% des flux diurnes ont été enregistrés en-dessous de 300 et 400m respectivement, contre 34 et 47% des flux nocturnes.

3.6.2 Période de migration postnuptiale – années 2022-2023-2024

Phénologie horaire des déplacements d'oiseaux

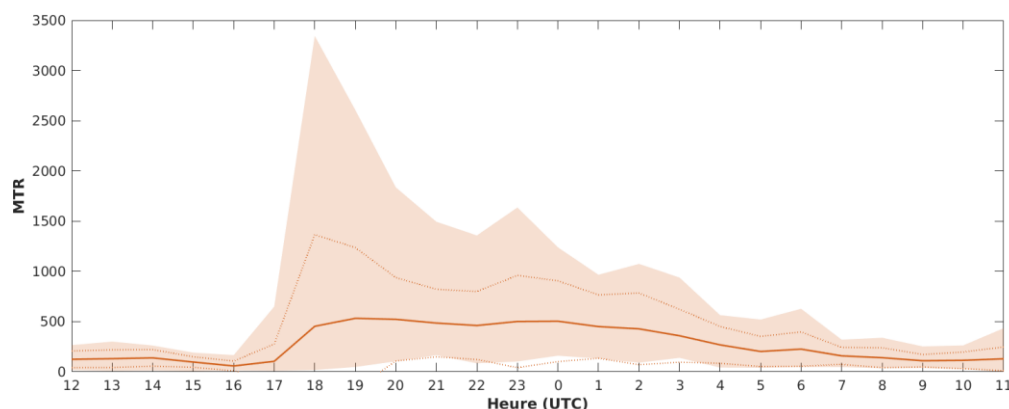


Figure.164 : Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistrés par radar vertical embarqué au cours des campagnes réalisées en période prénuptiale (années 2022, 2023, 2024). La ligne pleine correspond aux MTR moyens, les lignes en pointillés correspondent aux MTR moyens +/- l'écart-type, et l'enveloppe pleine correspond aux valeurs minimales et maximales.

Si la distribution des flux horaires calculés sur l'ensemble des campagnes postnuptiales révèle des niveaux d'activité en moyenne plus élevés la nuit que le jour, avec des flux régulièrement importants en début de nuit (18-19h UTC), les valeurs de flux nocturnes dépassent en moyenne, ainsi qu'en amplitude (valeurs maximales), celles obtenues lors de la saison prénuptiale.

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion

Directions diurnes des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - saison postnuptiale

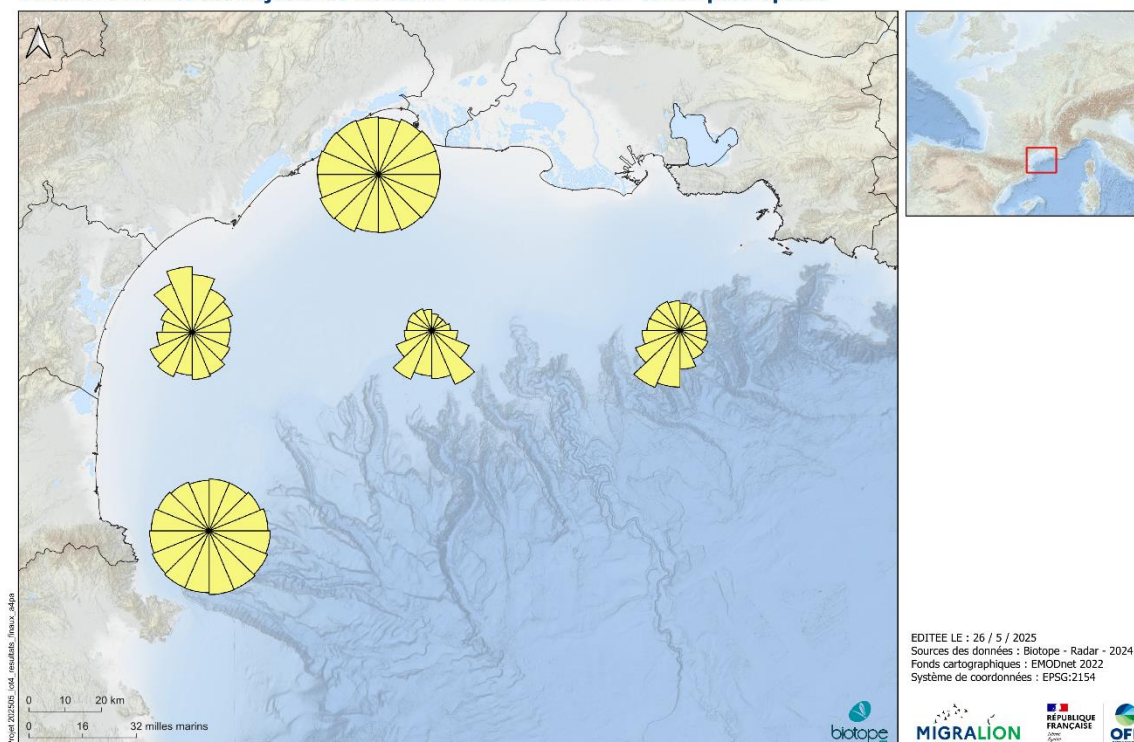


Figure.165 : Directions de vol obtenues de jour dans cinq grands secteurs du golfe du Lion au cours de la saison postnuptiale.

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Directions nocturnes des trajectoires d'oiseaux - Radar horizontal - saison postnuptiale

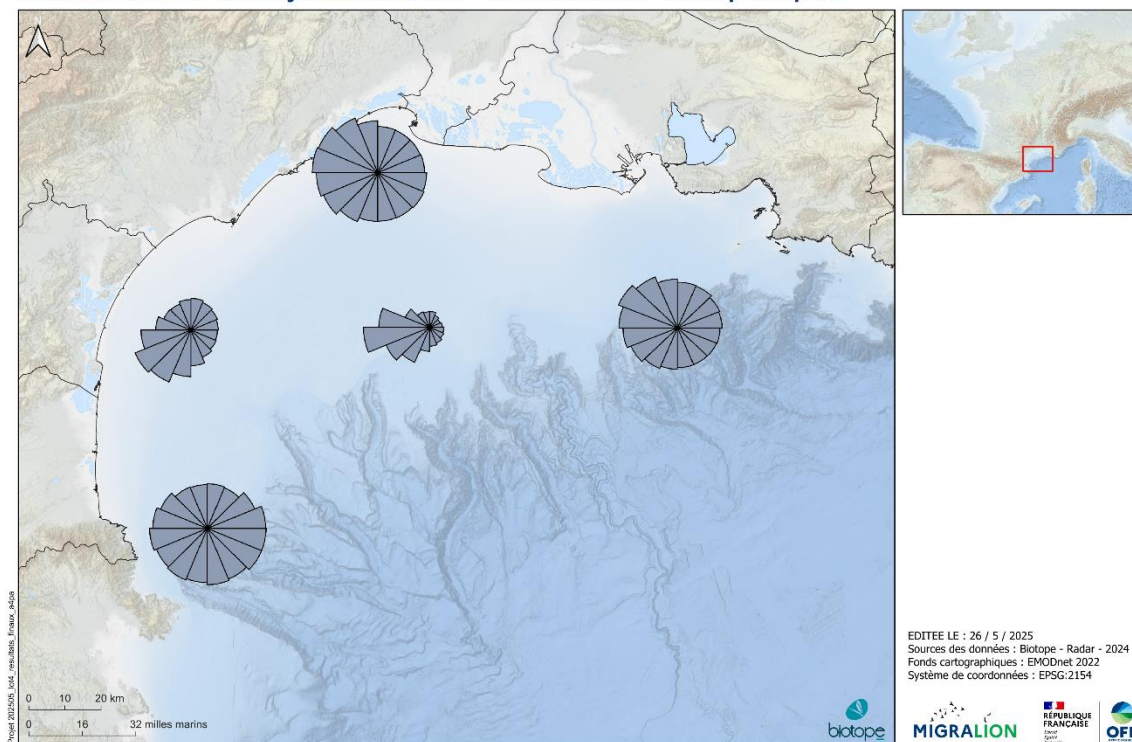


Figure.166 : Directions de vol obtenues de nuit dans cinq grands secteurs du golfe du Lion au cours de la saison postnuptiale.

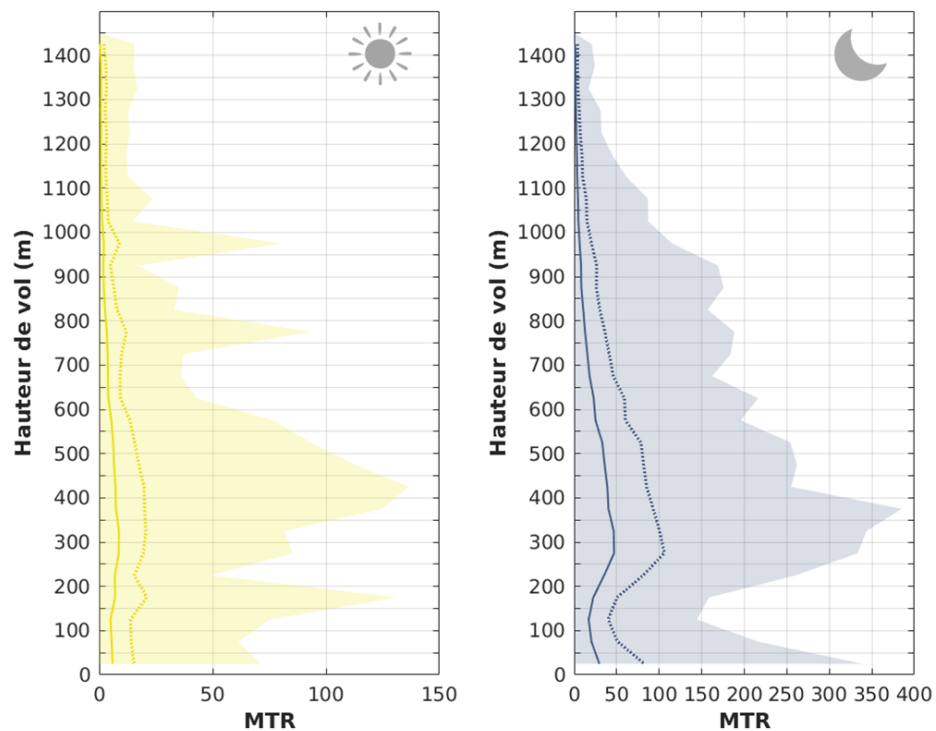


Figure.167 : Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors des campagnes postnuptiales. La ligne pleine correspond aux MTR moyens, les lignes en pointillés correspondent aux MTR moyens +/- l'écart-type, et l'enveloppe pleine correspond aux valeurs minimales et maximales.

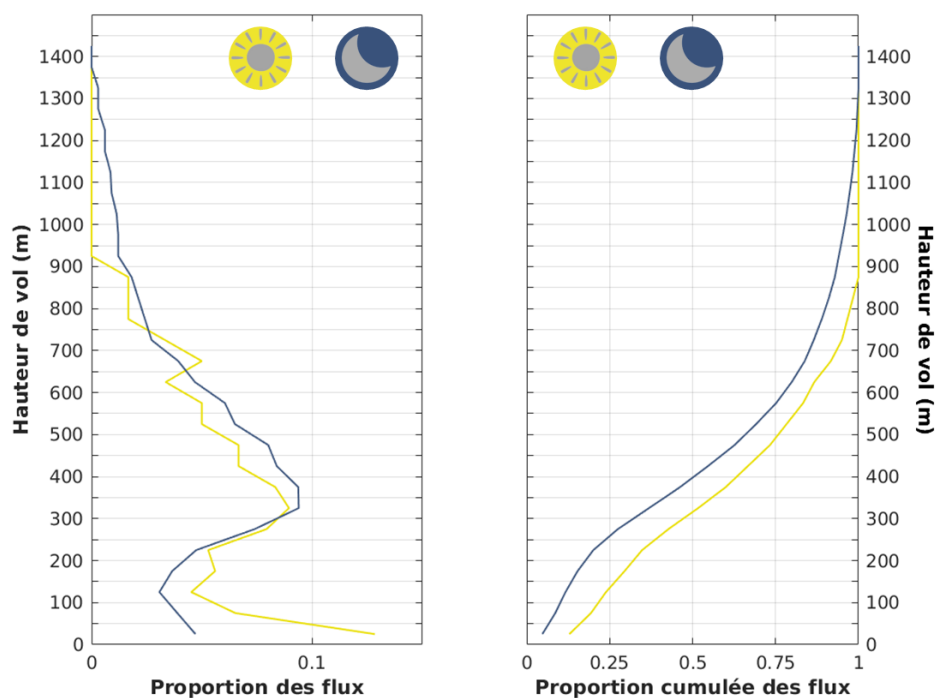


Figure.168 : Proportion (à gauche) et proportion cumulée (à droite) des flux enregistrés par classe d'altitude, obtenus par radar vertical lors de la saison postnuptiale, distinctement de jour et de nuit.

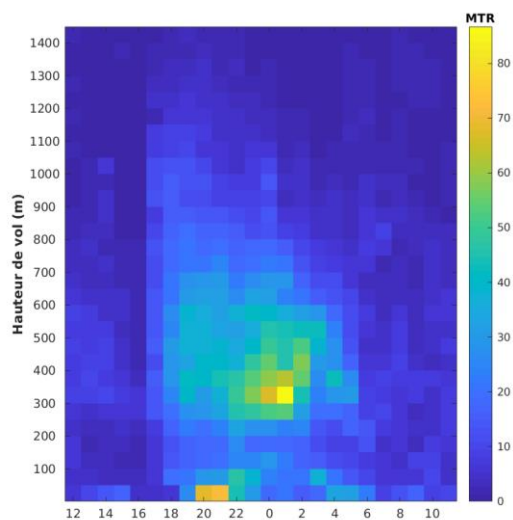


Figure.169 : Flux horaire moyen (ou MTR pour "Migration Traffic Rate", en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical lors de la saison postnuptiale.

Tableau 29 : Pourcentages cumulés des flux au sein des classes d'altitude, lors de la saison postnuptiale.

Classe d'altitude (m)	0-50	<100	<150	<200	<250
Pourcentage cumulé des flux diurnes	13%	19%	24%	29%	35%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	5%	9%	12%	15%	20%

Classe d'altitude (m)	<300	<350	<400	<450	<500
Pourcentage cumulé des flux diurnes	43%	52%	60%	67%	73%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	27%	37%	46%	55%	63%

Classe d'altitude (m)	<550	<600	<650	<700	<750
Pourcentage cumulé des flux diurnes	78%	83%	87%	92%	95%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	69%	75%	80%	84%	87%

Classe d'altitude (m)	<800	<850	<900	<950	<1000
Pourcentage cumulé des flux diurnes	97%	98%	100%	100%	100%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	89%	91%	93%	94%	95%

Classe d'altitude (m)	<1050	<1100	<1150	<1200	<1250
-----------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Pourcentage cumulé des flux diurnes	100%	100%	100%	100%	100%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	96%	97%	98%	99%	99%

Classe d'altitude (m)	<1300	<1350	<1400	<1450	<1500
Pourcentage cumulé des flux diurnes	100%	100%	100%	100%	100%
Pourcentage cumulé des flux nocturnes	100%	100%	100%	100%	100%

Si les distributions des directions de vol diurnes lors de la saison postnuptiale apparaissent relativement homogènes à l'ouest et au nord du golfe du Lion, elles présentent un mode vers le sud et le sud-sud-ouest au centre et à l'est (**Figure.165**). Au contraire, les déplacements nocturnes des deux secteurs centraux (ouest et centre) sont les plus directionnels (vols vers l'ouest et sud-ouest respectivement), alors qu'ils adoptent des directions très variables sur les trois autres secteurs (au droit des Albères, au droit de Sète et au droit de Marseille ; **Figure.166**). Cette faible directionnalité des vols à l'automne est principalement liée au fait que les mouvements captés par le radar horizontal concernent surtout des oiseaux marins, qui ont une activité locale (repos, transit, alimentation) cumulée bien plus importante que leurs périodes de migration active. Ces périodes de migration sont souvent concentrées sur une durée faible (premières heures de la journée) et sur peu de journées (comme lors de la campagne du 27-29/10/2022 près des côtes). Les mouvements migratoires sont ainsi souvent dilués dans l'ensemble des mouvements détectés en mer par radar.

Les résultats obtenus lors de la saison postnuptiale illustrent une distribution des hauteurs de vol assez similaire entre le jour et la nuit, avec une proportion de vol à basse altitude importante (prépondérante de jour) et un mode secondaire marqué entre 250 et 500m (prépondérant la nuit; **Figure.168**). Tout comme lors de la saison prénuptiale, l'enveloppe maximale des flux illustre plus particulièrement la variabilité entre les nuits enregistrées. 43 et 60% des flux diurnes ont été enregistrés en-dessous de 300 et 400m respectivement, contre 27 et 46% des flux nocturnes.

3.6.3 Modélisation

Rappelons que la méthode utilisée pour ce travail de modélisation est décrite dans le paragraphe 2.4.3.

Temporalité de la migration

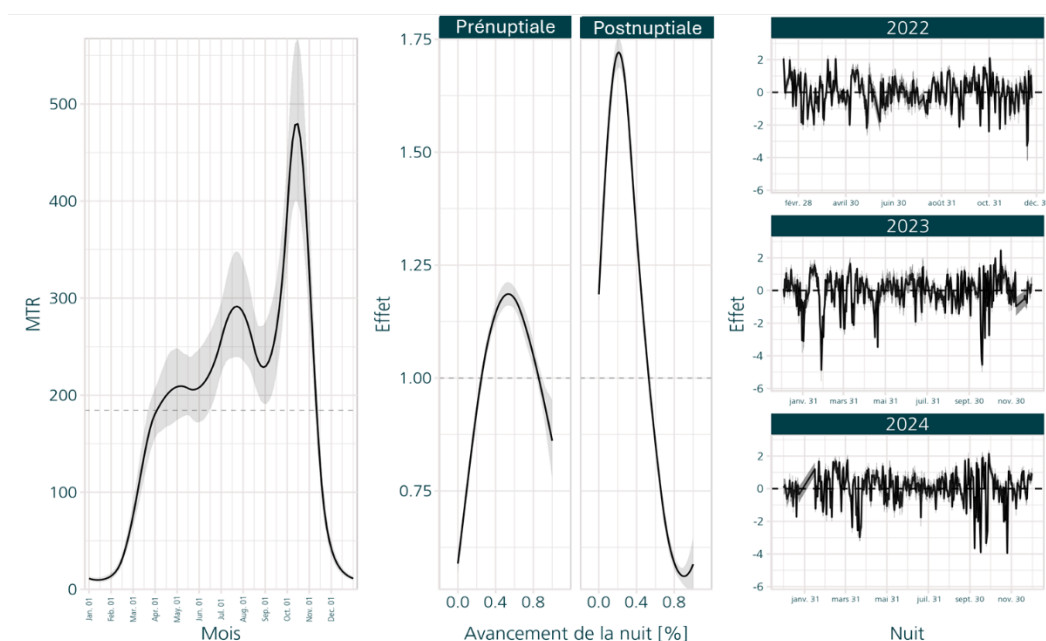


Figure.170 : Modélisation temporelle de la phénologie de la migration à partir des données du radar vertical (lot 4) et des données des radars à la côte (lot 5). A gauche, MTR modélisés au cours des mois. Au centre, effet de l'avancement dans la nuit pour les saisons prénuptiales et postnuptiales. A droite, effet de la nuit au cours des années de suivi. Les lignes noires correspondent aux valeurs moyennes et les zones grisées dans lesquelles elles se situent représentent leurs intervalles de confiance à 95%.

Les résultats de la modélisation temporelle sont présentés dans la **Figure.170**. La phénologie annuelle illustre une augmentation nette des flux nocturnes à partir de fin février, augmentation qui ralentit en mai. En août, les flux nocturnes sont plus importants, mais restent toutefois largement dépassés par ceux obtenus en octobre-novembre. Au cours de la saison prénuptiale, les flux nocturnes sont d'autant plus importants en milieu/deuxième partie de nuit, et inversement en saison postnuptiale (pendant laquelle ils sont plus marqués en début de nuit). Enfin, les données utilisées n'ont pas permis de mettre en évidence un effet lié à la nuit en elle-même (date de l'année) pour expliquer les flux enregistrés.

Spatialité de la migration

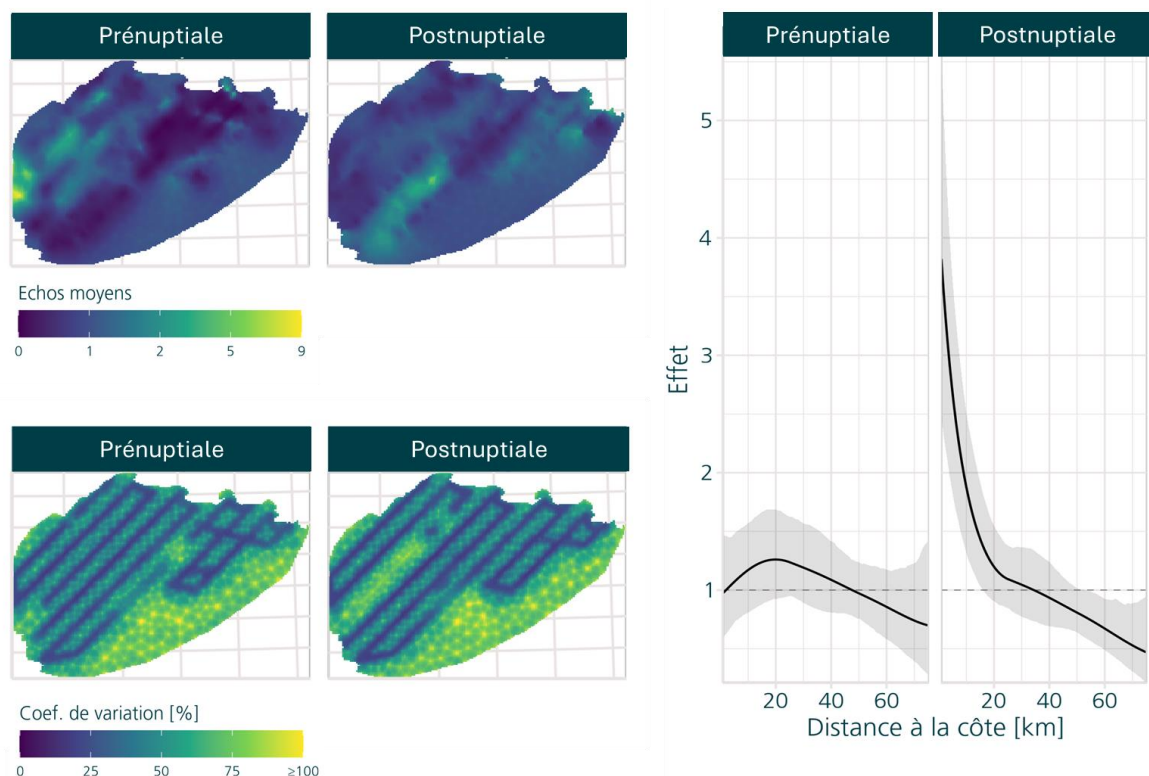


Figure.171 : Modélisation spatiale de la migration à partir des données du radar vertical (lot 4) et des données des radars à la côte (lot 5). En haut, modélisation spatiale du nombre d'échos par image lors des saisons prénuptiale et postnuptiale ; en-dessous, coefficients de variation associés. A droite, effet de la distance à la côte en fonction des saisons.

La **Figure.171** illustre le résultat de la modélisation spatiale lors des saisons prénuptiale et postnuptiale, sur base du nombre d'échos par image radar. Ces résultats sont affranchis des facteurs temporels détaillés au paragraphe 3.6.3 (partie modélisation temporelle). Rappelons que les zones où les coefficients de variation (cartes en-dessous) sont les plus faibles correspondent naturellement aux transects parcourus par le bateau, à l'inverse des zones non parcourues (e.g. entre les transects, ou lorsque les portions de transects n'ont pas été effectuées de nuit). Si les détections sont plus concentrées dans le secteur ouest – nord-ouest du golfe du Lion lors de la saison prénuptiale, elles semblent réparties de façon plus diffuse lors de la saison postnuptiale, avec une concentration malgré tout inexpiquée au centre/sud du golfe du Lion.

Ces résultats semblent indiquer que l'effet temporel est plus prégnant que l'effet spatial quant aux processus explicatifs de la migration nocturne dans le golfe du Lion.

3.7 Comparaison des résultats obtenus par radar vertical au sein des lots 4 et 5 du programme MIGRALION

Rappels contextuels et méthodologiques

Afin de fournir une vision d'ensemble des flux d'oiseaux nocturnes enregistrés à l'échelle du golfe du Lion dans le cadre du programme, ce paragraphe est dédié à un travail complémentaire de mise en relation des suivis par radar vertical effectués en mer (radar maritime FURUNO en bande X, lot 4) et des suivis effectués par à la côte (radar ornithologique Birdscan MR1, [lot 5](#)). La **Figure.172** synthétise les méthodologies et protocoles d'acquisition des données considérées. Précisons que pour la source de données provenant des radars terrestres (lot 5), seuls les oiseaux s'engageant en mer (filtrés sur base de leurs directions de vol) ont été pris en compte dans les analyses suivantes. Pour les deux radars, les données ont été filtrées afin de ne considérer que les enregistrements de nuit, lors de 30 nuits réparties au cours des saisons prénuptiale et postnuptiale de 2022, 2023 et 2024 (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)

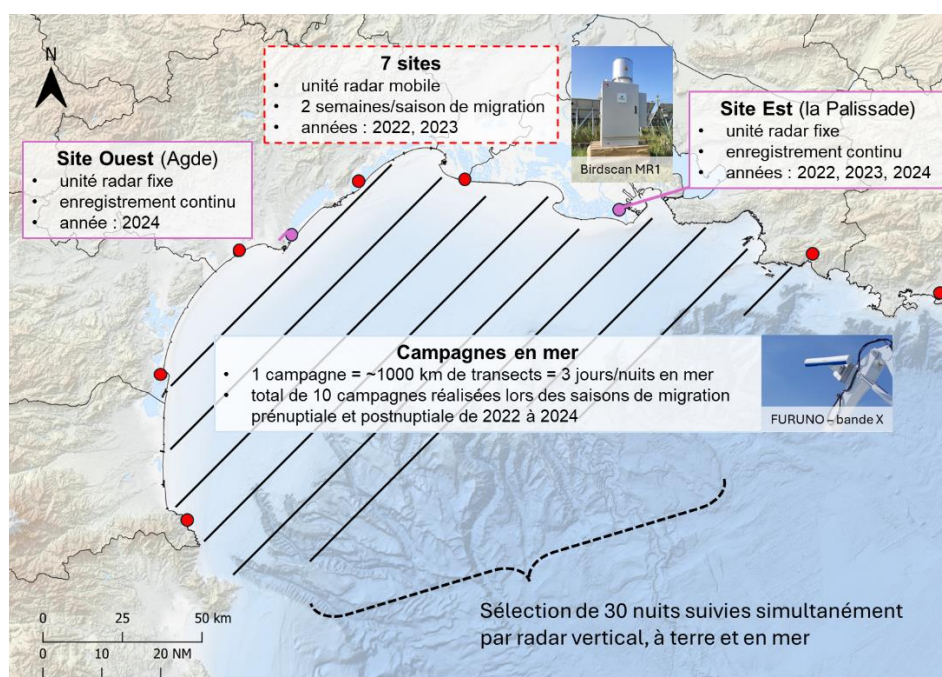


Figure.172: Synthèse des protocoles d'acquisition des données par radar vertical au sein des lots 4 et 5 du programme MIGRALION.

Tableau 30 : Nuits d'enregistrements radar concomitants entre suivis en mer (lot 4) et suivis à la côte (lot 5).

Année	2022	2023	2024
Saison prénuptiale	28/03	20/03, 21/03, 22/03	13/03, 14/03, 15/03
	25/04, 26/04, 27/04	18/04, 19/04/, 20/04	
	02/05, 03/05		
Saison postnuptiale			27/08, 25/08, 29/08
	21/09, 22/09	06/09, 07/09, 08/09, 24/09, 25/09, 26/09	
	03/10, 04/10, 05/10, 27/10, 28/10		

Comparaison des résultats par saison

Phénologie horaire des déplacements d'oiseaux

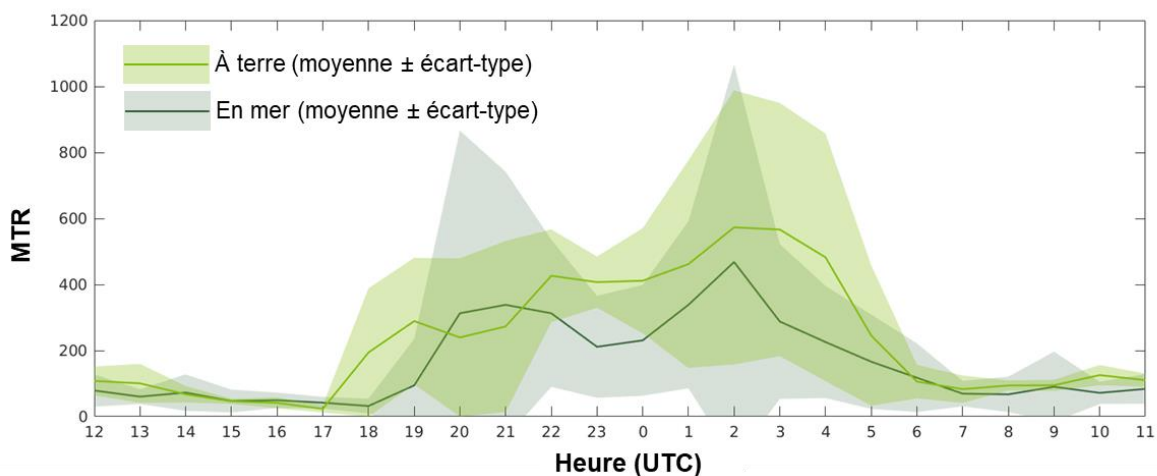


Figure.173: Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistrés par radar vertical embarqué et par radar ornithologique à la côte au cours de la période pré-nuptiale (années 2022, 2023, 2024). La ligne pleine correspond aux MTR moyens, et l'enveloppe correspond aux MTR moyens +/- l'écart-type.

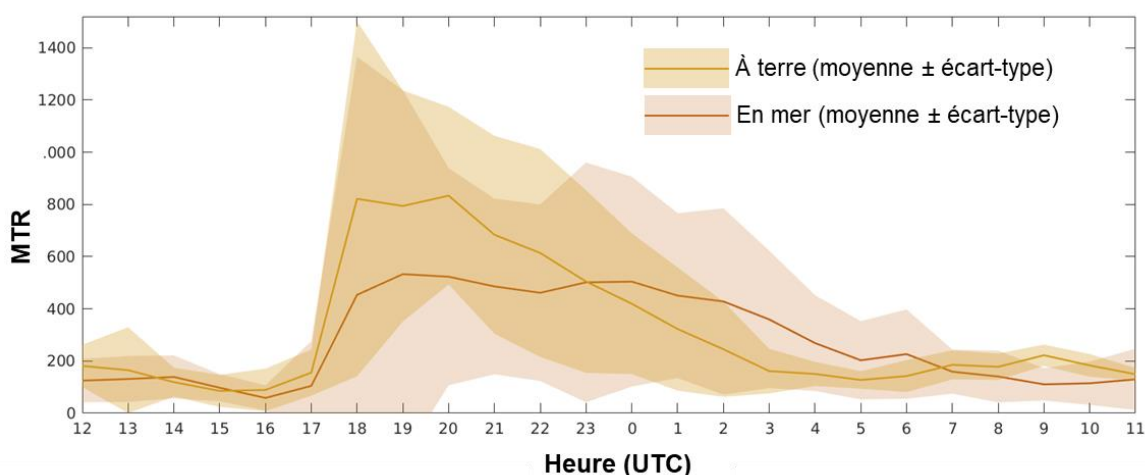


Figure.174: Flux (MTR, en nombre d'oiseaux par heure et par kilomètre) enregistrés par radar vertical embarqué et par radar ornithologique à la côte au cours de la période post-nuptiale (années 2022, 2023, 2024). La ligne pleine correspond aux MTR moyens, et l'enveloppe correspond aux MTR moyens +/- l'écart-type.

Que ce soit lors de la saison pré-nuptiale ou lors de la saison post-nuptiale, les phénologies horaires obtenues à terre et en mer démontrent (1) des MTR du même ordre de grandeur, ainsi que (2) des tendances similaires avec deux modes principaux en saison pré-nuptiale (en début puis milieu de nuit) et un mode principal en début de nuit lors de la saison post-nuptiale, décroissant progressivement au cours de la nuit (bien que plus tardivement en mer).

Caractéristiques des déplacements d'oiseaux

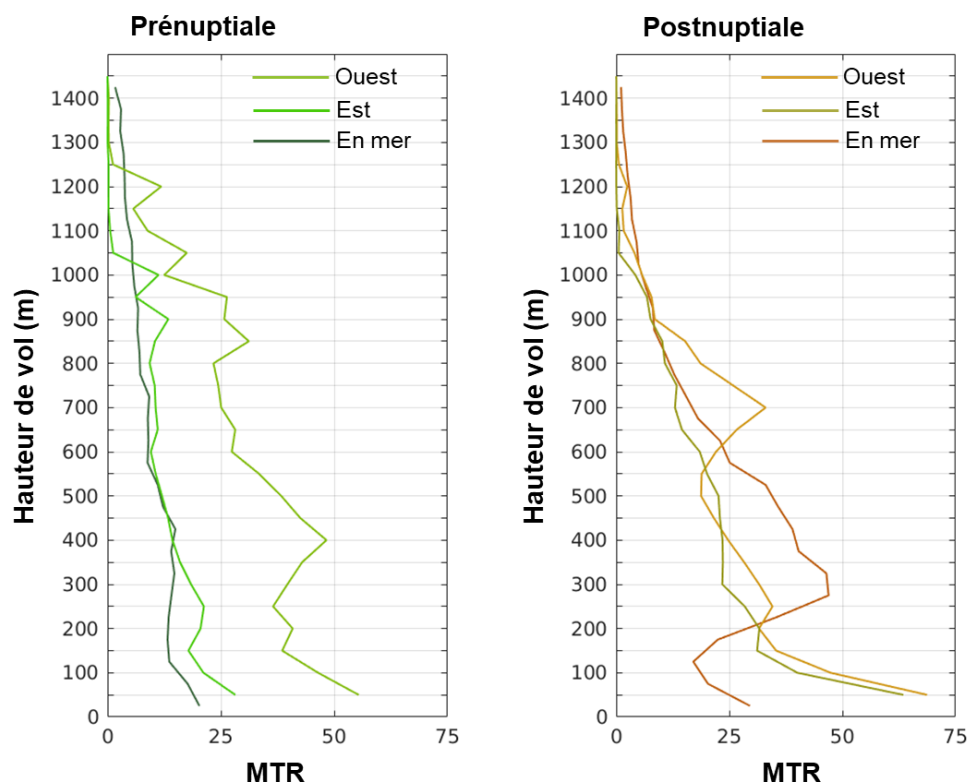


Figure.175: Flux moyen (ou MTR pour « Migration Traffic Rate », en nombre d'oiseaux par heure et par km) par classe d'altitude, obtenu par radar vertical à terre (Ouest : Agde, Est : La Palissade) et en mer lors des saisons prénuptiale (à gauche) et postnuptiale (à droite).

Les distributions des hauteurs de vol nocturnes (**Figure.175**) révèlent, lors de la saison de migration prénuptiale, des profils très proches (en termes de MTR) entre les enregistrements effectués en mer et sur le site côtier le plus à l'Est (La Palissade, Camargue). En-dessous de 1250m d'altitude, les flux enregistrés à l'Ouest (pour rappel : des oiseaux s'engagent en mer uniquement) sont plus importants. En saison postnuptiale, à l'inverse, les profils démontrent des valeurs de MTR relativement proches entre les sites d'acquisition ; mais de géométrie variable. En effet, si à terre, à l'Ouest (Agde) un mode secondaire se dégage autour de 700m, en mer, les flux se répartissent majoritairement entre 250 et 600m d'altitude. Le profil d'altitude obtenue à l'Est (la Palissade) dénote quant à lui de flux plus importants aux basses altitudes et décroissants à mesure que l'altitude augmente.

Par ailleurs, la répartition des hauteurs de vol entre sites à terre et en mer (

) montre les tendances suivantes :

- En saison prénuptiale, de nuit, la proportion de flux en-dessous de 200, 300 et 400m est la même entre les sites à terre (confondus) et la mer, alors que de jour les proportions d'oiseaux volant à basse altitude sont plus élevées en mer qu'à terre ;

- A l'inverse, en saison postnuptiale, de jour comme de nuit, les proportions d'oiseaux à ces classes d'altitudes sont plus élevées à terre, les oiseaux volants donc relativement plus bas à la côte qu'en mer,
- Quelle que soit la saison et les sites d'acquisition, les proportions de flux en-dessous de 200, 300 et 400m sont plus élevés de jour que de nuit (activité diurne à plus basse altitude).

Tableau 31 : Pourcentages cumulés des flux au sein de trois classes d'altitude, lors des saisons de migration pré-nuptiale (à gauche) et postnuptiale (à droite), distinctement de jour et de nuit, à la côte ou en mer.

Prénuptiale 					Postnuptiale 				
Hauteur de vol	À terre	En mer	À terre	En mer	Hauteur de vol	À terre	En mer	À terre	En mer
<400 m	66 %	72 %	47 %	47 %	<400 m	76 %	60 %	50 %	46 %
<300 m	57 %	61 %	35 %	34 %	<300 m	66 %	43 %	39 %	27 %
<200 m	45 %	53 %	23 %	23 %	<200 m	51 %	29 %	26 %	15 %

Ce travail complémentaire de comparaison entre flux nocturnes enregistrés à la côte (oiseaux s'engageant en mer) et directement en mer permet ainsi de renforcer les résultats obtenus pour les différentes technologies radar employées, en mettant en évidence une grande cohérence entre les phénologies, les hauteurs de vol moyennes et relatives des oiseaux enregistrés en migration (radars verticaux), alors même que les radars déployés à terre dans le cadre du lot 5 constituent, à la date de rédaction de ce rapport, la référence en termes de quantification précise des flux d'oiseaux.

Au regard des phénologies horaires moyennes obtenues, le biais spatial inhérent aux acquisitions en mer -du fait du déplacement du bateau- ne semble pas prépondérant par rapport à la temporalité horaire de la migration, tel qu'évoqué dans le paragraphe 3.6.3. En bonnes conditions de mer, et dans la limite de bonne détection des oiseaux par le radar vertical embarqué (au sein des classes d'altitude extrêmes : perte d'oiseaux volant proche de la surface de la mer, et érosion de la détection en bordure du disque radar), les suivis radars en mer apportent donc des informations pertinentes et représentatives des flux d'oiseaux. Leur plus-value réside tout particulièrement, dans le contexte du suivi des déplacements de l'avifaune en mer, à la description des caractéristiques des déplacements (hauteurs de vol - radar vertical, directions de vol – radar horizontal), de la phénologie des déplacements et de leur amplitude (MTR – radar vertical, niveau d'activité – radar horizontal).

4. Bilan du lot 4 et perspectives

Les campagnes menées dans le cadre du lot 4 ont permis la collecte d'une quantité importante de données pour les oiseaux marins et les migrants terrestres, la mégafaune marine et les chiroptères par le biais de différentes modalités d'acquisition de données en mer : observations visuelles classiques, suivis acoustiques chiroptères et oiseaux ou encore radars dédiés à l'étude des flux d'oiseaux en mer.

Les données et connaissances collectées par ces différentes techniques ont permis de mettre en évidence l'intérêt des suivis embarqués avec radars, de jour comme de nuit, afin de mieux appréhender les mouvements d'oiseaux dans le golfe du Lion. Cela concerne aussi bien les oiseaux marins que les migrants terrestres pour lesquels les connaissances en matière d'effectifs et de flux nocturnes en mer sont pauvres et peu prises en compte dans les études relatives au développement des parcs éoliens en mer.

Les observations visuelles nautiques rappellent l'importance de certaines zones pour la conservation des oiseaux migrants en halte migratoire dans le golfe du Lion comme la frange côtière (< 10 MN) et les embouchures de fleuves (Hérault, Aude etc.), ou encore le delta de la Camargue et les têtes de canyons pour la Sterne pierregarin et la Guifette noire lors des rassemblements postnuptiaux. Le parc naturel marin du golfe du Lion présente également un intérêt pour les alcidés (Macareux moine, Pingouin torda), le Puffin des Baléares ou la Mouette pygmée.

Les suivis par radars font ressortir les mouvements nocturnes d'oiseaux marins et de migrants terrestres dans l'ensemble du golfe du Lion ainsi qu'une variabilité spatio-temporelle forte de ces flux (en fonction de l'heure de la nuit, de l'effet de conditions météorologiques locales, ou encore de l'altitude considérée). Le croisement des données obtenues par radar vertical en mer (lot 4) et à terre (lot 5) a permis de mettre en évidence la bonne représentativité des données acquises par radar embarqué et de confirmer l'intérêt de tels suivis en mer.

Un certain nombre d'espèces « à risque de collision » dans un contexte de développement des projets de parcs éoliens en mer sont aussi identifiées et notamment :

- Les Sterninés (Sterne pierregarin, Sterne caugek, Guifette noire etc.) qui se concentrent à certaines périodes de l'année et notamment lors des haltes migratoires en cours de migration postnuptiale ;
- Les Larinés et notamment la Mouette pygmée qui transitent et stationnent dans le golfe du Lion lors de la migration prénuptiale ;
- Les migrants terrestres et les rapaces qui afflux en grand nombre à chaque saison de migration et pour lesquels peu de données sont disponibles notamment sur les flux et les hauteurs de vol lors de la traversée du golfe du Lion.
- D'autres familles, qui migrent de nuit comme les ardéidés (hérons) ou encore la Caille des blés, pour lesquelles les connaissances sont encore lacunaires mais qui potentiellement sont concernées par des mouvements importants dans le golfe du Lion comme le montre les images collectées par les radars de nuit et les observations de jour.

Concernant les chiroptères, les données collectées sont précieuses du fait de peu de données disponibles en mer. Plusieurs espèces migratrices ont ainsi été détectées comme la Noctule de Leisler ou la Grande noctule. Un renforcement des suivis au large, sur bouée ou navires permettrait d'acquérir des connaissances sur ce groupe et de mieux prendre en compte dans le cadre du développement des futurs parcs éoliens en mer.

Enfin, une multiplication des campagnes en mer avec radars embarqués permettrait d'affiner notre connaissance relative à l'avifaune migratrice dans le golfe du Lion. Ceci concerne notamment les espèces peu détectables depuis la côte ou volant de nuit comme les petits migrants terrestres (passereaux). Une adaptation des protocoles de suivi pourrait alors être proposée afin de s'affranchir des fortes contraintes liées aux fenêtres météorologiques favorables pour la mise en œuvre des expertises par radars, ou en réduisant le temps de navigation en termes de linéaire ou de couverture spatiale lors des suivis.

5. Références bibliographiques

- Anselme L. & Durand J.P., 2012, Le Puffin cendré *Calonectris diomedea diomedea*, Etat des connaissances et de conservation actualisée des populations nicheuses des petites îles de Méditerranée, initiative PIM. 18p
- Beaubrun, 1988. *Le Goéland leucopnée (Larus cachinnans michahellis) au Maroc. Reproduction, alimentation, répartition et déplacements en relation avec les activités de pêche*. Thèse Doctorat d'Etat, Univ. des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 448 pp.
- Borg, J. J., Bonaccorsi, G., & Thibault, J. C. 1999. Note on the wintering of the Cory's shearwater *Calonectris diomedea* in the Mediterranean.
- Bourgeois, K., Dromzée, S., Vidal, É., & Legrand, J., 2008. Yelkouan shearwater *Puffinus yelkouan* presence and behaviour at colonies: not only a moonlight question. *Comptes rendus. Biologies*, 331(1), 88-97.
- Dubois P.-J. & Issa N. (2013). Résultats du 4 e recensement des laridés hivernants en France (hiver 2011-2012). *Ornithos*, 20-2.
- Dupuy J., Sallé L. (Coord), 2022. Atlas des oiseaux migrants de France. Collection Inventaires et Biodiversité, Biotopie, MNHM – LPO. 1120 p.
- Håvard R., Martino S., and Chopin N. 2009. Approximate Bayesian Inference for Latent Gaussian Models by Using Integrated Nested Laplace Approximations” *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology* 71 (2): 319–92.
- Hémery G, d'Elbée E., 1985. Discrimination morphologique des populations atlantique et méditerranéenne de pétrel tempête *Hydrobates pelagicus*. *Oiseaux Mar Nicheurs Midi Corse* 2:63–67
- Jacob Y. (Coord.) 2022. *Sternes nicheuses 2021 du littoral Manche-Atlantique*. Rapport de l'observatoire oiseaux marins et côtiers de l'office français de la biodiversité et de l'observatoire régional de l'avifaune en Bretagne. Brest. 67 p.
- Keller V., Herrando S., Vorisek P., & al., 2020. *European Breeding Bird Atlas 2: Distribution, Abundance and change*. European Bird Census Council & Lynx Edicions, Barcelona. 967 p.
- Lindgren F., Håvard R., and Lindström J., 2011. An Explicit Link Between Gaussian Fields and Gaussian Markov Random Fields: The Stochastic Partial Differential Equation Approach. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology* 73 (4): 423–98.

- Lindgren F., Bolin D., and Håvard R., 2022. The SPDE Approach for Gaussian and Non-Gaussian Fields: 10 Years and Still Running. *Spatial Statistics* 50: 100599.
- Musitelli F., Spina F., Moller A., Rubolini D., Bairlein F., Baillie S. R., 2019. Representing migration routes from re-encounter data : A new method applied to ring recoveries of Barn Swallows (*Hirundo rustica*) in Europe. *Journal of Ornithology*, 160 (1), 249-264.
- Paterson A.M. ,1997 – Las aves marinas de España y Portugal. Lynx Edicions, Barcelona : 444 p.
- Péron, C., Grémillet D., Prudor A., Pettex E., Saraux C., Soriano-ReDono A., Authier M., Fort J., 2013. Importance of coastal marine protected areas for the conservation of pelagic seabirds: the case of vulnerable yellow-legged shearwaters in the Mediterranean Sea. *Biological conservation*, 168: 210-221
- Rue, H., Martino, S., & Chopin, N., 2009. Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 71(2), 319-392.
- Rufay X., Garbé R., David L. & Di-Méglio N., 2014. Etat des lieux des connaissances du patrimoine ornithologique du Golfe du Lion. Agence des Aires Marines Protégées. 325 p.
- Szép T., Relationship between west African rainfall and the survival of central European San Martins Riparia riparia. *Ibis*, 137 (2), 162-168
- Tinevez J.-Y., 2011. simpletracker (<https://github.com/tinevez/simpletracker>), GitHub.
- Van der Winden J., Fijn R., R.C., Horssen P.W., Gerritsen Davidse D., Piersma, T., 2014. Idiosyncratic migrations of Black Terns (*Chidonias niger*): Diversity in routes and stop-overs. *Waterbirds*, 37(2), 162-174.

6. Remerciements du lot 4

Nous tenons à remercier l'ensemble des personnes ayant participé de près ou de loin à la mise en œuvre des campagnes en mer par bateau dans le cadre du lot 4 du programme MIGRALION et notamment :

- Les observateurs embarqués qui se sont mobilisés afin de participer aux campagnes en mer dont Dominique CLEMENT (Aude Nature), Matthieu BOURGEOIS & Thomas MARCHAL (LPO Occitanie), Samuel HILAIRE (Tour du Valat), Gaspard BERNARD, Julie CABRI, Alexandre HAMON, Vincent LIEBAULT, Cyprien DAIDE (BIOTOPE) ;
- L'équipe de biostatisticiens, Maud BERLIN COURT, Marjolaine CAILLAT, Dorian CHAUVIN, Cindy GIDOIN, Yves LE BRAS, Fanny RAMOGNINO pour les échanges sur les protocoles de suivi et les analyses des données collectées dans le cadre des campagnes en mer ;
- La coordination du programme : Sophie de GRISSAC, Yann PLANQUE (France Energie Marine, Alexandra GIGOU & Constance AUDIFFREN (Office Français pour la Biodiversité) pour leur soutien et leur bienveillance ;
- Les membres du consortium porteurs des lots 3 et 6 pour les échanges constructifs et bonne réalisation du programme dans son ensemble.

7. Valorisation des résultats du lot 4

Le lot 4 « Campagnes en mer par bateau » 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 4 au cours du programme

ASSALI, C., DELCOURT, V., DELELIS, N. 2024. MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : Second rapport d'analyse des données acquises (années 1 et 2). Lot 4 : Campagnes en mer par bateau. Rapport pour l'OFB. 149 PP.

ASSALI, C., DELCOURT, V., DELELIS, N. 2023. MIGRALION – Premier rapport d'analyse méthodologique et des données acquises, année 2022. Lot 4 : Campagnes en mer par bateau. Rapport pour l'OFB. 93 PP.

Conférences scientifiques internationales

ASSALI C., CHAUVIN D., DAÏDÉ C., DELELIS N., LIEBAULT L., SCHMID B., SCHOPPER H., DELCOURT V., 2025. Conference on wind Energy and Wildlife Impacts 2025 – Poster presentation: New insights into bird migration at the Gulf of Lion scale through simultaneous offshore and inshore radar recordings. Montpellier. France

DELCOURT, V., DAÏDÉ, C., ASSALI, C., SCHMID, B., GIGOU, A., 2023. Conference on wind Energy and Wildlife Impacts 2023 - Poster presentation: New insights about bird migration in the gulf of lions – ornithological radar surveys within the MIGRALION programme. Sibenik. Croatie

Conférences scientifiques nationales, interventions diverses

ASSALI, C., DELELIS, N., (2025). Rencontre nationale du réseau national oiseaux marins (RESOM) 2025. Présentation des résultats du Lot 4 : Campagne en mer par bateau. Bonifaccio, octobre 2025

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 (Ecoean), Georges SAFI (FEM) Constance AUDIFFREN (OFB)) , Toulon, France, 19 septembre 2024. <https://live.eventtia.com/fr/journeemerethorizons2024/Programme/>

DELELIS, N., (2023). Participation à l'Atelier CEMATER : Eolien en mer : suivis environnementaux. Cité de l'Économie et des Métiers de demain. Montpellier, 21 septembre 2023.

DELELIS, N., (2024). Présentation du programme MIGRALION au niveau de la Direction Générale de l’Energie et du Climat – Direction de l’énergie. Septembre 2024

Conférences grand public

Articles scientifiques

Mémoires étudiants (rapports de stage)

Pages web et réseaux sociaux

Titre/type de page web. [Lien web.](#)

8. 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.

9. Annexes

Fiche annexe A : Détail concernant les analyses statistiques réalisées

1.1. Distance Sampling

Le distance sampling est à la fois un protocole de terrain et une méthodologie d'analyse statistique des données. Le distance sampling a été développé dans les années 80 et 90 afin d'estimer la probabilité de détection (et par conséquent la densité absolue) et constitue une méthode standard depuis.

Si le plan d'échantillonnage est conçu de façon orthodoxe, selon le principe de l'échantillonnage simple ou systématique, la distance orthogonale des animaux vis-à-vis des transects peut être supposée uniforme. Si, de plus, le transect est surveillé attentivement sur le terrain de façon à assurer une probabilité de détection de 100% sur cette ligne et que les individus sont repérés à leur position initiale (avant de fuir ou d'être attirés par l'observateur) alors la distance des observations par rapport à la ligne de transect permet d'estimer la probabilité de détection.

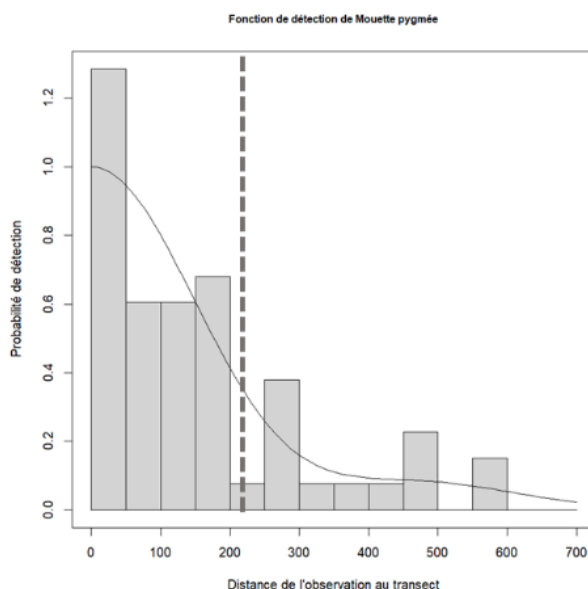
Cela consiste à modéliser la « fonction de détection » qui décrit selon la distance la probabilité de détection d'un groupe. Par définition, celle-ci vaut 1 à la distance 0 (détection parfaite sur la ligne de transect) puis elle décroît plus ou moins rapidement avec la distance en vertu de paramètres que l'on estime statistiquement. Il est possible de modéliser l'effet de différentes variables sur la détection en introduisant des paramètres supplémentaires. Dans le cadre cette étude, nous n'avons modéliser l'effet d'aucune variable. Nous avons conditionné les jours de suivis en mer les jours où le niveau de vent et de houle était favorable à une bonne ou très bonne détection des oiseaux.

La fonction de détection modélisée est toujours une simplification de la réalité, l'histoire du distance sampling montre que les fonctions de détection de type « demi-normale » (half-normal) et « taux de défaillance » (hazard rate) sont généralement bien adaptées aux données collectées lors de suivi en mer par bateau, et constituent à ce titre les fonctions de détection les plus usuelles. Ces deux types de fonctions, plus une fonction de type « uniforme » ont été ajustées aux données avec le package R "Distance". La fonction de détection ayant le moindre AIC (outil statistique qui permet d'identifier le meilleur compromis entre nombre de paramètre et qualité d'ajustement) a été retenue.

L'application de la méthode distance sampling suppose que les distances sont mesurées de façon exacte. Lors des campagnes en mer, les distances estimées sur le terrain avaient une précision limitée et étaient caractérisées par la sur-représentation de certaines valeurs arrondies telles que 10, 50, 100 etc. qui ont tendance à être favorisées lors de la lecture de graduations ou au cours de la saisie des données. Lors des suivis pendant l'année de construction, les observateurs ont pu utiliser une tablette sur laquelle ils pointent sur un écran gradué la distance et la position de l'oiseau par rapport au bateau. Le résultat est une distribution plus continue des distances relevées et ainsi une meilleure estimation des fonctions de détections. Afin de ne pas intégrer dans les calculs des distances extrêmes qui peuvent résulter d'erreur ou d'anormalité, il est recommandé (Buckland et al 2007) de ne considérer que les observations avec distance inférieure à une distance de troncature contenant 95% des données observés.

Comme dans toute analyse statistique, la fiabilité des estimations augmente avec la quantité des données disponibles et il est aussi recommandé d'utiliser la technique de distance sampling avec un minimum de 60 observations sur l'ensemble du suivi pour une espèce. Pour les espèces ayant moins d'observation c'est la technique du strip-transect qui est utilisée.

La probabilité de détecter un oiseau posé ou en vol n'est pas la même, ainsi cette méthode n'a été utilisée que pour les oiseaux posés. Les oiseaux en vol hors protocole snapshot ne sont pas intégrés dans le calcul des densités.



La ligne en pointillée verticale souligne la portée efficace de détection (ESW) associée à la courbe.

Annexe 1 : Exemple d'histogramme du nombre de détection par classe de distance et fonction de détection de type « taux de défaillance » pour la mouette pygmée.

Une fois la fonction de détection estimée, la probabilité de détection correspond à l'intégrale de la fonction de détection entre 0 et la distance de troncature divisée par la distance de troncature. On peut résumer cette information sur l'efficacité du processus de détection de façon équivalente en utilisant la notion de « portée efficace de détection » (Efficient Strip Width, ESW). Cette dernière est simplement l'intégrale de la fonction de détection entre 0 et la distance de troncature (dans l'exemple ci-dessous), la portée efficace de détection est de 54 m).

1.2. Strip-transect

Le strip-transect est une méthode d'estimation de densité et d'abondance utilisée quand il n'est pas possible d'utiliser la méthode de distance sampling. Cette méthode considère que les observateurs ont la même probabilité de détecter un animal jusqu'à une distance définie. Cette probabilité étant de 1. Ainsi tout animal présent dans une bande de 300m de part et d'autre de la ligne de transect a été intégré dans les estimations de densités.

1.3. Snapshot

Le snapshot est une méthode d'analyse mise en place afin d'estimer la densité d'oiseau en vol. Cette méthode permet de compter un nombre instantané d'oiseaux, « fixant » les individus dans le temps et dans l'espace. Cette méthode a été conçue pour compenser la vitesse lente du bateau par rapport à la vitesse de l'oiseau. Ainsi il est possible de calculer la densité absolue d'oiseau en vol. Si on considérait tous les oiseaux en vols comme on le fait pour les oiseaux posés, c'est-à-dire comme des individus « statiques », alors c'est une mesure relative du flux qui serait mesuré et corrélé à une densité, qui sera surestimée, et non une mesure de densité absolue.

Au cours d'une procédure snapshot, l'ensemble des oiseaux en vol à un instant t (le plus instantané possible) est noté dans un rayon défini autour de l'observateur (ici, 300 mètres autour de l'observateur dans toutes les directions) et à pas de temps régulier (ici, tous les 300 m). Ce qui permet d'avoir une image "statique" des oiseaux en vol et de supprimer l'effet de cumul des flux précédemment évoqué.

1.4. Indice Kilométrique d'Abondance (IKA)

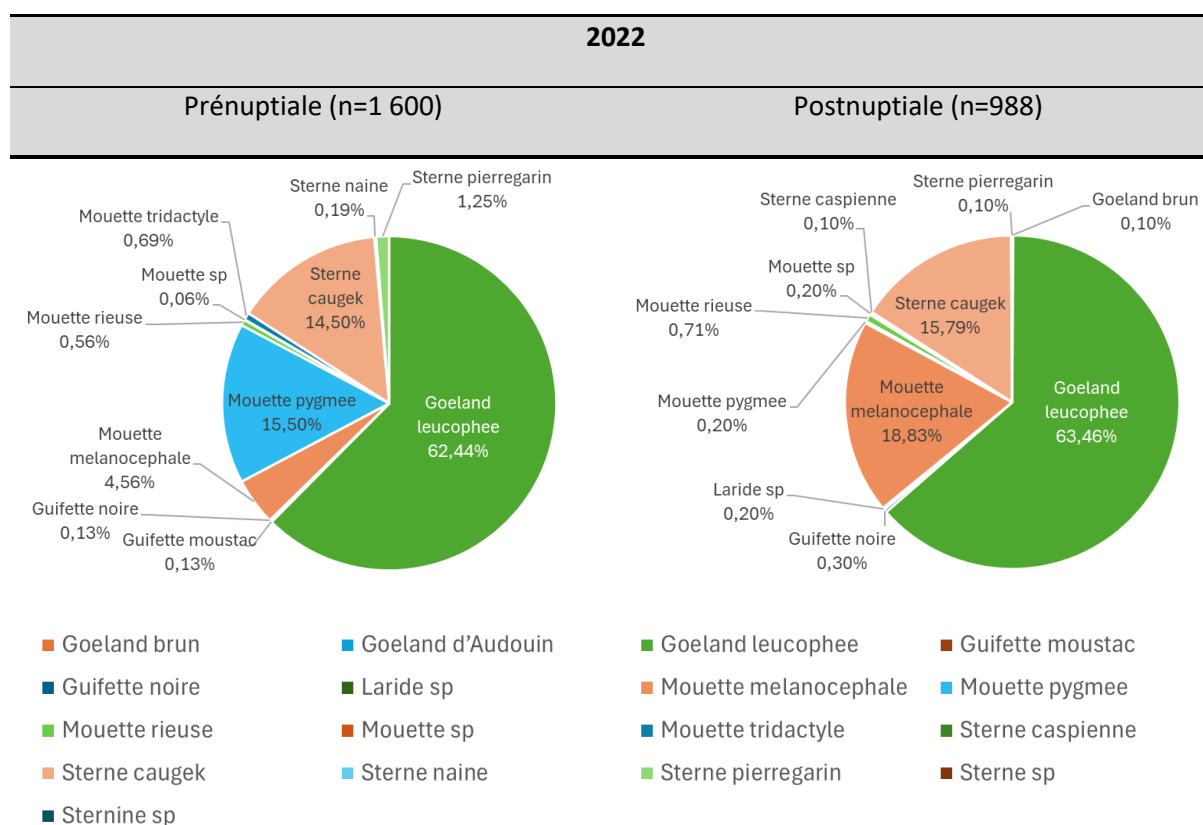
L'indice kilométrique d'abondance (ou IKA) est une méthode permettant de mesurer une abondance relative d'espèces le long d'un trajet, elle correspond au nombre d'individus ou d'observation par distance parcourus (ind.km^{-1}), indépendamment de la surface observée.

Fiche annexe B : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques

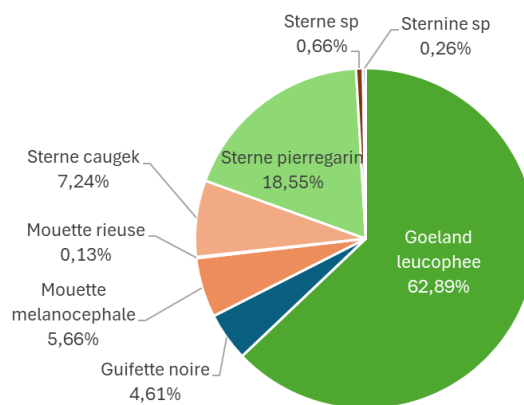
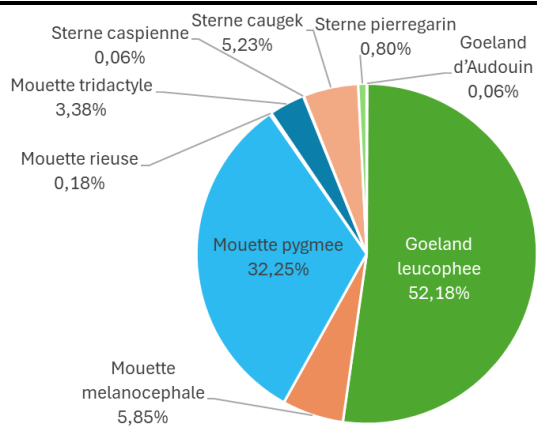
*n= nombre d'observations saisonnier

**La répartition des observations ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.

Annexe 2 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Laridés



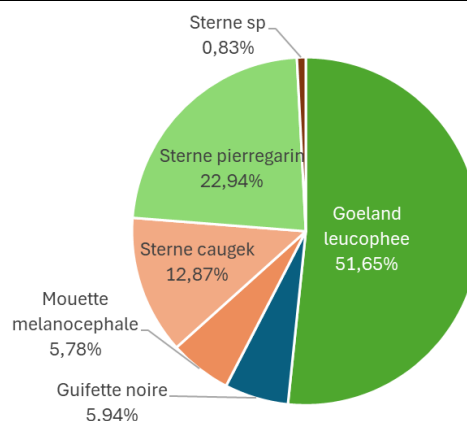
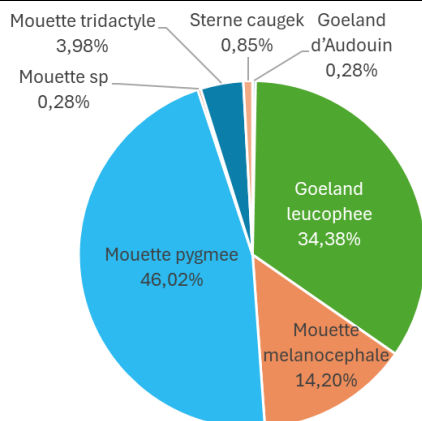
2023	
Prénuptiale (n=1 625)	Postnuptiale (n=760)



2024

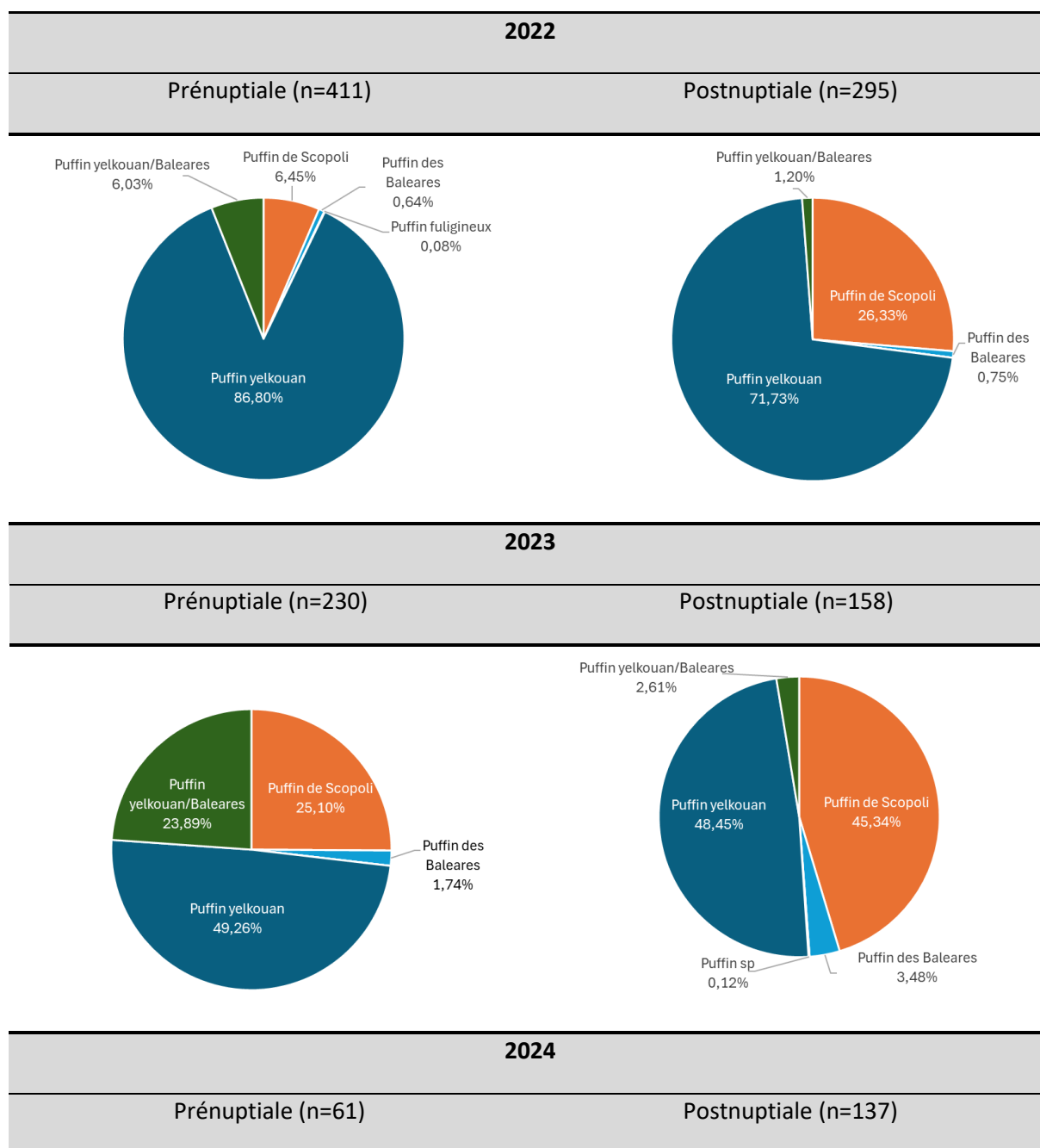
Prénuptiale (n=352)

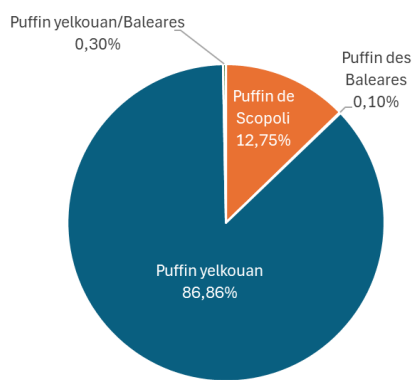
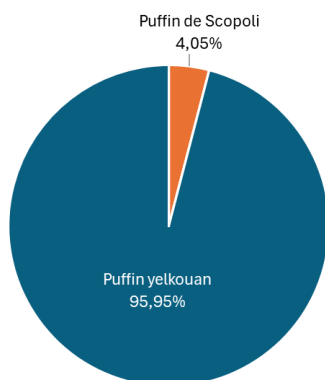
Postnuptiale (n=606)



- Goeland brun
- Goifette noire
- Mouette rieuse
- Sterne caugek
- Sternine sp
- Goeland d'Audouin
- Laride sp
- Mouette sp
- Sterne naine
- Goeland leucophee
- Mouette melanocephale
- Mouette tridactyle
- Sterne pierregarin
- Guifette moustac
- Mouette pygmée
- Sterne caspienne
- Sterne sp

Annexe 3 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Procellariidés





■ Puffin de Scopoli

■ Puffin des Baleares

■ Puffin fuligineux

■ Puffin sp

■ Puffin yelkouan

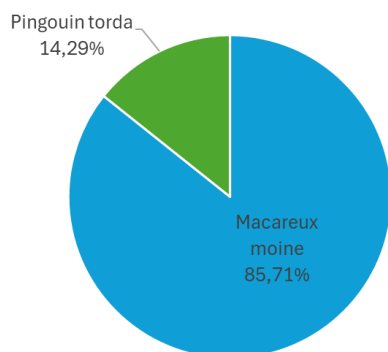
■ Puffin yelkouan/Baleares

Annexe 4 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Hydrobatidés

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Océanite tempête	33 (100%)		9 (100%)	31 (97%)		13 (100%)
Océanite sp				1 (3%)		
Total Hydrobatidé	33	0	9	32	0	13

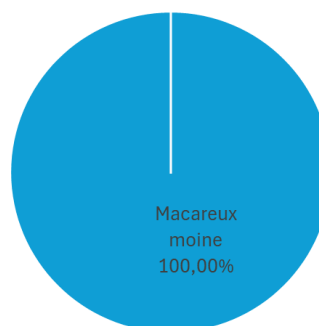
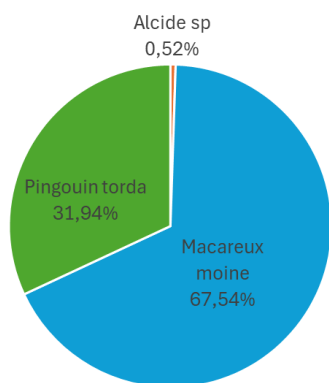
Annexe 2 : Les Alcidés

2022	
Prénuptiale (n=35)	Postnuptiale (n=0)

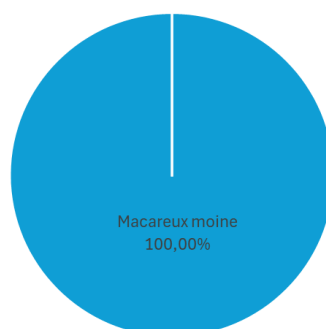
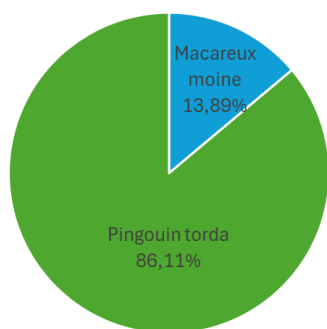


Aucun Alcidé observé

2023	
Prénuptiale (n=191)	Postnuptiale (n=28)



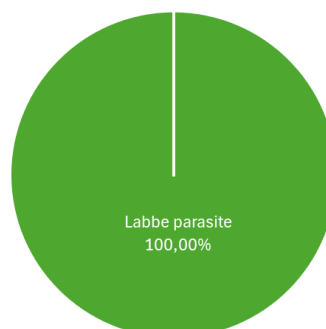
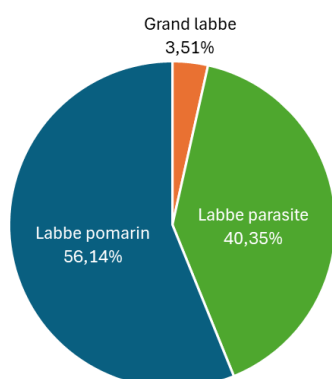
2024	
Prénuptiale (n=36)	Postnuptiale (n=7)



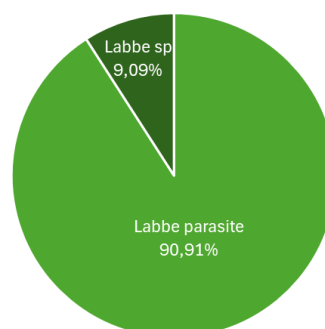
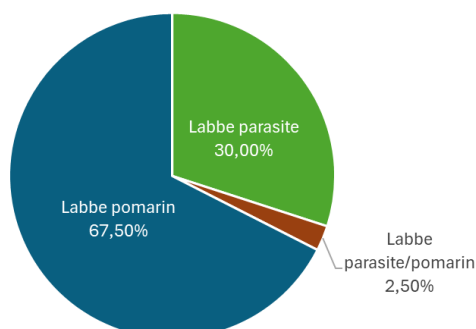
■ Alcide sp ■ Macareux moine ■ Pingouin torda

Annexe 5 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Stercorariidés

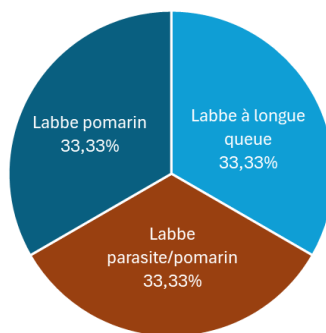
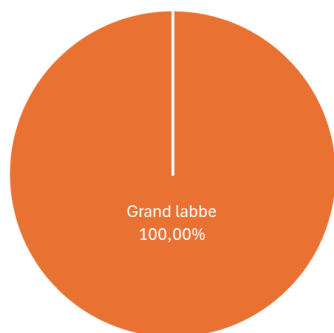
2022	
Prénuptiale (n=57)	Postnuptiale (n=2)



2023	
Prénuptiale (n=40)	Postnuptiale (n=11)



2024	
Prénuptiale (n=2)	Postnuptiale (n=3)



■ Grand labbe

■ Labbe à longue queue

■ Labbe parasite

■ Labbe parasite/pomarin

■ Labbe pomarin

■ Labbe sp

Annexe 6 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Gaviidés et espèces associées

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Foulque macroule	1 (25%)					
Grèbe huppé	1 (25%)	1 (100%)	3 (75%)			
Plongeon arctique	2 (50%)		1 (25%)		1 (100%)	
Total Gavidés	4		4	0	1	0

Annexe 7 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Autres espèces d'oiseaux marins

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Cormoran sp	1 (6%)					
Fou de Bassan	2 (12%)	3 (23%)	4 (31%)	1 (20%)		4 (80%)
Grand cormoran	14 (82%)	10 (77%)	9 (69%)	4 (80%)	1 (100%)	1 (20%)
Total autres esp. marines	17	13	13	5	1	5

Annexe 8 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Anatidés

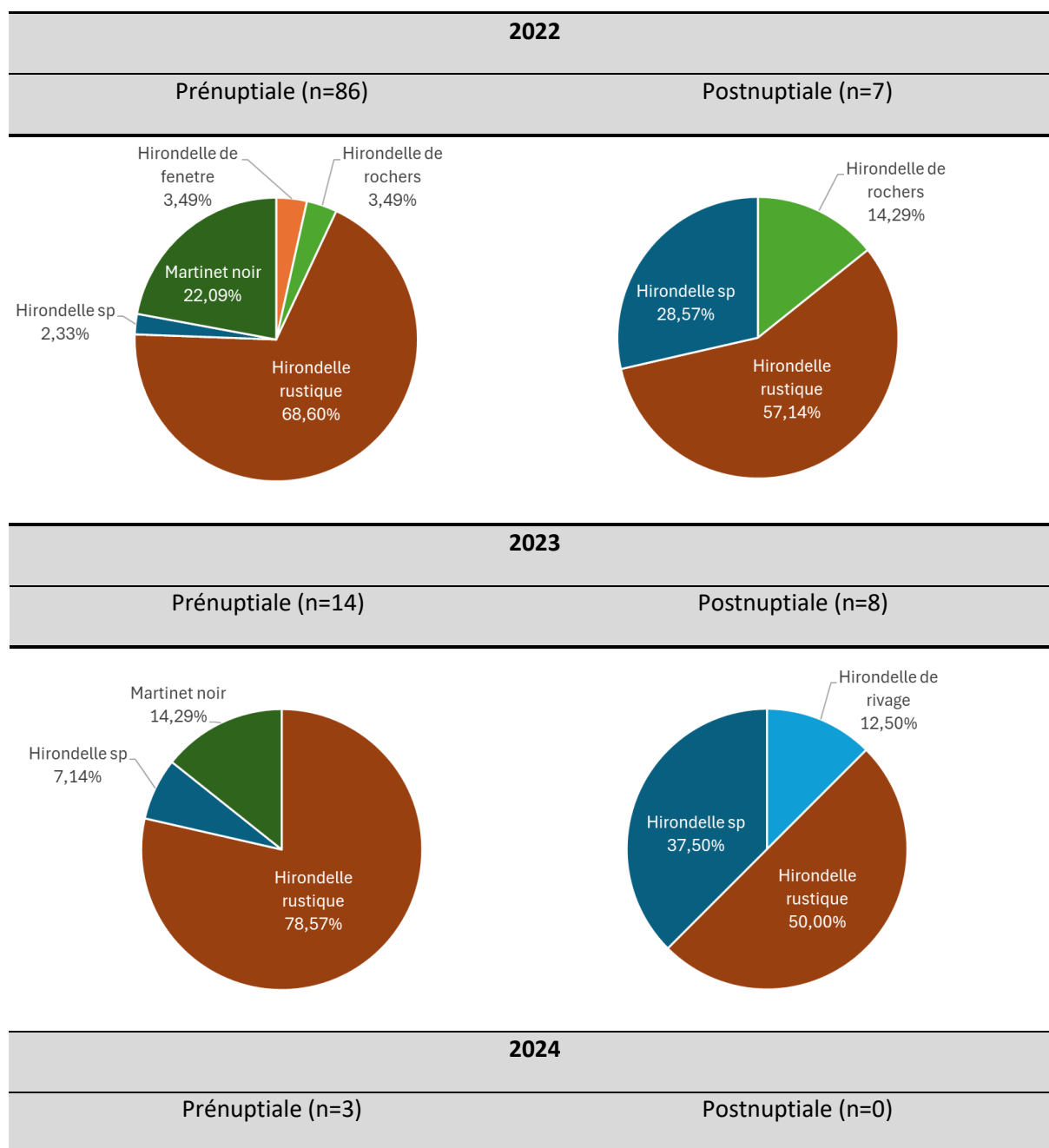
	2022	2023	2024
--	------	------	------

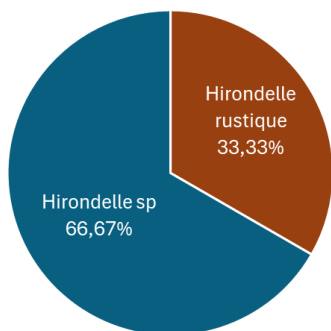
Année Saison	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Canard colvert			1 (20%)			
Canard souchet			3 (60%)	2 (50%)		
Canard sp				1 (25%)		
Sarcelle sp				1 (25%)		
Tadorne de Belon	3 (100%)		1 (20%)			
Total Anatidé	3	0	5	4	0	0

Annexe 9 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Ardéidés

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Aigrette garzette	2 (29%)					1 (33%)
Aigrette sp	1 (14%)					
Butor étoile	1 (14%)					
Heron cendre	1 (14%)	1 (50%)	1 (25%)	41 (67%)		1 (33%)
Heron garde-boeuf			1 (25%)	1 (17%)		
Heron pourpre		1 (50%)	1 (25%)			
Heron sp			1 (25%)	1 (17%)		
Ibis falcinelle	1 (14%)				1 (100%)	1 (33%)
Spatule blanche	1 (14%)					
Total Ardéidé	7	2	4	6	1	3

Annexe 10 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Hirundinidés et Apodidés





Aucune hirondelle ni aucun martinet

■ Hirondelle de fenetre

■ Hirondelle de rivage

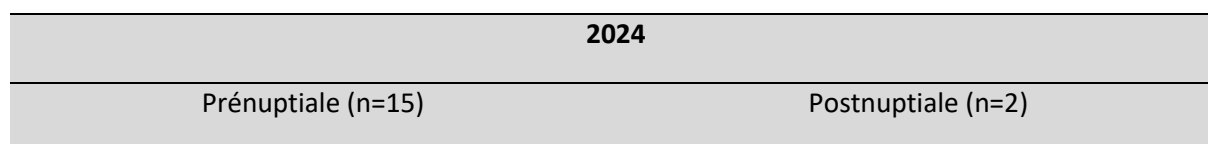
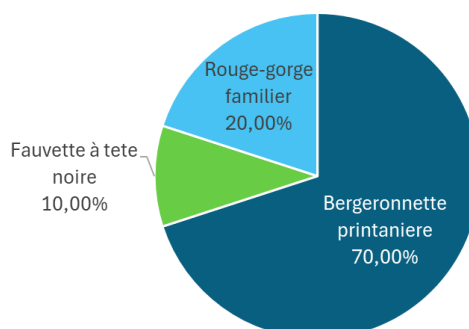
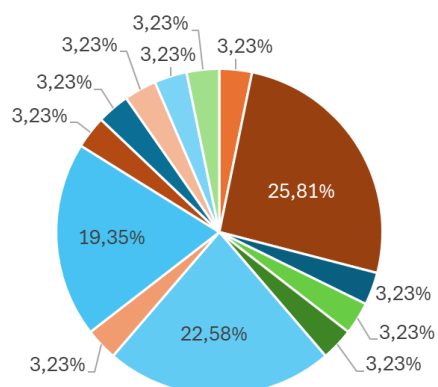
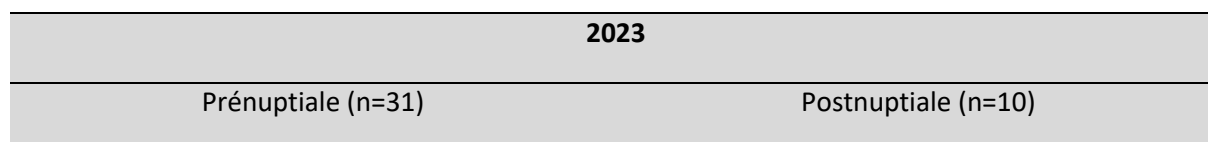
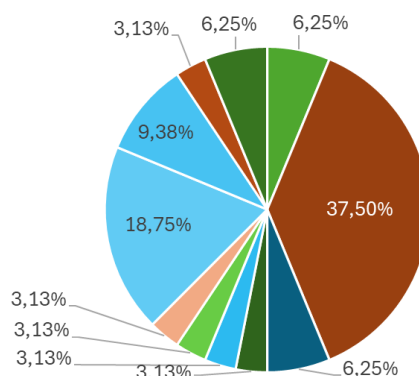
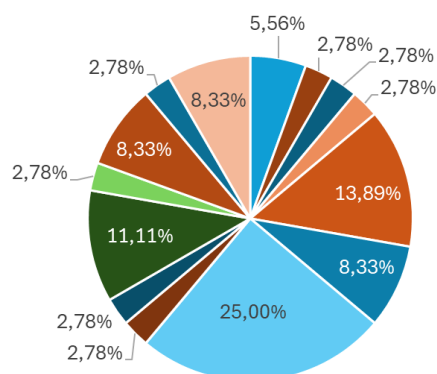
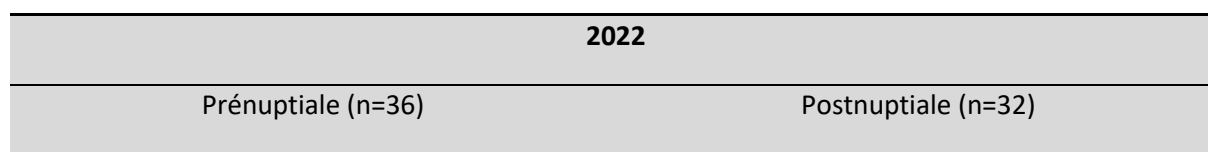
■ Hirondelle de rochers

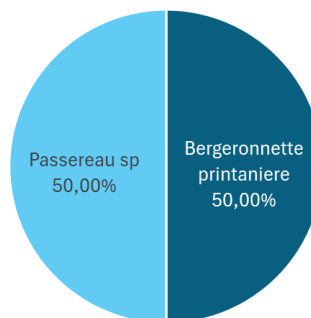
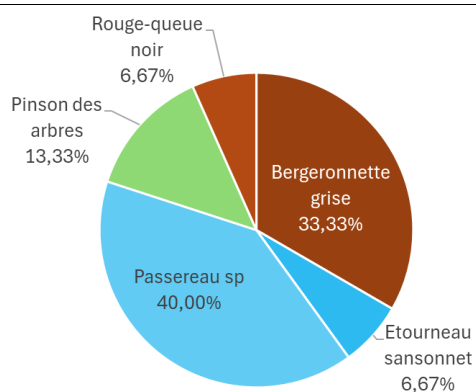
■ Hirondelle rustique

■ Hirondelle sp

■ Martinet noir

Annexe 11 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Passereaux





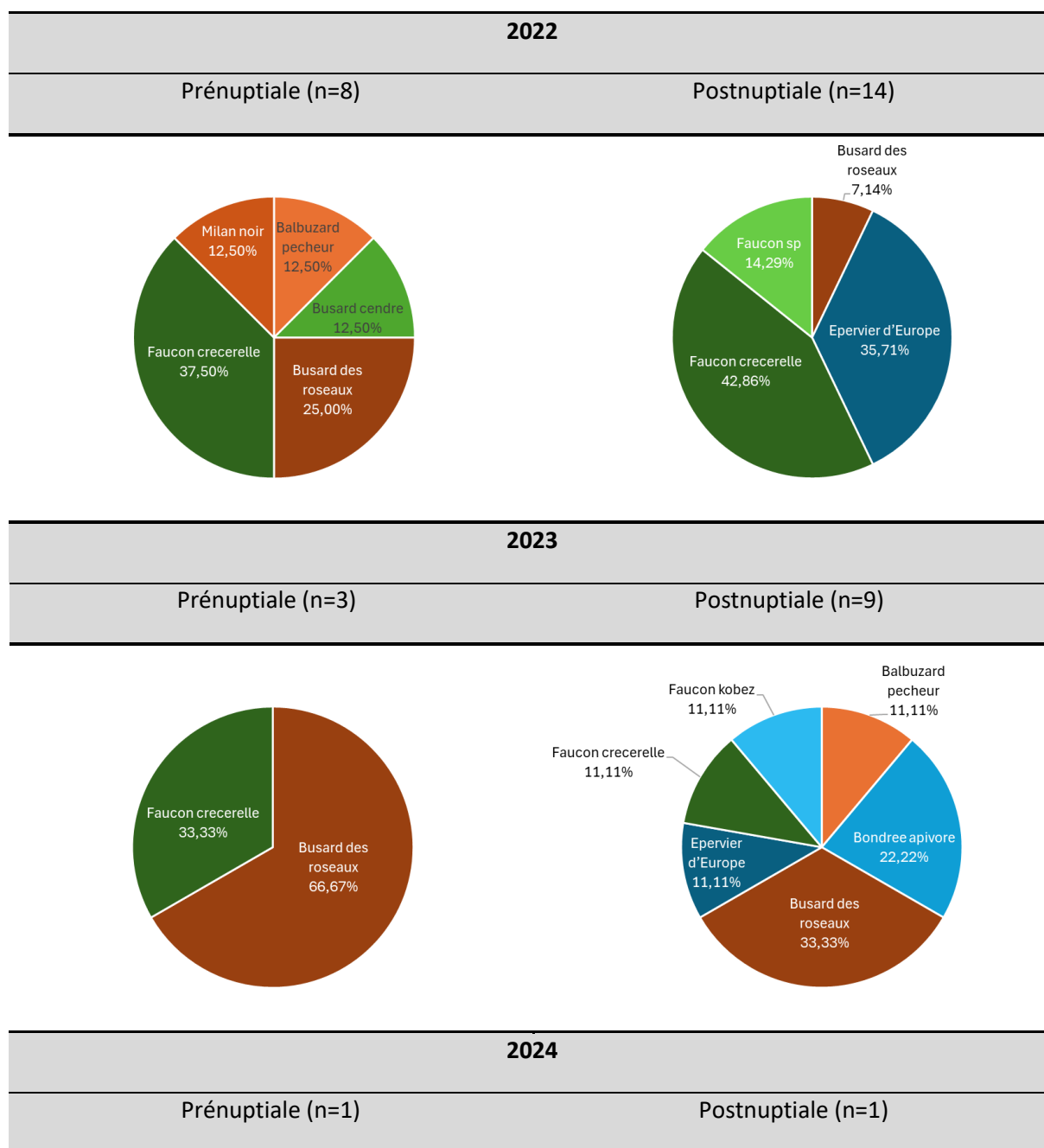
- Alouette des champs
- Bergeronnette printanière
- Fauvette à tête noire
- Linotte mélodieuse
- Pouillot de Bonelli
- Rouge-queue à front blanc
- Traquet motteux
- Alouette sp
- Bergeronnette sp
- Fringille sp
- Passereau sp
- Pouillot sp
- Rouge-queue noir
- Traquet motteux/oreillard

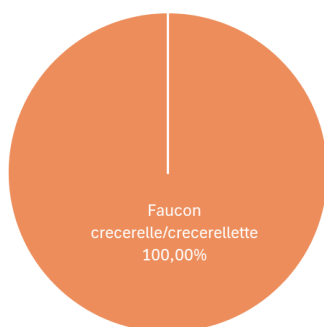
- Bergeronnette des ruisseaux
- Chardonneret élégant
- Gobemouche noir
- Pinson des arbres
- Pouillot véloce
- Serin cini
- Traquet sp
- Bergeronnette grise
- Etourneau sansonnet
- Grive musicienne
- Pipit rousseline
- Rouge-gorge familier
- Tarin des aulnes

Annexe 12 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Petits échassiers

Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Avocette élégante	4 (40%)					
Bécasseau variable		1 (100%)				
Chevalier gambette	1 (10%)					
Chevalier sylvain				1 (50%)		
Echasse blanche	1 (10%)					
Gravelot à collier interrompu	1 (10%)					
Huîtrier pie	1 (10%)					
Limicole sp.	2 (20%)		1 (100%)	1 (50%)		
Total petits échassiers	10	1	1	2	0	0

Annexe 13 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Rapaces





- Balbuzard pecheur
- Bondree apivore
- Busard cendre
- Busard des roseaux
- Epervier d'Europe
- Faucon crecerelle
- Faucon crecerelle/crecerellette
- Faucon kobez
- Faucon sp
- Milan noir

Annexe 14 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Autres espèces d'oiseaux occasionnelles

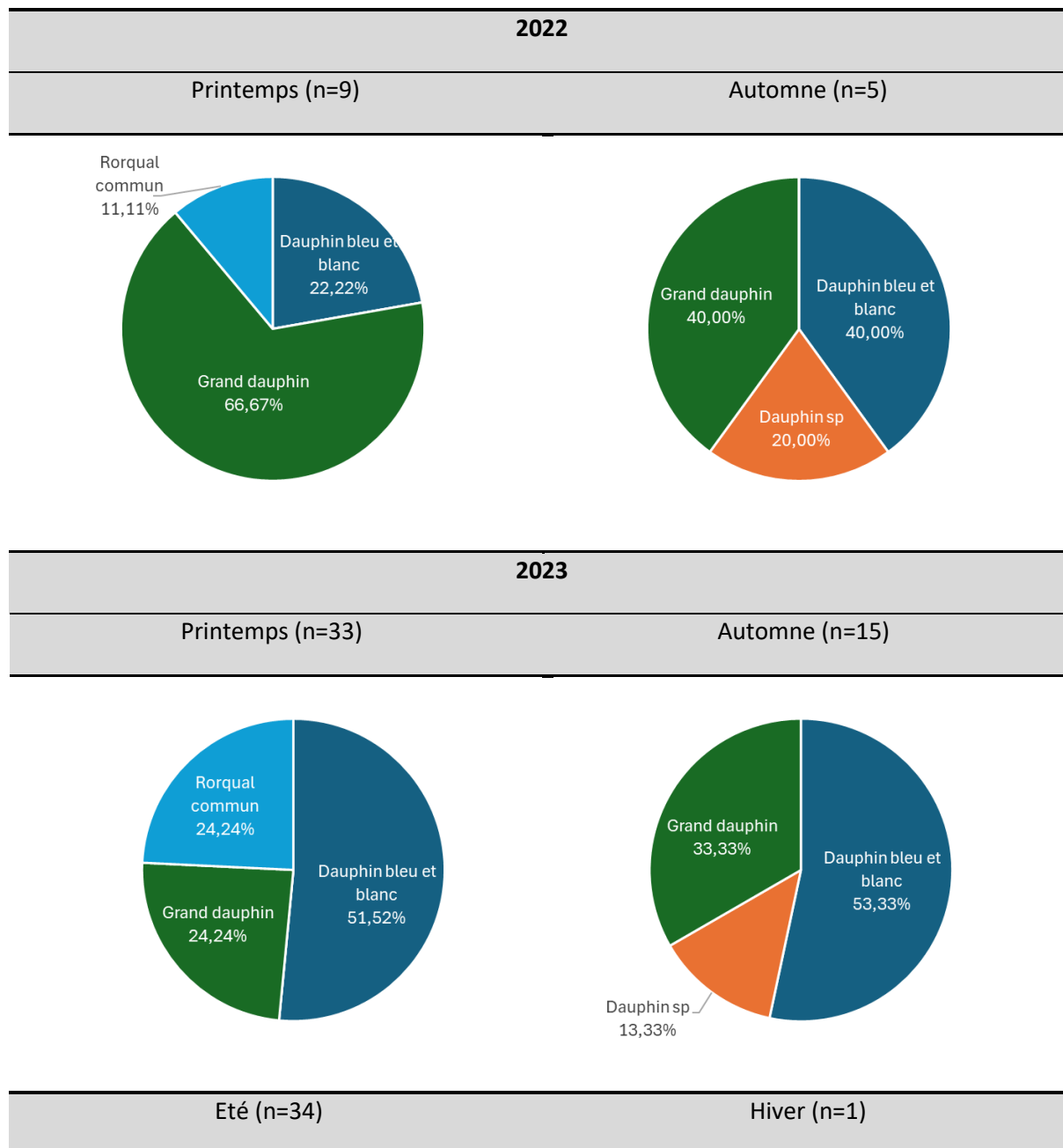
Année Saison	2022		2023		2024	
	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale	Prénuptiale	Postnuptiale
Caille des bles						1 (100%)
Engoulevent d'Europe	2 (40%)					
Huppe fasciée	1 (20%)		1 (33%)			
Œdicnème criard					1 (100%)	
Pigeon biset domestique	1 (20%)					
Pigeon ramier			1 (33%)			

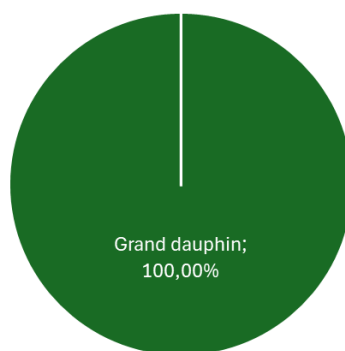
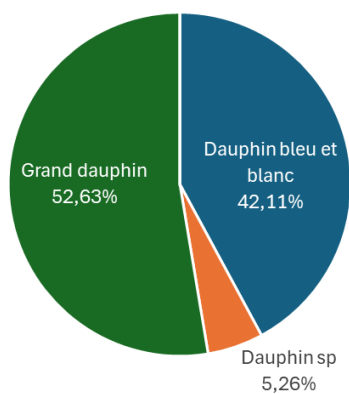
Tourterelle turque	1 (20%)		1 (33%)			
Total autres occasionnels	5	0	3	0	1	1

Annexe 15 : Comparaison des répartitions des observations par famille (et espèces associées) pour les trois années de suivis en expertises nautiques - Mammifères marins

*n= nombre d'observations saisonnier

**La répartition des observations ne prend en compte uniquement les données acquises sur les transects et en effort d'observation.



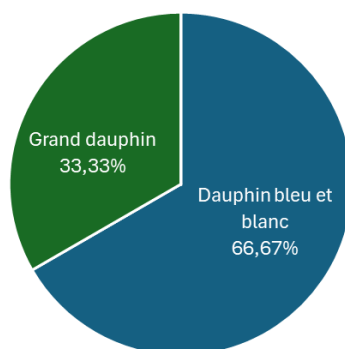
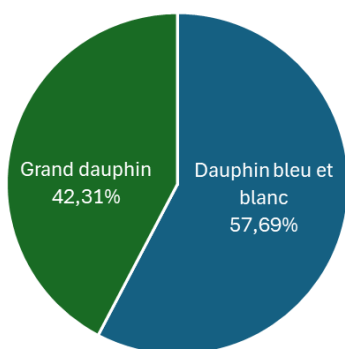


■ Dauphin bleu et blanc ■ Dauphin sp ■ Grand dauphin ■ Rorqual commun

2024

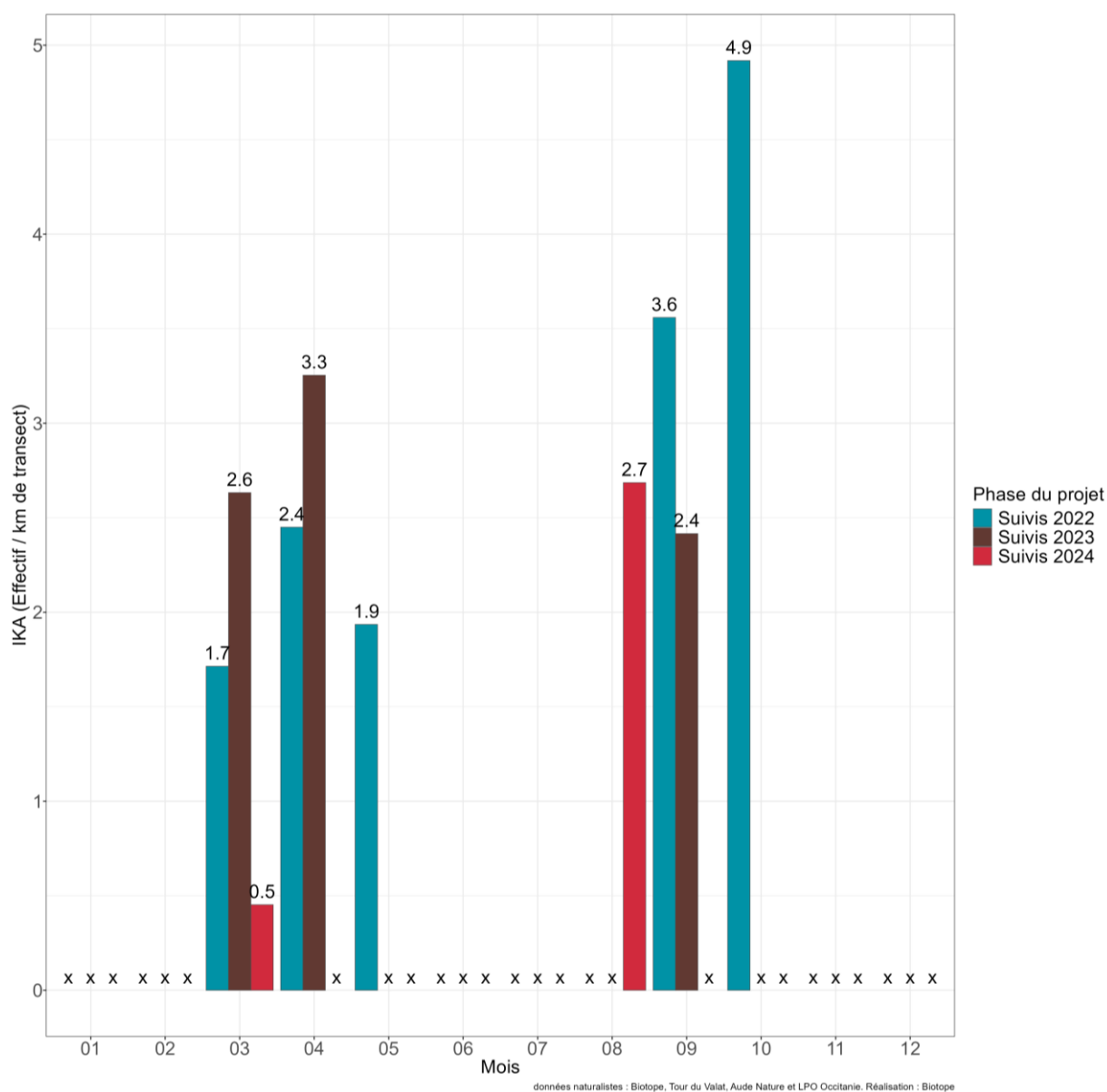
Eté (n=25)

Hiver (n=3)

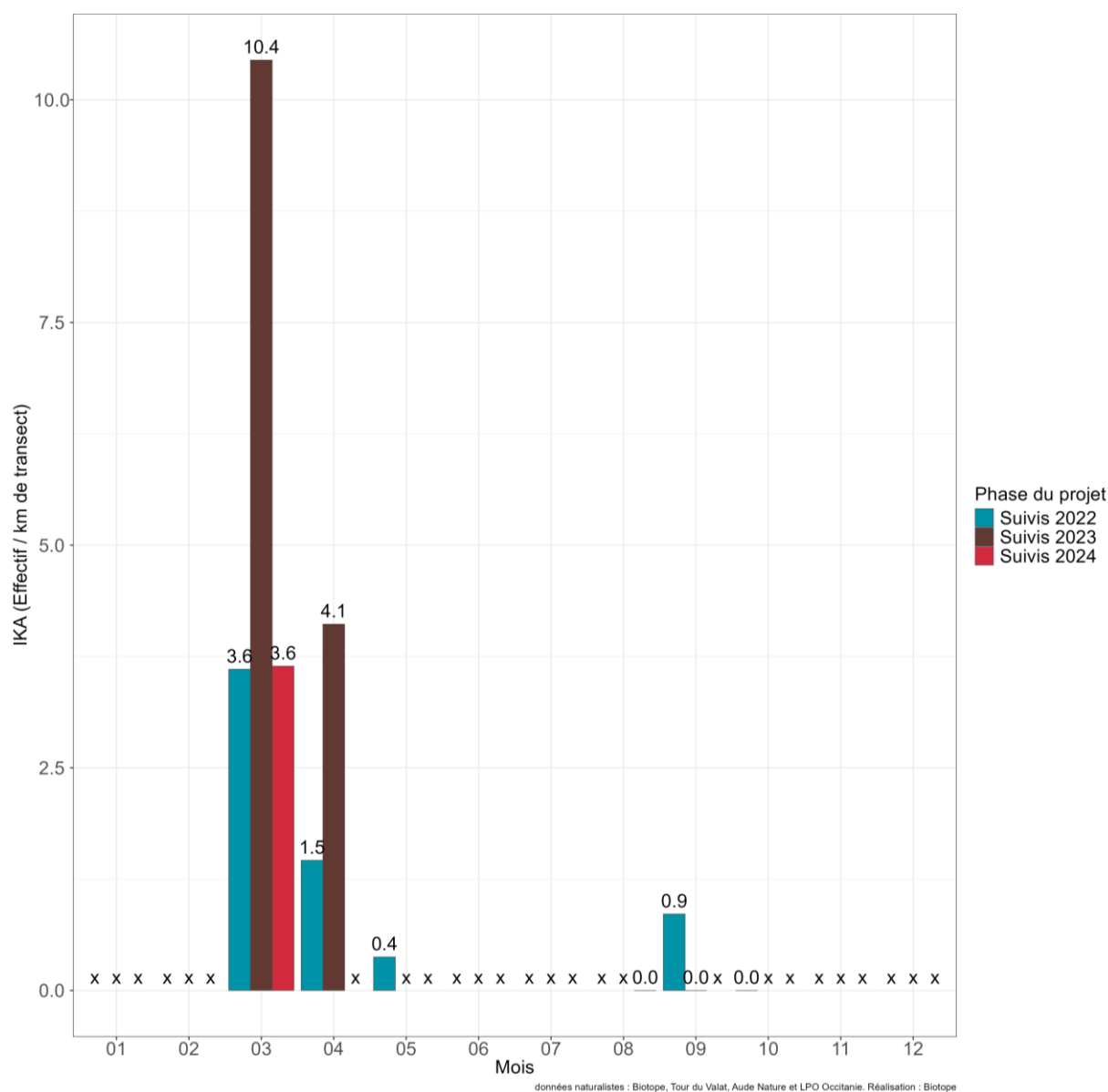


■ Dauphin bleu et blanc ■ Dauphin sp ■ Grand dauphin ■ Rorqual commun

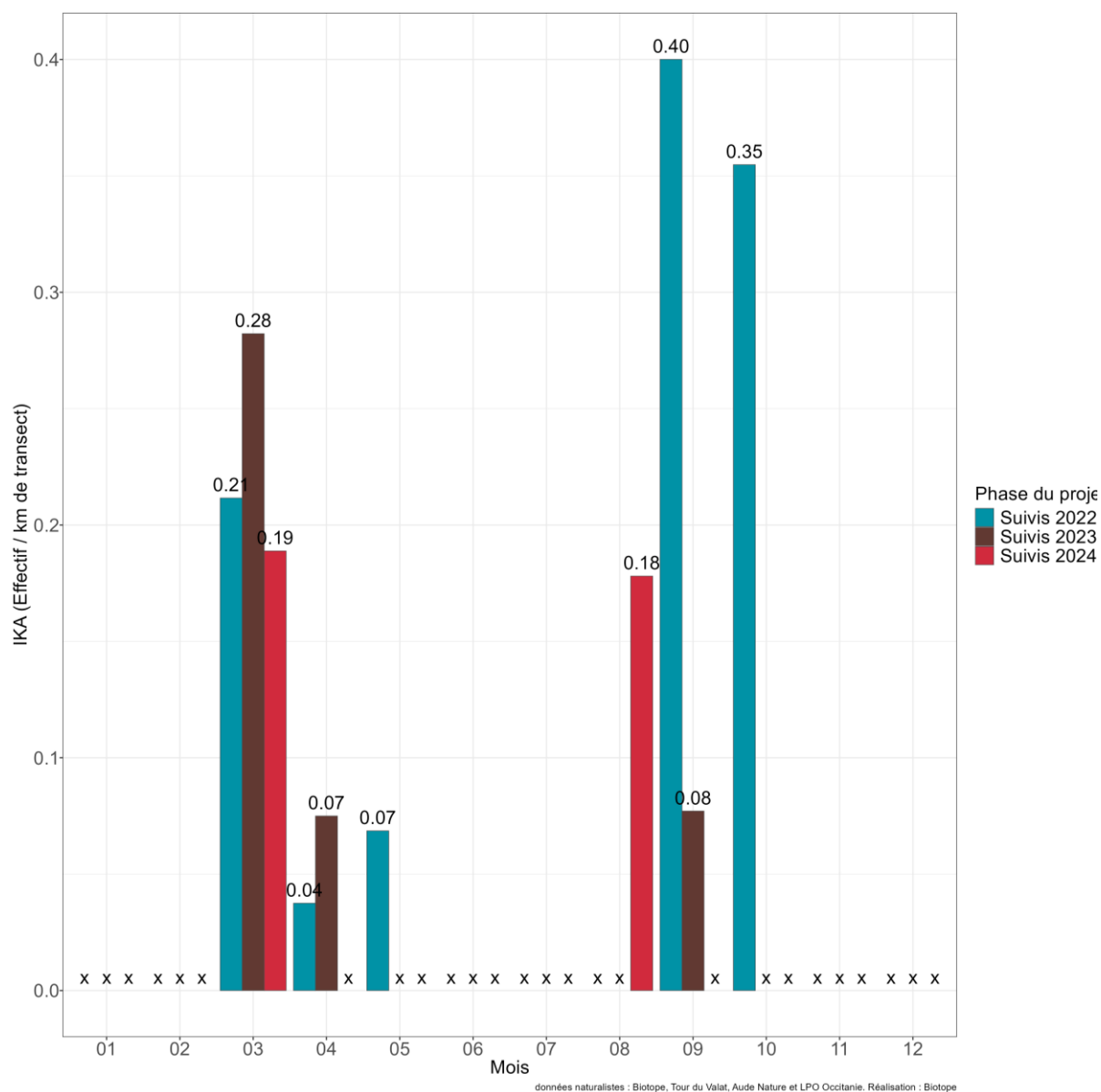
Fiche annexe C : Indices kilométriques d'abondance (IKA) calculés pour les différents espèces/groupes rencontrés lors des campagnes en mer – Expertises nautiques 2022-2024



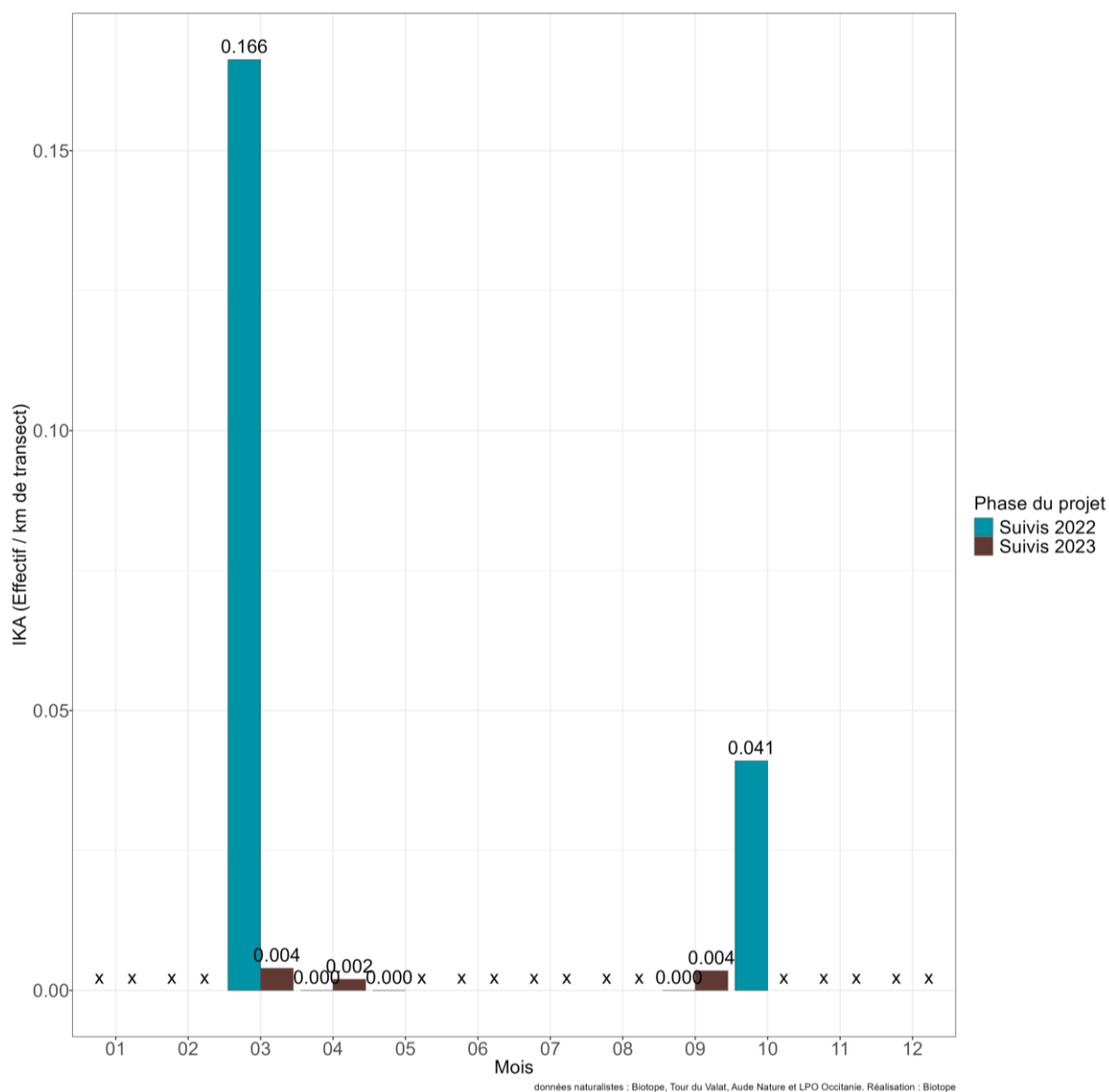
Annexe 16 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence du Goéland leucophée pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



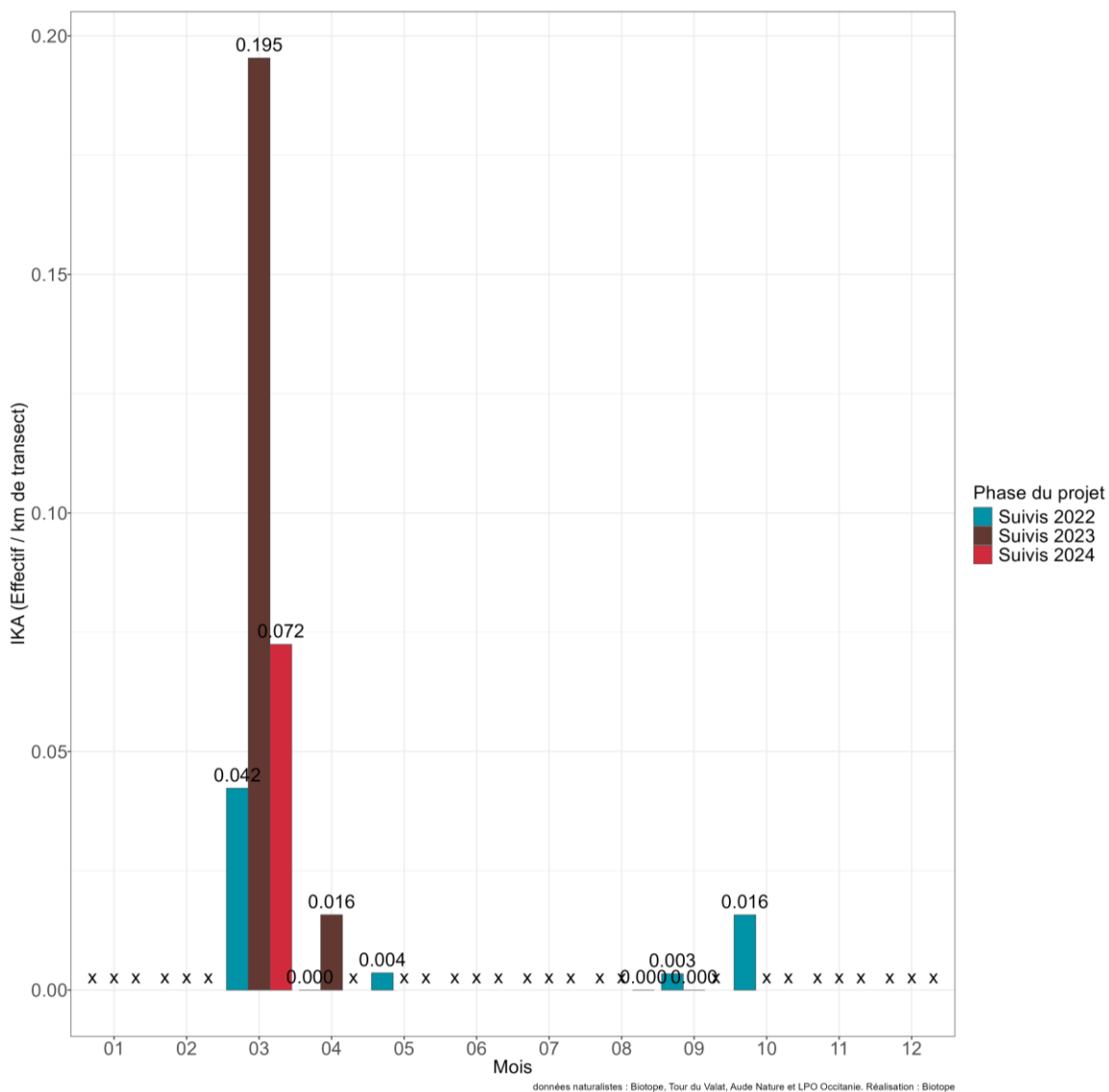
Annexe 17 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence de la Mouette pygmée pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



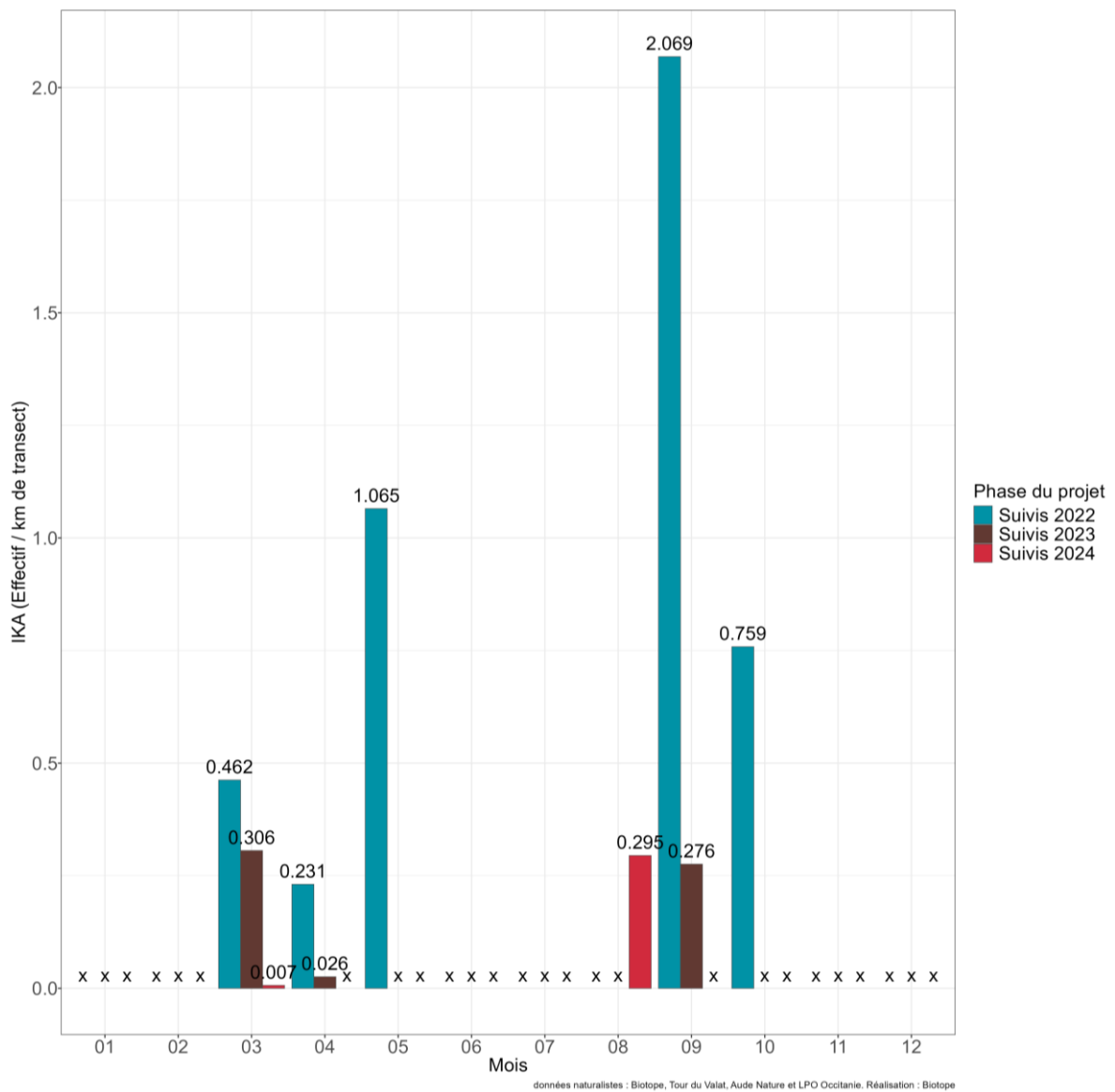
Annexe 18 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence de la Mouette mélanocéphale pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



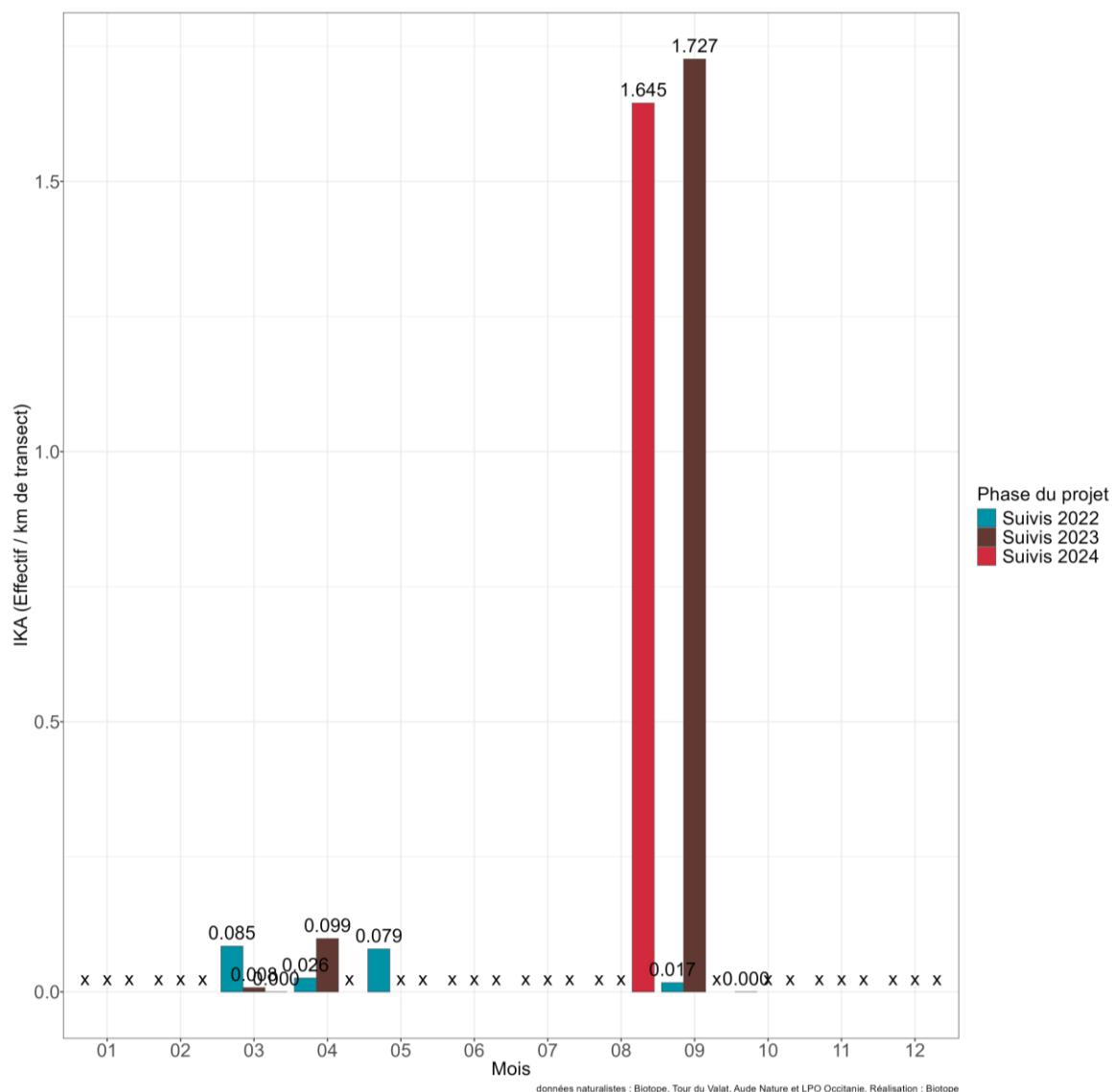
Annexe 19 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence de la Mouette rieuse pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



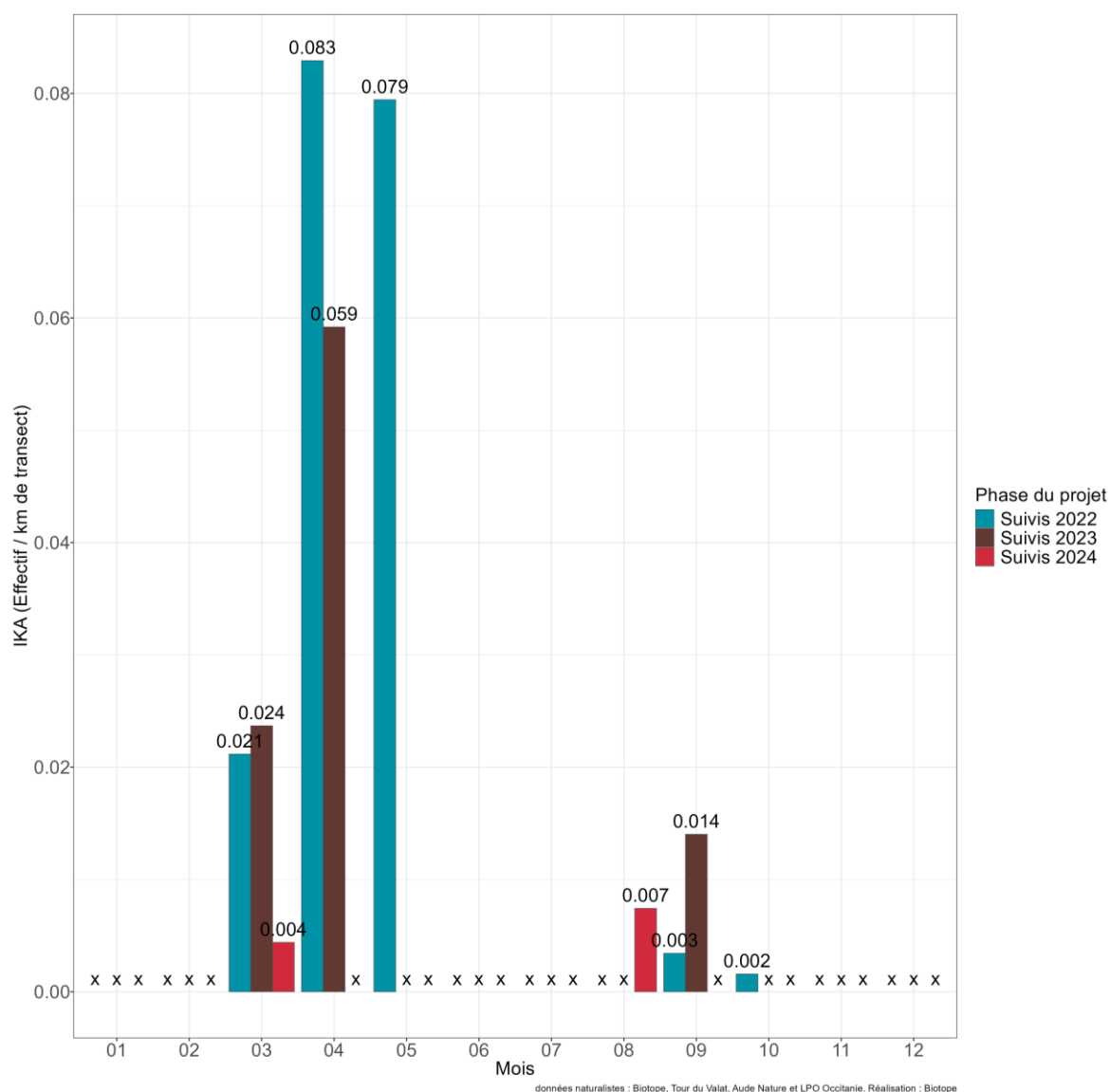
Annexe 20 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des autres Larinés pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



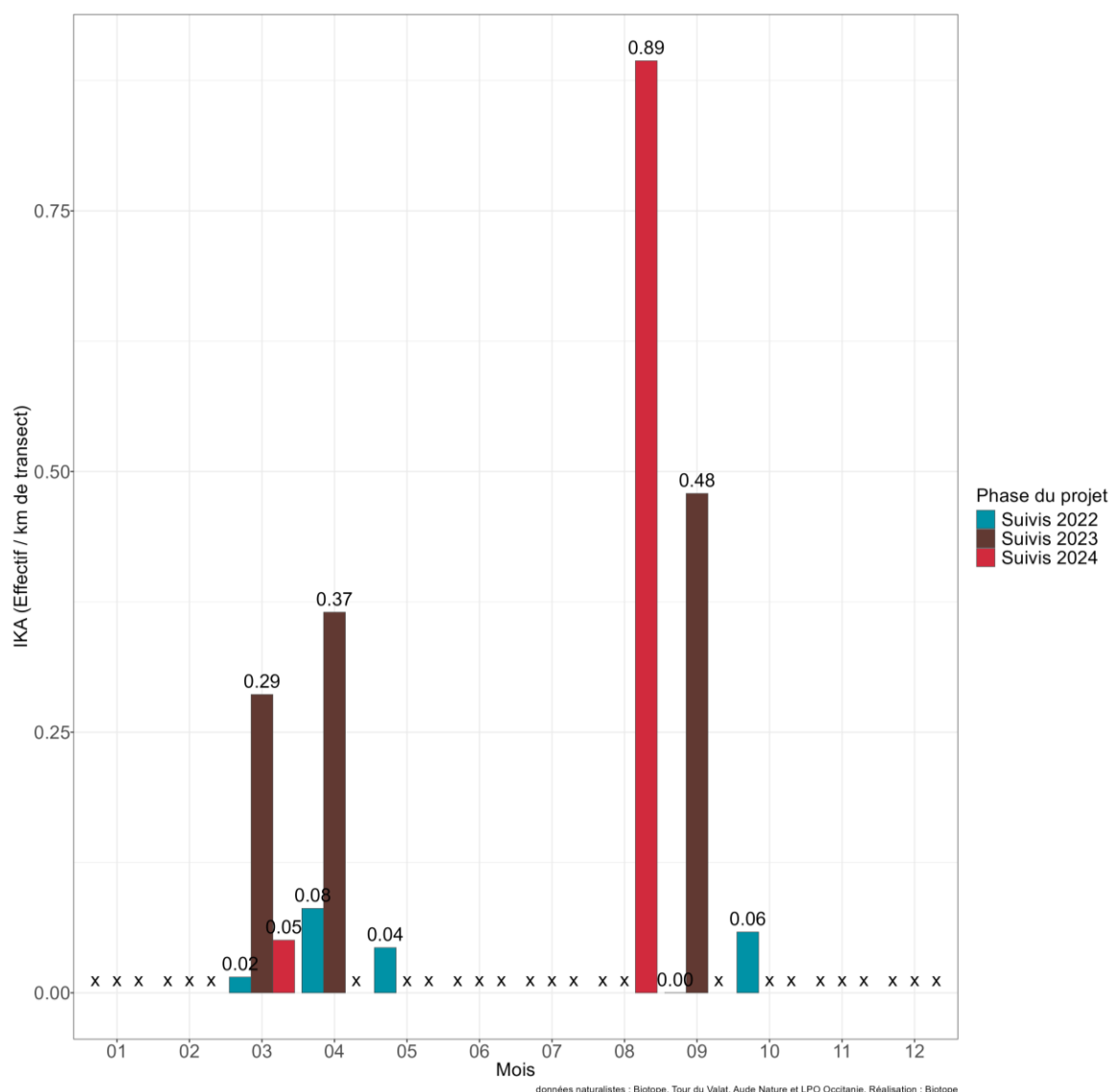
Annexe 21 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence de la Sterne caugek pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



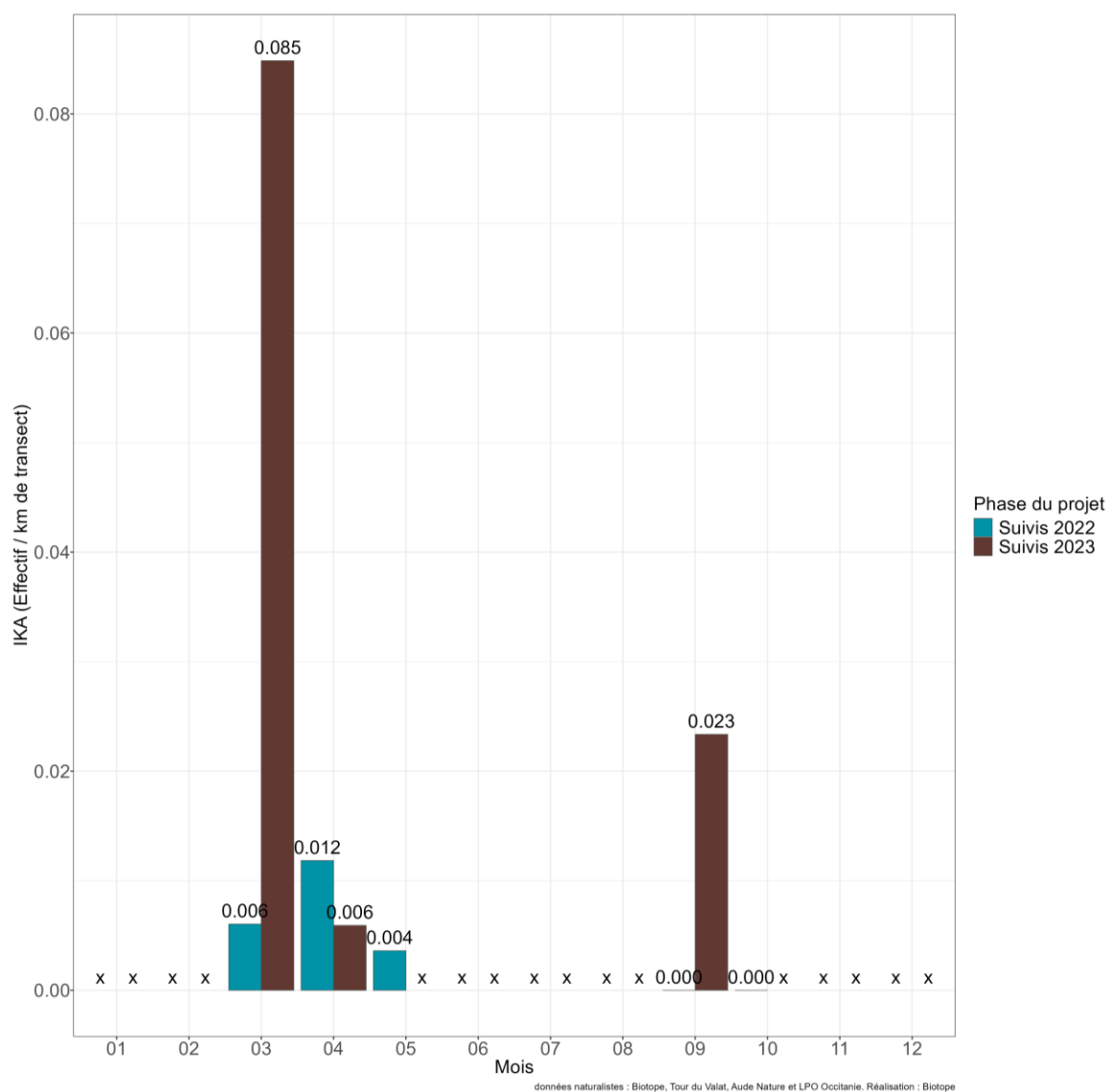
Annexe 22 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence de la Sterne pierregarin pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



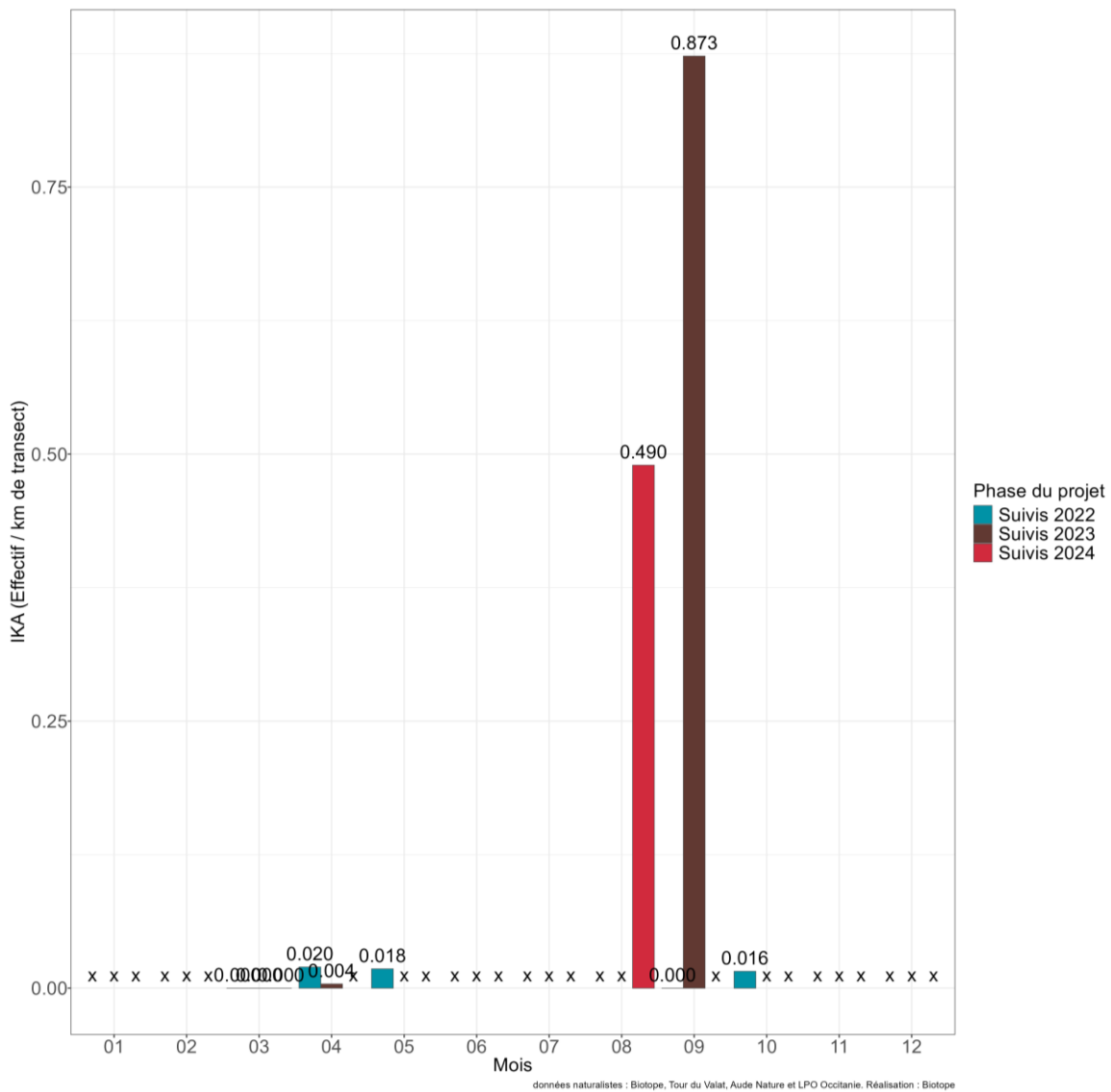
Annexe 23 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des Stercorariidés pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



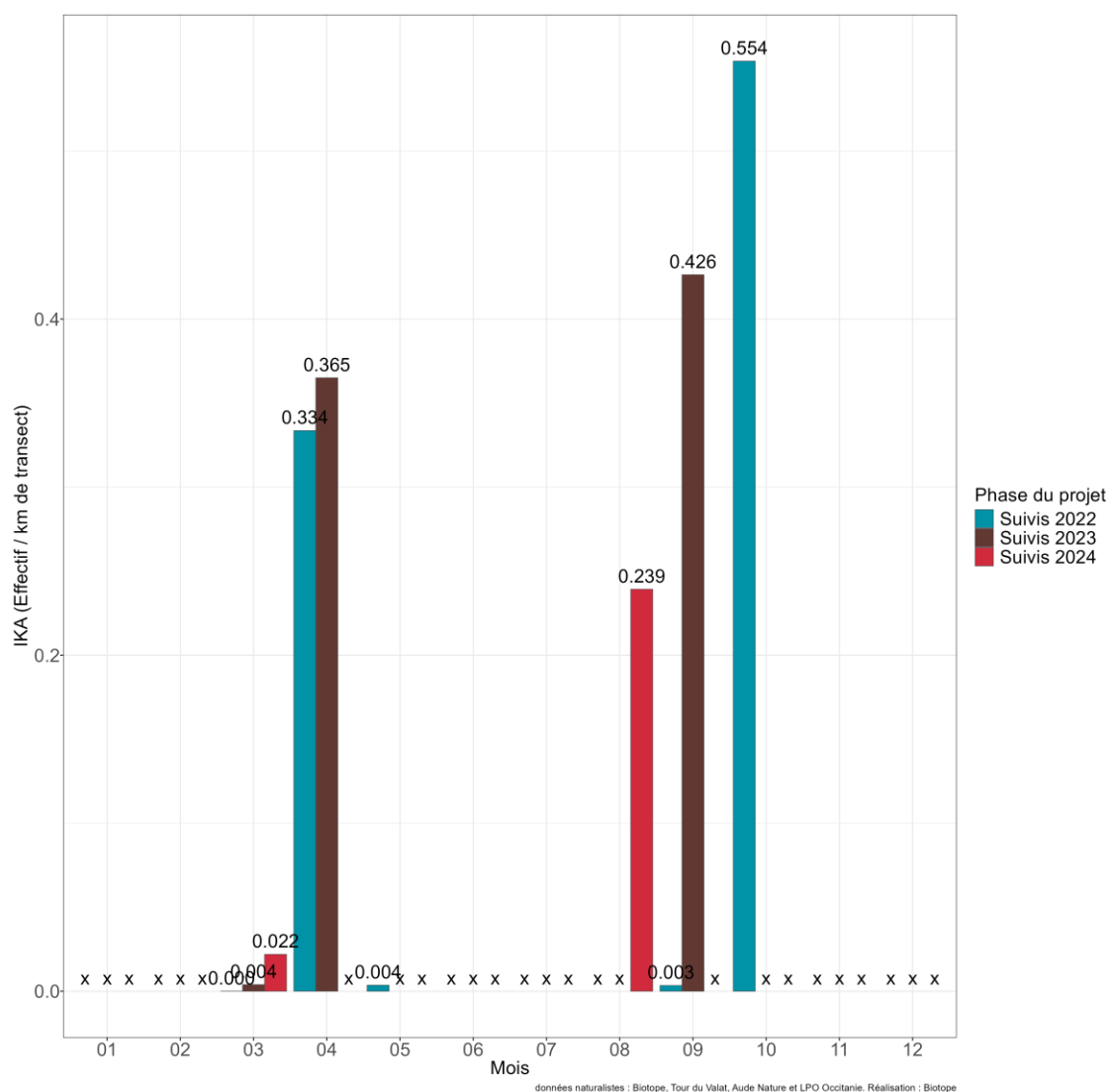
Annexe 24 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des mammifères marins - Expertises nautiques 2022-2024.



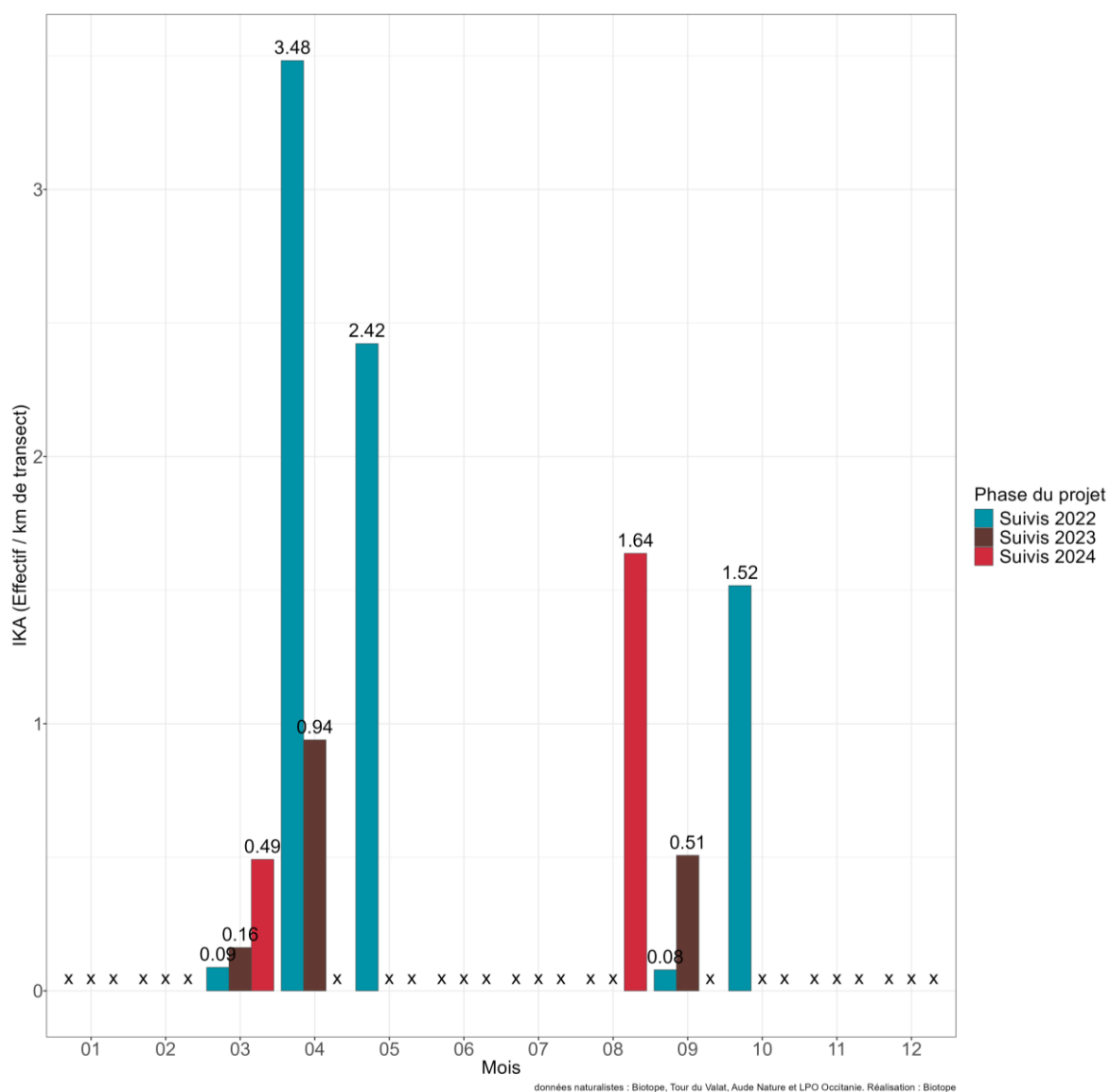
Annexe 25 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des anatidés pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



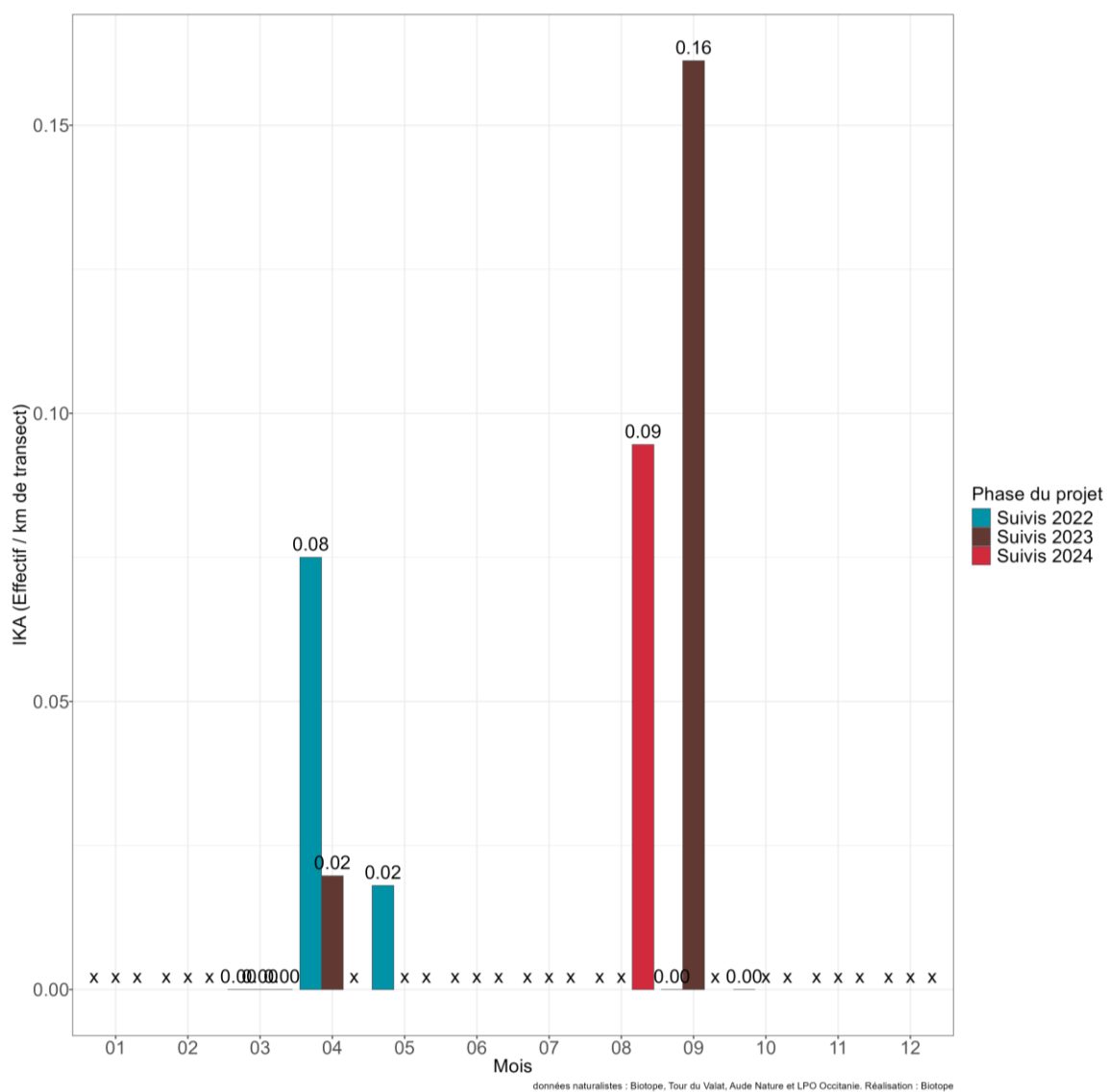
Annexe 26 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des autres sterninés pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



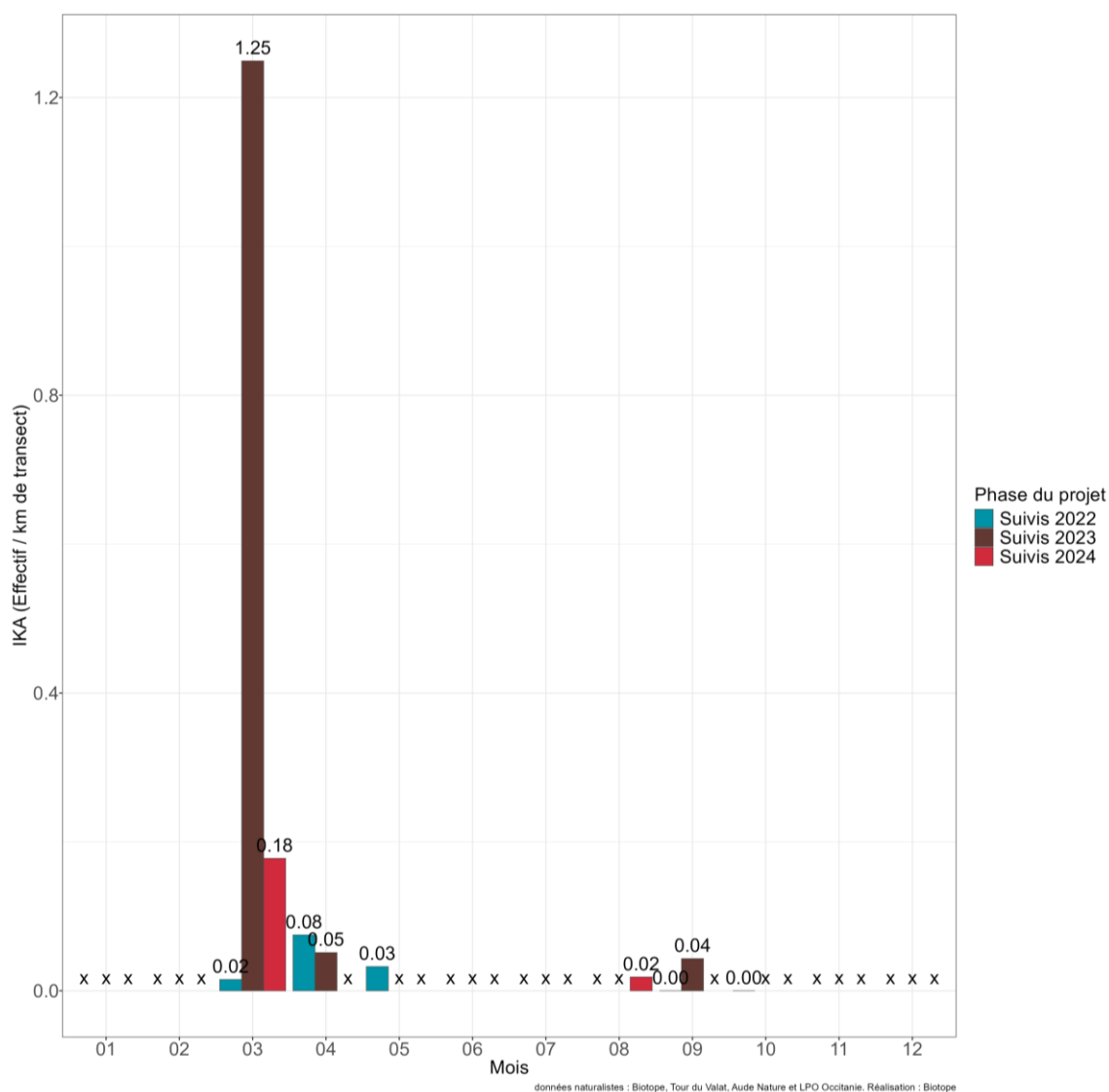
Annexe 27 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence du Puffin de Scopoli pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



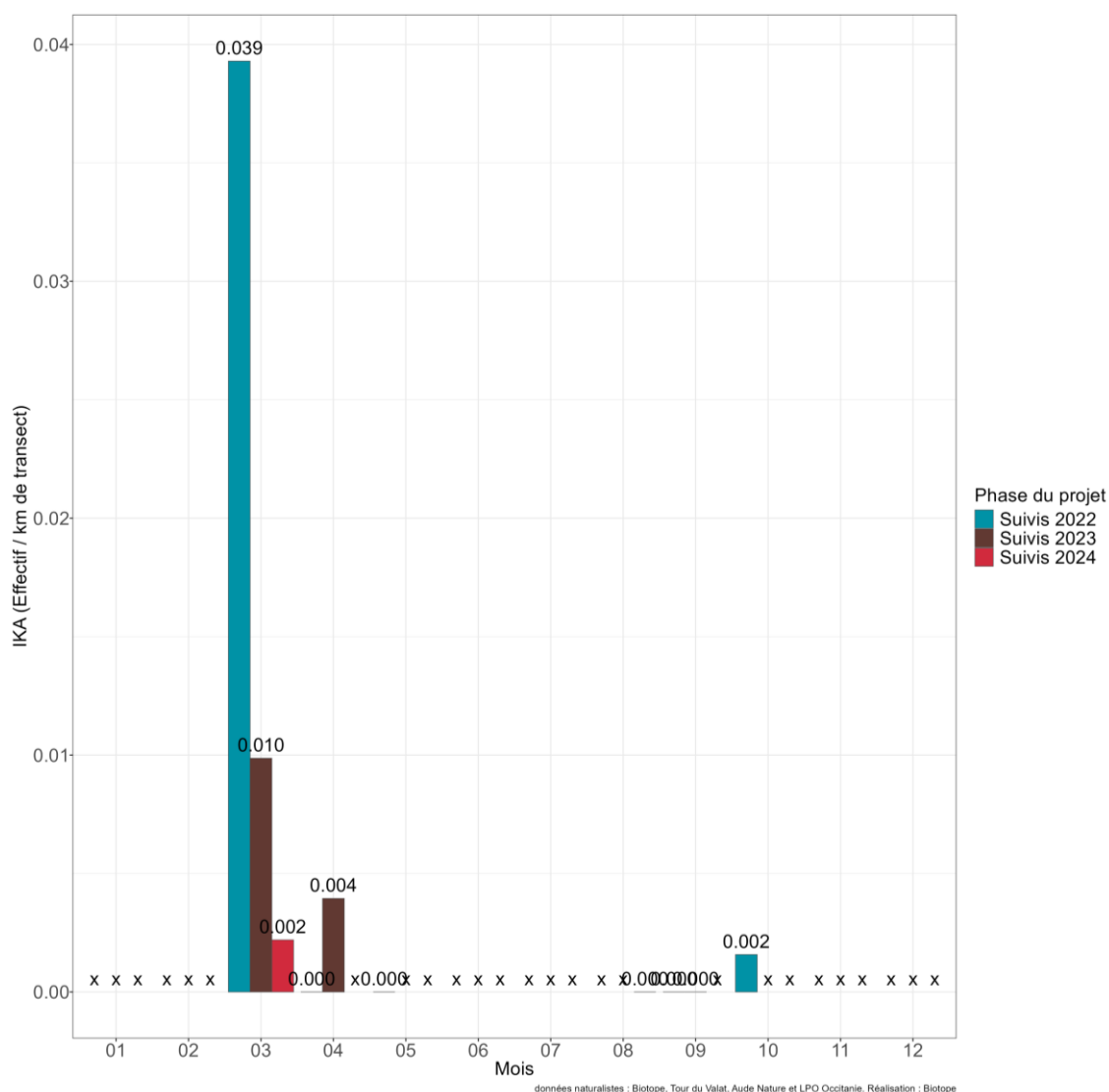
Annexe 28 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des petits puffins pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



Annexe 29 : Indice kilométrique d’abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des Océnites pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



Annexe 30 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des Alcidés pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.



Annexe 31 : Indice kilométrique d'abondance (IKA) illustrant la phénologie de présence des Gaviidés et espèces associées pour tous les individus observés sur les transects - Expertises nautiques 2022-2024.

Fiche annexe D : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (avifaune) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2024.

* données en effort (sur les transects)

Famille/Espèces	Prénuptial 2024			Postnuptial 2024			Total
	13/03	14/03	15/03	27/08	28/08	29/08	
Alcidés	72	9	0	7	1	2	91
Macareux moine	2	5		7	1	2	17
Pingouin torda	70	4					74
Ardéidés	0	0	0	0	9	0	9
Aigrette garzette					2		2
Héron cendré					7		7
Burhinidés	0	1	0	0	0	0	1
Oedicnème criard		1					1
Falconidés	1	0	0	0	0	0	1
Faucon crécerelle/crécerellette	1						1
Gaviidés	1	0	0	0	0	0	1
Plongeon arctique	1						1
Hirundinidés	1	1	3	0	0	0	5
Hirondelle rustique		1					1
Hirondelle sp	1	-	3	-	-	-	4
Hydrobatidés	0	0	0	0	7	44	51
Océanite tempête	-	-	-	-	7	44	51
Larinés	1 703	198	69	807	497	138	3 412

Goéland d'Audouin	-	1	-	-	-	-	1
Goéland leucophée	76	48	69	792	436	122	1 543
Mouette mélanocéphale	42	44	-	15	61	16	178
Mouette pygmée	1 560	98	-	-	-	-	1 658
Mouette sp		4	-	-	-	-	4
Mouette tridactyle	25	3	-	-	-	-	28
Pandionidés	0	0	0	0	0	1	1
Balbuzard pêcheur		-	-	-	-	1	1
Passereaux	36	2	1	0	2	0	41
Bergeronnette grise	5	-	1	-	-	-	6
Bergeronnette printanière	-	-	-	-	1	-	1
Etourneau sansonnet	17	-	-	-	-	-	17
Passereau sp	8	1	-	-	1	-	10
Pinson des arbres	6	-	-	-	-	-	6
Rouge-queue noir	-	1	-	-	-	-	1
Phalacrocoracidés	0	0	50	0	1	0	51
Grand cormoran	-	-	50	-	1	-	51
Phasianidés	0	0	0	0	0	1	1
Caille des blés	-	-	-	-	-	1	1
Procellariidés	54	67	101	179	27	806	1 234
Puffin de Scopoli	-	-	9	1	17	111	138
Puffin des Baléares	-	-	-	-	1	-	1
Puffin yelkouan	54	67	92	177	7	695	1092

Puffin yelkouan/Baléares	-	-	-	1	2	-	3
Stercorariidés	0	2	0	0	2	2	6
Grand labbe	-	2	-	-	-	-	2
Labbe à longue queue	-	-	-	-	1	-	1
Labbe parasite/pomarin	-	-	-	-	-	2	2
Labbe pomarin	-	-	-	-	1	-	1
Sterninés	2	1	0	230	53	1 027	1 313
Guifette noire	-	-	-	-	-	259	259
Sterne caugek	2	1	-	64	5	90	162
Sterne pierregarin	-	-	-	165	47	675	887
Sterne sp	-	-	-	1	1	3	5
Sulidés	0	0	0	5	0	0	5
Fou de Bassan		-	-	5	-	-	5
Threskiornithidés	18	0	0	0	48	0	66
Ibis falcinelle	18	-	-		48	-	66
Total général	1 888	281	224	1 228	647	2 021	6 289

Fiche annexe E : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (mammifères marins et grands pélagiques) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2024

* données en effort (sur les transects)

Famille/Espèces	Printemps 2024			Automne 2024			Total
	13/03	14/03	15/03	27/08	28/08	29/08	
Delphinidés	0	3	15	10	64	406	498
Dauphin bleu et blanc	-	2	15			385	402
Grand Dauphin	-	1		10	64	21	96
Molidés	5	4	0	0	0	1	10
Poisson lune	5	4	-	-	-	1	10
Xiphiidés	0	0	0	0	5	2	7
Espadon	-	-	-	-	5	2	7
Total général	5	7	15	10	69	409	515

Fiche annexe F : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (autres) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2024

* données en effort (sur les transects)

Famille/Espèces	Printemps 2024			Automne 2024			Total
	13/03	14/03	15/03	27/08	28/08	29/08	
Chiroptères	0	0	0	0	0	1	1
Chiroptère sp						1	1
Exocoetidés	0	0	0	0	1	1	2

Exocet	-	-	-	-	1	1	2
Odonates	0	0	0	0	0	1	1
Cordulie sp						1	1
Total général	0	0	0	0	1	3	4

Fiche annexe G : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (avifaune) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2023

* données en effort (sur les transects)

Famille/Espèces	Prénuptial 2023						Postnuptial 2023					Total
	20/03	21/03	22/03	18/04	19/04	20/04	06/09	07/09	08/09	25/09	26/09	
Accipitridés	0	0	1	0	0	1	0	5	1	3	2	13
Bondrée apivore										2	2	4
Busard des roseaux			1			1		2	1	1		6
Epervier d'Europe								3				3
Alcidés	187	392	54	0	11	15	0	2	36	0	1	698
Pingouin torda						1						1
Macareux moine		326	54		11	10		2	36		1	440
Alcidé sp.	187	66				4						257
Anatidés	0	4	39	0	0	3	0	0	0	17	3	66
Canard colvert			7									7
Canard souchet			32			3				16		51
Sarcelle sp.										1		1
Tadorne de Belon											3	3
Apodidés	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
Martinet noir						3						3
Ardéidés	2	4	0	0	16	0	0	7	0	1	27	57
Héron cendré	2									1	26	29
Héron garde bœuf		4									1	5
Héron pourpré					1							1

Famille/Espèces	Prénuptial 2023						Postnuptial 2023					Total
	20/03	21/03	22/03	18/04	19/04	20/04	06/09	07/09	08/09	25/09	26/09	
Héron sp.					15			7				22
Columbidés	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
Pigeon ramier			1									1
Tourterelle turque						1						1
Falconidés	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	3
Faucon crécerelle						1					1	2
Faucon kobez										1		1
Gaviidés	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
Plongeon arctique						2						2
Hirundinidés	0	0	1	1	4	17	0	2	0	0	12	37
Hirondelle de rivage								1				1
Hirondelle rustique			1	1	4	15		1			6	28
Hirondelle sp.						2					6	8
Hydrobatidés	0	0	0	0	9	1	0	115	7	0	16	148
Océanite sp								40				40
Océanite tempête					9	1		75	7		16	108
Larinés	1145	4158	1568	332	429	3019	136	114	1410	489	101	12901
Goéland d'Audouin						1						1
Goéland leucophée	488	732	114	295	328	1026	136	114	1377	452	94	5156
Mouette mélanocéphale	25	74	44	12	15	11			33	34	7	255
Mouette pygmée	598	3297	1398	25	84	1975						7377

Famille/Espèces	Prénuptial 2023						Postnuptial 2023					Total
	20/03	21/03	22/03	18/04	19/04	20/04	06/09	07/09	08/09	25/09	26/09	
Mouette rieuse		2				1				3		6
Mouette tridactyle	34	53	12		2	5						106
Limicoles	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	5
Limicole sp.			4						1			5
Pandionidés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Balbusard pêcheur										1		1
Passereaux	0	3	20	4	8	4	0	4	0	3	4	50
Alouette des champs			2									2
Bergeronnette grise		2	6	1								9
Bergeronnette printanière					1			4		1	3	9
Fauvette à tête noire		1									1	2
Grive musicienne			1									1
Passereau sp.			2	3	3	3						11
Pouillot véloce			1									1
Rougegorge familial			7							2		9
Rougequeue noir			1									1
Serin cini						1						1
Traquet motteux					2							2
Traquet motteux/oreillard					1							1
Traquet sp.					1							1

Famille/Espèces	Prénuptial 2023						Postnuptial 2023					Total
	20/03	21/03	22/03	18/04	19/04	20/04	06/09	07/09	08/09	25/09	26/09	
Phalacrocoracidés	73	14	0	0	1	1	0	2	1	10	0	102
Grand cormoran	73	14			1	1		2	1	10		102
Podicipédidés	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Grèbe huppé			5									5
Procellariidés	0	41	43	184	24	453	482	16	225	24	58	1550
Puffin de Scopoli			2	140	4	41	307	10		1	47	552
Puffin des Baléares		4			2	7	2		26			41
Puffin sp.									1			1
Puffin yelkouan		27	33	44	18	245	161	6	190	22	11	757
Puffin yelkouan/Baléares		10	8			160	12		8	1		199
Scolopacidés	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10
Chevalier sylvain								10				10
Stercorariidés	3	7	2	0	20	10	0	2	4	4	2	54
Labbe parasite	3	6			2	2		1	4	4	2	24
Labbe parasite/pomarin						1						1
Labbe pomarin		1	2		18	7						28
Labbe sp.								1				1
Sterninés	90	22	47	0	3	62	0	763	1463	91	161	2702
Guifette noire								658	34	2		694
Sterne caspienne					2							2
Sterne caugek	90	18	47		1	12		47	111	31	47	404
Sterne pierregarin		4				50		16	1306	58	114	1548
Sterne sp.									12			12

Famille/Espèces	Prénuptial 2023						Postnuptial 2023					Total
	20/03	21/03	22/03	18/04	19/04	20/04	06/09	07/09	08/09	25/09	26/09	
Sterninae sp.							42					42
Sulidés	0	4	0	0	0	1	0	0	0	2	0	7
Fou de Bassan		4				1				2		7
Upupidés	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Huppe fasciée					1							1
Total général	1500	4649	1785	521	526	3594	618	1042	3148	646	388	18417

Fiche annexe H : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (mammifères marins et grands pélagiques) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2023

* données en effort (sur les transects)

Famille/Espèces	Printemps 2023						Automne 2023					Total
	20/03	21/03	22/03	18/04	19/04	20/04	06/09	07/09	08/09	25/09	26/09	
Balaenoptéridés	0	0	7	3	4	0	0	0	0	0	0	14
Rorqual commun			7	3	4							14
Delphinidés	2	44	92	75	28	75	0	149	98	0	163	726
Dauphin bleu et blanc		21	77	75	26			146			94	439
Grand dauphin	2	23	15		2	75		3	97		53	270
Dauphin sp.									1		16	17
Molidés	0	71	9	13	91	40	0	0	0	0	1	225
Poissonlune		71	9	13	91	40					1	225
Xiphiidés	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3
Espadon								2	1			3
Total	2	115	108	91	123	115	0	151	99	0	164	968

Fiche annexe I : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (avifaune) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2022

* données en effort (sur les transects)

Famille/Espèces	Prénuptial 2022							Postnuptial 2022						Total
	28/03	29/03	26/04	27/04	28/04	03/05	04/05	21/09	22/09	04/10	05/10	06/10	28/10	
Accipitridés	0	3	0	0	3	0	0	2	4	1	3	0	0	16
Busard cendré					1									1
Busard des roseaux					2				3					5
Epervier d'Europe								2	1	1	3			7
Milan noir		3												3
Alcidés	2	3	21	0	17	9	0	0	0	0	0	0	0	52
Macareux moine			21		17	9								47
Pingouin torda	2	3												5
Anatidés	2	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9
Tadorne de Belon	2		6				1							9
Apodidés	0	0	5	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	34
Martinet noir			5			29								34
Ardéidés	2	0	0	0	0	7	0	0	0	1	4	0	0	14
Aigrette garzette	2					2								4
Aigrette sp.						2								2
Butor étoilé						2								2
Héron cendré						1					4			5
Héron pourpré										1				1
Caprimulgidés	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Engoulevent d'Europe			1	1										2

Famille/Espèces	Prénuptial 2022							Postnuptial 2022						Total
	28/03	29/03	26/04	27/04	28/04	03/05	04/05	21/09	22/09	04/10	05/10	06/10	28/10	
Charadriidés	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Gravelot à collier interrompu	2													2
Columbidés	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Pigeon biset domestique		1												1
Tourterelle turque			1											1
Falconidés	1	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	4	1	12
Faucon crécerelle	1		1		1					3		4		10
Faucon sp.										1			1	2
Gaviidés	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Plongeon arctique	3													3
Haematopodidés	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Huitrier pie	1													1
Hirundinidés	5	4	35	9	6	43	8	3	0	1	8	3	0	125
Hirondelle de fenêtre			3											3
Hirondelle de rochers		3	1							1				5
Hirondelle rustique	5	1	29	9	6	43	8	3			7	2		113
Hirondelle sp.			2								1	1		4
Hydrobatidés	0	0	21	0	17	5	0	0	0	0	0	0	0	43
Océanite tempête			21		17	5								43
Larinés	866	1034	719	985	296	538	122	922	489	130	2451	219	580	9351
Goéland brun								1						1
Goéland leucopnée	385	182	238	796	207	417	119	830	211	91	2430	208	390	6504
Laridé sp.										5				5

Famille/Espèces	Prénuptial 2022							Postnuptial 2022						Total
	28/03	29/03	26/04	27/04	28/04	03/05	04/05	21/09	22/09	04/10	05/10	06/10	28/10	
Mouette mélanocéphale	17	53	9	5	5	16	3	91	26	28	5	9	183	450
Mouette pygmée	400	793	472	184	84	104			251					2288
Mouette rieuse	52	3									16	2	7	80
Mouette sp.		1							1	6				8
Mouette tridactyle	12	2				1								15
Limicoles	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
Limicole sp.					1	1								2
Pandionidés	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Balbusard pêcheur							1							1
Passereaux	49	6	11	2	8	4	2	0	1	3	5	9	39	139
Alouette sp.	3				1									4
Bergeronnette des ruisseaux											1	2		3
Bergeronnette grise		1									2		24	27
Bergeronnette printanière			1						1	1				3
Bergeronnette sp.													2	2
Chardonneret élégant	2													2
Etourneau sansonnet													3	3
Fauvette à tête noire										1				1
Fringille sp.	43		1											44
Gobemouche noir			2		1									3
Linotte mélodieuse												5		5
Passereau sp.	1	1	1	1	3	3	1				2	1	5	19
Pipit rousseline			2											2

Famille/Espèces	Prénuptial 2022							Postnuptial 2022						Total
	28/03	29/03	26/04	27/04	28/04	03/05	04/05	21/09	22/09	04/10	05/10	06/10	28/10	
Pouillot de Bonelli					2									2
Pouillot sp.			2		1	1								4
Rougegorge familier										1		1	1	3
Rougequeue à front blanc		1												1
Rougequeue noir		3											1	4
Serin cini			1											1
Tarin des aulnes													3	3
Traquet motteux			1	1			1							3
Phalacrocoracidés	163	10	0	0	0	6	4	4	37	29	1	3	2	259
Grand cormoran		1												1
Cormoran sp.	163	9				6	4	4	37	29	1	3	2	258
Podicipédidés	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
Grèbe huppé	4										1			5
Procellariidés	3	27	660	931	343	624	48	7	17	311	207	168	627	3973
Puffin de Scopoli			5	163	1	1			1	212	114	13	12	522
Puffin des Baléares		2	2	1	10	2				3	1	6		27
Puffin fuligineux		1		1										2
Puffin yelkouan		18	639	766	234	583	48	7	16	93	92	145	606	3247
Puffin yelkouan/Baléares	3	6	14		98	38				3		4	9	175
Rallidés	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Foulque macroule	6													6
Recurvirostridés	119	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
Avocette élégante	29													29

Famille/Espèces	Prénuptial 2022							Postnuptial 2022						Total
	28/03	29/03	26/04	27/04	28/04	03/05	04/05	21/09	22/09	04/10	05/10	06/10	28/10	
Echasse blanche	90													90
Scolopacidés	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
Becasseau variable										2				2
Chevalier gambette			1											1
Stercorariidés	7	0	25	1	15	17	5	0	1	1	0	0	0	72
Grand Labbe	1		1											2
Labbe parasite	6		7		3	6	5		1	1				29
Labbe pomarin			17	1	12	11								41
Sterninés	132	49	68	51	21	64	258	132	478	213	73	152	53	1744
Guifette moustac			1		3									4
Guifette noire			4		2					8				14
Sterne caspienne										2				2
Sterne caugek	131	22	56	47	14	45	250	132	473	203	73	152	53	1651
Sterne naine						5								5
Sterne pierregarin	1	27	7	4	2	14	8		5					68
Sulidés	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5
Fou de Bassan	1	1										1	2	5
Threskiornithidés	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Ibis falcinelle	1													1
Spatule blanche	1													1
Upupidés	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Huppe fasciée					1									1
Total général	1370	1138	1575	1980	729	1347	449	1070	1027	696	2753	559	1304	15997

Fiche annexe J : Synthèse des effectifs dénombrés par famille/groupe d'espèces (mammifères marins et grands pélagiques) en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2022

* données en effort (sur les transects)

Famille/Espèces	Printemps 2022							Automne 2022						Total
	28/03	29/03	26/04	27/04	28/04	03/05	04/05	21/09	22/09	04/10	05/10	06/10	28/10	
Balaenoptéridés	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rorqual commun			1											1
Delphinidés	0	5	25	0	15	12	0	0	0	14	8	15	0	94
Dauphin bleu et blanc			15		9						5			29
Dauphin sp.											3			3
Grand dauphin		5	10		6	12				14		15		62
Molidés	0	1	10	5	12	68	0	0	1	0	0	0	0	97
Poisson lune		1	10	5	12	68			1					97
Xiphiidés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Espadon												1		1
Total général	0	6	36	5	27	80	0	0	1	15	8	16	0	194

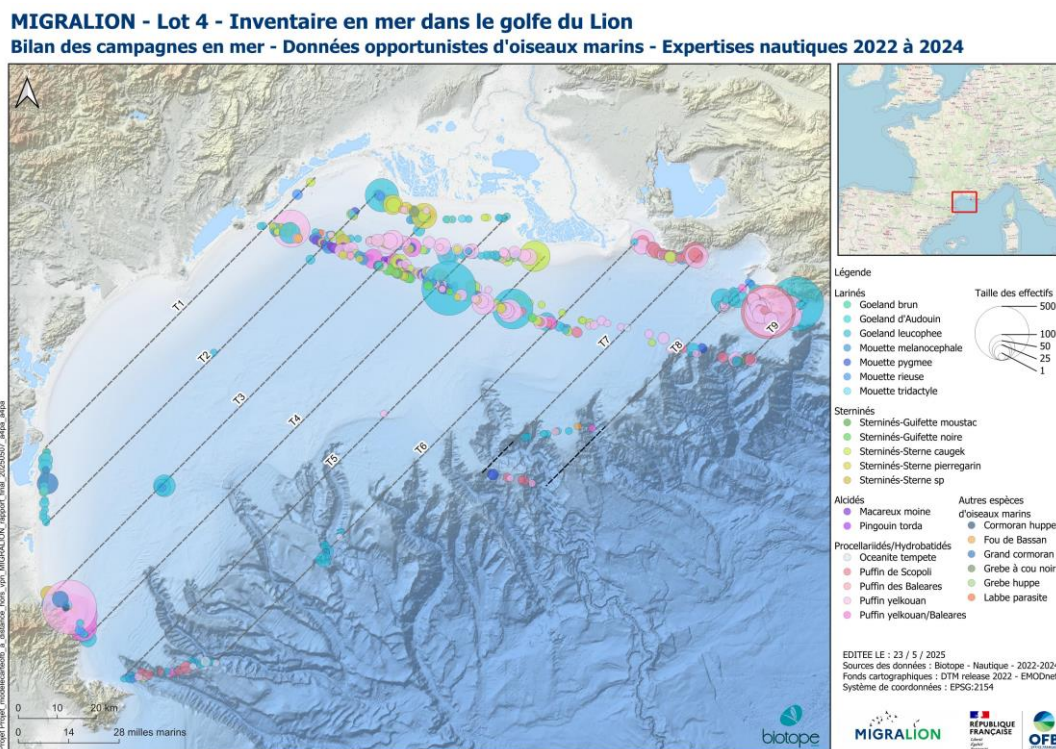
Fiche annexe K : Autres espèces observées en expertise nautique lors des campagnes du printemps et d'automne 2022

* données en effort (sur les transects)

Famille/Espèces	Printemps 2022							Automne 2022						Total
	28/03	29/03	26/04	27/04	28/04	03/05	04/05	21/09	22/09	04/10	05/10	06/10	28/10	
Chiroptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Chiroptère sp.											1			1
Cnidaires	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	0	1	0	7
Méduse œuf au plat								2		3		1		
Méduse sp.										1				
Lépidoptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9
Vulcain													2	2
Morosphynx													7	7
Total général	0	0	0	0	0	0	0	2	0	4	1	1	9	17

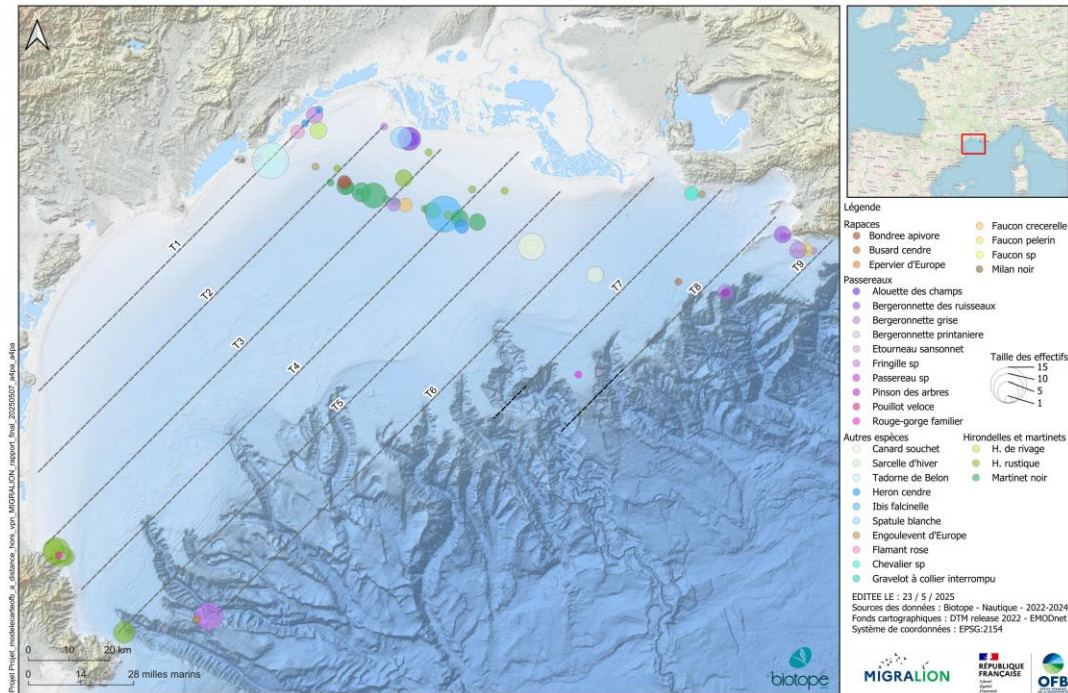
Fiche annexe L : Données d'observations opportunistes de la mégafaune marine

Cette annexe présente les données des observations opportunistes réalisées par les experts naturalistes hors protocole d'observation (temps d'effort) et en dehors des transects (lors des inter-transects et transits du navire. Ces données, retirées des résultats et analyses statistiques, sont illustrées sous forme cartographique pour les oiseaux marins, les oiseaux terrestres observés en mer et pour les mammifères marins et espèces pélagiques associées.



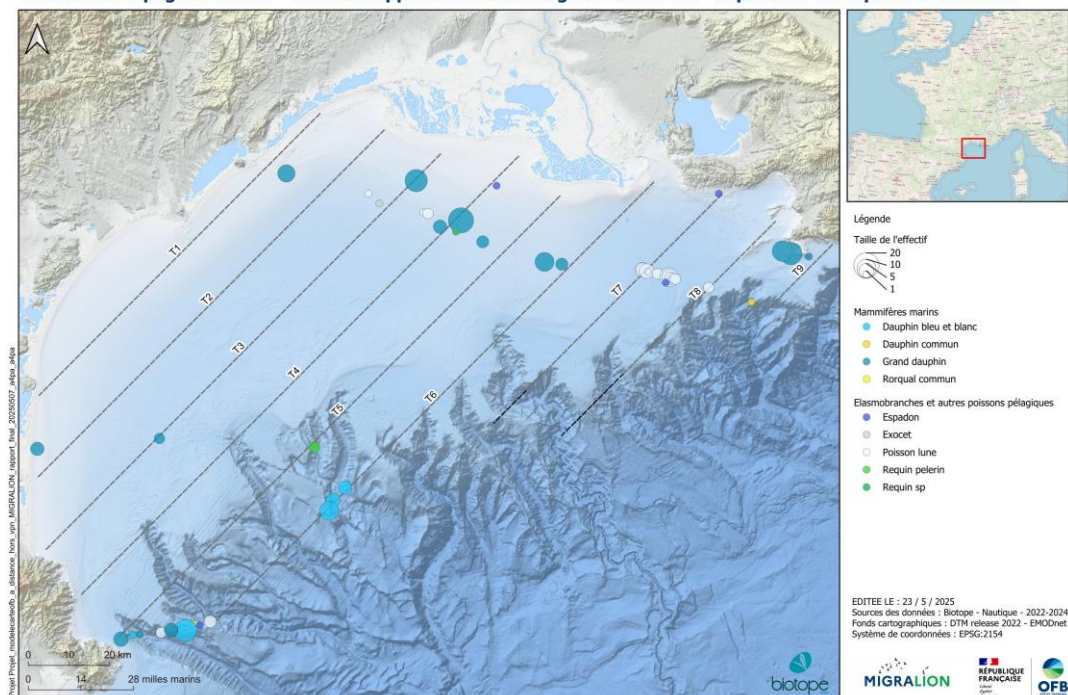
Annexe 32 : Cartographie des données opportunistes pour les oiseaux marins (hors transects)

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Bilan des campagnes en mer - Données opportunistes d'oiseaux terrestres - Expertises nautiques 2022 à 2024



Annexe 33 : Cartographie des données opportunistes pour les oiseaux terrestres (hors transects)

MIGRALION - Lot 4 - Inventaire en mer dans le golfe du Lion
Bilan des campagnes en mer - Données opportunistes de mégafaune marine - Expertises nautiques 2022 à 2024



Annexe 34 : Cartographie des données opportunistes pour les mammifères marins et autres espèces pélagiques (hors transects)