

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*

Octobre 2025

Partenaires scientifiques et techniques



Financeurs du programme



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

SUIVI DU DOCUMENT

Auteur.e.s	Consortium MIGRALION. <i>Création du document de synthèse par Yann Planque (FEM) et Constance Audiffren (OFB).</i>	Consortium MIGRALION
Coordinateurs scientifiques et techniques du projet	Yann PLANQUE Aurélien BESNARD	France Énergies Marines (FEM) Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) – EPHE
Pilotage du projet	Constance AUDIFFREN	Office Français de la Biodiversité (OFB)
Titre du document	MIGRALION - Caractérisation de l'utilisation du golfe du lion par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : Rapport de synthèse final / Final Synthesis Report.	
Statut du document	Version finale	
Date de sauvegarde	08/10/2025	
Date de diffusion	08/10/2025	
Version du document	Version 1	
Nom du fichier	MIGRALION_Final_Synthesis_Report_2025-10.pdf	
Nombre de pages	100 pages	
Niveau de diffusion	Public	

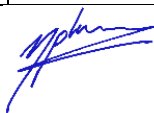
HISTORIQUE DES CHANGEMENTS

Version	Date	Modifié par	Modifications / Sections
1	06/10/2025	Yann Planque, Constance Audiffren	Réalisation du document de synthèse sur la base des résumés/abstracts des rapports finaux de MIGRALION.

APPROBATION

Version	Date	Approuvé par	Titre
Finale	08/10/2025	Yann PLANQUE, FEM	Coordinateur du projet

Signature :



Finale	08/10/2025	Constance AUDIFFREN, OFB	Pilote du projet
--------	------------	--------------------------	------------------

Signature :



CITATION DU DOCUMENT / *HOW TO CITE THIS DOCUMENT*

Comment citer ce document : Consortium MIGRALION et Office Français de la Biodiversité. 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 de synthèse final / Final Synthesis Report. 100 PP. [MIGRALION : Synthèse finale | Eoliennes en mer](#)

Objectifs de ce rapport (en français)

Ce document correspond à une synthèse **des principaux résultats finaux du programme MIGRALION**, 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). Il présente les principaux **résultats finaux acquis à l'issue du programme MIGRALION**, obtenus à l'issue de quatre années du programme (2021 – 2025), incluant trois années consécutives d'acquisition de données.

Ce rapport constitue ainsi une version synthétique d'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. 149 PP. [MIGRALION : Lot 3 | Eoliennes en mer](#)
→ Voir le résumé de ce rapport en section **Lot 3**.
- 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. 261 PP. [MIGRALION : Lot 4 | Eoliennes en mer](#)
→ Voir le résumé de ce rapport en section **Lot 4**.
- DELCOURT, V., SCHOPPER, H., SCHMID, B., 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. 127 PP. [MIGRALION : Lot 5 | Eoliennes en mer](#)
→ Voir le résumé de ce rapport en section **Lot 5**.
- 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. 156 PP. [MIGRALION : Lot 6 | Eoliennes en mer](#)
→ Voir le résumé de ce rapport en section **Lot 6**.

Pour plus d'informations sur les résultats détaillés du programme MIGRALION, sur les méthodologies appliquées, sur les limites associées, et sur les perspectives, nous invitons les lecteurs/lectrices à consulter les quatre rapports mentionnés ci-dessus.

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 : Lot 1 - Synthèse bibliographique | Eoliennes en mer](#)
- 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 : Lot 1 - Synthèse données | Eoliennes en mer](#)
- 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
→ [Voir cette fresque posters scientifiques de valorisation des résultats de MIGRALION en section Outils de communication pour valorisation des résultats de MIGRALION \(lot 2\)](#).
→ [Posters disponibles en ligne \(MIGRALION : Lot 2 - Posters | Eoliennes en mer\)](#).

L'ensemble des livrables mentionnés ci-dessous 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.

La **version française** du présent rapport de synthèse final commence à la [page 13](#). Un résumé des actions de valorisation réalisées dans le cadre de MIGRALION est présenté à la [page 91](#).

The English version of this Final Synthesis Report starts at [page 53](#). A summary of the outreach and dissemination activities carried out as part of the MIGRALION programme is presented on [page 91](#).

Report objectives (in English)

This document provides a synthesis of the **final results of the MIGRALION programme**, based on the French-language summaries and English-language abstracts of the final reports from the data acquisition work packages (Work Packages 3, 4 and 5) and the integrated analysis work package (Work Package 6). It presents the **key final outcomes obtained at the conclusion of the MIGRALION programme**, following four years of implementation (2021–2025), including data collected over three consecutive years.

This report therefore constitutes a condensed version of a series of four final reports presenting the results of MIGRALION (one report per data acquisition or integrated analysis work package) :

- 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. 149 PP. [MIGRALION : Lot 3 | Eoliennes en mer](#)
→ See the abstract of this report in subsection **WP3**.
- 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. 261 PP. [MIGRALION : Lot 4 | Eoliennes en mer](#)
→ See the abstract of this report in subsection **WP4**.
- DELCOURT, V., SCHOPPER, H., SCHMID, B., 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. 127 PP. [MIGRALION : Lot 5 | Eoliennes en mer](#)
→ See the abstract of this report in subsection **WP5**.
- 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. 156 PP. [MIGRALION : Lot 6 | Eoliennes en mer](#)
→ See the abstract of this report in subsection **WP6**.

For more detailed information on the results of the MIGRALION programme, the methodologies applied, associated limitations, and future perspectives, readers are invited to consult the four reports listed above.

The MIGRALION programme is also promoted through bibliographic reports previously produced under **Work Package 1 “Literature review, data inventory, and data accessibility management”**, and through communication tools presenting the final results, developed under **Work Package 2 “Coordination, expertise and dissemination of programme results”**:

- 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 : Lot 1 - Synthèse bibliographique | Eoliennes en mer](#)
- 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 : Lot 1 - Synthèse données | Eoliennes en mer](#)
- 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.
→ [See this series of five scientific posters showcasing the results of MIGRALION in the section Communication tool for showcasing MIGRALION results \(WP2\)](#).
→ [The posters are available online \(MIGRALION : Lot 2 - Posters | Eoliennes en mer\)](#).

The **English version** of this Final Synthesis Report starts at [page 53](#). A summary of the outreach and dissemination activities carried out as part of the MIGRALION programme is presented on [page 91](#).

La version française du présent rapport de synthèse final commence à la [page 13](#). Un résumé des actions de valorisation réalisées dans le cadre de MIGRALION est présenté à la [page 91](#).

Table des matières / *Table of contents*

Objectifs de ce rapport (en français).....	4
Report objectives (in English)	6
Table des matières / <i>Table of contents</i>	8
Table des figures et tableaux / <i>List of figures and tables</i>.....	10
Synthèse des principaux résultats de MIGRALION (en français)	13
Contexte et objectifs du programme MIGRALION	13
Lot 3 : Télémétrieigrateurs terrestres et oiseaux marins.....	16
1. Oiseaux marins	16
2. Oiseaux terrestres	17
3. Conclusions.....	19
Lot 4 : Campagnes en mer par bateau	21
1. Technologies employées	21
2. Plan d'échantillonnage	21
3. Méthodes de traitements et d'analyse des données.....	22
4. Principaux résultats	24
5. Conclusion et perspectives.....	27
Lot 5 : Radars ornithologiques à la côte	28
1. Introduction.....	28
2. Méthode	28
3. Résultats	30
Lot 6 : Développement de méthodes permettant l'analyse des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets.....	34
1. Contexte et problématiques abordées	34
2. Comment les oiseaux marins utilisent-ils l'espace marin du golfe du Lion ?	35
3. Quelles zones présentent les flux migratoires les plus intenses au sein du golfe du Lion ? ..	38
4. À quelle hauteur volent les migrateurs terrestres de grande taille lorsqu'ils traversent le golfe du Lion ?	41
5. Conclusion et perspectives.....	44
Lot 2 : Coordination, expertise et dissémination des résultats du programme – Outils de communication pour valorisation des résultats de MIGRALION	46
Summary of main results from MIGRALION programme (in English)	53
Context and objectives of the MIGRALION programme	53

WP3: Telemetry tracking of terrestrial migratory birds and seabirds	56
1. Seabirds	56
2. Large terrestrial birds tracked by GPS	57
3. Small terrestrial birds tracked with geolocators	58
4. Conclusion	60
WP4: Boat-based surveys	61
1. Deployed technologies	61
2. Sampling design	61
3. Data treatment and analysis	62
4. Main results	63
5. Conclusion and outlooks	66
WP5: Coastal bird radar	67
1. Introduction	67
2. Method	67
3. Results	69
WP6: Development of methods for analysing the data acquired through the programme and derived from external other projects	73
1. Background and research questions	73
2. How do seabirds use the marine space in the Gulf of Lion?	73
3. Which areas in the Gulf of Lion have the most intense migratory flows?	76
4. At what altitude do land migrants fly when crossing the Gulf of Lion?	79
5. Conclusion and perspectives	82
WP2: Coordination, expertise and dissemination of programme results – Communication tools for showcasing MIGRALION results	84
Valorisation des résultats / Dissemination of results	91
Conférences scientifiques internationales / <i>International scientific conferences</i>	91
Conférences scientifiques nationales, interventions diverses / <i>National scientific conferences, various contributions</i>	93
Conférences grand public / <i>Public outreach conferences</i>	95
Articles scientifiques / <i>Scientific articles</i>	95
Rapports de stages / <i>Internship reports</i>	96
Pages web et réseaux sociaux / <i>Web pages and social media</i>	96
Outils de communication complémentaires / <i>Additional communication tools</i>	96
Remerciements / Acknowledgements	98
Références bibliographiques / Cited literature	99

Table des figures et tableaux / *List of figures and tables*

Figure 1 : 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	14
Figure 2 : Composition du consortium du programme MIGRALION (2021-2025)	15
Figure 3 : Distribution d'utilisation (A) des puffins yelkouans, (B) des puffins de Scopoli et (C) des sternes caugek dans le golfe du Lion.....	17
Figure 4 : Trajectoires de migration dans le golfe du Lion pour 5 groupes d'espèces: A. Hérons (héron pourpré, crabier chevelu, blongios nain), B. Grands échassiers (flamant rose, spatule blanche, ibis falcinelle), C. Limicoles (pluvier guignard, glaréole à collier, échasse blanche, avocette élégante), D. Larides (goéland railleur, mouette rieuse, mouette mélanocéphale, sterne hansel), E: Oiseaux terrestres (coucou-geai, faucon crécerellette, rollet d'Europe, tourterelle des bois). Les directions de vol Nord-Sud et Sud-Nord ne sont pas distinguées.	18
Figure 5 : Plan d'échantillonnage spatial des campagnes nautiques dans le golfe du Lion.....	22
Figure 6 : 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).....	26
Figure 7 : Schéma de fonctionnement (détection et classification) du radar BirdScan MR1.	28
Figure 8 : Dispositifs déployés pour les suivis par radars ornithologiques à la côte. A gauche, l'unité radar mobile et à droite le radar fixe installé au domaine de la Palissade (Camargue).	29
Figure 9 : Sites de suivi par radar à la côte : en bleu, les stations suivies par radar mobile (2022-2023), en gris, les stations suivies par radar fixe (La Palissade 2022-2024, Agde 2024).	30
Figure 10 : Nombre d'oiseaux cumulé (par km) par saisons (printemps à gauche, automne à droite) en 2024, comparant le site de La Palissade (rose) et celui d'Agde (bleu). Les graphiques en haut représentent les mouvements de jour, ceux d'en bas les mouvements de nuit.....	31
Figure 11 : Carte de chaleur montrant l'évolution horaire et journalière du nombre d'oiseaux détectés par km (en moyenne sur les 3 années) à La Palissade. Les courbes orange et rouge désignent respectivement les coucher et lever du soleil.	32
Figure 12 : Synthèse des directions de vol (printemps à gauche, automne à droite).....	33
Figure 13 : Modélisation intégrée de l'utilisation relative du golfe du Lion par les oiseaux marins.....	35
Figure 14 : Carte représentant la vulnérabilité des oiseaux marins étudiés face aux projets éoliens dans le golfe du Lion ainsi que la mesure de l'incertitude associée (en bas à droite), en haut en période de reproduction, et en bas, hors de la période de reproduction. Ces cartes sont issues de modélisations réalisées avec des données acquises de 2022 à 2024.....	37
Figure 15 : Modélisation intégrée de l'intensité migratoire relative au sein du golfe du Lion par les oiseaux migrateurs terrestres. Les modèles d'intensité migratoire relative développés dans le cadre de MIGRALION permettent de produire des cartes à une résolution relativement fine (mailles de 4 km* 5,5 km, soit 23 km²) à l'échelle du golfe du Lion (15 000 km²), ces cartes sont, à notre connaissance, les premières représentant la variation spatiale des flux d'oiseaux migrateurs terrestres en mer à l'aide de combinaisons de différentes sources de données. Les cartes expriment quelles portions de l'espace sont utilisées plus ou moins fréquemment, sans fournir de valeurs absolues de densité ou de temps passé.	39
Figure 16 : Carte représentant l'utilisation relative du golfe du Lion par les oiseaux migrateurs ainsi que la mesure des incertitudes associées (en bas à droite), en haut lors de la période juillet-décembre et en bas lors de la	

période janvier-juin. Ces cartes sont issues de modélisations réalisées avec des données acquises de 2014 à 2025 (dont 95% entre 2021 et 2024).....	40
Figure 17 : Modélisation intégrée de la distribution des hauteurs de vol des oiseaux migrateurs terrestres de grande taille au-dessus du golfe du Lion.	41
Figure 18 : Distribution estimée des hauteurs de vol des gros oiseaux étudiés dans le golfe du Lion, lors des migrations postnuptiale (en haut) et pré-nuptiale (en bas). Les zones colorées indiquent les proportions de points dans différentes tranches d'altitude permettant d'évaluer les risques potentiels en lien avec les projets d'éolien offshore. Les lignes pointillées marquent les hauteurs des pales d'éoliennes : actuelles (200 m), futures (300 m) et leur base (20 m). Les plages jaunes (20–200 m) et orange (200–300 m) représentent les zones à risque de collision. Les données sont résumées par leur médiane et un intervalle de crédibilité à 95 %. Ces distributions sont issues de modélisations réalisées avec des données acquises de 2014 à 2025 (dont 95% entre 2021 et 2024).	43
Figure 19 : Fresque de 5 posters scientifiques de valorisation des résultats finaux de MIGRALION (Planque et al. 2025, Livrable L11).	46
Figure 20 : Poster en français de présentation des résultats finaux de MIGRALION, réalisé par le lot 2.	52
Figure 21 : Knowledge needs identified prior to the implementation of MIGRALION concerning the compartments “terrestrial migratory birds”, “seabirds”, and “bats”, and the prioritisation of these knowledge issues.....	54
Figure 22 : Composition of the MIGRALION programme consortium (2021–2025).....	55
Figure 23 : Distribution d'utilisation (A) des puffins yelkouans, (B) des puffins de Scopoli et (C) des sternes caugek dans le golfe du Lion.....	57
Figure 24 : Trajectoires de migration dans le golfe du Lion pour 5 groupes d'espèces: A. Hérons (héron pourpré, crabier chevelu, blongios nain), B. Grands échassiers (flamant rose, spatule blanche, ibis falcinelle), C. Limicoles (pluvier guignard, glaréole à collier, échasse blanche, avocette élégante), D. Larides (goéland railleur, mouette rieuse, mouette mélanocéphale, sterne hansel), E: Oiseaux terrestres (coucou-geai, faucon crécerellette, rollet d'Europe, tourterelle des bois). Les directions de vol Nord-Sud et Sud-Nord ne sont pas distinguées.	59
Figure 25 : Spatial sampling plan for boat-based surveys in the Gulf of Lion.	62
Figure 26 : 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).	65
Figure 27 : BirdScan MR1 radar operating diagram (detection and classification).....	67
Figure 28 : Equipment deployed for bird radar tracking on the coast. On the left, the mobile radar unit and on the right, the stationary radar installed at the Domaine de la Palissade (Camargue).	68
Figure 29 : Coastal radar tracking sites: in blue, stations tracked by mobile radar (2022–2023); in grey, stations tracked by stationary radar (La Palissade 2022–2024, Agde 2024).	68
Figure 30 : Cumulative number of birds (per kilometre) by season (spring on the left, autumn on the right) in 2024, comparing the La Palissade site (pink) and the Agde site (blue). The upper graphs represent daytime movements, while the lower graphs represent night-time movements.	70
Figure 31 : Heat map showing hourly and daily fluctuations in numbers of birds detected per kilometre (average over the three years) at La Palissade. The orange and red curves indicate sunset and sunrise, respectively.	71
Figure 32 : Synthesis of flight directions (spring on the left, autumn on the right).....	72
Figure 33 : Integrated modeling of the relative use of the Gulf of Lion by seabirds.	74
Figure 34 : Map showing the vulnerability of seabirds to wind farm projects in the Gulf of Lion and the associated uncertainty (bottom right), on top during breeding season, on the bottom outside breeding season. These maps are based on models using data acquired between 2022 and 2024.	75
Figure 35 : Integrated modeling of the relative intensity of migratory flows in the Gulf of Lion by terrestrial migratory birds.	76
Figure 36 : Map showing the relative use of the Gulf of Lion by migratory birds and the associated uncertainties (bottom right), on top for the July-December period and on the bottom for the January-June period. These	

maps are based on modelling using data acquired between 2014 and 2025 (95% of which between 2021 and 2024).	78
Figure 37 : Integrated modeling of flight height distribution of large land migratory birds over the Gulf of Lion.	79
Figure 38 : Estimated distribution of flight altitudes of large birds in the Gulf of Lion during post-nuptial (top) and pre-nuptial (bottom) migrations. The colored areas indicate the proportion of data points within different altitude bands, allowing for an assessment of potential risks related to offshore wind farm projects. The dashed lines indicate the heights of wind turbine blades: current (200 m), future (300 m), and their base (20 m). The yellow (20–200 m) and orange (200–300 m) bands represent collision risk zones. The data are summarized by their median and a 95% credibility interval. These distributions are based on models using data collected from 2014 to 2025 (95% of which were gathered between 2021 and 2024).....	81
Figure 39 : The series of five cohesive scientific posters showcasing the final results of MIGRALION (Planque et al. 2025).	84
Figure 40 : Scientific poster in French presenting the final results of MIGRALION, produced by WP2.	90
 Tableau 1 : 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.....	26
Tableau 2 : Proportion (%) of bird flows recorded by vertical radar below three altitude thresholds, and distinctly for day and night during both migration seasons.	65

Synthèse des principaux résultats de MIGRALION (en français)

Cette synthèse correspond aux résumés en français des rapports finaux des [Lot 3](#), [Lot 4](#) et [Lot 5](#) et [Lot 6](#) (voir section [Objectifs de ce rapport \(en français\)](#) ci-avant).

Contexte et objectifs du programme MIGRALION

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

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

Le secteur du golfe du Lion est marqué par de multiples projets d'usage, dont notamment le développement de parcs éoliens en mer flottants. En effet, l'état français prévoit, dans le cadre de la programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), d'arriver à une puissance installée d'éoliennes en mer (posé et flottant) d'environ 45 GW à l'horizon 2050, destinée à la production d'électricité.

À la suite du débat public « la mer un débat », portant sur la mise à jour des volets stratégiques des documents stratégiques de façade (DSF) et la cartographie des zones maritimes et terrestres prioritaires pour l'éolien en mer, l'État a détaillé les zones de développement de l'éolien en mer. Ces éléments ont été publiés au Journal officiel de la République française du 18 octobre 2024 (https://www.legifrance.gouv.fr/download/file/Jb5GEIw-g4nOgkwvqUCu6yplGEb0Xgie4-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 1](#)). 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.

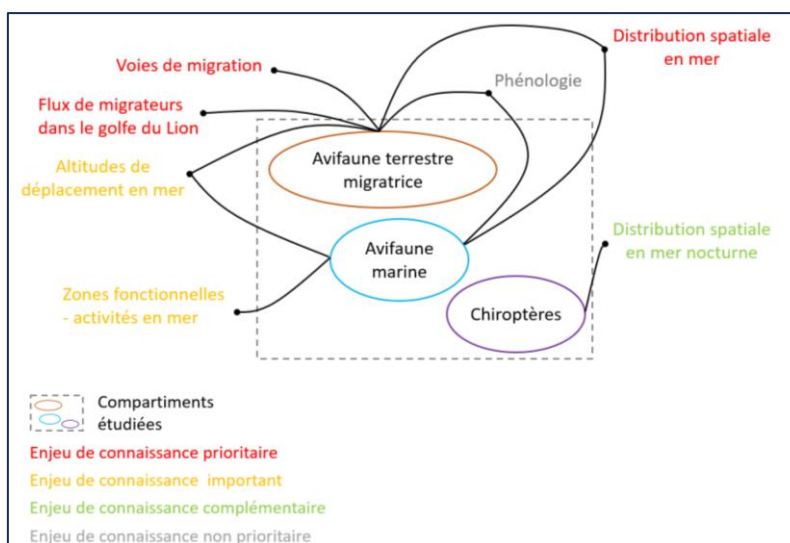


Figure 1 : Besoins de connaissance identifiés avant la mise en place de MIGRALION sur les compartiments « avifaune terrestre migratrice », « avifaune marine » et « chiroptères », et hiérarchisation de ces enjeux de connaissance

MIGRALION s'appuie sur une large diversité de moyens humains et techniques, mobilisés pour acquérir ces nouvelles connaissances : observations visuelles à terre, baguage, suivis télémétriques, campagnes en mer (observations visuelles, radars embarqués et acoustique), ainsi que suivis par radars ornithologiques à la côte. La plus-value du programme réside également dans la combinaison de ces jeux de données et dans une analyse intégrée globale, afin de répondre aux questions scientifiques.

Ce programme est structuré autour de six lots, dont un d'état de l'art des connaissances préalables (lot 1), un de coordination (lot 2), trois consacrés à l'acquisition des données (lots 3 à 5) et un dédié à l'analyse globale (lot 6) :

- **Lot n°1 :** Synthèse bibliographique, recensement de données, gestion de l'accessibilité des données
- **Lot n°2 :** Coordination, expertise et dissémination des résultats du programme
- **Lot n°3 :** Télémétrie migrants terrestres et oiseaux marins
- **Lot n°4 :** Campagnes en mer par bateau
- **Lot n°5 :** Radar s 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 en Figure 2. Il est composé de laboratoires d'instituts de recherche, de bureaux d'études ainsi que d'associations naturalistes, experts sur les thématiques adressées.

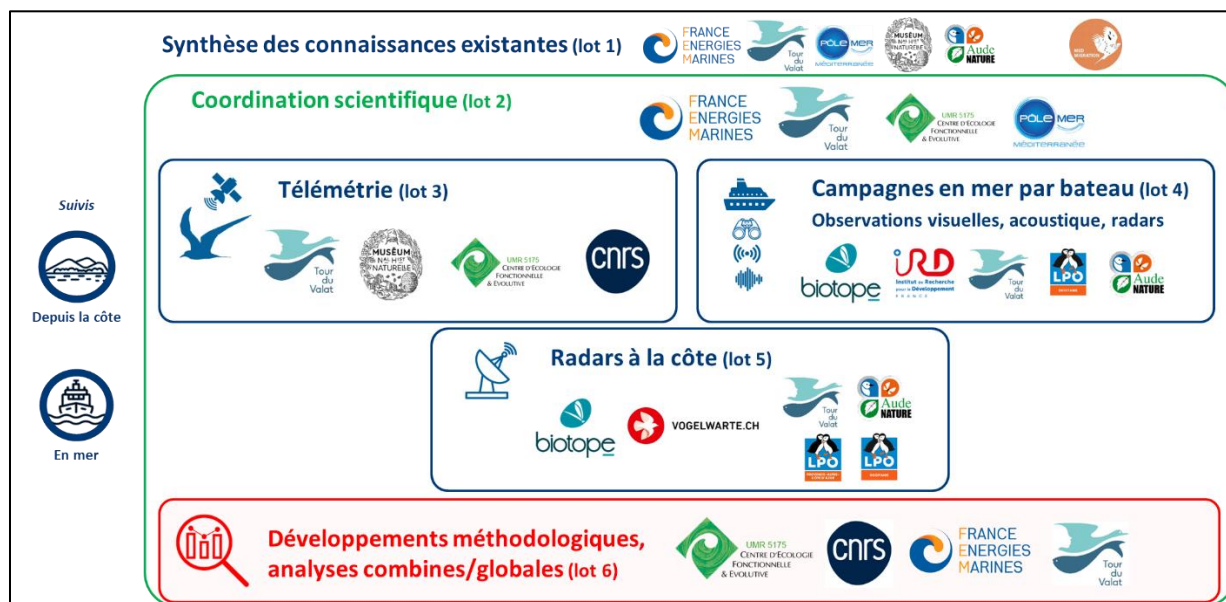


Figure 2 : Composition du consortium du programme MIGRALION (2021-2025)

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

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

Le budget total pour la réalisation du projet est de 4.2M€.

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

Lot 3 : Télémétrie migrateurs terrestres et oiseaux marins

Cette section correspond au résumé du rapport final d'analyses du lot 3 (Champagnon et al. 2025, livrable L19).

Pour répondre aux enjeux du programme MIGRALION, la télémétrie, objet du lot 3, consiste à équiper des oiseaux de balises de géolocalisation miniaturisées. Ces instruments permettent d'obtenir des données de déplacements individuels des oiseaux marins et migrateurs terrestres lors de leurs passages dans le golfe du Lion. 40 espèces ont été équipées : 3 espèces marines, 12 espèces de zones humides, 25 migrateurs terrestres dont 3 espèces de rapaces et 17 passereaux. Les 3 espèces d'oiseaux marins et les 19 espèces d'oiseaux terrestres de plus de 75 g ont été équipées avec des GPS-GSM permettant une fréquence d'acquisition élevée et un transfert des données via le réseau téléphonique sans avoir besoin de recapter les individus. Ces balises sont équipées de batteries alimentées par l'énergie solaire grâce à des panneaux, et collectent des positions à des intervalles pouvant varier entre 5 minutes et 1 heure selon le niveau de charge de la batterie. Pour les 18 petits oiseaux migrateurs, le suivi de ces espèces a reposé sur l'utilisation de géolocalisateurs (GLS) qui stockent des informations de lumière, de pression atmosphérique et d'activité de l'oiseau qui, après analyse, permettent d'identifier les phases de vol actif de migration au-dessus de la mer Méditerranée et les hauteurs de vol. Ces informations sont obtenues par la recapture du même individu après sa migration.

Entre 2021 et 2024, un total de 824 individus ont été équipés avec des balises GPS et GLS. Des données issues d'autres programmes télémétriques ont complété ce jeu de données. Compte tenu que certains oiseaux n'ont pas transmis suffisamment de données pertinentes, les données de 673 individus issus de 41 espèces ont été analysées et les résultats présentés ci-après.

1. Oiseaux marins

Les résultats issus de 269 individus d'oiseaux marins équipés de balises GPS soulignent un chevauchement spatial significatif entre l'aire utilisée par les puffins yelkouan et les puffins de Scopoli avec les fermes pilotes¹ d'éoliennes flottantes et les futures zones dédiées au développement de l'éolien flottant. La sterne caugek est plus côtière et sera probablement en interaction avec les éoliennes pilote mais peu avec les futures zones identifiées. Par ailleurs, la zone au large du golfe de Fos, du delta du Rhône et de la Camargue sont largement utilisées par les trois espèces étudiées ici, et représentent des zones de conflits potentiels importants pour la conservation de ces espèces. Selon la réaction des oiseaux, la perte d'habitats fonctionnels pourrait être majeure. Il est indispensable de poursuivre le suivi télémétrique post-installation des éoliennes pilotes pour étudier la réaction des oiseaux suite à l'implantation des parcs éoliens en mer.

¹ Ferme pilote : parc éolien flottant non commercial, de plus petite envergure (3 éoliennes) afin d'accompagner la maturation de la technologie encore naissante de l'éolien flottant. Il y a 3 projets de fermes pilotes sur la façade Méditerranée, dans le golfe du Lion dont une au large de Fos-sur-Mer qui a été inaugurée en 2025. [Façade Méditerranée | Eoliennes en mer](#)

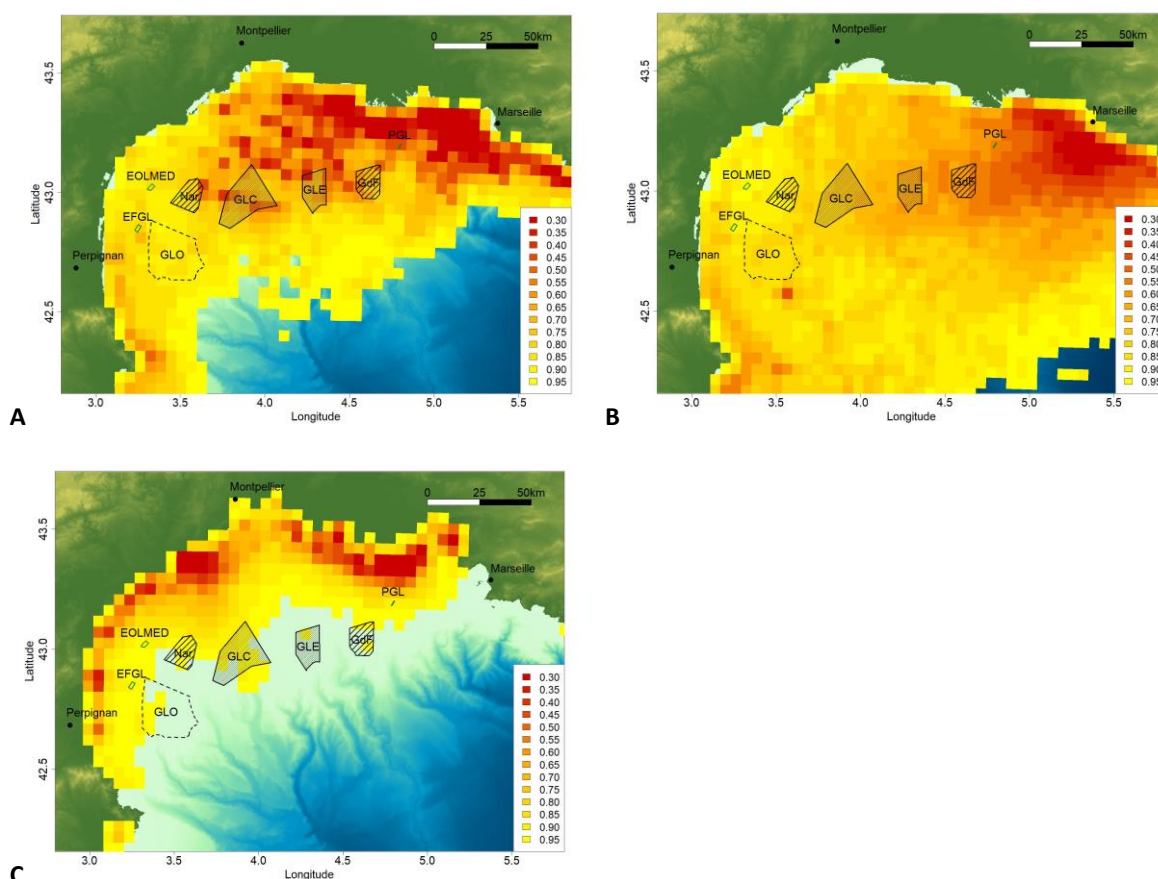


Figure 3 : Distribution d'utilisation (A) des puffins yelkouans, (B) des puffins de Scopoli et (C) des sternes caugék dans le golfe du Lion.

Les conditions marines influent peu sur la distribution des hauteurs de vol des oiseaux marins étudiés, bien que nous ayons trouvé des effets significatifs de la vitesse du vent et de la hauteur des vagues sur les hauteurs de vol. Les puffins yelkouan et les puffins de Scopoli volent 95% de leur temps en-dessous de 3 m, soit en dessous des pâles de éoliennes, quelles que soient les conditions de vitesse de vent (et de vagues), indépendamment de la direction relative du vent. Le risque de collision est quasi nul pour ces espèces. En revanche, les sternes volent plus fréquemment à hauteur de pâles des éoliennes (17% de leur temps au-dessus de 22 m) et sont potentiellement exposées au risque de collision. Il est nécessaire d'étudier en détail le comportement des sternes à proximité des éoliennes, qui pourraient de surcroît être attirées par ces structures marines pour s'y reposer.

2. Oiseaux terrestres

Suivis par GPS

589 oiseaux migrateurs terrestres de grande taille ont été équipés de GPS dans le cadre de MIGRALION ou par des partenaires. La proportion de survols du golfe du Lion par espèce était en moyenne de 74%, avec des variations entre 33% de survols pour le coucou-geai (n=24 individus), et 100% de survols pour le crabier chevelu (n=18), la glaréole à collier (n=4), l'avocette élégante (n=13) et la tourterelle des bois (n=15). Différentes stratégies ont été mises en évidence pour traverser le golfe du Lion. En migration postnuptiale, 51% des individus partent au Sud en pleine mer. Cela concerne en particulier le crabier chevelu, le pluvier guignard, la glaréole à collier, le goéland railleur et le rolleur d'Europe. 29% des vols coupent le golfe du Lion en diagonale de la Camargue vers l'Espagne. Cette stratégie concerne

principalement les mouettes rieuses, les sternes hansel et les ibis falcinelles. Enfin, 15 % des vols sont le long de la côte telles que les mouettes mélanocéphales. Lors de la migration prénuptiale, moins de données ont été recueillies, cependant, la stratégie principale de survol du golfe était la “diagonale” de l’Espagne vers la Camargue (53%), principalement pour 6 espèces dont le héron pourpré, coucou-geai, sterne hansel, ibis falcinelle, avocette élégante et tourterelle des bois. La seconde stratégie de survol direct par la mer (24%) concernait principalement le rolrier, la glaréole et le goéland railleur. Enfin 22% des survols ont suivi la stratégie “longe-côte”, utilisée principalement par les échasses blanches.

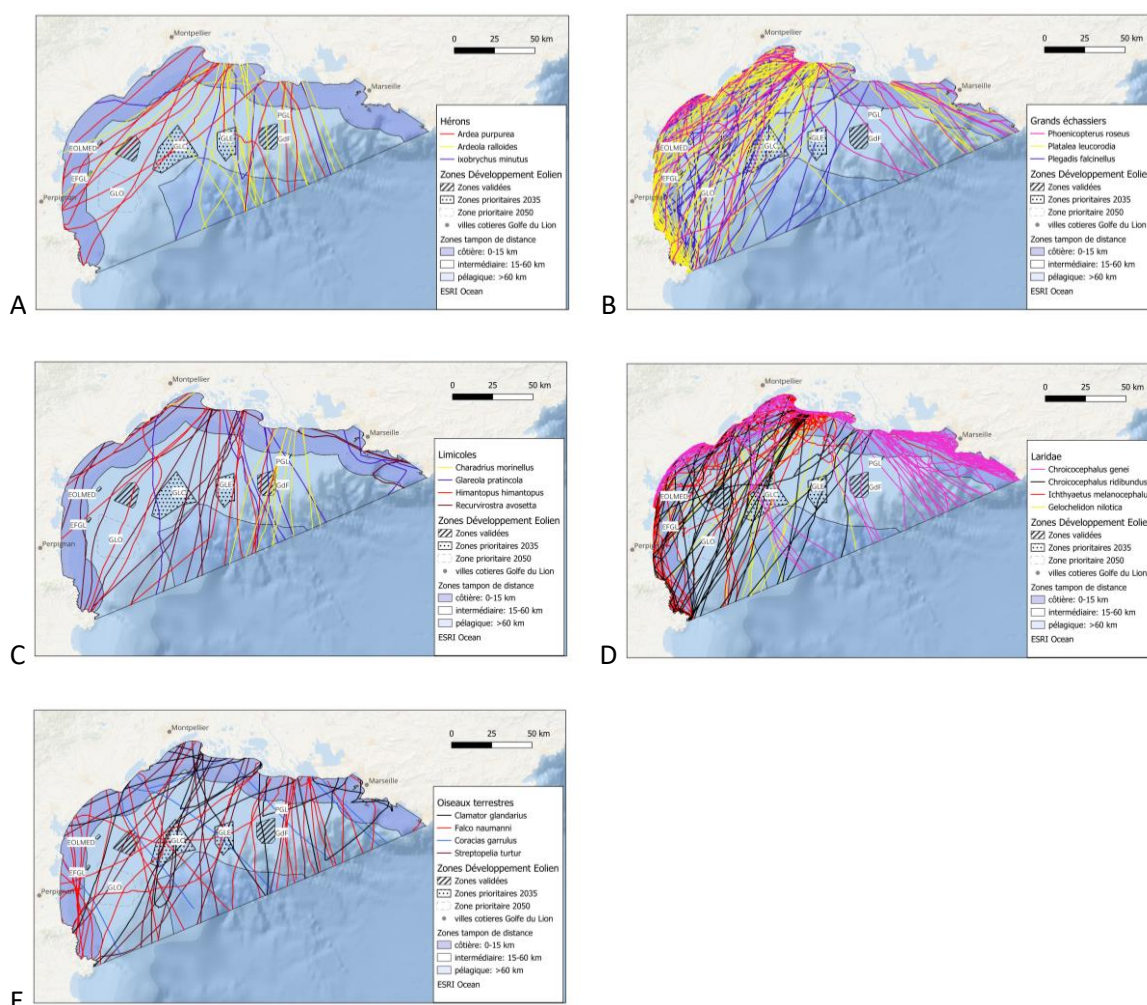


Figure 4 : Trajectoires de migration dans le golfe du Lion pour 5 groupes d’espèces: A. Hérons (héron pourpré, crabier chevelu, blongios nain), B. Grands échassiers (flamant rose, spatule blanche, ibis falcinelle), C. Limicoles (pluvier guignard, glaréole à collier, échasse blanche, avocette élégante), D. Larides (goéland railleur, mouette rieuse, mouette mélanocéphale, sterne hansel), E: Oiseaux terrestres (coucou-geai, faucon crécerellette, rolrier d’Europe, tourterelle des bois). Les directions de vol Nord-Sud et Sud-Nord ne sont pas distinguées.

Les hauteurs de survol ne sont que brièvement étudiées ici car les données ont été intégrées à la modélisation finale du **Lot 6**. Cependant, la majorité des espèces vole en dessous de 300 m, à hauteur de pâles. L’analyse par espèce dans les zones prévues de développement de parcs éolien montre qu’en migration postnuptiale, 11 espèces ont volé sous 300 m, issues de toutes les familles. En migration prénuptiale, 9 espèces ont volé sous les 300 m (mouette rieuse, glaréole à collier, échasse blanche,

flamant rose, tourterelle des bois, goéland railleur, mouette mélanocéphale, spatule blanche et ibis falcinelle).mélanocéphale, spatule blanche et ibis falcinelle).

En utilisant les données télémétriques de 121 vols migratoires postnuptiaux issues de 15 espèces de gros oiseaux équipés de GPS, il a pu être mis en évidence que les stratégies de vol au-dessus du golfe du Lion sont diverses et ne dépendent pas seulement de l'écologie ou de la morphologie de l'espèce mais également des conditions environnementales au moment du départ. Ainsi la stratégie qui consiste à voler le long de la côte à basse altitude (< 500 m) est favorisée lorsque le vent souffle de l'Est avant le départ. La stratégie qui consiste à voler vers le Sud-Est afin d'atteindre la Sardaigne ou la Tunisie est favorisée par la force du vent avant le départ. Enfin, une diminution de la température 24 heures avant le départ favorise des vols longs d'une vingtaine d'heures, directement en mer.

Suivis par géolocalisateurs

Sur les 315 appareils déployés sur 19 espèces différentes de petits oiseaux migrateurs, 66 GLS issus de 17 espèces ont pu être récupérés. Parmi tous les vols et trajectoires analysées, nous avons pu identifier 28 vols correspondant à des traversées marines de la mer Méditerranée, mais uniquement chez 8 de ces espèces. Cette répartition suggère que certaines espèces sont potentiellement plus enclines que d'autres à migrer au-dessus de la mer. C'est par exemple le cas du traquet motteux (3 individus ayant traversé la mer sur 3 GLS récupérés) ou encore du pipit rousseline (4 individus ayant traversé la mer sur 5 GLS récupérés) ou de la bergeronnette printanière (4 individus ayant traversé la mer sur 5 GLS récupérés).

Concernant l'altitude de vol, il a été observé que 10 des 28 traversées (soit 36 %) se sont déroulées à une altitude médiane inférieure à 500 mètres au-dessus du niveau de la mer. Plus précisément, les traquets motteux ont effectué leurs vols à une altitude moyenne de 112 ± 137 m ($n = 5$ vols), tandis que les pipits rousseline volaient en moyenne à 572 ± 455 m ($n = 8$ vols). Ces altitudes sont particulièrement basses comparées à celles généralement observées chez les petits migrateurs lorsqu'ils survolent la terre ou d'autres types de barrières écologiques telles que les déserts.

De plus, une tendance claire à une baisse d'altitude en journée a été mise en évidence chez les individus qui prolongeaient leur vol au-delà de la nuit. En effet, les oiseaux ayant parcouru la première partie de leur vol migratoire de nuit à une certaine altitude descendent ensuite vers des altitudes plus basses, plus proches du niveau de la mer, pour achever leur migration.

Malgré un nombre limité d'échantillons ces résultats sont uniques, en ce qu'ils offrent l'un des premiers aperçus détaillés des traversées maritimes chez de petits oiseaux migrateurs. Le fait qu'une proportion importante des vols longs en Méditerranée s'effectue à moins de 500 mètres de hauteur de vol place ces oiseaux à hauteur de pâles des éoliennes. Ce risque est particulièrement préoccupant au printemps, lorsque les oiseaux remontent vers le Nord. Si la traversée ne peut être accomplie en une seule nuit, les individus se retrouveraient alors à très basse altitude en journée, prolongeant leur vol à hauteur de pâle des éoliennes.

3. Conclusions

Des données inédites ont été obtenues dans le cadre du lot télémétrie de MIGRALION. Une large échelle de taille d'oiseaux a été équipée depuis les rougequeue à front blanc de 12g, aux flamants roses de plus de 4kg, afin d'obtenir des connaissances sur le franchissement de la mer Méditerranée d'une

partie la plus représentative possible des oiseaux migrateurs et des oiseaux marins. Les données obtenues ont été analysées de façon plus approfondie dans le cadre du [Lot 6](#) en complétant par des jeux de données de télémétrie additionnelles issues d'autres espèces, et en intégrant des jeux de données d'observations lors de campagnes en mer ([Lot 4](#)) ainsi que de radars à la côte ([Lot 5](#)).

Même si le jeu de données qui concerne 40 espèces reste modeste au regard d'une estimation de 300 espèces d'oiseaux migrateurs dans la région, un certain nombre d'espèces n'avaient jamais été équipées et des informations inédites ont été obtenues sur le passage en mer de celles-ci. On peut citer à titre exemple la glaréole à collier, le crabier chevelu, le pluvier guignard ou la bergeronnette printanière.

Dans le contexte d'accroissement des activités humaines en mer, notamment de l'éolien flottant, il serait pertinent d'augmenter le nombre d'espèces équipées afin d'être plus représentatif de la guildes des oiseaux migrateurs, en particulier pour les petites espèces qui sont sous représentées. Nos résultats montrent que les grands oiseaux comme les petits oiseaux migrateurs volent fréquemment dans les tranches d'altitude des pales des parcs éoliens prévus. Les données spatialisées de hauteur de vol des oiseaux de grande taille, qu'ils soient migrateurs ou marins, montrent un risque d'interactions directes (collision) ou indirectes (évitement) probables avec les projets en cours de développement. Des données spatialisées de hauteur de vol des oiseaux ayant une masse inférieure à 75g s'avèrent cruciales pour identifier les zones d'interactions de ces petits oiseaux avec les parcs éoliens en mer à venir.

Il serait particulièrement intéressant de refaire des campagnes de capture et de suivi télémétrique sur les mêmes espèces une fois le premier parc implanté pour comprendre si les oiseaux changent de comportement face à ces modifications d'habitats. La migration des oiseaux est un phénomène dynamique et les espèces peuvent rapidement changer de comportement au regard des nouveaux obstacles ou modifications de variables environnementales, invalidant potentiellement dans le futur certaines conclusions énoncées ici.

Les perspectives de ce travail pourraient consister à prendre en compte les effets cumulés des parcs éoliens ([GT ECUME](#)) pour les populations d'oiseaux migrateurs en visant d'une part à quantifier le taux de mortalité induit par ces nouveaux obstacles, d'autre part d'en étudier les conséquences démographiques pour les populations tels qu'adressées par les études BIRD RISK, BIRDMOVE et BIRD DYNAMIC pour les oiseaux marins.

Lot 4 : Campagnes en mer par bateau

Cette section correspond au résumé du rapport final d'analyses du lot 4 (Assali et al. 2025, livrable L25).

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.

1. 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.

2. 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. [Figure 5](#)) 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

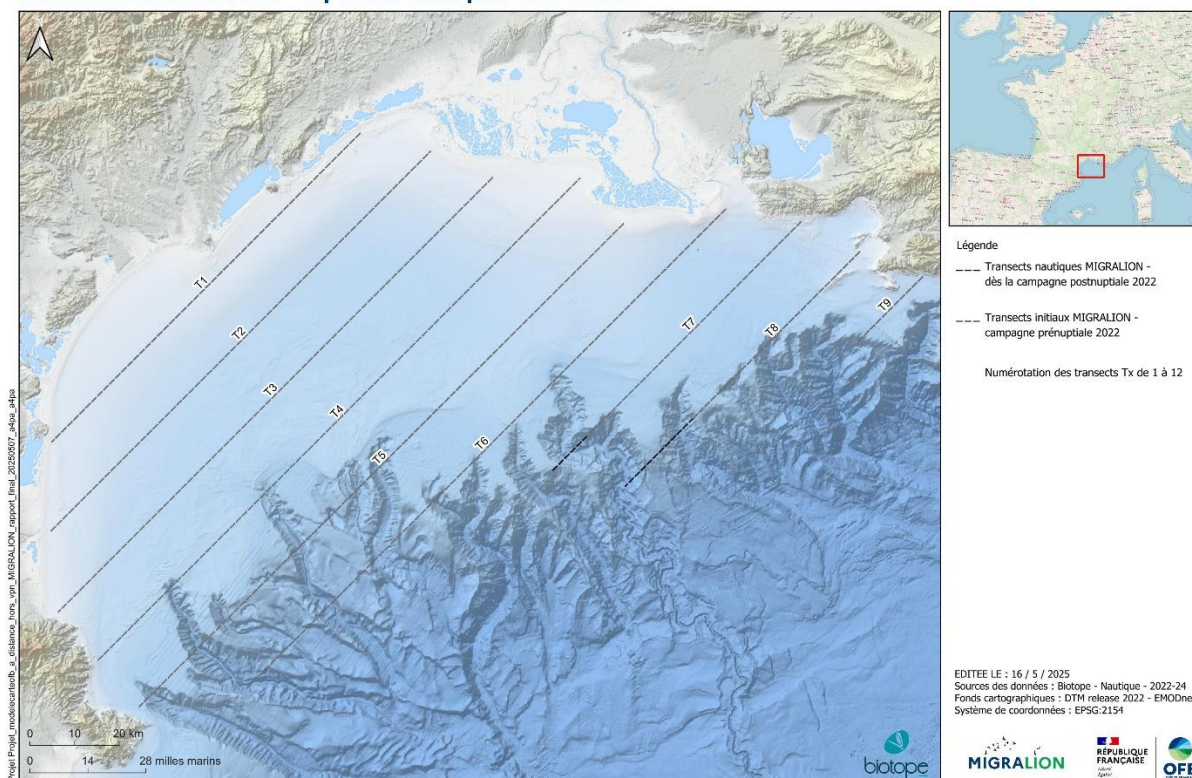


Figure 5 : Plan d'échantillonnage spatial des campagnes nautiques dans le golfe du Lion.

3. 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 : Radars ornithologiques à la côte).

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.

4. 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'Œdicnème 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 pré-nuptiale 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 pré-nuptiale et ouest-sud-ouest en saison postnuptiale. 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 6).

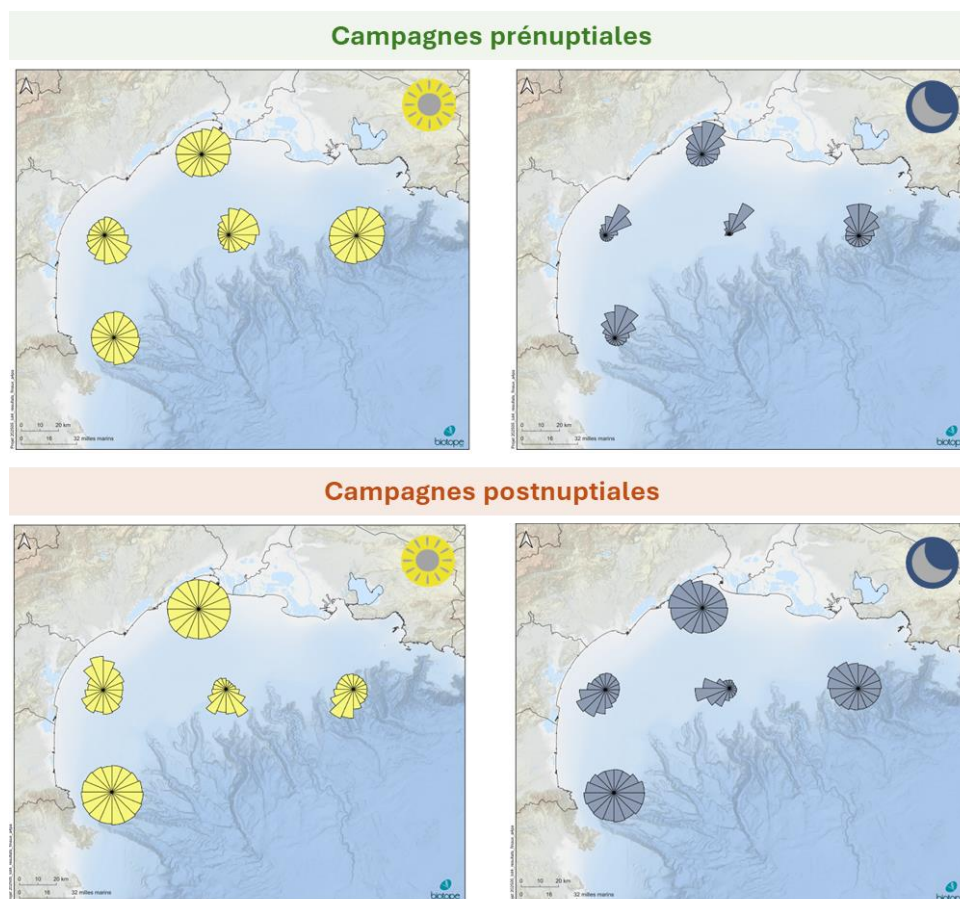


Figure 6 : Distributions des directions des trajectoires d'oiseaux obtenues par radar horizontal lors des campagnes prénuptiales (en haut) et postnuptiales (en bas), distinctement de jour (à gauche) et de nuit (à droite).

Si les déplacements diurnes sont en majorité enregistrés à basse altitude quelle que soit la saison ([Tableau 1](#)), 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.

Tableau 1 : 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%

5. 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.

Lot 5 : Radars ornithologiques à la côte

Cette section correspond au résumé du rapport final d'analyses du lot 5 (Delcourt et al. 2025, livrable L31).

1. Introduction

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

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

2. Méthode

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

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

Pour chaque cible sont enregistrées les hauteurs de vol, direction de vol, vitesse, caractéristique des échos, mais aussi la fréquence de battement d'ailes qui permet de classer les oiseaux en grandes catégories (petits et grands passereaux, oiseaux d'eau, grands oiseaux, groupes d'oiseaux, etc.) (Figure 7).

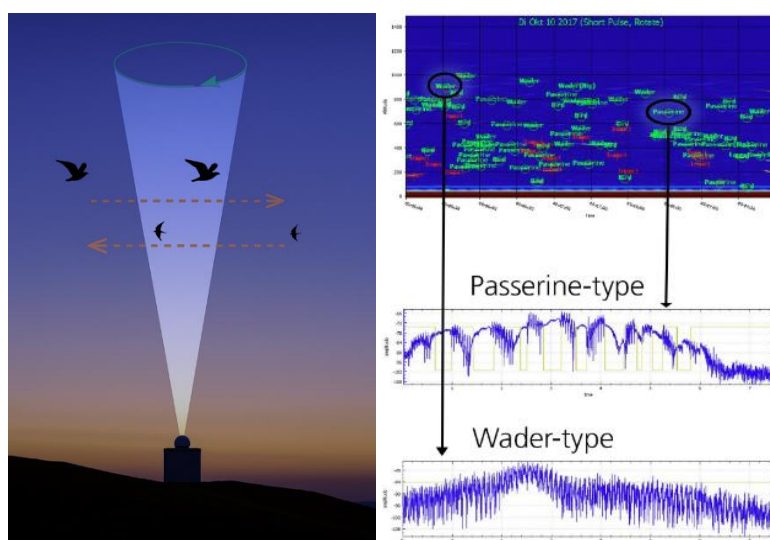


Figure 7 : Schéma de fonctionnement (détection et classification) du radar BirdScan MR1.

Afin d'étudier les flux migratoires au sein du golfe du Lion, le suivi a été réalisé à l'aide de deux unités radar réparties le long de la côte. En 2022 et 2023, le choix a été fait de privilégier la couverture spatiale, en suivant sept sites le long du golfe du Lion à raison de sessions de sept jours d'acquisition en continu par site, répétées deux fois par saison (deux sessions en migration pré-nuptiale, et deux

sessions en migration postnuptiale). Ce suivi a été mené avec un radar installé dans une remorque autonome en énergie et facilement déplaçable.



Figure 8 : Dispositifs déployés pour les suivis par radars ornithologiques à la côte. A gauche, l'unité radar mobile et à droite le radar fixe installé au domaine de la Palissade (Camargue).

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

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

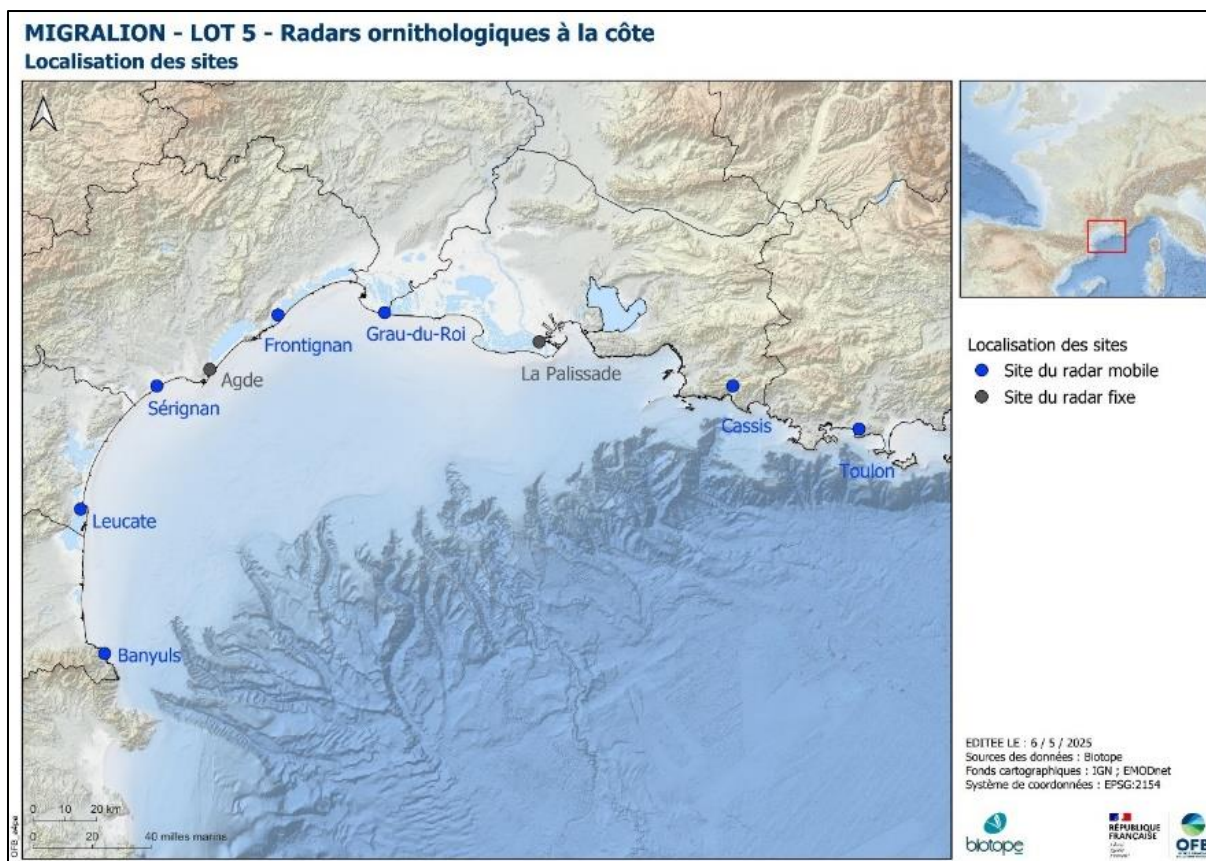


Figure 9 : Sites de suivi par radar à la côte : en bleu, les stations suivies par radar mobile (2022-2023), en gris, les stations suivies par radar fixe (La Palissade 2022-2024, Agde 2024).

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

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

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

3. Résultats

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

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

importantes. Sur une heure, les flux peuvent dépasser 25 000 oiseaux par heure et par kilomètre lors des pics les plus intenses.

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

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

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

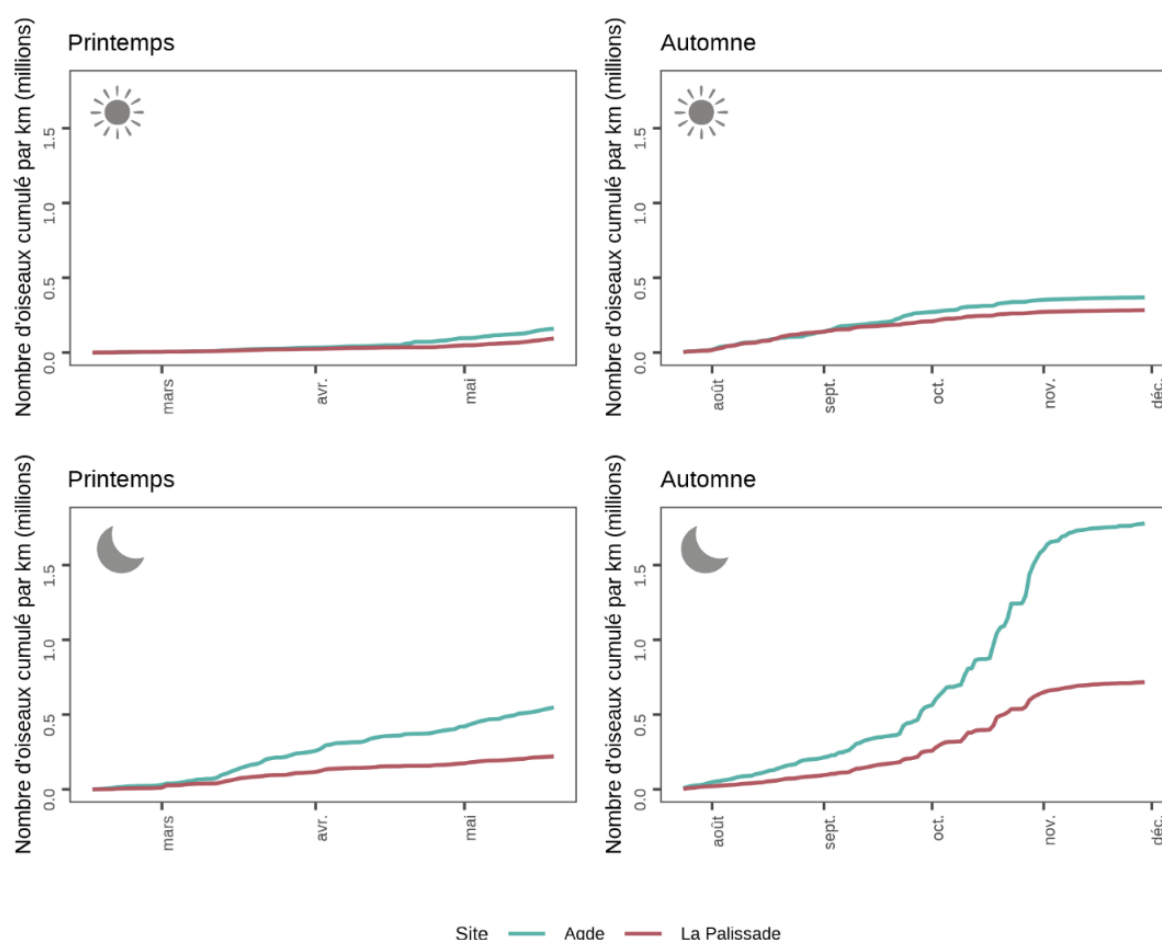


Figure 10 : Nombre d'oiseaux cumulé (par km) par saisons (printemps à gauche, automne à droite) en 2024, comparant le site de La Palissade (rose) et celui d'Agde (bleu). Les graphiques en haut représentent les mouvements de jour, ceux d'en bas les mouvements de nuit.

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

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

Le graphique en [Figure 11](#) illustre l'évolution et les différences des flux au cours des jours (en colonne : 1^{er} janvier à gauche, 31 décembre à droite, chaque ligne verticale correspond à une journée) et des heures (en ligne : midi et après-midi en haut, minuit au centre, matin en bas).

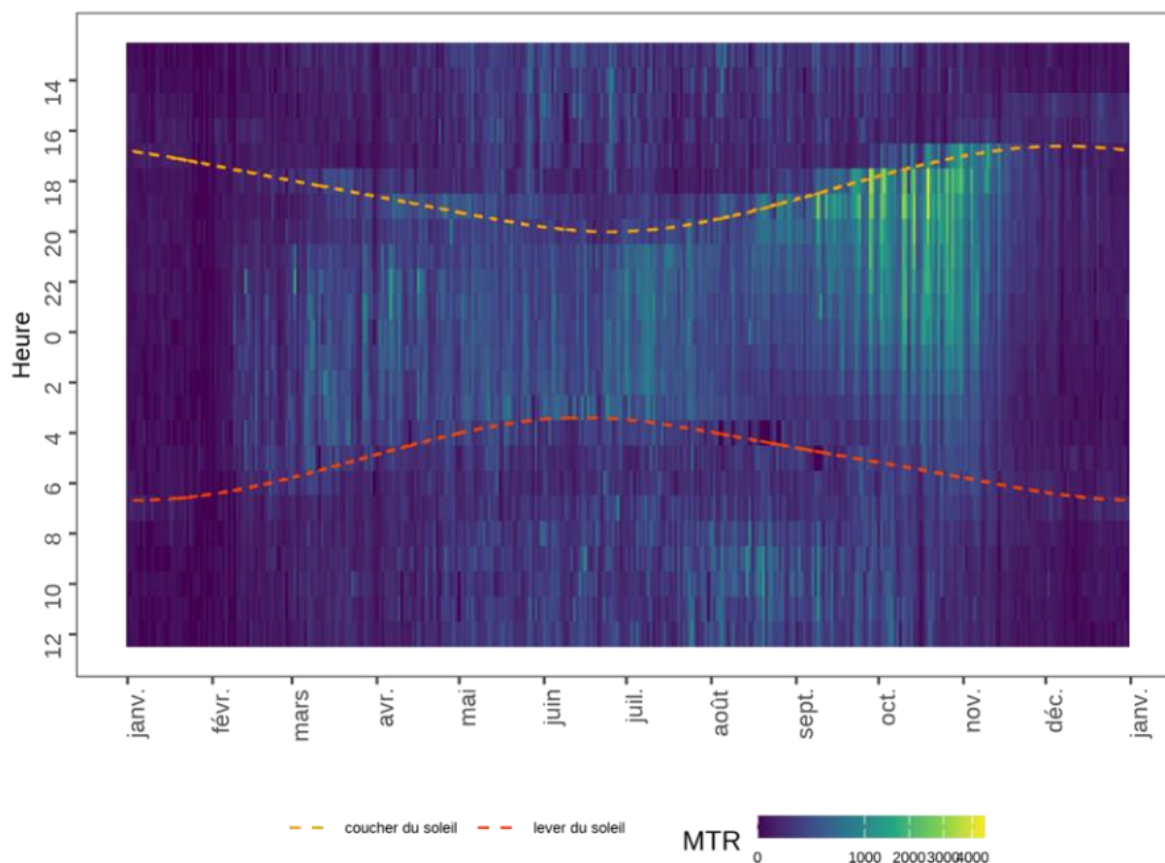


Figure 11 : Carte de chaleur montrant l'évolution horaire et journalière du nombre d'oiseaux détectés par km (en moyenne sur les 3 années) à La Palissade. Les courbes orange et rouge désignent respectivement les coucher et lever du soleil.

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

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

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

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

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

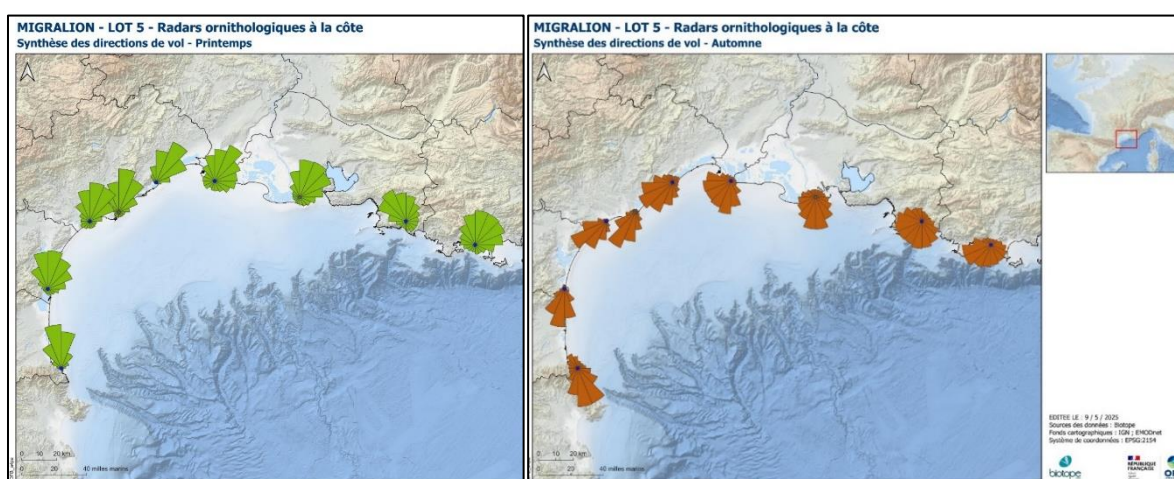


Figure 12 : Synthèse des directions de vol (printemps à gauche, automne à droite).

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

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

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

Lot 6 : Développement de méthodes permettant l'analyse des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets

Cette section correspond au résumé du rapport final méthodologique et d'analyses du lot 6 (Canonne et al. 2025, livrables L36 et L37).

1. Contexte et problématiques abordées

La mer Méditerranée abrite une importante diversité d'espèces marines et constitue une importante voie de passage pour de nombreuses espèces migratrices en transit entre leurs aires d'hivernage et de reproduction. Depuis plusieurs décennies, le golfe du Lion fait face à une augmentation notable des pressions humaines : développement du tourisme, urbanisation, pêche, trafic maritime, loisirs nautiques auxquels s'ajoutent les effets des changements climatiques modifiant profondément les écosystèmes marins. Dans ce contexte, la planification actuelle des projets d'éolien flottant en Méditerranée, et plus particulièrement dans le golfe du Lion, pose d'importantes questions quant aux impacts potentiels de ces infrastructures sur les dynamiques écologiques de la zone et les espèces la fréquentant. Pour aboutir à une planification écologique durable de ces projets, il est indispensable qu'une partie de la réflexion s'appuie sur une bonne compréhension de l'utilisation de l'espace par les oiseaux marins et migrants

À ce jour, aucune technologie ne permet de collecter l'ensemble des informations nécessaires pour décrire de façon précise l'utilisation du golfe du Lion par l'avifaune en quatre dimensions (longitude, latitude, altitude et temps) à l'échelle d'une zone aussi grande que celle du golfe de Lion. Les objectifs des **Lot 3**, **Lot 4** et **Lot 5** de MIGRALION ont consisté à déployer différentes technologies permettant de collecter des informations complémentaires les unes des autres, pour décrire la migration en Méditerranée et l'utilisation du golfe par les oiseaux marins. Néanmoins, prises indépendamment, ces données ne fournissent qu'une information partielle sur l'utilisation du golfe par l'avifaune, chaque méthode présentant des limites. L'objectif du lot 6, présenté dans le chapitre 6 du rapport étendu MIGRALION (Canonne et al. 2025), et résumé ci-dessous, était de développer des méthodologies de traitement et d'analyses statistiques combinées des données acquises par les moyens déployés dans les **Lot 3**, **Lot 4** et **Lot 5**, et de les appliquer sur les données collectées de manière à répondre aux questions suivantes :

1. Comment les oiseaux marins utilisent-ils l'espace marin du golfe du Lion ?
2. Quelles sont les zones présentant les flux d'oiseaux migrants les plus intenses au sein du golfe du Lion ?
3. À quelle hauteur volent les migrants terrestres lorsqu'ils traversent le golfe du Lion ?

Dans chaque partie, nous présentons les résultats de ces analyses et discutons des implications de ces connaissances acquises pour la planification des parcs éoliens et l'évaluation de leurs impacts potentiels sur l'avifaune.

Pour les deux premières questions, lorsque l'on fait mention d'utilisation relative de l'espace, nous désignons la distribution de l'intensité d'usage d'un territoire par les individus d'une population, d'une

espèce, ou d'un groupe d'espèces (migrateurs terrestres), comparée entre différentes zones de l'aire d'étude. Elle exprime quelles portions de l'espace sont utilisées plus ou moins fréquemment, sans fournir de valeurs absolues de densité ou de temps passé.

2. Comment les oiseaux marins utilisent-ils l'espace marin du golfe du Lion ?

Nous avons développé un modèle statistique permettant de prendre en compte, dans une même analyse, des données de comptages en mer et des localisations obtenues par télémétrie GPS ([Lauret et al., 2025](#) ; [Figure 13](#)). Ce modèle statistique se décompose en deux compartiments dont le lien se fait via les paramètres des courbes de réponses aux variables de l'environnement et permet de corriger la détection imparfaite des individus lors des comptages. Un premier sous-modèle estime combien d'oiseaux sont présents dans chaque cellule de la grille à partir des données de comptage, tandis que le second sous-modèle analyse comment ces animaux utilisent leur environnement en se basant sur leurs déplacements enregistrés par GPS. Enfin, l'utilisation relative de l'espace géographique d'étude prédite par le modèle est cartographiée et sa représentation est accompagnée d'une mesure d'incertitude (coefficient de variation) pour chaque cellule de la grille. Une dernière étape consiste à pondérer l'utilisation relative prédite pour chaque espèce par un coefficient de vulnérabilité vis à vis de l'éolien pour aboutir à une carte synthétique de la vulnérabilité relative sur la zone d'étude.

A noter que la mesure d'incertitude présentée ici (CV) transcrit le degré de confiance spatial dans les cartes prédites, c'est à dire leur stabilité vis à vis des variations d'échantillonnage ou des choix du modèle. Dans le cas de carte pondérées de vulnérabilité relative, il mesure la variabilité relative de l'indice de vulnérabilité, en tenant compte des incertitudes de toutes les couches qui ont servi à le construire. Elles ne prennent donc pas en compte, par exemple, l'incertitude associée aux espèces non considérées dans l'analyse.

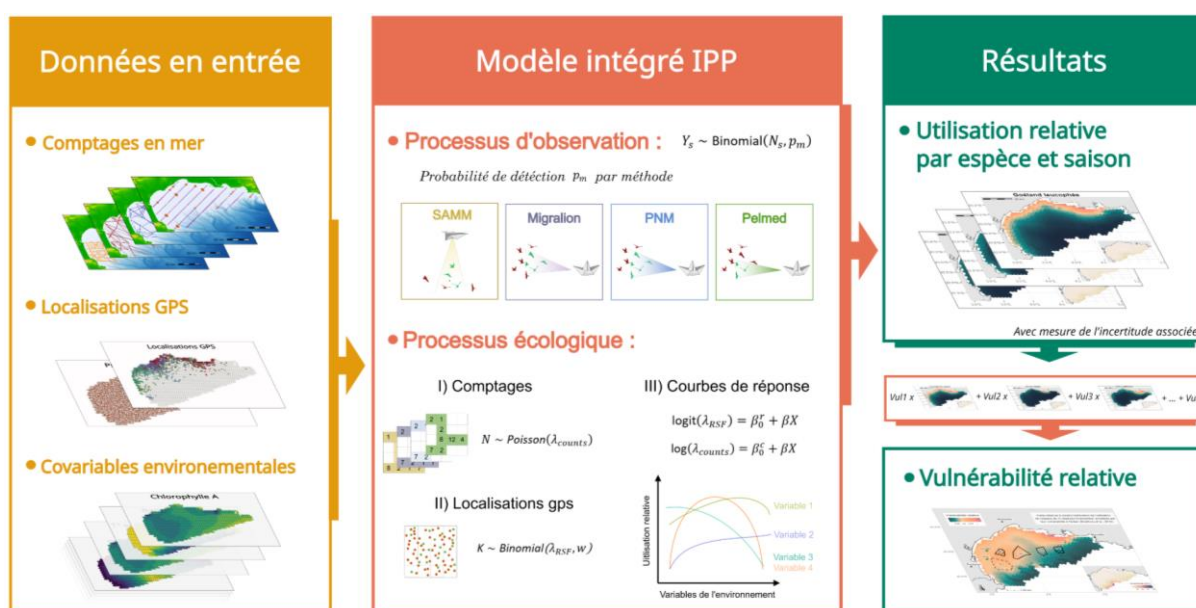
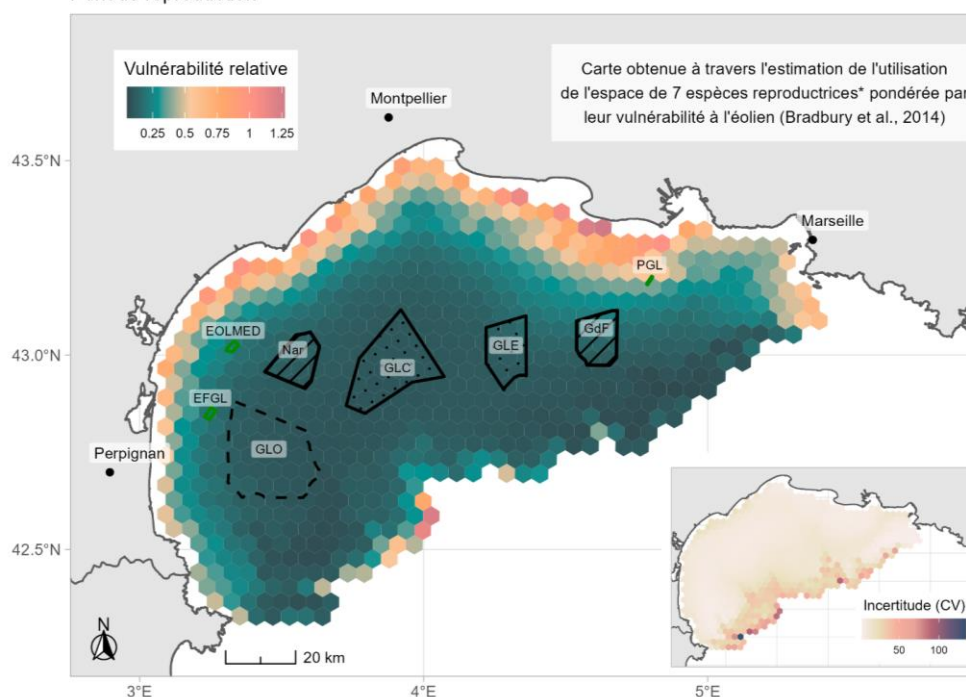


Figure 13 : Modélisation intégrée de l'utilisation relative du golfe du Lion par les oiseaux marins.

La combinaison de données de comptages visuels en mer provenant de quatre programmes (MIGRALION [Lot 4](#), PELMED, Parc Naturel Marin du golfe du Lion, SAMM) nous a permis d'élaborer des cartes d'utilisation relative du golfe du Lion pour huit espèces (ou groupes d'espèces) d'oiseaux marins en période de reproduction, et 14 espèces en période hivernale. Il s'agit des espèces les plus communes dans le golfe du Lion, parmi les 25 d'espèces d'oiseaux marins présentes de façon régulières en hiver et la douzaine présentes lors de la période de reproduction. Les quelques espèces non considérées dans l'analyse sont soit assez rares, soit très côtières. Toutes ces espèces font l'objet d'un statut de protection en France, certaines, telles que puffin des baléares ou encore le macareux moine sont considérées en danger critique. Par ailleurs, la France a une responsabilité particulière vis à vis du Puffin de Yelkouan, strictement endémique de la Méditerranée. Ces données ont ensuite été combinées à des localisations de suivis GPS ([Lot 3](#) MIGRALION + programmes extérieurs) pour quatre espèces nicheuses, dont trois espèces hivernantes.

Vulnérabilité relative des oiseaux marins à l'égard de l'éolien dans le golfe du Lion
Période reproduction



Vulnérabilité relative des oiseaux marins à l'égard de l'éolien dans le golfe du Lion
Période hors reproduction

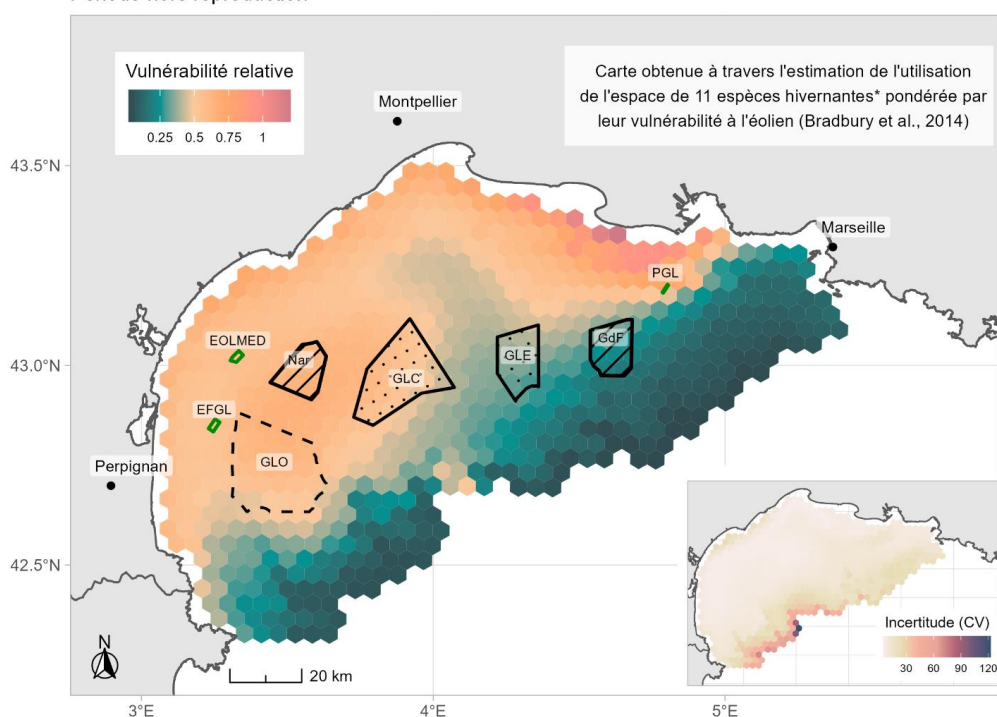


Figure 14 : Carte représentant la vulnérabilité des oiseaux marins étudiés face aux projets éoliens dans le golfe du Lion ainsi que la mesure de l'incertitude associée (en bas à droite), en haut en période de reproduction, et en bas, hors de la période de reproduction. Ces cartes sont issues de modélisations réalisées avec des données acquises de 2022 à 2024.

Les cartes de vulnérabilité des oiseaux marins étudiés vis à vis du risque éolien révèlent des niveaux de vulnérabilité contrastés au sein du golfe du Lion ([Figure 14](#)). Tandis qu'en période de reproduction les zones de risque relatif le plus élevé se situent principalement près des côtes, en dehors de la période de reproduction s'ajoutent à ces zones des zones plus au large, en particulier à l'ouest du golfe. Il est cependant important de noter que les cartes de vulnérabilité au risque éolien présentées ici ne permettent pas une évaluation exhaustive de la sensibilité de l'ensemble des espèces d'oiseaux marins fréquentant le golfe du Lion, mais offrent une première approche, intégrant une part importante des espèces les plus régulièrement observées dans la zone. Ces cartes constituent ainsi une base utile pour la planification spatiale de l'éolien offshore et les évaluations environnementales. Elles pourront être affinées et enrichies au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles données, permettant, à terme, une prise en compte plus complète de la diversité spécifique et des dynamiques spatio-temporelles des populations d'oiseaux marins.

3. Quelles zones présentent les flux migratoires les plus intenses au sein du golfe du Lion ?

A travers une collaboration entre les programmes MIGRATLANE et MIGRALION, nous avons construit un modèle de spatialisation des flux migratoires ([Figure 15](#)), permettant de combiner les données issues du radar vertical embarqué lors des campagnes en mer du [Lot 4](#) de MIGRALION (pondérés par les données issues des radars ornithologiques de type BirdScan déployés dans le Lot 5 : Radars ornithologiques à la côte), les données de télémétrie GPS récoltées dans le cadre du [Lot 3](#) de MIGRALION ainsi que des données de télémétrie GPS issus de programmes de recherche extérieurs.

Le modèle statistique est utilisé pour estimer l'intensité migratoire relative au sein du golfe du Lion. Ce modèle se décompose en deux compartiments dont le lien se fait via les paramètres de la fonction de réponse reliant l'intensité migratoire relative aux coordonnées géographiques (longitude et latitude). Un premier sous-modèle estime combien d'oiseaux sont présents dans chaque cellule des transects à partir des échos enregistrés par radar, tandis que le second sous-modèle analyse comment ces animaux utilisent l'espace en se basant sur leurs déplacements enregistrés par GPS, puis une extrapolation est faite sur l'ensemble de la zone à partir de ces liens à la longitude et latitude. Enfin, nous avons comparé les distributions d'intensité migratoires au sein des zones considérées pour le développement éolien avec l'ensemble de la bande de mer favorable à la construction de parcs dans le golfe du Lion (de 0 à 60 km de la côte).

A noter que dans ce modèle, contrairement à celui effectué pour les oiseaux marins, l'utilisation relative de l'espace par les migrateurs terrestres est à l'échelle du groupe d'espèce des migrateurs terrestres. Il n'est alors pas possible de pondérer pour les différents indices relatifs à la vulnérabilité de chaque espèce.

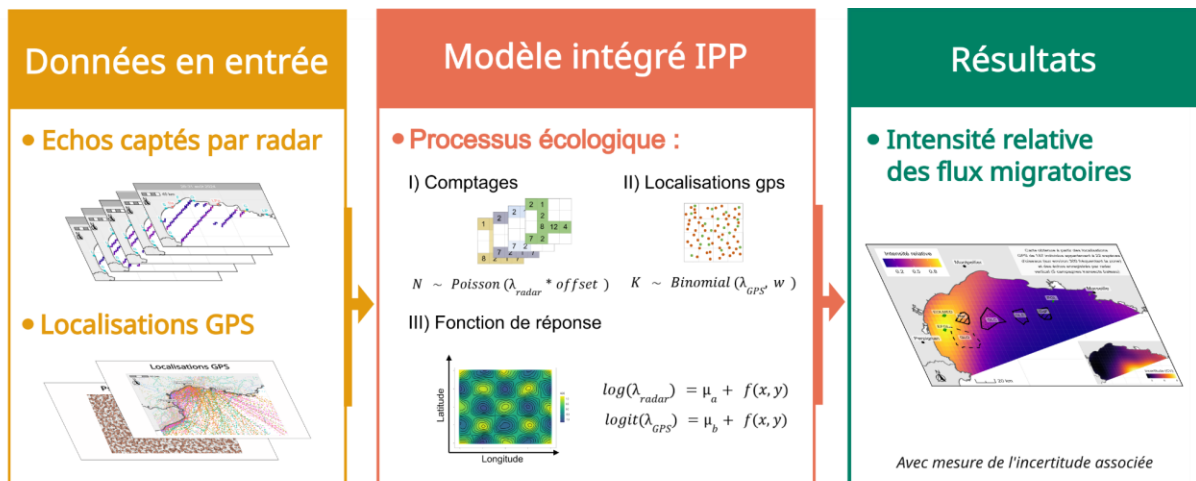


Figure 15 : Modélisation intégrée de l'intensité migratoire relative au sein du golfe du Lion par les oiseaux migrateurs terrestres. Les modèles d'intensité migratoire relative développés dans le cadre de MIGRALION permettent de produire des cartes à une résolution relativement fine (mailles de 4 km* 5,5 km, soit 23 km²) à l'échelle du golfe du Lion (15 000 km²), ces cartes sont, à notre connaissance, les premières représentant la variation spatiale des flux d'oiseaux migrateurs terrestres en mer à l'aide de combinaisons de différentes sources de données. Les cartes expriment quelles portions de l'espace sont utilisées plus ou moins fréquemment, sans fournir de valeurs absolues de densité ou de temps passé.

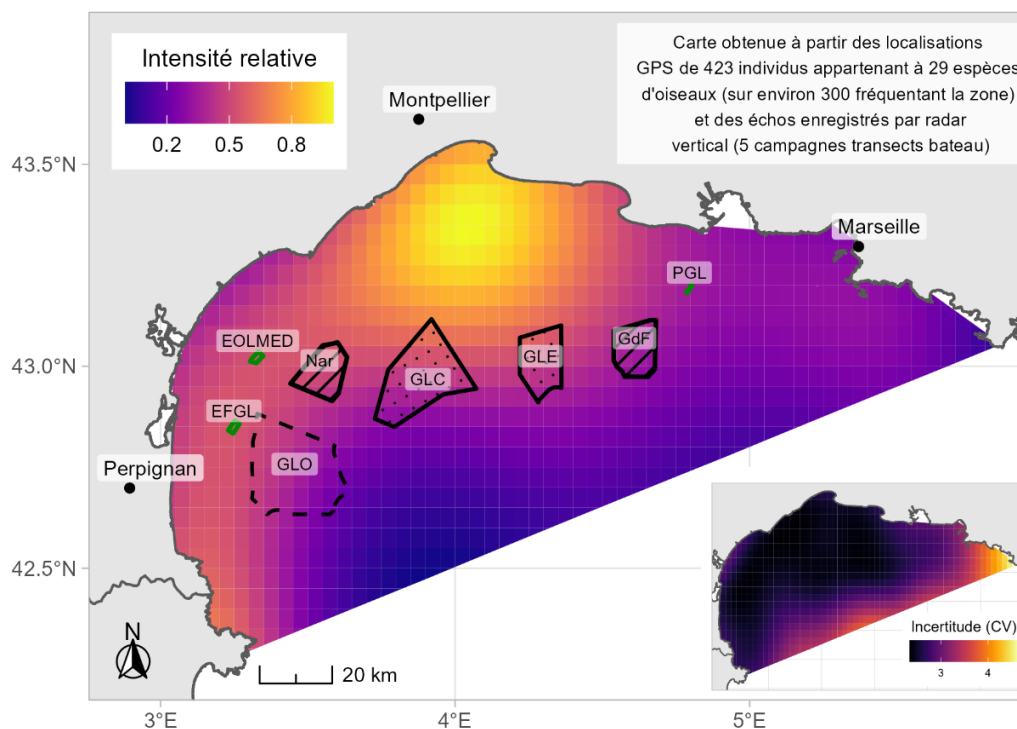
Nos résultats montrent que les zones où l'intensité migratoire est plus importante durant la migration postnuptiale (du nord vers le sud pour la plupart des espèces) sont généralement comprises dans une bande entre 0 et 50 km de la côte et plus particulièrement sur la moitié Ouest du golfe du Lion. Dans cette bande, on voit se dessiner un axe assez large partant de la Camargue et longeant la côte jusqu'à la frontière espagnole. On note également, mais dans une moindre mesure, une utilisation partant plein sud vers la mer, ainsi que des zones utilisées dans la bande de mer vers l'est.

Si l'on s'intéresse maintenant à la migration prénuptiale (du sud vers le nord pour la plupart des espèces), on peut voir que le patron général présente des similitudes avec celui estimé pour la migration postnuptiale. Cependant, nous pouvons noter que le flux est encore plus côtier et que les intensités migratoires les plus importantes se trouvent sur la partie Ouest du golfe du Lion.

Ces résultats montrent une superposition importante, en particulier lors de remontée des migrateurs en saison prénuptiale, entre les zones de forte intensité migratoire et celles des zones envisagées pour la construction de parcs éoliens offshore dans le golfe du Lion, en particulier celles de Narbonnaise et Golfe du Lion Ouest.

A noter que cette approche se base sur la modélisation de l'utilisation relative au sein du zone, et ne modélise pas les déplacements des individus. Il n'y a donc pas directement de notion de direction.

 Intensité relative des flux migratoires dans le golfe du Lion
Migration Juillet - Décembre



 Intensité relative des flux migratoires dans le golfe du Lion
Migration Janvier - Juin

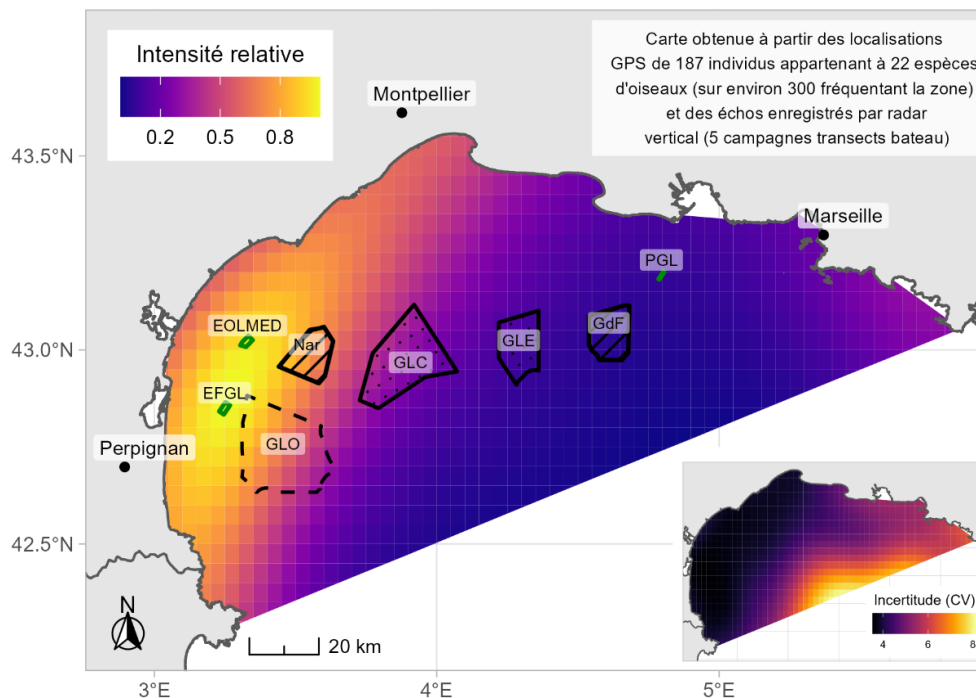


Figure 16 : Carte représentant l'utilisation relative du golfe du Lion par les oiseaux migrateurs ainsi que la mesure des incertitudes associées (en bas à droite), en haut lors de la période juillet-décembre et en bas lors de la période janvier-juin. Ces cartes sont issues de modélisations réalisées avec des données acquises de 2014 à 2025 (dont 95% entre 2021 et 2024).

4. À quelle hauteur volent les migrateurs terrestres de grande taille lorsqu'ils traversent le golfe du Lion ?

Afin de modéliser la distribution des hauteurs de vol des oiseaux migrateurs terrestres de grande taille (Figure 17), nous avons construit un modèle intégré permettant de combiner les hauteurs de vols mesurées par suivis GPS lors de trajectoires au-dessus du golfe du Lion (Lot 3 + programmes extérieurs) avec les altitudes des échos enregistrés à la côte par radar ornithologiques de type BirdScan (Lot 5). Le principe de ce modèle est de faire l'hypothèse d'une distribution commune, considérée réelle, qui est résumée par sa moyenne et sa variance. Puis, deux sous-modèles renseignent sur ces paramètres tout en prenant en compte les différences d'observation (erreurs de mesure des GPS, altitudes échantillonnées par le radar). A noter que dans le modèle intégré, la distribution des hauteurs de vol est modélisée pour l'ensemble de la zone d'étude, et non en fonction de la distance à la côte.

Nous avons également construit un second modèle en n'utilisant cette fois que les altitudes mesurées par GPS, pour tirer profit de l'information spatiale et biologique (espèce/individu) qu'elles contiennent. Ce modèle nous a permis d'explorer comment les hauteurs de vol varient entre groupes d'espèces, et comment la distribution évolue en fonction de la distance à la côte.

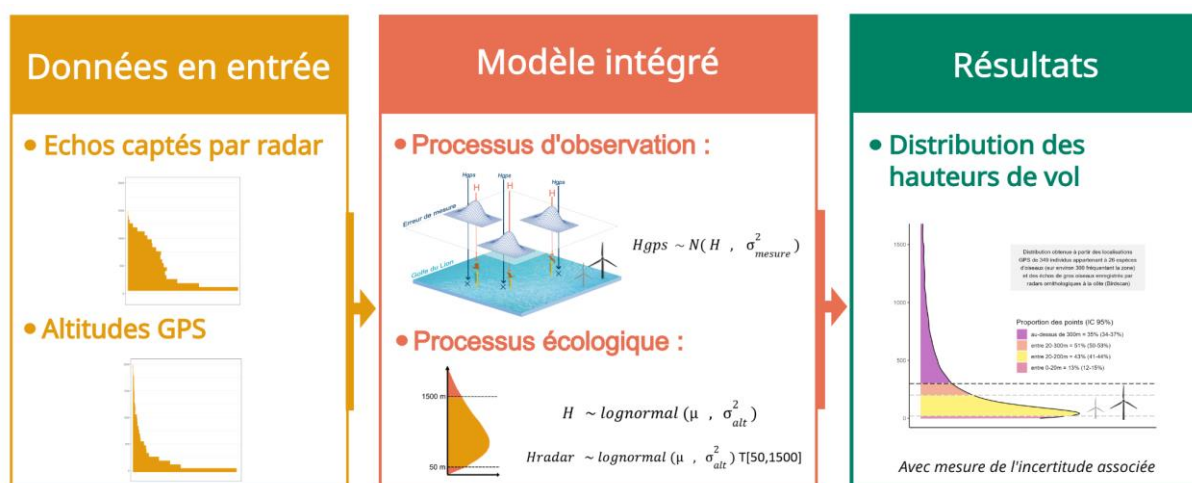


Figure 17 : Modélisation intégrée de la distribution des hauteurs de vol des oiseaux migrateurs terrestres de grande taille au-dessus du golfe du Lion.

Cette étude est la première à intégrer formellement des hauteurs de vols obtenues par GPS et des altitudes d'échos enregistrées par radars ornithologiques à la côte (BirdScan) pour modéliser des distributions de hauteurs de vol. Grâce au vaste jeu de données collecté dans MIGRALION, les modèles à "espace-d'états" ont été améliorés avec des effets aléatoires et des covariables, augmentant leur fiabilité et leur portée.

La combinaison des données issues des radars ornithologiques à la côte (BirdScan) et des balises GPS (Figure 18) révèlent peu de variations saisonnières dans la répartition des hauteurs de vol. La médiane est de 150 m [Intervalle de crédibilité, IC 95% : 139–161] en migration postnuptiale et de 157 m [146–170] en pré-nuptiale. Une grande part des vols se situe dans des altitudes tranche d'altitude des pâles des futures éoliennes où le risque de collision est possible. Les proportions des distributions situées dans ces altitudes à risque sont très élevées. Si l'on considère des éoliennes d'une hauteur de 200 m, un peu moins de la moitié de la distribution correspond à des hauteurs de vol au sein de la zone à hauteur de pale (postnuptiale = 43% [41-44%] ; pré-nuptiale = 42% [41-44%]). Si l'on augmente ce

seuil à 300 mètres d'altitude, ce qui correspond soit aux hauteurs futures des pales, soit aux tranches d'altitudes de perturbation potentielles du vol par turbulences des éoliennes actuelles, cette fois ci environ la moitié des hauteurs de vol prédites se situent entre ces seuils (postnuptiale = 51% [50-53%] ; prénuptiale = 51% [49-52%]). Enfin, pour les deux périodes de migration, 13% [12-14% et 12-15%] des hauteurs de vol estimées se situent entre 0 et 20 mètres d'altitude.

Ces résultats de modèle contrastent avec ceux issus d'un second modèle utilisant uniquement les données GPS, qui suggèrait des altitudes plus basses, en particulier au printemps. Jusqu'à présent, les connaissances sur la hauteur de vol de nombreuses espèces reposaient principalement sur des observations visuelles, limitées aux premières strates d'altitudes. Les résultats de cette étude apportent, pour les espèces suivies par GPS, des données continues et précises, révélant une grande diversité de stratégies de traversée du golfe du Lion, parfois au sein même d'une espèce. La majorité des grands migrateurs volent à des altitudes se situant à hauteurs de pales des futures éoliennes (sous 200 ou 300 m).

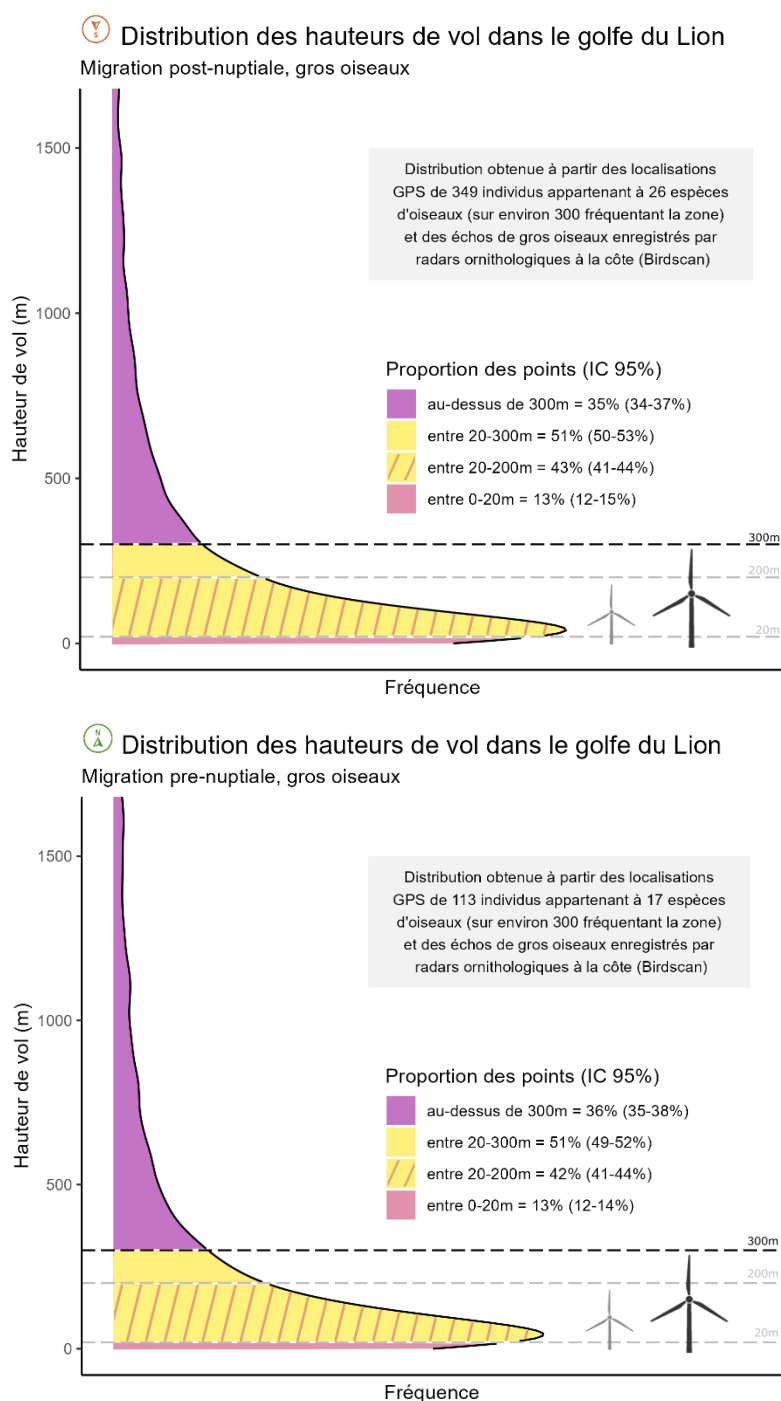


Figure 18 : Distribution estimée des hauteurs de vol des gros oiseaux étudiés dans le golfe du Lion, lors des migrations postnuptiale (en haut) et pré-nuptiale (en bas). Les zones colorées indiquent les proportions de points dans différentes tranches d'altitude permettant d'évaluer les risques potentiels en lien avec les projets d'éolien offshore. Les lignes pointillées marquent les hauteurs des pales d'éoliennes : actuelles (200 m), futures (300 m) et leur base (20 m). Les plages jaunes (20–200 m) et orange (200–300 m) représentent les zones à risque de collision. Les données sont résumées par leur médiane et un intervalle de crédibilité à 95 %. Ces distributions sont issues de modélisations réalisées avec des données acquises de 2014 à 2025 (dont 95% entre 2021 et 2024).

5. Conclusion et perspectives

Le programme MIGRALION marque une avancée importante dans l'étude d'utilisation de l'espace maritime du golfe du Lion par les oiseaux marins et migrants, grâce à une combinaison de technologies de suivis telles que la télémétrie, les radars ornithologiques et les comptages en mer. Les développements méthodologiques autour des questions d'analyse intégrée des données ont rendu possible la combinaison de nombreux types de données de nature différente. Si la modélisation intégrée est maintenant très bien développée et démocratisée en dynamique des populations, par la combinaison de données de capture-marquage-recapture (CMR) et de comptages, elle est plus récente et reste novatrice dans les approches spatiales, comme, par exemple, lorsqu'elle concerne les modèles de distribution d'espèces, l'étude de la connectivité ou la modélisation de flux d'oiseaux migrants à large échelle.

Les différentes méthodes de collecte de données mobilisées dans MIGRALION, bien que complémentaires, produisent des données de nature hétérogène qu'il n'est pas trivial d'intégrer sans biais si la réalité écologique qu'elles reflètent varie temporellement, spatialement, ou biologiquement (espèces). De fait, il convient de garder en tête lors de l'interprétation des résultats obtenus dans le cadre du lot 6 de MIGRALION, que ces derniers sont représentatifs des données utilisées en entrée du modèle, et pourront être enrichies et améliorées au fur et à mesure que de nouvelles données seront récoltées. Dans cet optique d'amélioration continue des protocoles d'échantillonnage pour fournir des réponses précises et sans biais aux questions abordées dans cette étude, nous avons identifié comme perspectives générales, le besoin de :

- Veiller à la standardisation et interopérabilité des protocoles de collecte
- Diversifier l'échantillonnage en termes d'espèces, de colonies, de lieu de capture et de statuts biologiques (âge, sexe, statut reproducteur)
- D'équiper les espèces peu étudiées et/ou endémiques à la Méditerranée
- De renforcer les coopérations à l'échelle européenne pour encourager le partage de données

Ces travaux ont également permis d'identifier des verrous de connaissances techniques et pistes de recherches à prioriser nécessitant :

- De suivre la traversée de la mer par les migrants terrestres de petite taille
- D'étudier l'utilisation du golfe du Lion par les chiroptères
- D'évaluer et quantifier la détection des cibles par radar, en particulier en mer
- De développer des modèles de sélection d'habitat en 4 dimensions

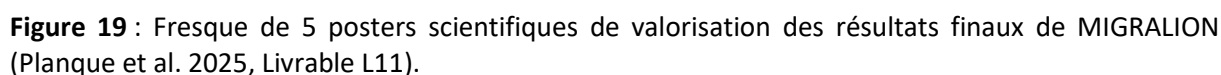
Le travail effectué dans MIGRALION a permis d'enrichir les connaissances sur l'utilisation du golfe du Lion par les oiseaux et d'identifier les perspectives techniques et de recherches associées qu'il convient de mener pour affiner les patrons observés. Une seconde phase urgente s'amorce désormais : celle de l'évaluation concrète de l'impact des futurs parcs sur les espèces, en mettant en place des dispositifs permettant de quantifier les impacts de l'éolien sur l'avifaune et d'en analyser les conséquences sur la dynamique des populations (estimations des risques de collisions avec modèle de Band, évaluation des conséquences potentielles sur les populations y compris par le cumul des parcs (voir projet BIRDYNAMIC), etc).

Dans le cadre du Groupe de Travail Groupe de travail sur les effets cumulés des projets d'énergies marines renouvelables (GT [ECUME](#)) piloté par le ministère chargé de l'environnement et le

ministère chargé de l'énergie, trois projets ont été lancés afin de réaliser une première évaluation de l'impact cumulé des sept premiers parcs éoliens offshore autorisés le long de l'arc Atlantique français sur les oiseaux marins (BIRDRIK, BIRDMOVE, BIRDYNAMIC). Au regard des résultats du programme MIGRALION, il apparaît essentiel de reproduire et d'approfondir ce type de recherches en les adaptant spécifiquement au contexte local du golfe du Lion. Cela implique notamment de tenir compte des potentielles différences d'impact entre les éoliennes fixes et flottantes, et d'élargir l'analyse à l'ensemble de l'avifaune. Les chiroptères, tout comme les oiseaux marins et les grands migrateurs terrestres, sont des espèces à longue espérance de vie, ce qui les rend particulièrement vulnérables à l'implantation d'éoliennes : toute hausse de la mortalité peut avoir des répercussions immédiates et significatives sur la dynamique de leurs populations, il conviendrait donc aussi d'élargir à ce groupe ce type de travaux. Si les oiseaux de plus petite taille présentent des dynamiques démographiques plus rapides, les espèces migratrices connaissent depuis plusieurs décennies un déclin généralisé. La mesure directe des collisions en mer est compliquée car la majorité des carcasses tombent vraisemblablement à l'eau, néanmoins les études menées en mer du Nord suggèrent que le phénomène pourrait être important (Hüppop et al. 2016 ; Brabant et al. 2015). Mieux prédire les impacts des collisions ou de l'évitement des parcs sur la dynamique des populations de ces espèces est donc aussi urgent. Cependant, la modélisation des impacts démographiques sur les migrateurs est pour le moment un défi méthodologique (notamment pour assigner les mortalités aux populations d'origine) qui rend cet objectif inatteignable à court terme.

Pour conclure, mener une évaluation complète et réaliste des effets de l'éolien en mer sur l'avifaune passera par des approches tenant compte de l'ensemble des pressions anthropiques qui s'exercent simultanément sur les espèces. La superposition d'impacts liés à l'éolien en mer, à la pêche industrielle, au trafic maritime, au dérangement à terre, à la pollution lumineuse et plastique, ainsi qu'aux effets du changement climatique, crée un contexte environnemental complexe, où les perturbations ne s'additionnent pas nécessairement, mais peuvent interagir et amplifier leurs effets respectifs. La migration est un phénomène dynamique qui va potentiellement changer dans le futur avec le réchauffement climatique, il sera donc important de poursuivre ces travaux sur le long-terme. Comprendre ces impacts cumulés constitue un défi majeur pour la conservation de l'avifaune, mais aussi une étape incontournable pour garantir un développement durable des énergies marines, fondé sur une connaissance fine des dynamiques écologiques à l'échelle des écosystèmes marins.

Une fresque de cinq posters scientifiques en anglais, réalisée par le lot 2, a été présentée à la Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), en septembre 2025 à Montpellier, France (Planque et al. 2025, Livrable L11). Les posters sont présentés en [Figure 19](#) et sont disponibles en ligne.



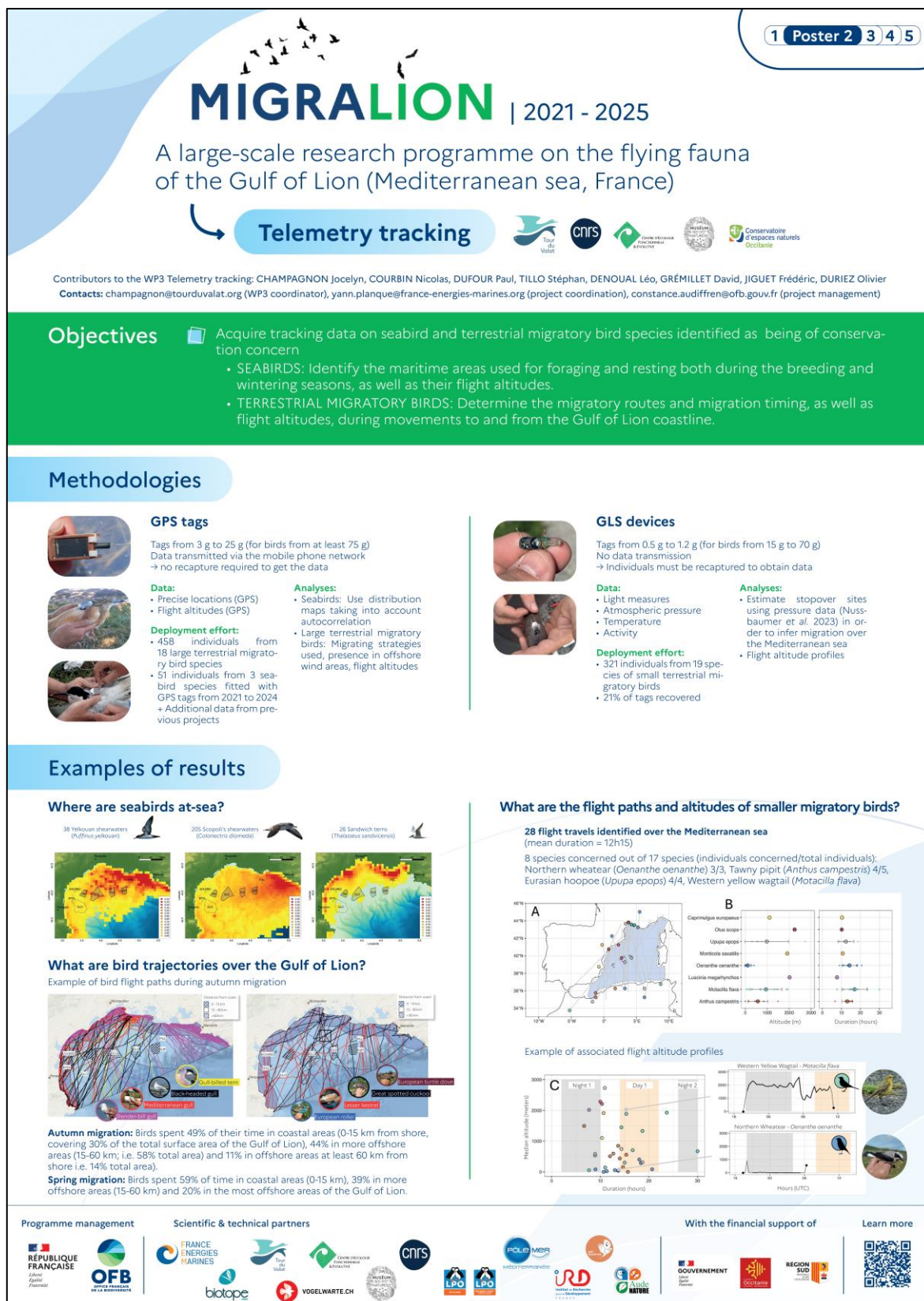


Figure 19 : (suite)

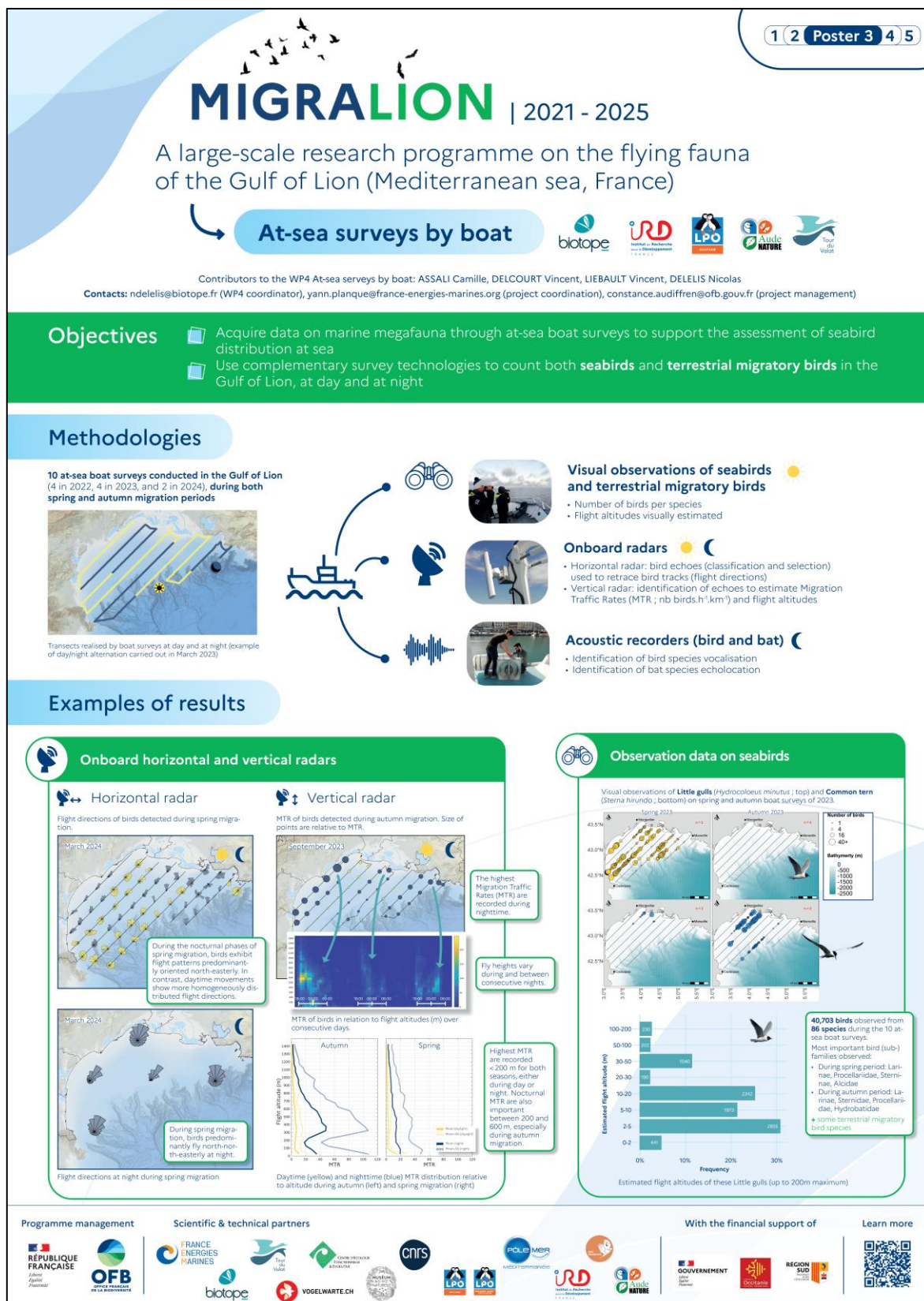


Figure 19 : (suite)

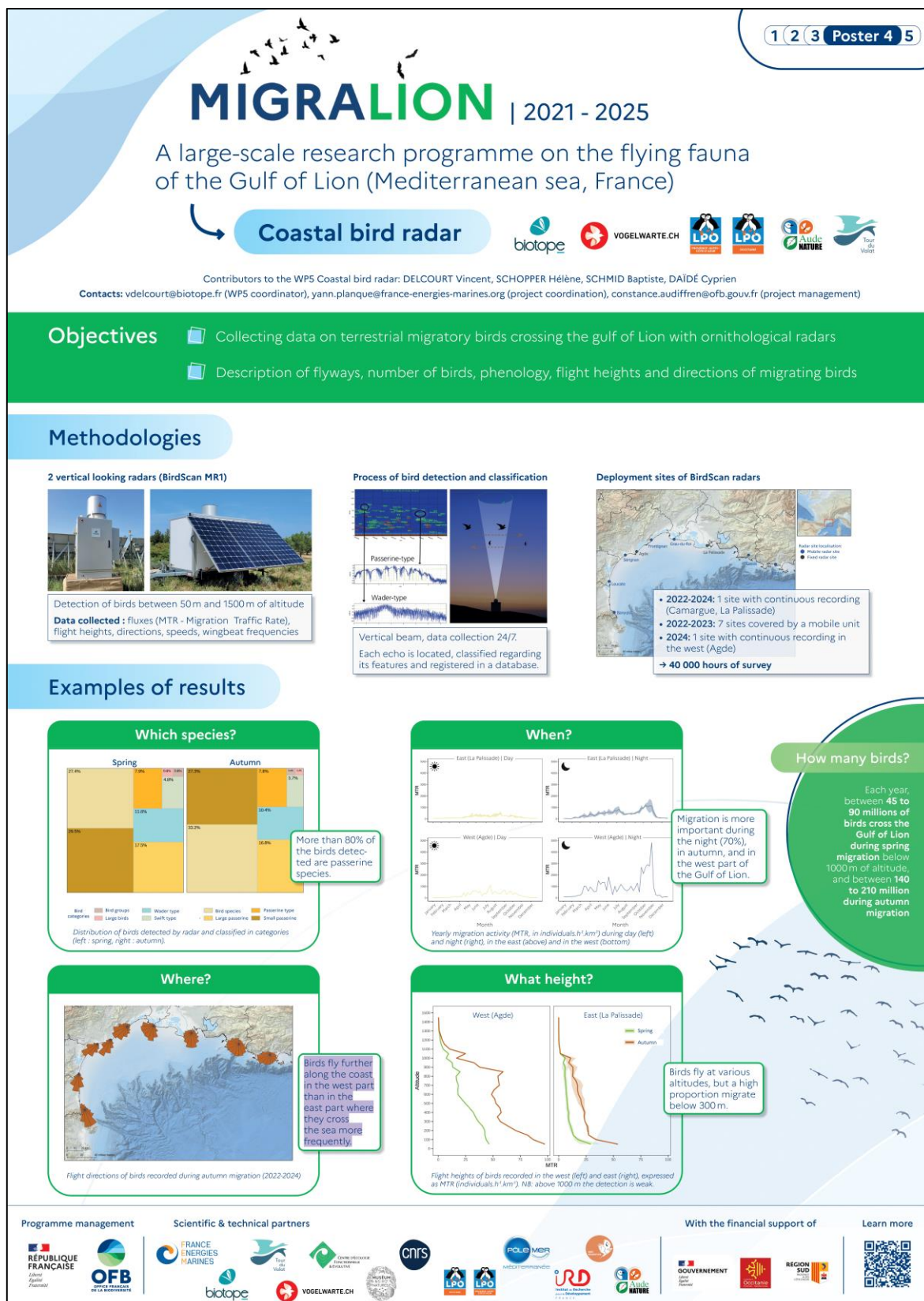


Figure 19 : (suite)

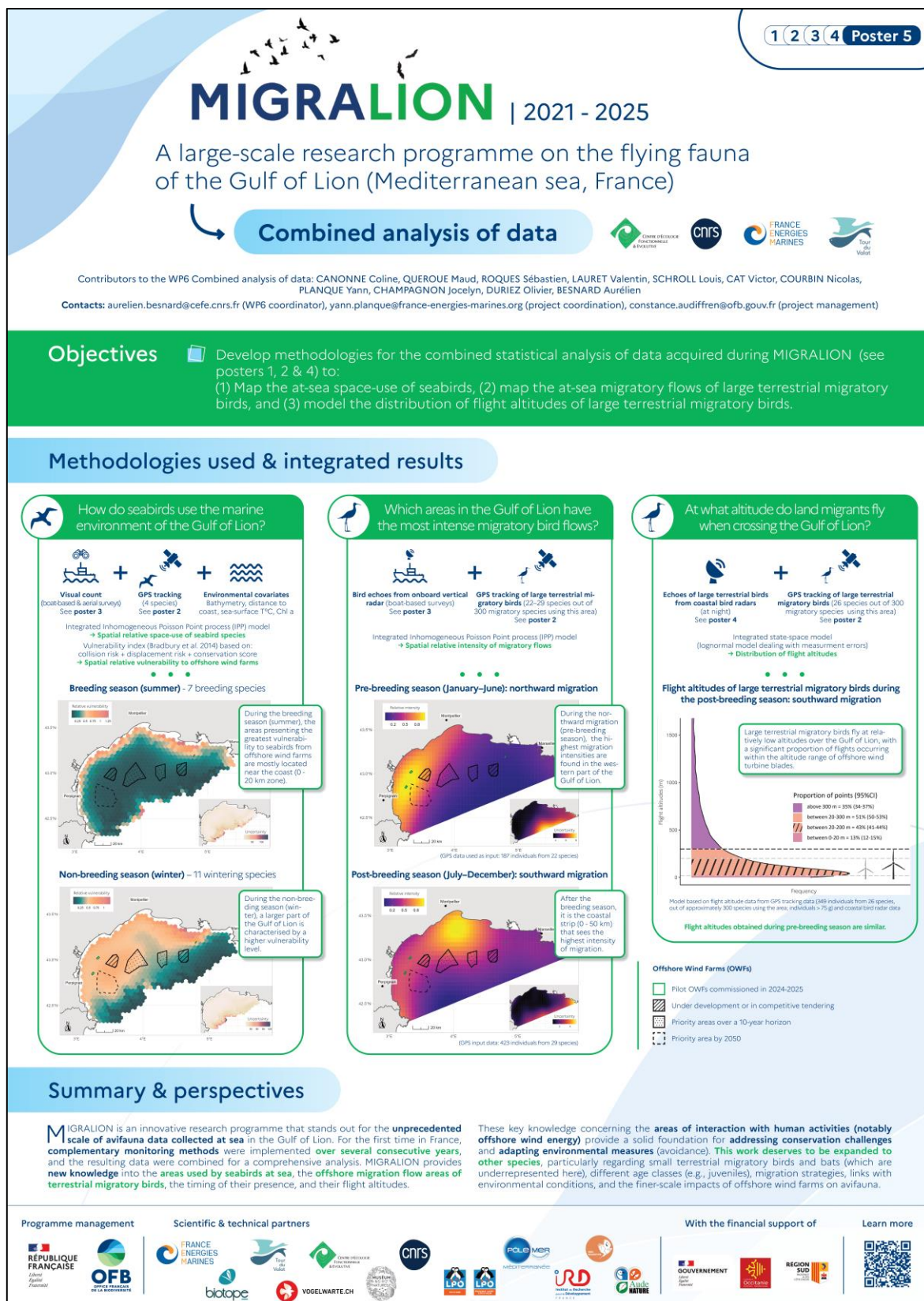


Figure 19 : (suite)

En complément, **un film et un teaser de présentation du programme MIGRALION** ont été réalisés par un prestataire vidéo de l'OFB, sur la base d'un cahier des charges réalisé par le lot 2 « Coordination, expertise et dissémination des résultats du programme » (Livrables L6 et L12). L'ensemble des lots ont pris part au tournage de ces vidéos.

Le film MIGRALION, en français, est diffusé sur le YouTube de l'OFB :

<https://www.youtube.com/watch?v=quAeQRweJyU>



Enfin, **un poster scientifique de présentation des résultats de MIGRALION** a été réalisé, en français (Figure 20) et en anglais (Figure 40), par le lot 2 « Coordination, expertise et dissémination des résultats du programme » (Livable L13), afin d'être utilisé comme outil de communication.

Summary of main results from MIGRALION programme (in English)

This summary corresponds to the English-language executive summaries of the final reports for **WP3**, **WP4**, **WP5** and **WP6** (see previous section *Report objectives (in English)*).

Context and objectives of the MIGRALION programme

Located at the crossroads of major migratory routes for birds, France plays a key role in the migratory movements of birdlife. The Gulf of Lion (French Mediterranean Sea) is a particularly strategic maritime area for both seabirds and migratory terrestrial birds, regularly used or occasionally flown over by millions of individuals from numerous bird species — around 300 migratory species frequent the area.

However, a lack of knowledge regarding seabirds in the Gulf of Lion has been highlighted by the scientific community, nature conservation organisations, natural area managers, and government services. These knowledge gaps concern both migratory terrestrial birds — many species may occasionally cross the sea during pre-nuptial (Northward) and post-nuptial (Southward) migration periods — and seabirds, for which information on their use of the marine environment is often fragmented or poorly documented.

The Gulf of Lion is subject to multiple development projects, notably the expansion of floating offshore wind farms. As part of its multi-annual energy programme (PPE), the French government aims to reach an installed offshore wind capacity (fixed and floating) of around 45 GW by 2050, dedicated to electricity production.

Following the public debate “*La mer en débat*”, which focused on updating the strategic sections of the marine spatial planning documents (DSF) and mapping priority maritime and terrestrial zones for offshore wind development, the government outlined the designated offshore wind development areas. These details were published in the Journal Officiel de la République Française on 18 October 2024 (https://www.legifrance.gouv.fr/download/file/Jb5GEIw-_g4nOgkwvqUCu6yplGEb0Xgie4-T-nS53g=/JOE_TEXTE).

In the context of offshore wind farm development in the Gulf of Lion, it has become essential to improve knowledge of both marine and migratory terrestrial birdlife in this region. This includes understanding migratory flows and the functional use of marine areas, whether by resident species, transient individuals, or those present during part of their annual biological cycle. Acquiring this knowledge is crucial for anticipating potential impact zones linked to these new uses.

A study was carried out to identify the key issues related to knowledge acquisition (see [Figure 21](#)). To address these, the French Biodiversity Agency (OFB) launched the MIGRALION programme in 2021, scheduled to run for four years, with three consecutive years dedicated to data collection.

The objectives of MIGRALION are to gather knowledge on:

- The maritime areas of the Gulf of Lion used by seabirds;
- The main migratory corridors (most intense flows) of terrestrial migratory birds in the Gulf of Lion;
- The flight altitudes of seabirds and terrestrial migratory birds over this maritime area;
- The phenology of sea-based migrations;
- The flight characteristics of birdlife at sea.

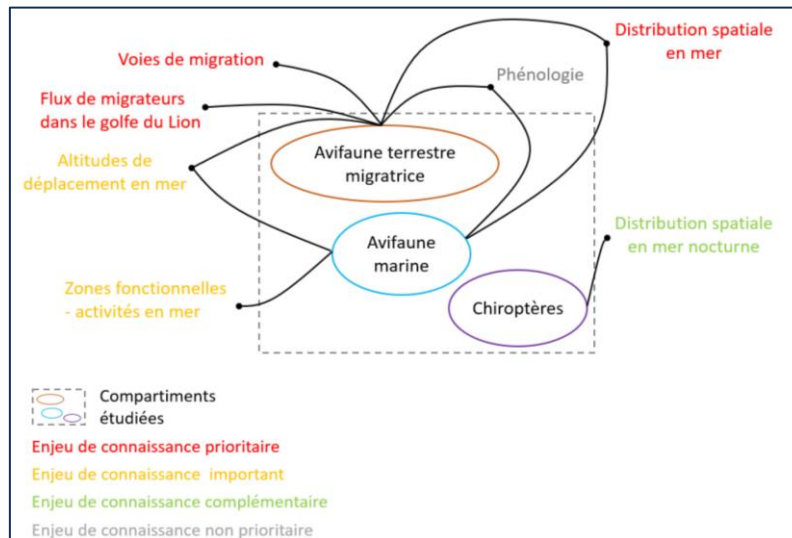


Figure 21 : Knowledge needs identified prior to the implementation of MIGRALION concerning the compartments “terrestrial migratory birds”, “seabirds”, and “bats”, and the prioritisation of these knowledge issues.

MIGRALION relies on a wide range of human and technical resources mobilised to acquire new knowledge: land-based visual observations, bird ringing, telemetry tracking, offshore campaigns (visual observations, onboard radar and acoustic monitoring), as well as ornithological radar monitoring along the coast. The added value of the programme also lies in the combination of these datasets and in a comprehensive integrated analysis to address scientific questions.

The programme is structured around six work packages, including one dedicated to the state of existing knowledge (WP1), one for coordination (WP2), three focused on data acquisition (WP3, WP4 and WP5), and one dedicated to integrated analysis (WP6):

- **Work Package 1:** Literature review, data inventory, and data accessibility management
- **Work Package 2:** Coordination, expert input, and dissemination of programme results
- **Work Package 3:** Telemetry of migratory terrestrial birds and seabirds
- **Work Package 4:** Offshore campaigns by boat
- **Work Package 5:** Coastal ornithological radar monitoring
- **Work Package 6:** Development of methods for analysing the various datasets produced within the programme and from other related projects

Each work package of the programme was the subject of a public tender issued by the French Biodiversity Agency (OFB). The implementation of actions within each package was based on the delivery of various outputs throughout the duration of the programme.

The consortium selected to carry out the programme's activities is schematically presented in the Figure 22. It is composed of research institute laboratories, environmental consultancy firms, and naturalist associations, all of which are experts in the relevant thematic areas.

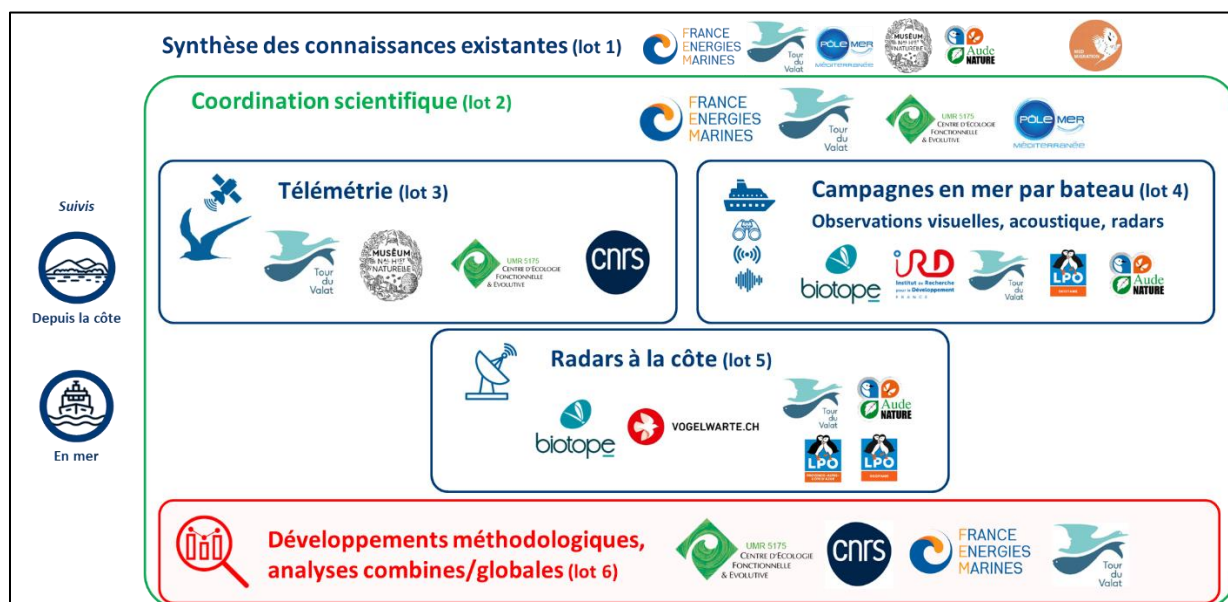


Figure 22 : Composition of the MIGRALION programme consortium (2021–2025).

MIGRALION is a pioneering programme in terms of the scale of data collected on seabirds in the Gulf of Lion. For the first time in France — and specifically in the Gulf of Lion — **complementary bird monitoring methods** have been implemented **over several consecutive years**, with the resulting data then **combined for integrated analysis**. The aim of this knowledge acquisition is to inform the implementation of public policies for the conservation of species and their natural habitats, in order to better assess and manage interactions between these species and human activities.

All deliverables, as well as raw and pre-processed datasets, are intended to be made publicly available.

The total budget allocated for the project is €4.2 million.

MIGRALION is funded by the French Biodiversity Agency (OFB), the *Direction Générale de l'Énergie et du Climat* (DGEC), the *Direction de l'Eau et de la Biodiversité* (DEB), the Occitanie Region, and the Sud Region.

WP3: Telemetry tracking of terrestrial migratory birds and seabirds

This section corresponds to the abstract of the final analysis report for Work Package 3 (Champagnon et al. 2025, Deliverable L19).

To meet the challenges of the MIGRALION program, telemetry, the subject of **WP3**, involves tagging birds with miniaturized tags. These instruments enable data to be obtained on the individual movements of seabirds and terrestrial migratory birds as they pass through the Gulf of Lion. Forty species have been fitted: three marine species, 12 wetland species, and 25 terrestrial migratory species, including three species of raptors and 17 passerines. The 3 species of seabirds and 19 species of land birds weighing more than 75 g were equipped with GPS-GSM devices allowing high acquisition frequency and data transfer via the telephone network without the need to recapture the individuals. These tags are powered with solar panels and collect positions at intervals ranging from 5 minutes to 1 hour, depending on the battery charge level. For the 18 small migratory birds, tracking of these species was based on the use of geolocators (GLS) that store information on light, atmospheric pressure, and bird activity, which, after analysis, make it possible to identify the phases of active migration flight over the Mediterranean Sea and flight altitudes. This information is obtained by recapturing the same individual after its migration.

Between 2021 and 2024, a total of 824 individuals were tagged and tracked. Data from other telemetry programs supplemented this dataset. Given that some birds did not transmit sufficient relevant data, data from 673 individuals from 41 species were analysed and the results are presented below.

1. Seabirds

The results from 269 seabirds fitted with GPS tags highlight a significant spatial overlap between the area used by Yelkouan shearwaters and Scopoli's shearwaters with the pilot floating wind turbines and future areas dedicated to floating wind farm development. The sandwich tern is more coastal and will probably interact with the pilot wind turbines but not so much with the future areas identified. In addition, the area off the Gulf of Fos, the Rhône delta, and the Camargue are widely used by the three species studied here and represent areas of significant potential conflict for the conservation of these species. Depending on the birds' reaction, the loss of functional habitats could be significant. It is essential to continue telemetric monitoring of the pilot wind turbines after installation in order to study the birds' reaction following the establishment of offshore wind farms.

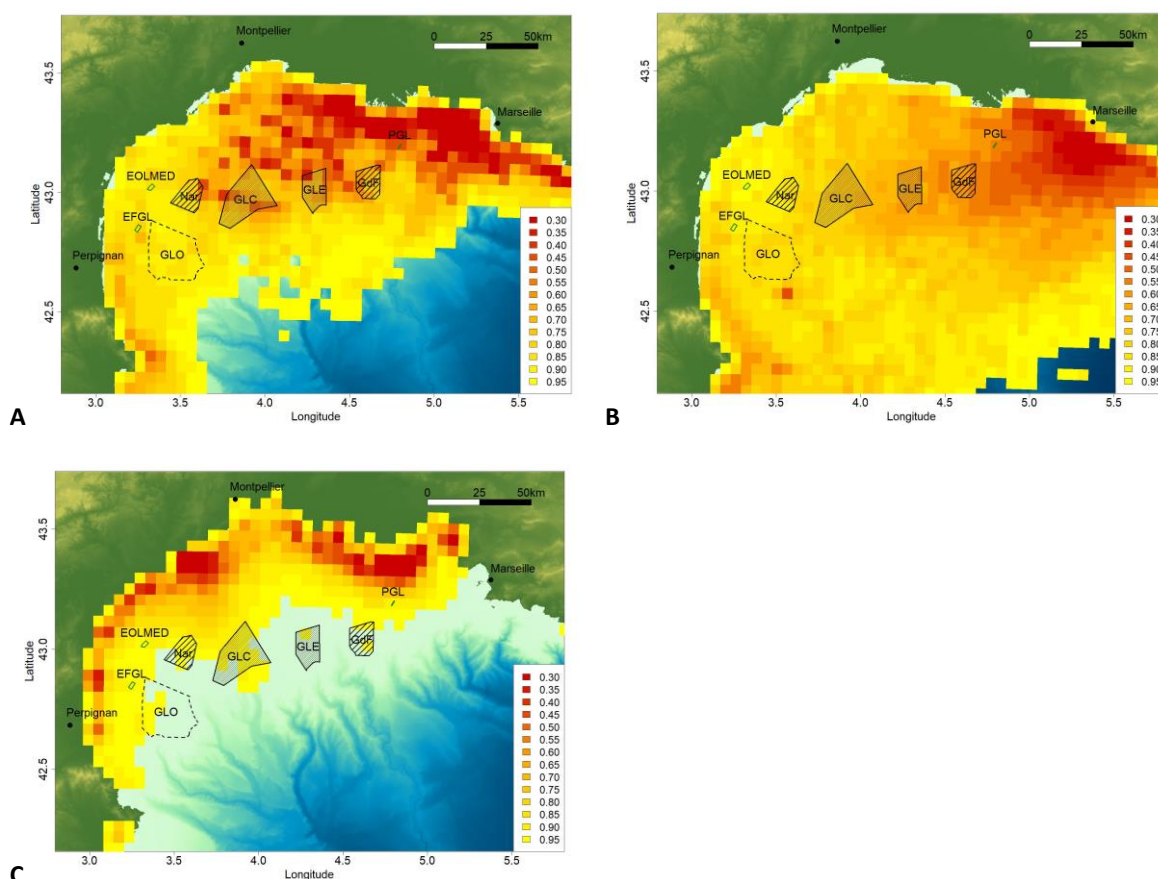


Figure 23 : Distribution d'utilisation (A) des puffins yelkouans, (B) des puffins de Scopoli et (C) des sternes caugek dans le golfe du Lion.

Marine conditions have little influence on the flight heights of the seabirds studied, although we found significant effects of wind speed and wave height on flight heights. Yelkouan shearwaters and Scopoli's shearwaters fly 95% of the time below 3 m, i.e. below the blades of the wind turbines, regardless of wind speed (and wave) conditions, regardless of the relative direction of the wind. The risk of collision is virtually zero for these species. In contrast, terns fly much higher (17% of the time above 22 m) and are potentially at high risk of collision. It is necessary to study in detail the behaviour of terns in the vicinity of wind turbines, which may also be attracted to these marine structures to rest.

2. Large terrestrial birds tracked by GPS

589 large terrestrial migratory birds were fitted with GPS devices as part of MIGRALION or by partners. The proportion of flights over the Gulf of Lion by species averaged 74%, with variations between 33% of flights for the great spotted cuckoo (n=24) and 100% of flights for the squacco heron (n=18), the collared pratincoles (n=4), the avocet (n=13), and the turtle dove (n=15). Different strategies have been identified for crossing the Gulf of Lion. During postnuptial migration, 51% of individuals head south over the open sea. This applies in particular to the squacco heron, the dotterel, the collared pratincole, the slender-billed gull, and the European roller. Twenty-nine percent of flights cross the Gulf of Lion diagonally from the Camargue to Spain. This strategy mainly concerns black-headed gulls, gull-billed terns, and glossy ibises. Finally, 15% of flights follow the coastline, such as Mediterranean gulls. During the pre-nuptial migration, less data was collected, however, the main strategy for flying over the Gulf was the "diagonal" route from Spain to the Camargue (53%), mainly for six species including the purple

heron, great spotted cuckoo, sandwich tern, glossy ibis, pied avocet, and turtle dove. The second strategy of direct flight over the sea (24%) mainly concerned the roller, the pratincole, and the slender billed gull. Finally, 22% of flights followed the “coastal” strategy, used mainly by the black-winged stilt.

Flight heights are only briefly examined here because the data were incorporated into the final modelling for [WP6](#). However, most species fly below 300 m, at height of the blades. Analysis by species in the planned wind farm development areas shows that during postnuptial migration, 11 species from all families flew below 300 m. During pre-nuptial migration, nine species flew below 300 m (black-headed gull, collared pratincole, black-winged stilt, greater flamingo, turtle dove, slender-billed gull, Mediterranean gull, Eurasian spoonbill, and glossy ibis).

Using telemetry data from 121 postnuptial migratory flights of 15 species of large birds tracked with GPS, it was shown that flight strategies over the Gulf of Lion are diverse and depend not only on the ecology or morphology of the species but also on environmental conditions at the time of departure. Thus, the strategy of flying along the coast at low altitude (< 500 m) is favoured when the wind blows from the east before departure. The strategy of flying southeast to reach Sardinia or Tunisia is favoured by strong winds before departure. Finally, a drop in temperature 24 hours before departure favours long flights of around 20 hours, directly over the sea.

3. Small terrestrial birds tracked with geolocators

Of the 315 devices deployed on 19 different species of small migratory birds, 66 GLS devices from 17 species were recovered. Among all the flights and trajectories analysed, we were able to identify 28 flights corresponding to sea crossings of the Mediterranean Sea, but only in 8 of these species. This distribution suggests that some species are potentially more inclined than others to migrate over the sea. This is the case, for example, with the northern wheatear (3 individuals that crossed the sea out of 3 GLS recovered) or the tawny pipit (4 individuals that crossed the sea out of 5 GLS recovered) or the yellow wagtail (four individuals crossed the sea out of five GLS recovered).

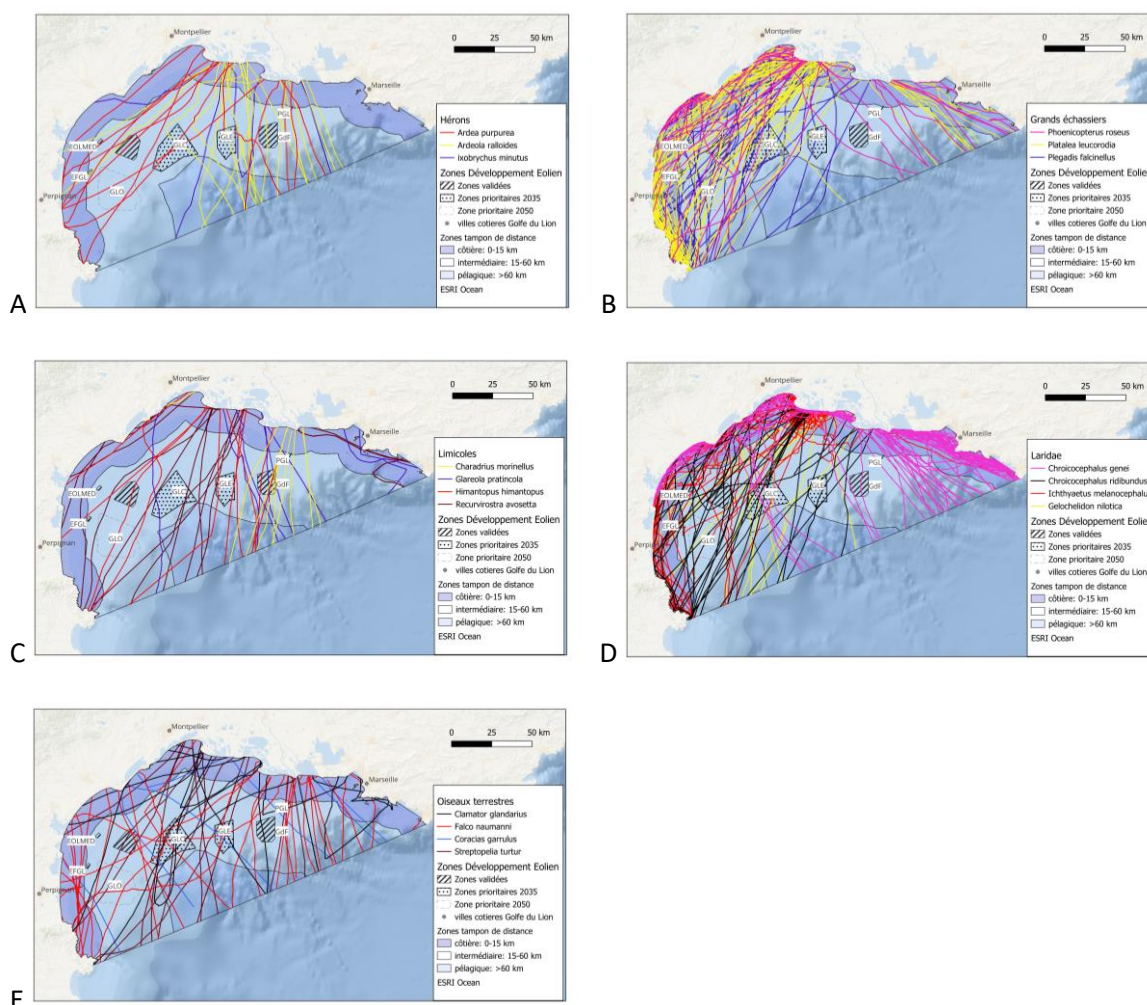


Figure 24 : Trajectoires de migration dans le golfe du Lion pour 5 groupes d'espèces: A. Hérons (héron pourpré, crabier chevelu, blongios nain), B. Grands échassiers (flamant rose, spatule blanche, ibis falcinelle), C. Limicoles (pluvier guignard, glaréole à collier, échasse blanche, avocette élégante), D. Larides (goéland railleur, mouette rieuse, mouette mélanocéphale, sterne hansel), E: Oiseaux terrestres (coucou-geai, faucon crécerellette, rolrier d'Europe, tourterelle des bois). Les directions de vol Nord-Sud et Sud-Nord ne sont pas distinguées.

With regard to flight altitude, it was observed that ten of the 28 crossings (36%) took place at a median altitude of less than 500 metres above sea level. More specifically, northern wheatears flew at an average altitude of 112 ± 137 m ($n = 5$ flights), while tawny pipits flew at an average altitude of 572 ± 455 m ($n = 8$ flights). These altitudes are particularly low compared to those generally observed in small migratory birds when flying over land or other types of ecological barriers such as deserts.

In addition, a clear trend towards lower altitudes during the day was observed in individuals that continued flying beyond nightfall. Birds that travelled the first part of their migratory flight at night at a certain altitude then descended to lower altitudes, closer to sea level, to complete their migration.

Despite the limited number of samples, these results are unique in that they offer one of the first detailed insights into sea crossings by small migratory birds. The fact that a significant proportion of long flights across the Mediterranean take place at altitudes of less than 500 metres places these birds at the height of the blades of the wind turbines. This risk is particularly concerning in spring, when

birds are heading north. If the crossing cannot be completed in a single night, individuals would find themselves at very low altitude during the day, prolonging their flight at the height of the blades.

4. Conclusion

New data was obtained as part of the MIGRALION telemetry batch. A wide range of bird sizes were tagged, from 12g common redstarts to flamingos weighing over 4kg, in order to gain knowledge about the crossing of the Mediterranean Sea by as representative a sample as possible of migratory and seabirds. The data obtained was analysed in greater depth in [WP6](#), supplemented by additional telemetry data sets from other species and incorporating data sets from observations during sea campaigns ([WP4](#)) and coastal radars ([WP5](#)WP5: Coastal bird radar).

Although the dataset covering 40 species remains modest compared to an estimated 300 species of migratory birds in the region, a number of species had never been tagged before and new information was obtained on their passage at sea. Examples include the collared pratincole, the squacco heron, the dotterel and the yellow wagtail.

In the context of increasing human activity at sea, particularly floating wind farms, it would be appropriate to increase the number of species equipped in order to be more representative of the migratory bird guild, especially the small birds that are underrepresented. Our results show that both large and small migratory birds frequently fly within the reach of the blades of planned wind farms. Spatial data on the flight height of large birds, whether migratory or seabirds, suggest a risk of probable direct (collision) or indirect (avoidance) interactions with projects currently under development. Spatialised data on the flight height of birds weighing less than 75g is crucial for identifying areas of interaction between these small birds and future offshore wind farms.

It would be particularly interesting to repeat capture and telemetry tracking campaigns on the same species once the first wind farm has been established, in order to understand whether the birds change their behaviour in response to these new elements in the landscape. Bird migration is a dynamic phenomenon and species can quickly change their behaviour in light of new obstacles, changes in the availability of stopover sites, or changes in environmental variables, potentially invalidating in the future some of the conclusions stated here.

The prospects for this work could consist to take into account the cumulative effects of wind farms (GT ECUME) on migratory bird populations by aiming, on the one hand, to quantifying the mortality rate caused by these new obstacles and, on the other hand, to study the demographic consequences for populations as addressed by the BIRD RISK, BIRDMOVE and BIRD DYNAMIC studies for seabirds.

WP4: Boat-based surveys

This section corresponds to the abstract of the final analysis report for Work Package 4 (Assali et al. 2025, Deliverable L25).

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.

1. 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.

2. Sampling design

At-sea data acquisition within **WP4** 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 (Figure 25). 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

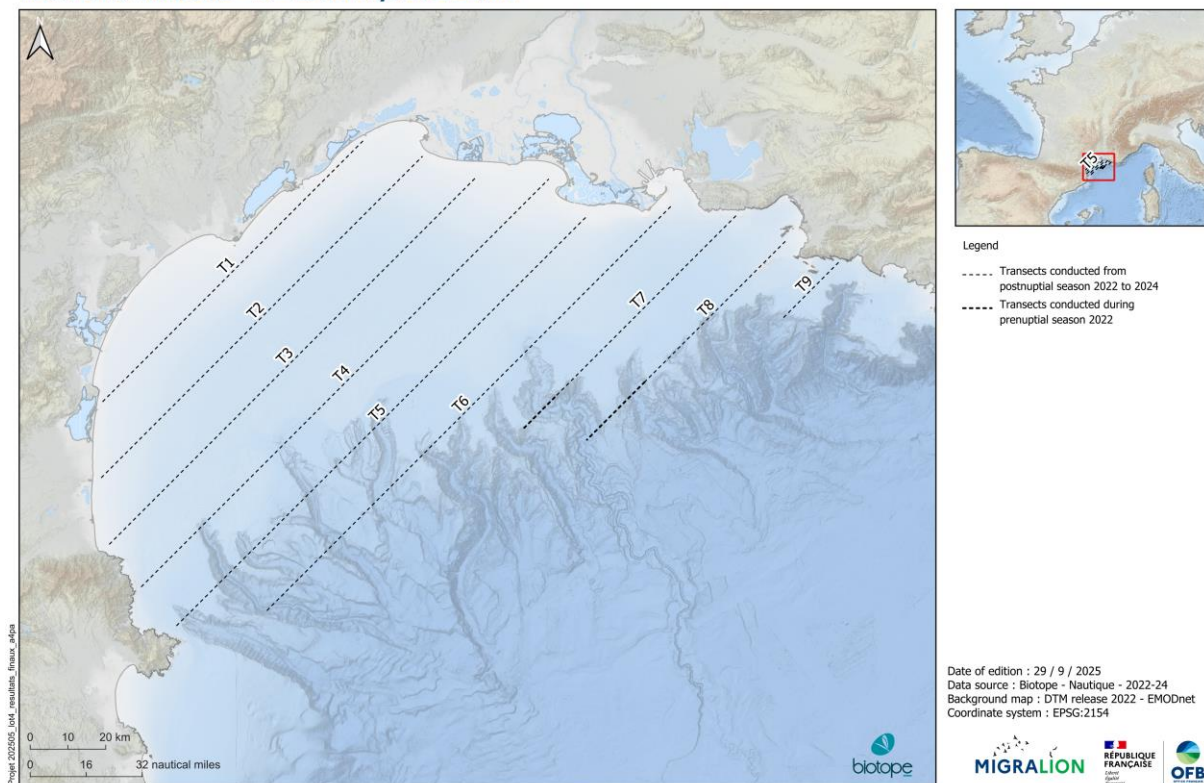


Figure 25 : Spatial sampling plan for boat-based surveys in the Gulf of Lion.

3. 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 [WP5](#)).

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: 2-4 km) 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 1450-1500 m was put apart from analysis due to important erosion of detections at the edge of the radar disk, and migration flows beyond 1000 m 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.

4. 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. 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 26).

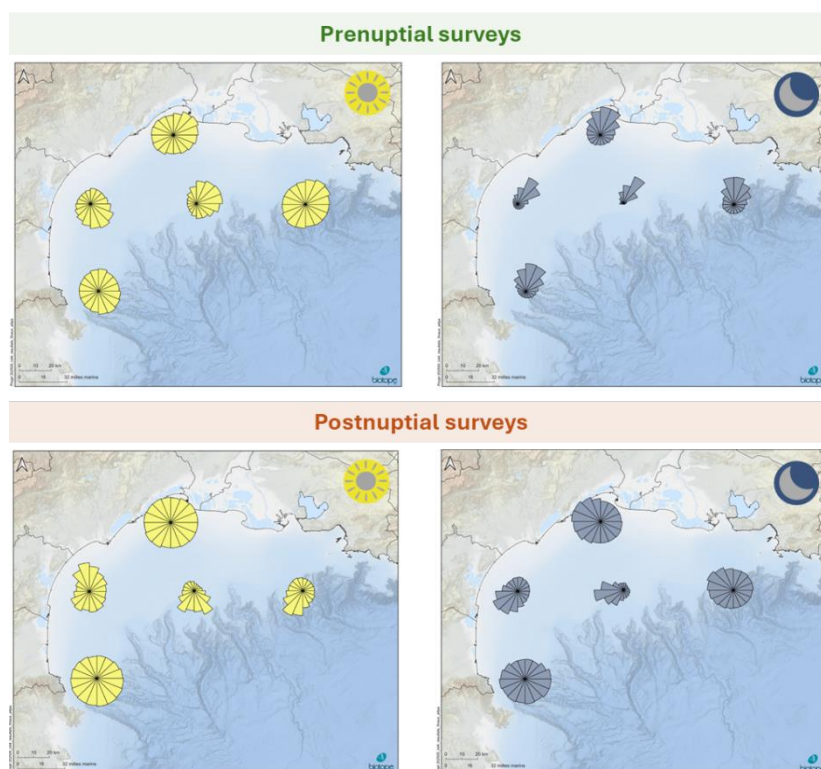


Figure 26 : Distributions of bird tracks direction obtained with horizontal radar during prenuptial at-sea surveys (top), and postnuptial surveys (bottom), distinctly during day (left) and night (right).

If diurnal movements were mainly recorded at lowest altitudes whatever the migratory season (Tableau 2), 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.

Tableau 2 : 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%

5. Conclusion and outlooks

At-sea surveys conducted within **WP4** 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.

WP5: Coastal bird radar

This section corresponds to the abstract of the final analysis report for Work Package 5 (Delcourt et al. 2025, Deliverable L31).

1. Introduction

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

2. Method

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

Each detection includes information such as flight altitude, direction, speed, echo characteristics, and wingbeat frequency. This data is used to classify birds into broad categories (e.g. small and large passerines, waterbirds, large birds, flocks, etc.) (cf. [Figure 27](#)).

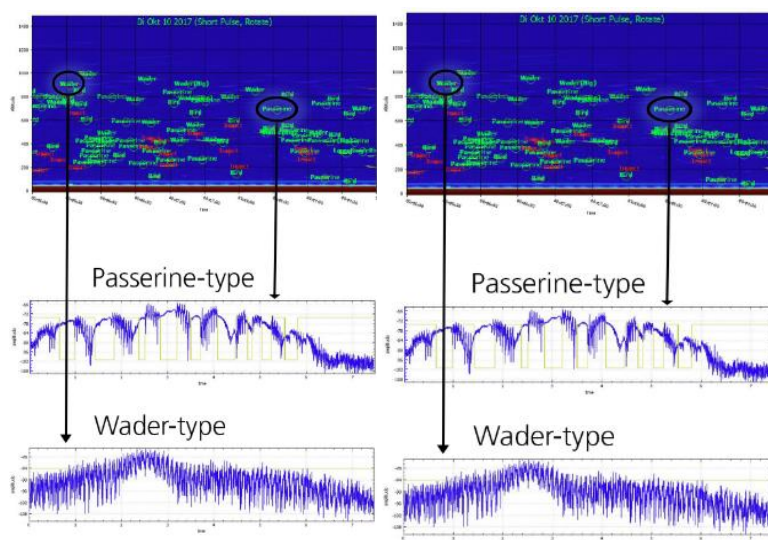


Figure 27 : BirdScan MR1 radar operating diagram (detection and classification).

To study migratory flows within the Gulf of Lion, monitoring was conducted using two radar units positioned along the coastline. In 2022 and 2023, the decision was made to prioritise spatial coverage by monitoring seven sites across the Gulf, with each site undergoing seven consecutive days of data acquisition, repeated twice per season (two sessions during spring migration and two during fall

migration). This monitoring was carried out using a radar system installed in a self-sufficient and easily transportable trailer.



Figure 28 : Equipment deployed for bird radar tracking on the coast. On the left, the mobile radar unit and on the right, the stationary radar installed at the Domaine de la Palissade (Camargue).

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

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

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

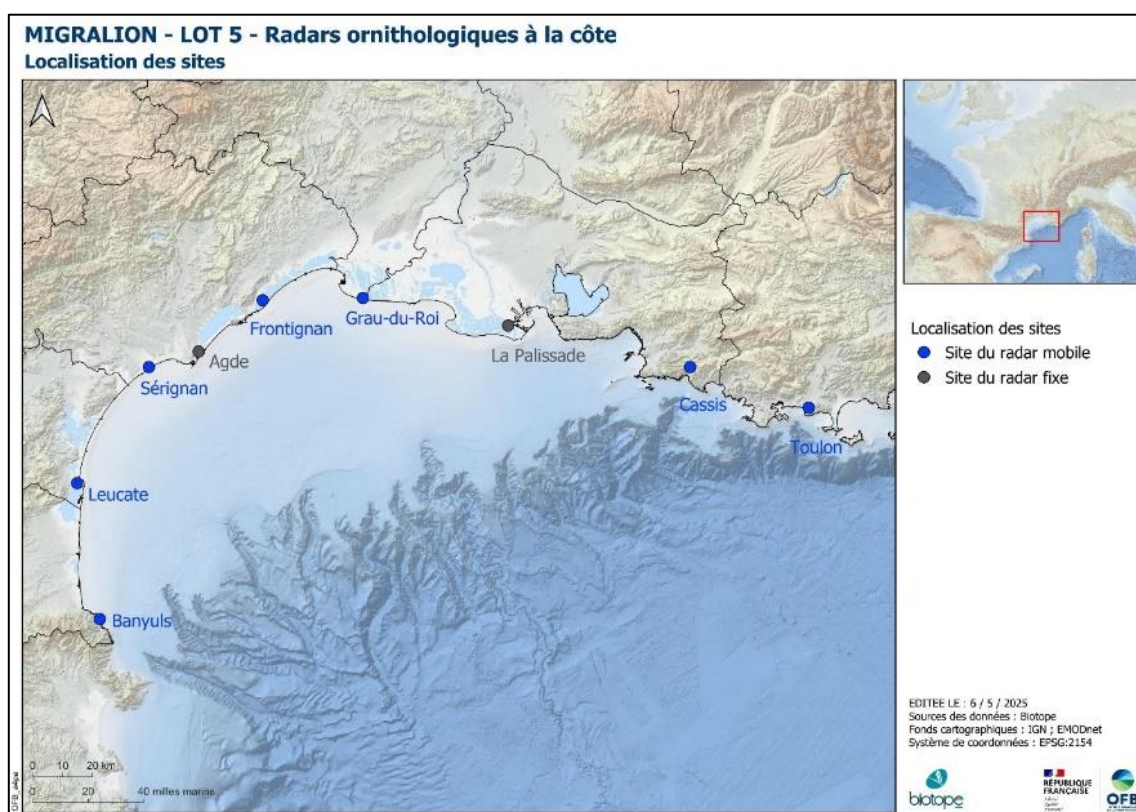


Figure 29 : Coastal radar tracking sites: in blue, stations tracked by mobile radar (2022–2023); in grey, stations tracked by stationary radar (La Palissade 2022–2024, Agde 2024).

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

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

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

3. Results

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

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

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

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

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

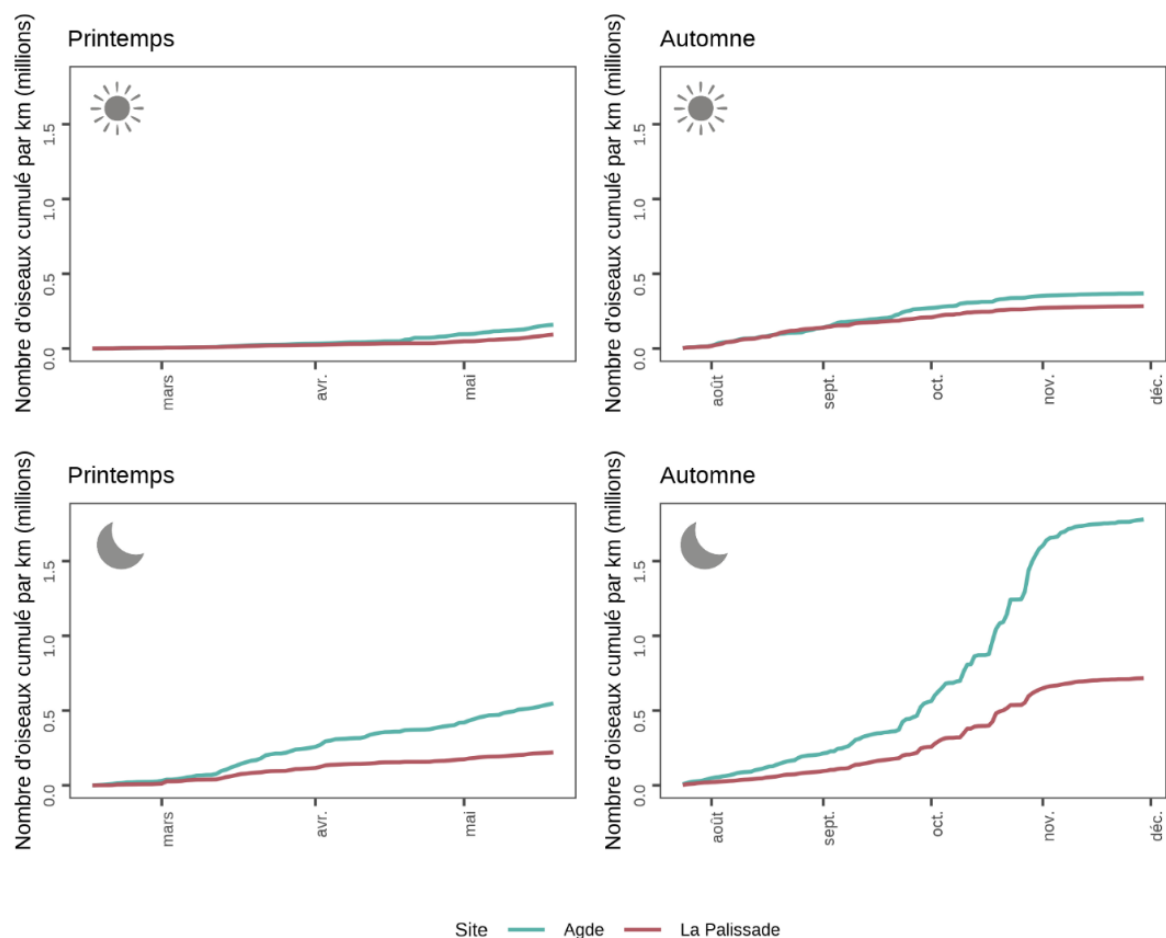


Figure 30 : Cumulative number of birds (per kilometre) by season (spring on the left, autumn on the right) in 2024, comparing the La Palissade site (pink) and the Agde site (blue). The upper graphs represent daytime movements, while the lower graphs represent night-time movements.

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

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

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

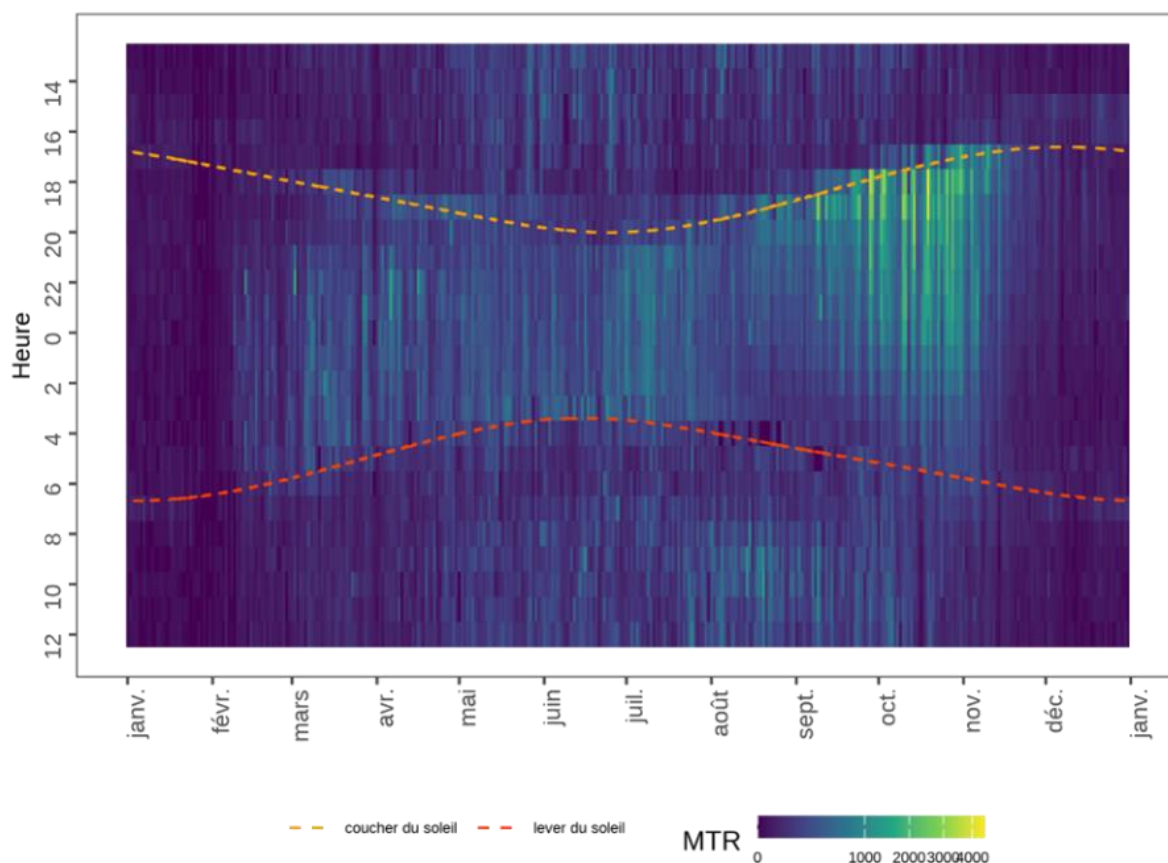


Figure 31 : Heat map showing hourly and daily fluctuations in numbers of birds detected per kilometre (average over the three years) at La Palissade. The orange and red curves indicate sunset and sunrise, respectively.

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

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

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

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

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

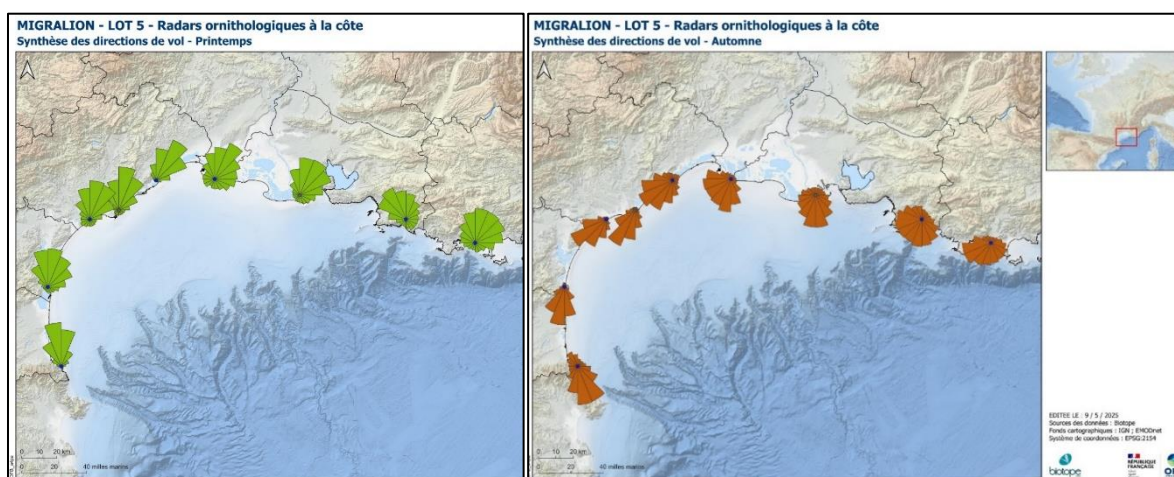


Figure 32 : Synthesis of flight directions (spring on the left, autumn on the right).

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

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

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

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

WP6: Development of methods for analysing the data acquired through the programme and derived from external other projects

This section corresponds to the abstract of the final methodological and analysis report for Work Package 6 (Canonne et al. 2025, Deliverables L36 & L37).

1. Background and research questions

The Mediterranean Sea is home to a rich diversity of marine species and serves as a major corridor for many migratory species traveling between their wintering and breeding grounds. For several decades, the Gulf of Lion has faced a significant increase in human pressures: tourism development, urbanization, fishing, maritime traffic, and nautical recreation, all compounded by the effects of climate change, which are profoundly altering marine ecosystems. In this context, the current planning of floating wind farm projects in the Mediterranean, particularly in the Gulf of Lion, raises important questions about the potential impacts of these infrastructures on the area's ecological dynamics and the species that inhabit it. To achieve sustainable ecological planning of these projects, it is essential that part of the decision-making process is based on a solid understanding of how seabirds and migratory birds use the space.

To date, no technology has been able to collect all the information required to accurately describe the use of the Gulf of Lion by avifauna in four dimensions (longitude, latitude, altitude and time) over an area as large as the Gulf of Lion. The objectives of **WP3**, **WP4** and **WP5** of MIGRALION were to deploy different technologies to collect complementary information to describe Mediterranean migration and the use of the Gulf by seabirds. However, taken independently, these data only provide partial information on the use of the Gulf by avifauna, as each method has its own limitations. The aim of **WP6**, presented in chapter 6 of the extended MIGRALION report (Canonne et al. 2025), and summarized below, was to develop methodologies for the combined processing and statistical analysis of data acquired by the resources deployed in **WP3**, **WP4** and **WP5**, and to apply them to the data collected in order to answer the following questions:

1. How do seabirds use the marine environment of the Gulf of Lion?
2. Which areas in the Gulf of Lion have the most intense migratory bird flows?
3. At what altitude do land migrants fly when crossing the Gulf of Lion?

In each section, we present the results of these analyses and discuss the implications of the knowledge gained for the planning of wind farms and the assessment of their potential impacts on avifauna.

For the first two questions, when we refer to relative use of space, we mean the distribution of the intensity of use of a territory by individuals of a population, species, or group of species (terrestrial migrants), compared between different areas of the study area. It expresses which portions of space are used more or less frequently, without providing absolute values for density or time spent.

2. How do seabirds use the marine space in the Gulf of Lion?

We developed a statistical model that incorporates, in the same analysis, data from counts at sea and locations obtained by GPS ([Lauret et al., 2025](#); [Figure 33](#)). This statistical model breaks down into two compartments, linked via the parameters of the response curves to environmental variables, and

allows us to correct for imperfect detection of individuals during counts. A first sub-model estimates how many birds are present in each grid cell based on count data, while the second sub-model analyzes how these animals use their environment based on their GPS-recorded movements. Finally, the relative use of the study area predicted by the model is mapped, and its representation is accompanied by a measure of uncertainty (coefficient of variation) for each grid cell. In a final step, the predicted relative use of each species is weighted by a coefficient of vulnerability to wind power, to produce a synthetic map of relative vulnerability in the study area.

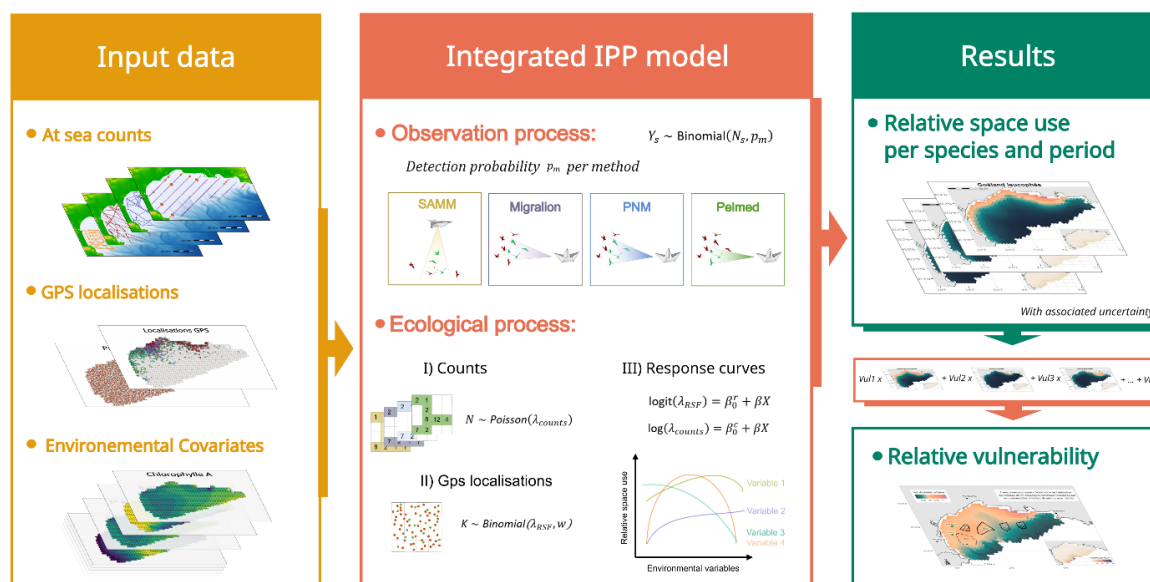
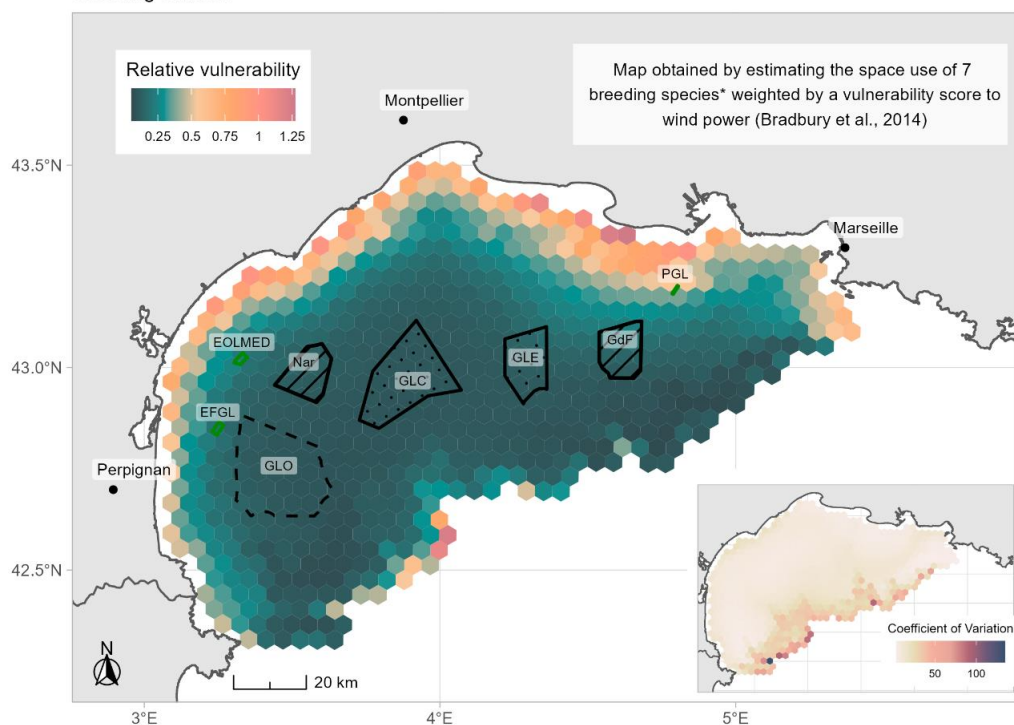


Figure 33 : Integrated modeling of the relative use of the Gulf of Lion by seabirds.

The combination of at-sea visual count data from four programs (MIGRALION [WP4](#), PELMED, Parc Naturel Marin du golfe du Lion, SAMM) has enabled us to draw up maps of relative use of the Gulf of Lion for eight seabird species (or groups of species) in the breeding season, and twelve species in the winter season. These are the most common species in the Gulf of Lion, among the 25 species of seabirds regularly present in winter and the dozen present during the breeding season. The few species not considered in the analysis are either quite rare or very coastal. All these species are protected in France, and some, such as the Balearic shearwater and the Atlantic puffin, are considered critically endangered. Furthermore, France has a particular responsibility towards the Yelkouan shearwater, which is strictly endemic to the Mediterranean. These data were then combined with GPS tracking locations ([WP3](#) MIGRALION + external programs) for four breeding species, including three wintering species.

Relative vulnerability of seabirds to wind power in the Gulf of Lion

Breeding season



Relative vulnerability of seabirds to wind power in the Gulf of Lion

Non-breeding season

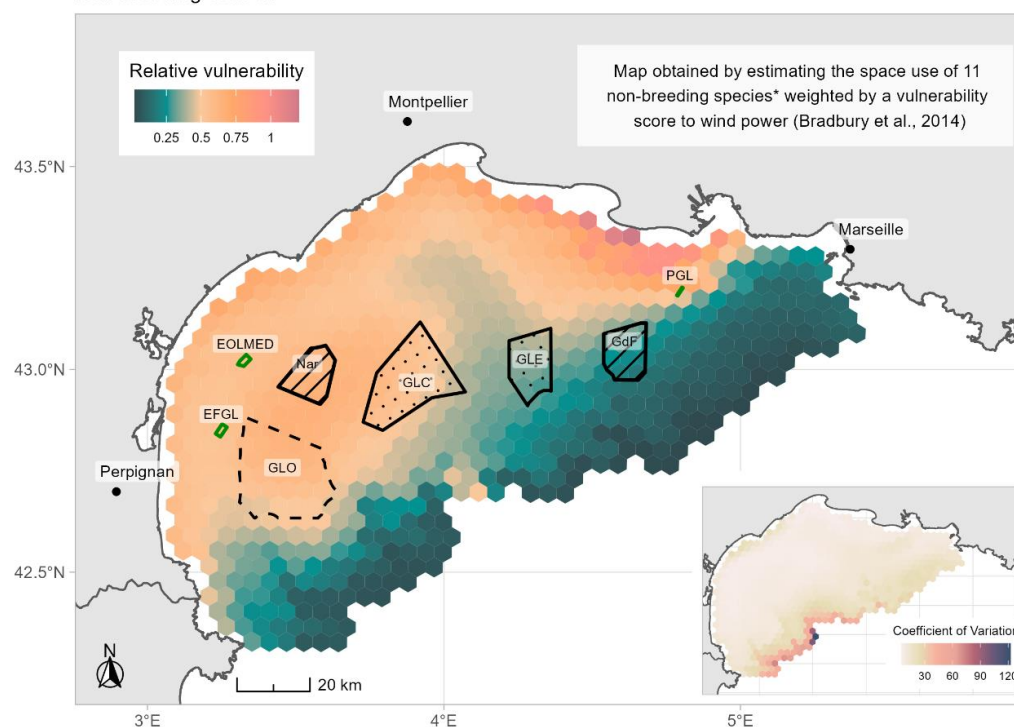


Figure 34 : Map showing the vulnerability of seabirds to wind farm projects in the Gulf of Lion and the associated uncertainty (bottom right), on top during breeding season, on the bottom outside breeding season. These maps are based on models using data acquired between 2022 and 2024.

Maps showing the vulnerability of seabirds to wind turbines reveal contrasting levels of vulnerability within the Gulf of Lion. While during the breeding season, the areas of highest relative risk are mainly located close to the coast, outside the breeding season there are also areas further offshore, particularly to the west of the Gulf. It is important to note, however, that the wind-risk vulnerability maps presented here do not provide an exhaustive assessment of the sensitivity of all seabird species frequenting the Gulf of Lion, but do offer an initial approach, incorporating a significant proportion of the species most regularly observed in the area. These maps therefore provide a useful basis for spatial planning of offshore wind farms and environmental assessments. They can be refined and enriched as new data are acquired, enabling us to take fuller account of the specific diversity and spatio-temporal dynamics of seabird populations.

3. Which areas in the Gulf of Lion have the most intense migratory flows?

Through collaboration between the MIGRATLANE and MIGRALION programs, we have built a model for spatializing migratory flows (Figure 3), combining data from the vertical radar onboard the MIGRALION **WP4** sea campaigns (weighted by data from the BirdScan-type ornithological radars deployed in **WP5**), GPS telemetry data collected as part of MIGRALION **WP3** and GPS telemetry data from external research programs.

The statistical model is used to estimate relative migration intensity within the Gulf of Lion. The model is divided into two compartments, linked by response function parameters relating relative migration intensity to geographic coordinates (longitude and latitude). A first sub-model estimates how many birds are present in each transect cell based on radar echoes, while the second sub-model analyzes how these animals use space based on their GPS-recorded movements, then extrapolates to the whole area based on these links to longitude and latitude. Finally, we compared migratory intensity distributions within the areas considered for wind farm development with the entire strip of sea favorable to wind farm construction in the Gulf of Lion (from 0 to 60 km from the coast).

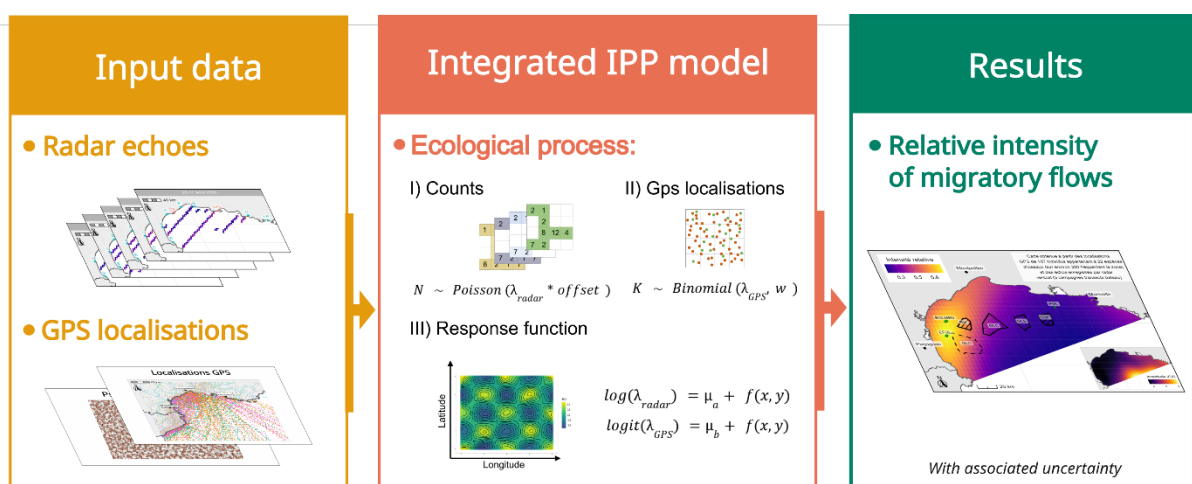


Figure 35 : Integrated modeling of the relative intensity of migratory flows in the Gulf of Lion by terrestrial migratory birds.

The relative migratory intensity models developed as part of MIGRALION enable us to produce maps at a relatively fine resolution (4 km* 5.5 km grids, i.e., 22 km²) on the scale of the Gulf of Lion (15,000

km²). To our knowledge, these maps are the first to represent the spatial variation of land migratory bird flows at sea using combinations of different data sources. The maps indicate which portions of the space are used more or less frequently, without providing absolute values of density or time spent.

Our results show that the areas of greatest migratory intensity during post-nuptial migration (from north to south for most species) are generally located between 0 and 50 km from the coast, particularly in the western half of the Gulf of Lion. In this 0-50 km range, a fairly broad axis can be seen running from the Camargue along the coast to the Spanish border. There is also, to a lesser extent, a southward trend towards the sea, as well as areas used in the eastern strip.

As for pre-nuptial migration (from south to north for most species), we can see that the general pattern is similar to that estimated for post-nuptial migration. However, we can note that the flow is even more coastal and that the highest migration intensities are found in the western part of the Gulf of Lion.

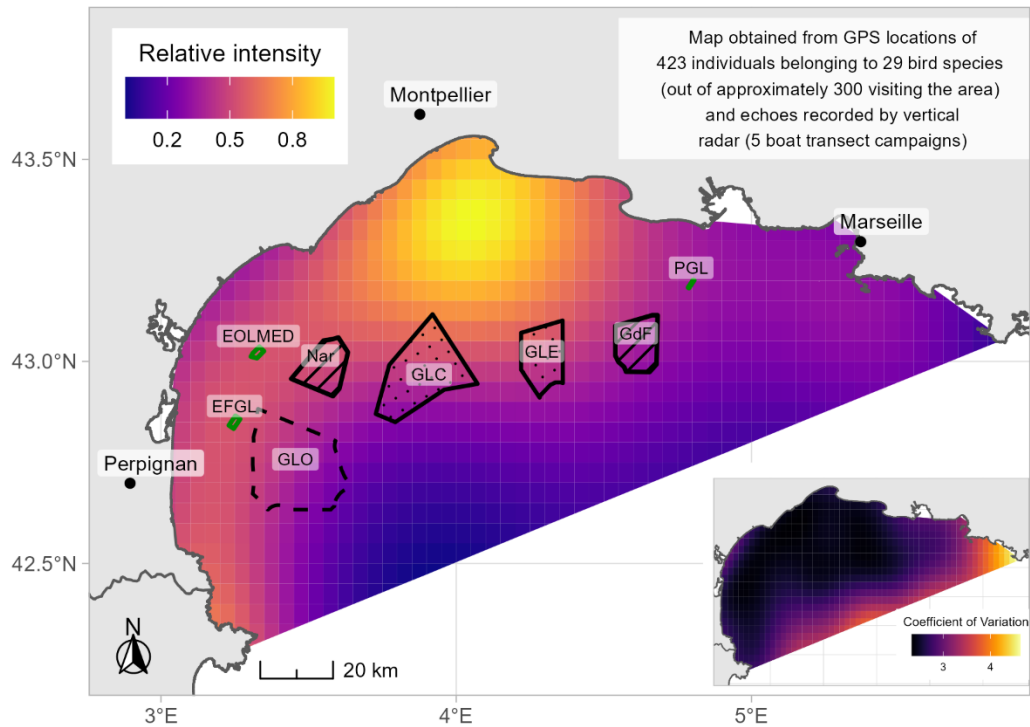
These results show a significant overlap, particularly during the pre-breeding migration season, between areas of high migratory intensity and those considered for the construction of offshore wind farms in the Gulf of Lion.

It should be noted that this approach is based on modeling relative usage within the zone and does not model individual movements. Therefore, there is no direct notion of direction.



Relative intensity of migratory flows in the Gulf of Lion

Migration July - December



Relative intensity of migratory flows in the Gulf of Lion

Migration January - June

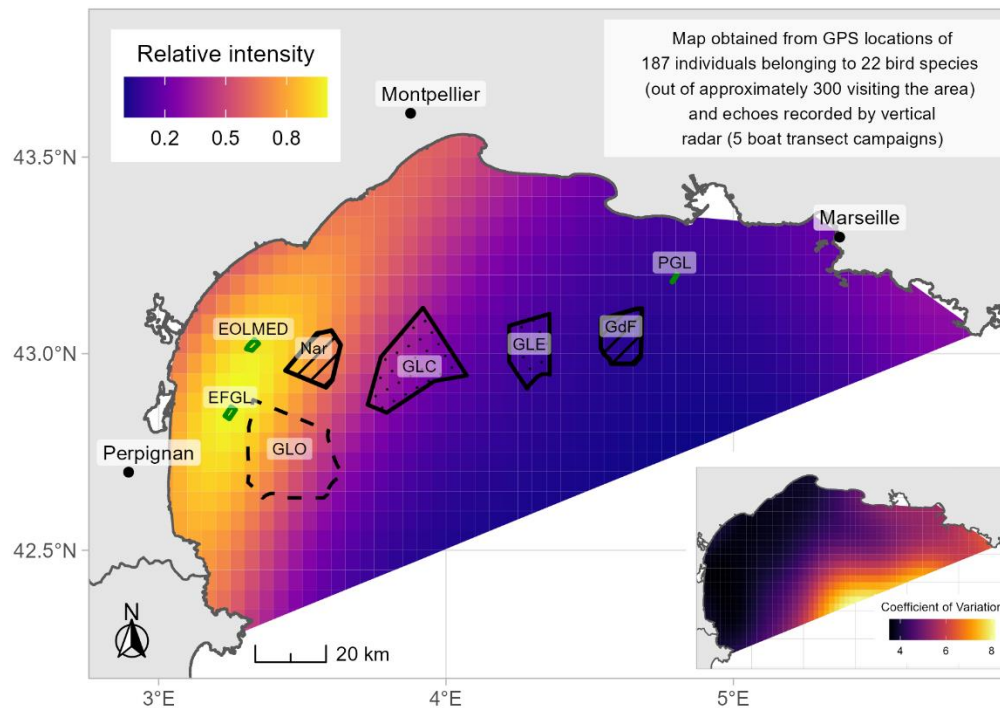


Figure 36 : Map showing the relative use of the Gulf of Lion by migratory birds and the associated uncertainties (bottom right), on top for the July-December period and on the bottom for the January-June period. These maps are based on modelling using data acquired between 2014 and 2025 (95% of which between 2021 and 2024).

4. At what altitude do land migrants fly when crossing the Gulf of Lion?

To model the flight height distribution of large land migratory birds (figure 5), we built an integrated model combining flight heights measured by GPS tracking during trajectories over the Gulf of Lion (WP3 + external programs) with echo heights recorded at the coast by BirdScan-type ornithological radar (WP5). The principle of this model is to assume a common distribution, considered real, which is summarized by its mean and variance. Two sub-models then provide information on these parameters, while taking into account observational differences (GPS measurement errors, sampled altitudes of the radar).

We built a second model, this time using only GPS-measured altitudes, to take advantage of the spatial and biological (species/individual) information they contain. This model enabled us to explore how flight heights vary between species groups, and how distribution evolves as a function of distance from the coast.

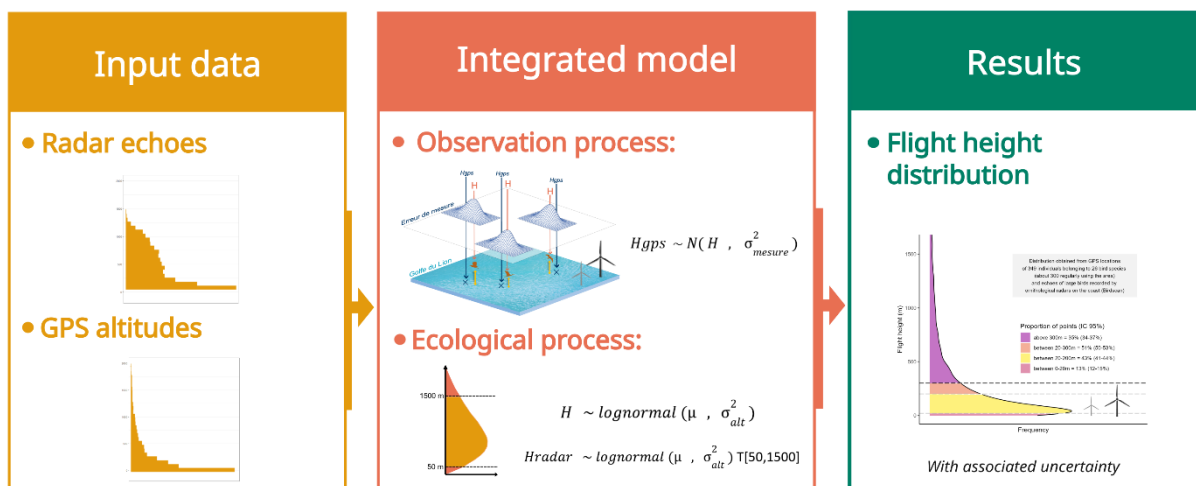


Figure 37 : Integrated modeling of flight height distribution of large land migratory birds over the Gulf of Lion.

This study is the first to formally integrate GPS-tracked flight data and altitude echoes recorded by coastal ornithological radars (BirdScan) to model flight height distributions. Thanks to the extensive dataset collected through MIGRALION, the state-space models were improved by incorporating random effects and covariates, increasing their reliability and scope.

The combination of data from coastal ornithological radars (BirdScan) and GPS tags (Figure 6) reveals little seasonal variation in the distribution of flight heights. The median altitude is 150 m [95% Credible Interval, CI: 139–161] during post-nuptial migration and 157 m [146–170] during pre-nuptial migration. A significant proportion of flights occur at altitudes where there is a risk of collision with wind turbines. The proportions of the distributions falling within these risk altitudes are very high. If wind turbines are considered to be 200 meters tall, just under half of the distribution corresponds to flight heights within the rotor-swept zone (post-nuptial = 43% [41–44%]; pre-nuptial = 42% [41–44%]). If this threshold is raised to 300 meters, which corresponds either to the future height of turbine blades or

to altitude ranges potentially affected by turbulence from current turbines, then about half of the predicted flight heights fall within this range (post-nuptial = 51% [50–53%]; pre-nuptial = 51% [49–53%]). Finally, for both migration periods, 13% [12–14% and 12–15%] of estimated flight heights are between 0 and 20 meters above sea level.

These model results contrast with those from the second model using GPS data only, which suggested lower altitudes, particularly in spring. Until now, knowledge about the flight height of many species was based primarily on visual observations, which are limited to the lowest altitude strata. The results of this study provide continuous and accurate data for the GPS-tracked species, revealing a wide diversity of strategies for crossing the Gulf of Lion, sometimes within the same species. Most large migratory birds fly at relatively low altitudes, often within the altitude ranges of future wind turbines blades (below 200 or 300 m).

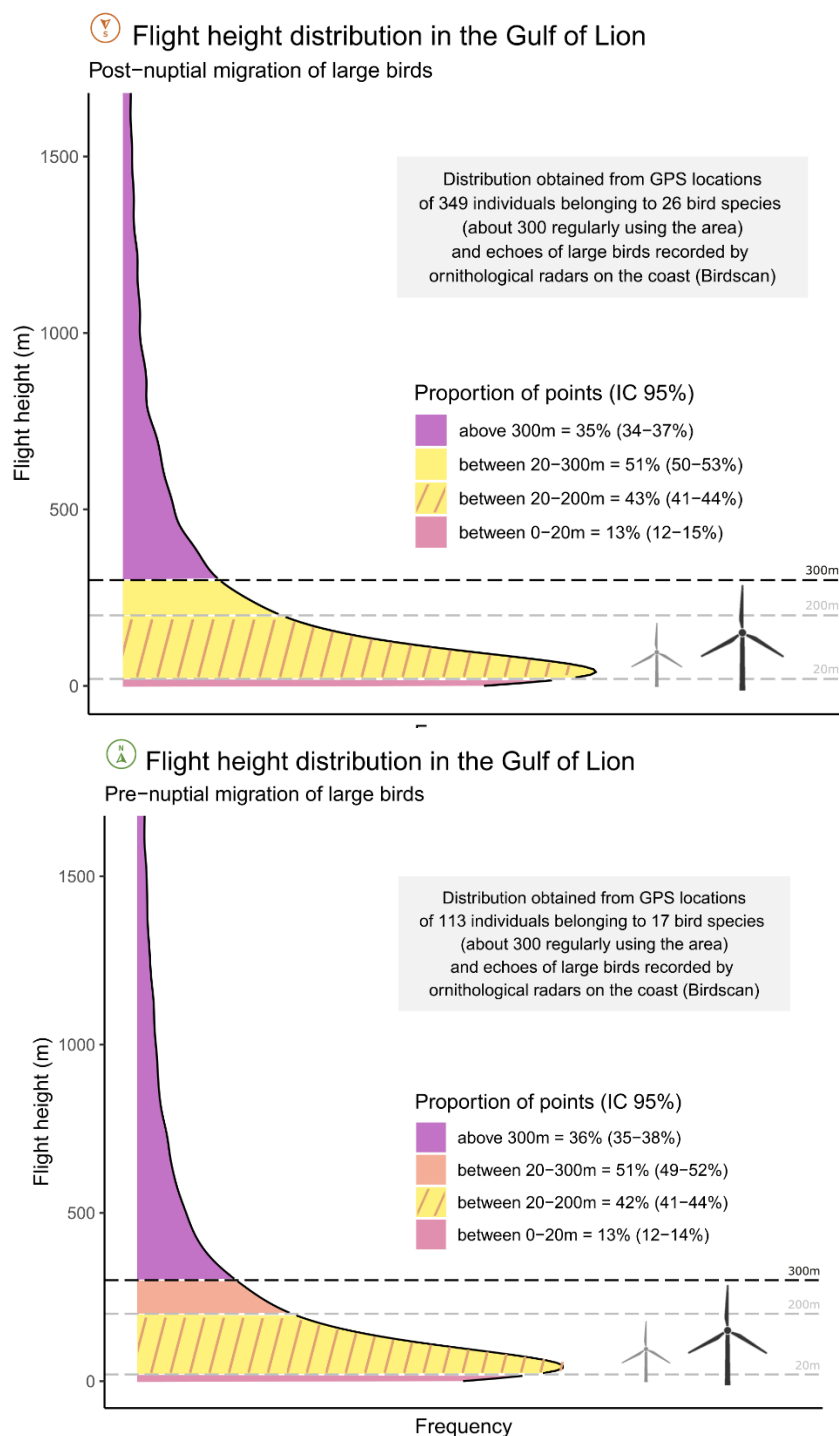


Figure 38 : Estimated distribution of flight altitudes of large birds in the Gulf of Lion during post-nuptial (top) and pre-nuptial (bottom) migrations. The colored areas indicate the proportion of data points within different altitude bands, allowing for an assessment of potential risks related to offshore wind farm projects. The dashed lines indicate the heights of wind turbine blades: current (200 m), future (300 m), and their base (20 m). The yellow (20–200 m) and orange (200–300 m) bands represent collision risk zones. The data are summarized by their median and a 95% credibility interval. These distributions are based on models using data collected from 2014 to 2025 (95% of which were gathered between 2021 and 2024).

5. Conclusion and perspectives

The MIGRALION program represents a significant step forward in the study of how seabirds and migratory birds use the marine space of the Gulf of Lion. This progress is thanks to a combination of tracking technologies such as telemetry, ornithological radar, and at-sea surveys. Methodological developments in integrated data analysis have made it possible to combine many types of heterogeneous data. While integrated modeling is now well developed and widely used in population dynamics—particularly through the combination of capture-mark-recapture (CMR) and count data—it is more recent and still innovative in spatial approaches, such as species distribution modeling, connectivity studies, or large-scale modeling of migratory bird flows.

The different data collection methods used in MIGRALION, while complementary, produce heterogeneous data that are not easy to integrate without bias—especially when the ecological reality they reflect varies across time, space, or biological characteristics (e.g., species). Therefore, it is essential to keep in mind, when interpreting the results obtained in [WP6](#) of MIGRALION, that these findings are representative of the input data used in the models and can be refined and improved as new data are collected. In this perspective of continuously improving sampling protocols to provide accurate and unbiased answers to the study's questions, we have identified several general priorities:

- Ensure standardization and interoperability of data collection protocols
- Diversify sampling in terms of species, colonies, capture sites, and biological status (age, sex, reproductive status)
- Equip poorly studied and/or Mediterranean-endemic species
- Strengthen European cooperation to encourage data sharing

This work has also helped identify key technical knowledge gaps and research priorities, including the need to:

- Monitor the sea crossing of small-bodied terrestrial migrants
- Study the use of the Gulf of Lion by bats
- Assess and quantify radar target detection, particularly at sea
- Develop four-dimensional habitat selection models

The work conducted under MIGRALION has enriched knowledge about how birds use the gulf of Lion and has identified technical and research priorities needed to refine observed patterns. An urgent second phase is now beginning: the concrete evaluation of the impact of future offshore wind farms on bird species, through the implementation of monitoring systems capable of quantifying wind energy impacts on avifauna and analyzing their consequences on population dynamics.

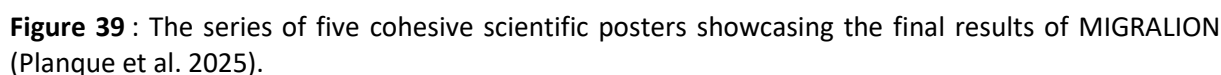
As part of the Working Group on the Cumulative Effects of Marine Renewable Energy Projects ([GT ECUME](#)), three projects have been launched to conduct an initial assessment of the cumulative impact of the first seven authorized offshore wind farms along the French Atlantic arc on seabirds (BIRDRISE, BIRDMOVE, BIRDYNAMIC). In light of MIGRALION's findings, it is essential to replicate and deepen this type of research while adapting it specifically to the local context of the gulf of Lion. This notably implies considering potential differences in impact between fixed and floating turbines, and expanding the analysis to include all avian species. Bats, like seabirds and large terrestrial migrants, are long-lived species and are therefore particularly vulnerable to the installation of wind turbines: any increase in

mortality can have immediate and significant consequences on their population dynamics. These studies should therefore also be extended to include bats.

Although smaller birds may have faster demographic dynamics, many migratory species have been in long-term decline for several decades. Measuring direct collisions at sea is complicated, as most carcasses likely fall into the water, but studies in the North Sea suggest the phenomenon could be significant. Better predictions of the impacts of collisions or park avoidance on population dynamics are urgently needed. However, modeling demographic impacts on migratory species remains a methodological challenge—especially in attributing mortalities to source populations—which makes this objective currently unachievable in the short term.

In conclusion, a complete and realistic assessment of the effects of offshore wind energy on avifauna must rely on approaches that consider the full range of anthropogenic pressures acting simultaneously on these species. The overlap of impacts from offshore wind, industrial fishing, maritime traffic, light and plastic pollution, and climate change creates a complex environmental context where disturbances may not simply add up but can interact and amplify one another. Understanding these cumulative impacts is a major challenge for bird conservation, and an essential step toward ensuring the sustainable development of marine renewable energy—based on in-depth knowledge of ecological dynamics at the scale of marine ecosystems.

A series of five cohesive scientific posters in English, produced by the WP2, was presented at the Conference on Wind Energy & Wildlife Impacts (CWW) in September 2025 in Montpellier, France (Planque et al. 2025, Deliverable L11). The posters are shown in [Figure 39](#) and are available online.





MIGRALION | 2021 - 2025

A large-scale research programme on the flying fauna of the Gulf of Lion (Mediterranean sea, France)

1 Poster 2 3 4 5



Telemetry tracking






Contributors to the WP3 Telemetry tracking: CHAMPAGNON Jocelyn, COURBIN Nicolas, DUFOUR Paul, TILLO Stéphan, DENOUIL Léo, GRÉMILLET David, JIGUET Frédéric, DURIEZ Olivier
 Contacts: champagnon@tourduvalat.org (WP3 coordinator), yann.planque@france-energies-marines.org (project coordination), constance.audiffren@ofb.gouv.fr (project management)

Objectives

Acquire tracking data on seabird and terrestrial migratory bird species identified as being of conservation concern

- SEABIRDS: Identify the maritime areas used for foraging and resting both during the breeding and wintering seasons, as well as their flight altitudes.
- TERRESTRIAL MIGRATORY BIRDS: Determine the migratory routes and migration timing, as well as flight altitudes, during movements to and from the Gulf of Lion coastline.

Methodologies

GPS tags

Tags from 3 g to 25 g (for birds from at least 75 g)
Data transmitted via the mobile phone network
→ no recapture required to get the data

Data:

- Precise locations (GPS)
- Flight altitudes (GPS)

Deployment effort:

- 458 individuals from 18 large terrestrial migratory bird species
- 51 individuals from 3 seabird species fitted with GPS tags from 2021 to 2024 + Additional data from previous projects

Analyses:

- Seabirds: Use distribution maps taking into account autocorrelation
- Large terrestrial migratory birds: Migrating strategies used, presence in offshore wind areas, flight altitudes

GLS devices

Tags from 0.5 g to 1.2 g (for birds from 15 g to 70 g)
No data transmission
→ Individuals must be recaptured to obtain data

Data:

- Light measures
- Atmospheric pressure
- Temperature
- Activity

Deployment effort:

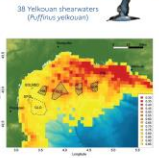
- 321 individuals from 19 species of small terrestrial migratory birds
- 21% of tags recovered

Analyses:

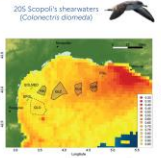
- Estimate stopover sites using pressure data (Nussbaumer et al. 2023) in order to infer migration over the Mediterranean sea
- Flight altitude profiles

Examples of results

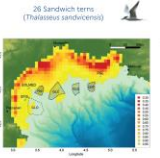
Where are seabirds at-sea?



38 Yellow shearwaters (*Puffinus puffinus*)



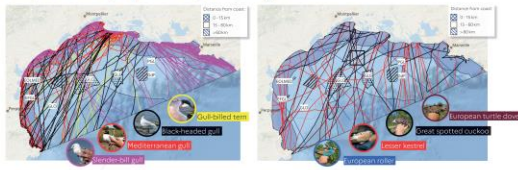
205 Scopoli's shearwaters (*Colinus colinus*)



26 Sandwich terns (*Thalasseus sandwichensis*)

What are bird trajectories over the Gulf of Lion?

Example of bird flight paths during autumn migration



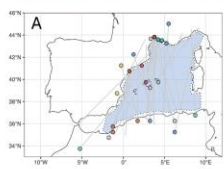
Autumn migration: Birds spent 49% of their time in coastal areas (0-15 km from shore, covering 30% of the total surface area of the Gulf of Lion), 44% in more offshore areas (15-60 km; i.e. 58% total area) and 11% in offshore areas at least 60 km from shore i.e. 14% total area).

Spring migration: Birds spent 59% of time in coastal areas (0-15 km), 39% in more offshore areas (15-60 km) and 20% in the most offshore areas of the Gulf of Lion.

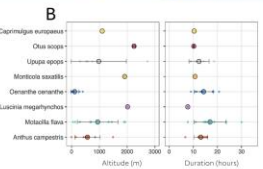
What are the flight paths and altitudes of smaller migratory birds?

28 flight travels identified over the Mediterranean sea (mean duration = 12h15)

8 species concerned out of 17 species (individuals concerned/total individuals): Northern wheatear (*Oenanthe oenanthe*) 3/3, Tawny pipit (*Anthus campestris*) 4/5, Eurasian hoopoe (*Upupa epops*) 4/4, Western yellow wagtail (*Motacilla flava*)

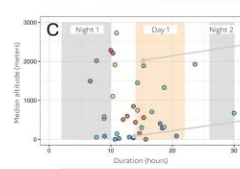


A

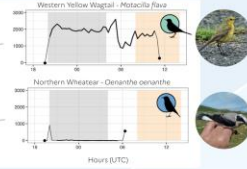


B

Example of associated flight altitude profiles



C



D

Programme management




Scientific & technical partners













With the financial support of

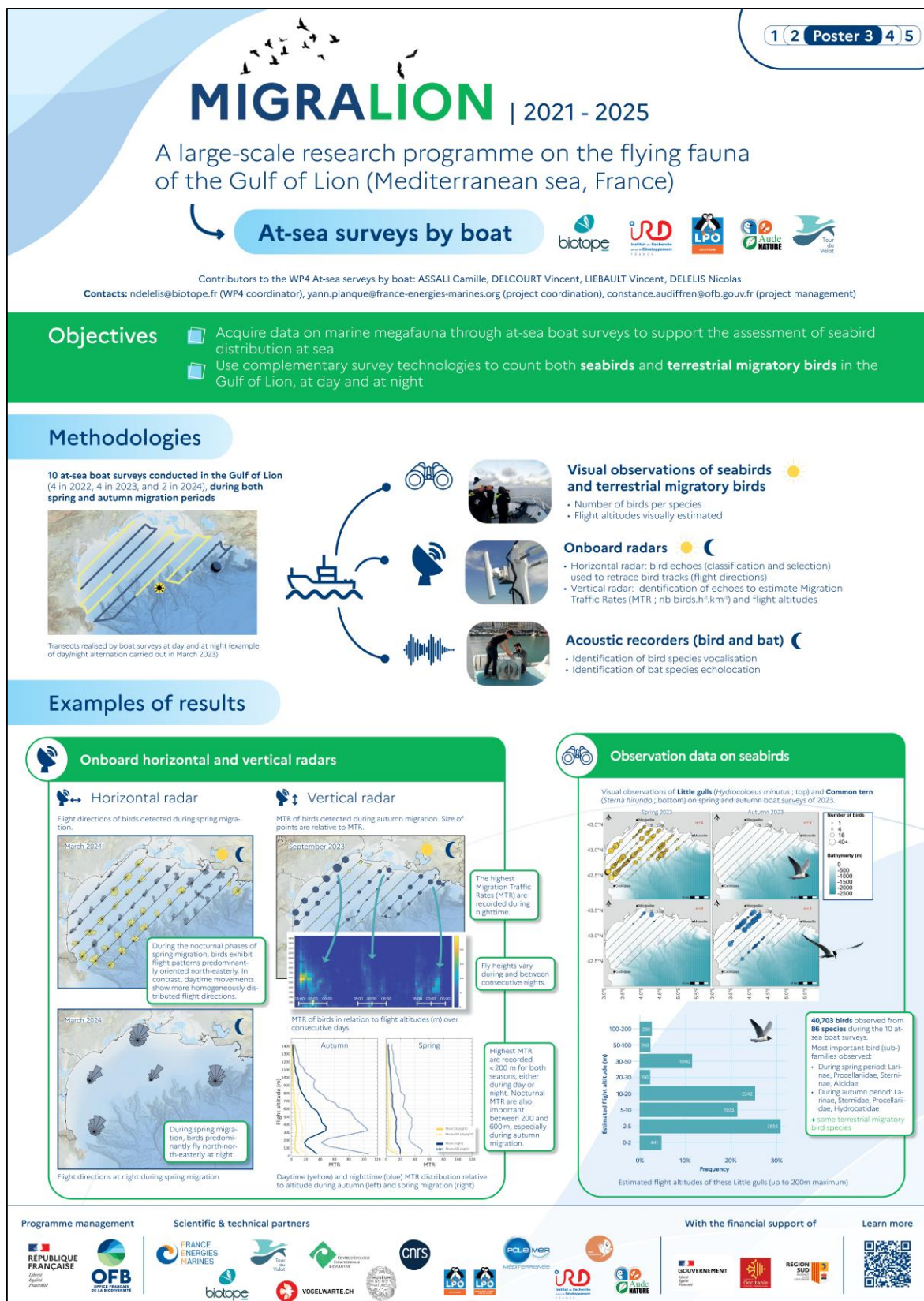




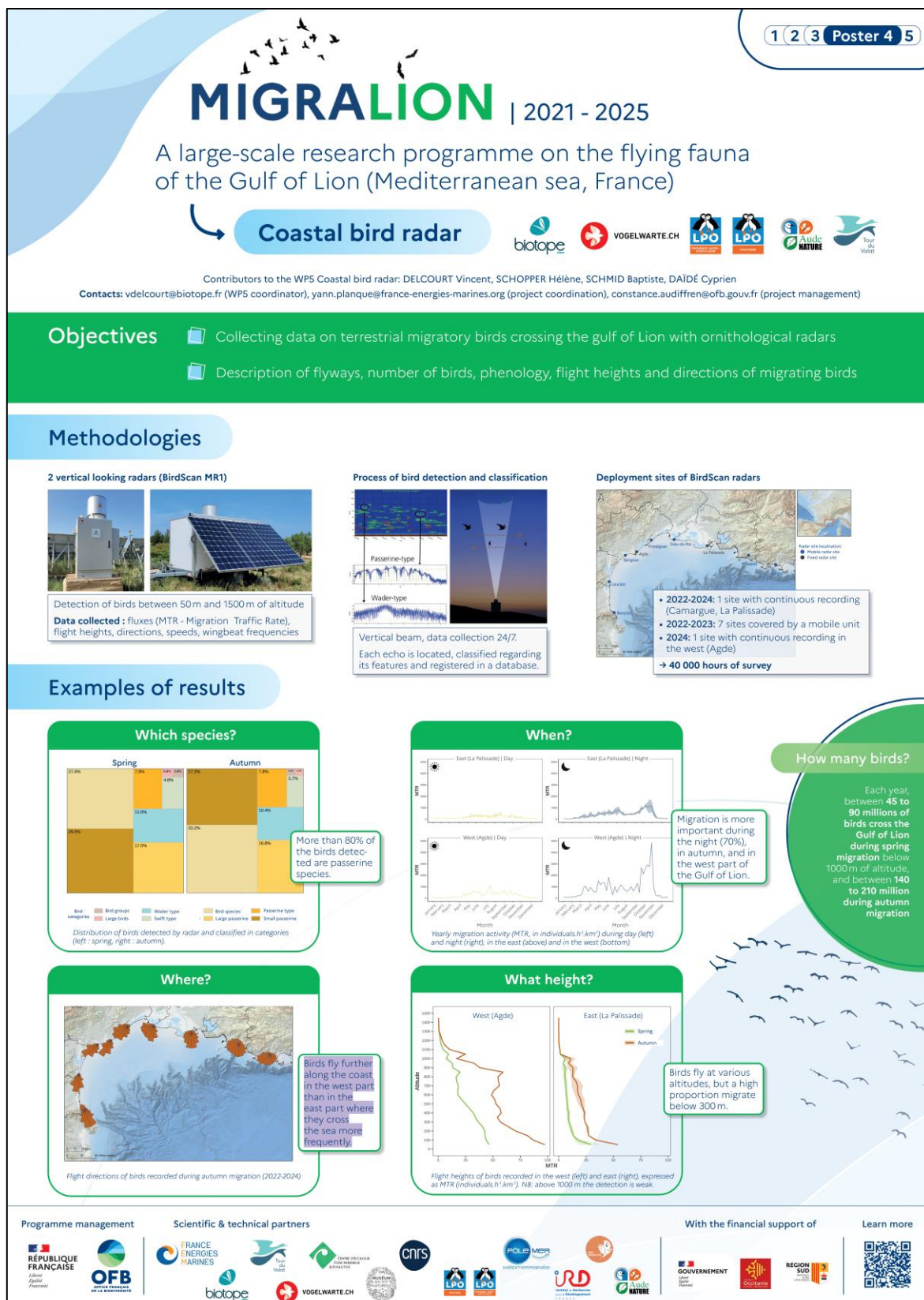
Learn more



Erreur ! Source du renvoi introuvable. : (continued)



Erreur ! Source du renvoi introuvable. : (continued)



Erreur ! Source du renvoi introuvable. : (continued)

1 2 3 4 **Poster 5**



MIGRALION

| 2021 - 2025

A large-scale research programme on the flying fauna of the Gulf of Lion (Mediterranean sea, France)

Combined analysis of data



Contributors to the WP6 Combined analysis of data: CANONNE Coline, QUEROUE Maud, ROQUES Sébastien, LAURET Valentin, SCHROLL Louis, CAT Victor, COURBIN Nicolas, PLANQUE Yann, CHAMPAGNON Jocelyn, DURIEZ Olivier, BESNARD Aurélien

Contacts: aurelien.besnard@cfe.cnrs.fr (WP6 coordinator), yann.planque@france-energies-marines.org (project coordination), constance.audiffren@ofb.gouv.fr (project management)

Objectives

Develop methodologies for the combined statistical analysis of data acquired during MIGRALION (see posters 1, 2 & 4) to:

- (1) Map the at-sea space-use of seabirds, (2) map the at-sea migratory flows of large terrestrial migratory birds, and (3) model the distribution of flight altitudes of large terrestrial migratory birds.

Methodologies used & integrated results

How do seabirds use the marine environment of the Gulf of Lion?

Visual count (boat-based & aerial surveys) See poster 3

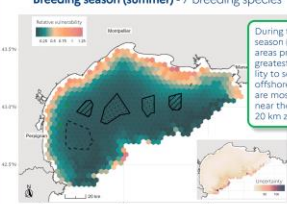
GPS tracking (4 species) See poster 2

Environmental covariates Bathymetry, distance to coast, sea-surface T°C, Chl a

Integrated inhomogeneous Poisson Point process (IPP) model

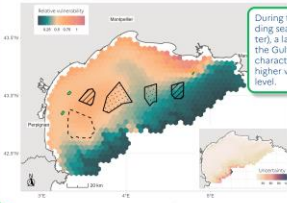
- Spatial relative space-use of seabird species
- Vulnerability index (Bradbury et al. 2014) based on: collision risk + displacement risk + conservation score
- Spatial relative vulnerability to offshore wind farms

Breeding season (summer) - 7 breeding species



During the breeding season (summer), the areas presenting the greatest vulnerability to seabirds from offshore wind farms are mostly located near the coast (0 - 20 km zone).

Non-breeding season (winter) - 11 wintering species



During the non-breeding season (winter), a larger part of the Gulf of Lion is characterised by a higher vulnerability level.

Which areas in the Gulf of Lion have the most intense migratory bird flows?

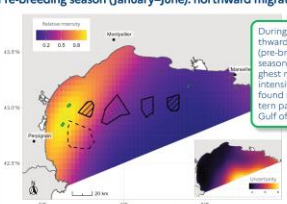
Bird echoes from onboard vertical radar (boat-based surveys) See poster 3

GPS tracking of large terrestrial migratory birds (22-29 species out of 300 migratory species using this area) See poster 2

Integrated inhomogeneous Poisson Point process (IPP) model

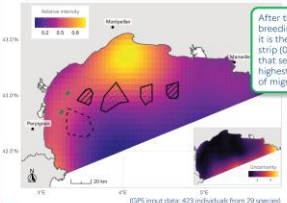
- Spatial relative intensity of migratory flows

Pre-breeding season (January-June): northward migration



During the northward migration (pre-breeding season), the highest migration intensities are found in the western part of the Gulf of Lion.

Post-breeding season (July-December): southward migration



After the breeding season, it is the coastal strip (0 - 50 km) that sees the highest intensity of migration.

At what altitude do land migrants fly when crossing the Gulf of Lion?

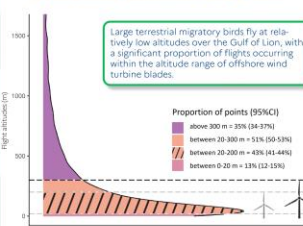
Echoes of large terrestrial birds from coastal bird radars (at night) See poster 4

GPS tracking of large terrestrial migratory birds (26 species out of 300 migratory species using this area) See poster 2

Integrated state-space model (lognormal model dealing with measurement errors)

- Distribution of flight altitudes

Flight altitudes of large terrestrial migratory birds during the post-breeding season: southward migration



Large terrestrial migratory birds fly at relatively low altitudes over the Gulf of Lion, with a significant proportion of flights occurring within the altitude range of offshore wind turbine blades.

Proportion of points (95%CI)

- above 300 m = 28% (24-37%)
- between 20-300 m = 51% (40-53%)
- between 20-200 m = 43% (41-44%)
- between 0-20 m = 13% (12-15%)

Model based on flight altitude data from GPS tracking data (348 individuals from 26 species, out of approximately 300 species using the area, individuals > 75 g) and coastal bird radar data

Flight altitudes obtained during pre-breeding season are similar.

Offshore Wind Farms (OWFs)

- Pilot OWFs commissioned in 2024-2025
- Under development or in competitive tendering
- Priority areas over a 10-year horizon
- Priority area by 2050

Summary & perspectives

MIGRALION is an innovative research programme that stands out for the **unprecedented scale of avifauna data collected at sea** in the Gulf of Lion. For the first time in France, **complementary monitoring methods** were implemented **over several consecutive years**, and the resulting data were combined for a comprehensive analysis. MIGRALION provides **new knowledge** into the areas used by seabirds at sea, the **offshore migration flow areas of terrestrial migratory birds**, the timing of their presence, and their flight altitudes.

These key knowledge concerning the **areas of interaction with human activities (notably offshore wind energy)** provide a solid foundation for **addressing conservation challenges** and **adapting environmental measures** (avoidance). **This work deserves to be expanded to other species**, particularly regarding small terrestrial migratory birds and bats (which are underrepresented here), different age classes (e.g., juveniles), migration strategies, links with environmental conditions, and the finer-scale impacts of offshore wind farms on avifauna.

Programme management



Scientific & technical partners



With the financial support of



Learn more



Erreur ! Source du renvoi introuvable. : (continued)

In addition, **a film and a teaser presenting the MIGRALION programme** were produced by a video service provider commissioned by the OFB, based on a Special Technical Specifications Document created by Work Package 2 “Coordination, expertise and dissemination of programme results” (Deliverables L6 and L12). All work packages contributed to the filming of these videos.

The MIGRALION film, in French, is available on the OFB’s YouTube channel:

<https://www.youtube.com/watch?v=quAeQRweJyU>



Finally, **a scientific poster presenting the results of MIGRALION** was produced in English (Figure 40) and in French (Figure 20) by Work Package 2 “Coordination, expertise and dissemination of programme results” (Deliverable L13), to be used as a communication tool.

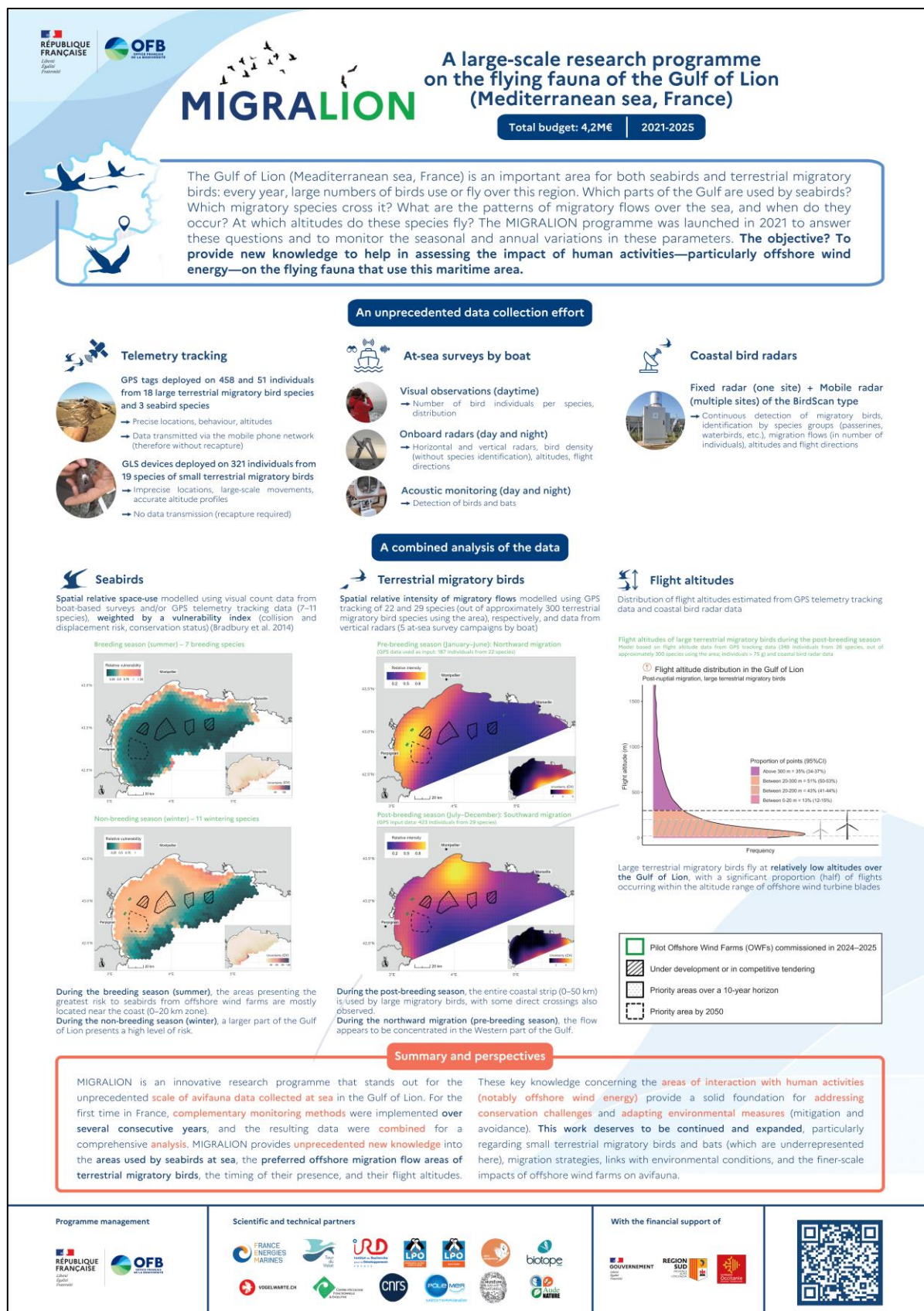


Figure 40 : Scientific poster in French presenting the final results of MIGRALION, produced by WP2.

Valorisation des résultats / Dissemination of results

L'ensemble des lots du programme MIGRALION ont permis la réalisation de nombreux travaux de recherche, et de valorisation, 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/>. L'ensemble des jeux de données (brutes et prétraitées) produits ont été remis à l'OFB et sont publics.

All work packages of the MIGRALION programme have contributed to numerous research and dissemination activities, which are summarised here according to their nature. The data collected throughout the programme will support ongoing scientific studies and research in the coming years.

All MIGRALION reports are publicly available at <https://www.eoliennesenmer.fr/>. All datasets (raw and pre-processed) produced have been submitted to the OFB and are publicly accessible.

Conférences scientifiques internationales / International scientific conferences

► [Lot 2 / WP2](#)

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). 8th Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), Montpellier, France. 8-12 September 2025. A series of five scientific posters presenting the main results of MIGRALION.

Planque, Y., Bon, C., Besnard, A., Chabrolle, A., Champagnon, J., de Grissac, S., Delcourt, V., Delelis, N., Duriez, O., Gigou, A., Jiguet, F., Kerbiriou, F., Vacher, A. (2023). MIGRALION and MIGRATLANE: Large-scale multi-source data acquisition and modelling to characterise the use of maritime & coastal areas by birds & bats. European Ornithologists' Union Congress (EOU 2023), Sweden. Scientific poster. <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/10/231015-poster-migraX.pdf>

De Grissac, S., Champagnon, J., Besnard, A., Delelis, N., Delcourt, V., Bon, C., Lecorps, F. (2022). MIGRALION research programme: Complementary methods to characterise the use of the gulf of Lion by birds & bats in the context of MRE development. 7th Conference on Wind Energy & Wildlife Impacts (CWW), Egmond aan Zee, the Netherlands. 4–8 April 2022. Scientific poster.

► [Lot 3 / WP3](#)

Dufour, P., Duriez, O., Champagnon, J., Tillo, S., & Jiguet, F. (2023, août). Strategies for crossing an ecological barrier: The Mediterranean Sea as a case study [Poster]. 14th European Ornithologists' Union Congress, Lund, Sweden. <https://www.eou2023.event.lu.se/>

Kalaitzakis, I. (2025, 22/08). GPS-tracking reveals strong individual heterogeneity in migratory movements of Mediterranean Gulls throughout Europe [Oral Presentation]. European Ornithological Union, Bangor, Wales. <https://www.bangor.ac.uk/eou-congress>

McKinlay, S. E. (2025, 22/08). Global patterns of migratory connectivity in barn swallows [Oral Presentation]. European Ornithological Union, Bangor, Wales. <https://www.bangor.ac.uk/eou-congress>

Ramellini, S., Assandri, G., Bermejo-Bermejo, A., Bustamente, J., Cagnacci, F., Calvario, E., Catoni, C., Champagnon, J., Daminaï, M. L., de la Puente, J., de Pascalis, F., Duriez, O., Evangelidis, A., Garcés-Toledano, F., Hachem, F., Jiguet, F., Lopez-Ricaurte, L., Morganti, M., Morinay, J., ... Rubolini, D. (2023, août). Strategies for crossing an ecological barrier: The Mediterranean Sea as a case study [Oral]. 14th European Ornithologists' Union Congress, Lund, Sweden. <https://www.eou2023.event.lu.se/>

Scher, O., Duriez, O., Tillo, S., Champagnon, Jocelyn, J., Dufour, P., Rey, F., Monchatre, R., Dagonet, T., & Jiguet, F. (2024, 23/09). GPS telemetry reveal migration patterns of two Mediterranean waders [Poster]. International Waders Study Group annual conference, Montpellier.

► [Lot 4 / WP4](#)

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. Croatia

► [Lot 5 / WP5](#)

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

Assali C., Chauvin D., Daïdé C., Delelis N., Liebault L., Schmid B., Schopper H., Delcourt V. 2025. New insights into bird migration at the Gulf of Lion scale through simultaneous offshore and inshore radar recordings. Poster presentation. 8th Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), Montpellier, France. 8-12 September 2025

Planque, Y., Audiffren, C., Assali, C., Besnard, A., Bon, C., Canonne, C., Cat, V., Champagnon, J., Chateaugiron, T., Courbin, N., Daïde, C., 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

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

Delcourt, V., Daïdé, C., Assali, C., Schmid, B., Gigou, A. 2023. New insights about bird migration in the gulf of lions – ornithological radar surveys within the MIGRALION programme. Poster presentation. 7th Conference on Wind energy & Wildlife impacts (CWW), Sibenik, Croatie. 2023

► [Lot 6 / WP6](#)

Canonne, C., Quérroué, M., Roques, S., Lauret, V., Cat, V., Schroll, L., Courbin, N., Besnard, A. (2025). Understanding avian space use for offshore wind farm planning: Challenges of multi-source data integration. Conference on wind energy and wildlife impacts. Montpellier, France, 08-12/09. Présentation orale.

Cat, V., Canonne, C., Roques, S., Quérroué, M., Duriez, O., Courbin, N., Besnard, A. (2025). Estimating flight heights of migratory birds in the Gulf of Lion: an integrated approach. 17th Ecology & Behaviour annual meeting. Montpellier, France, 11-15/08. Poster.

Roques, S., Quérroué, M., Canonne, C., Lauret, V., Cat, V., Schroll, L., Courbin, N., Besnard, A. (2025). Understanding avian space use for offshore wind farm planning: Challenges of multi-source data integration. EOU Conference. Bangor University, Wales (UK), 18-22/08. Poster.

Conférences scientifiques nationales, interventions diverses / *National scientific conferences, various contributions*

► [Lot 2 / WP2](#)

Planque, Y., et al. (2024). MIGRALION & MIGRATLANE : Caractérisation de l'utilisation du golfe du Lion et de l'arc Atlantique-Nord-Est par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires. Journées Scientifiques de l'Eolien, Saint-Malo, France. 25-26 janvier 2024.

Planque, Y., et al. (2023). Présentation du programme MIGRALION. Table ronde au forum ENERGIA, Montpellier, France. 13-14 décembre 2023.

► Lot 3 / WP3

Lopez Ricaurte, L., Champagnon, J., Hodic, S., Marin Prado, P., Van Steelant, W., & Vera, P. (2025). Changements ontogénétiques dans la mobilité des flamants roses longévifs au cours des saisons de reproduction et de non-reproduction [Présentation orale]. Journée d'échanges sur la migration des oiseaux, Tour du Valat, Arles.

Champagnon, J. et de Grissac, S. (2021). Présentation orale du programme MIGRALION. Séminaire, Tour du Valat, Arles. 6 décembre 2021

Champagnon, J. (2024). Présentation du programme MIGRALION. CSRPN Occitanie et PACA. Tour du Valat, Arles, France. 28 septembre 2024

Champagnon, J. (2022). Migralion project. Laboratoire de José Alves, Université d'Aveiro, Alcochete, Portugal. 19 Septembre 2022.

► Lot 4 / WP4

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'Énergie et du Climat – Direction de l'énergie. Septembre 2024.

► Lot 5 / WP5

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/>

► Lot 6 / WP6

Canonne, C., Cat V., Lauret, V., Quérroué, M., Roques, S., Schroll, L., Besnard, A. (2024). Utilisation du golfe du Lion par l'avifaune. Rentrée scientifique du CEFE. Montpellier, France 01/10. Présentation orale.

Canonne, C., Cat V., Lauret, V., Quérroué, M., Roques, S., Schroll, L., Besnard, A. (2025). MIGRALION : combiner télémétrie et radar pour modéliser les flux migratoires et les hauteurs de vol dans le golfe du Lion. Journées Migration, Tour du Valat, France, 07/02. Présentation orale.

Conférences grand public / *Public outreach conferences*

► [Lot 3 / WP3](#)

Champagnon et al. EOS Débat Eoliennes flottantesS. Visioconference. 16 septembre 2021

Duriez et al. EOS Débat Eoliennes flottantesS. Visioconference. 27 octobre 2021

► [Lot 5 / WP5](#)

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

Articles scientifiques / *Scientific articles*

► [Lot 3 / WP3](#)

Courbin, N., Bernard, A., Besnard, A., Perret, S., Tornos, J., Lambrechts, A., Scher, O., Gaskin, C. P., Cabelguen, J., Bécot, M., Provost, P., Bouludier, T., Grémillet, D. (en préparation). Ocean waves and winds shape complex seabird flight responses: Key insights for wind farm developments.

Denoual, L., Duriez, O., Champagnon, J., Jiguet, F., Tillo, S., Dufour, P., (en préparation). Influence of weather conditions on the crossing of a large ecological barrier by migratory birds.

Dufour, P., Nussbaumer, R., Bocher, P., Briedis, M., Coulomb, Y., Delacroix, R., Dagonet, T., De Franceschi, C., De Grissac, S., Jeannin, B., Monchatre, R., Rey, F., Tillo, S., Champagnon, J., Duriez, O., & Jiguet, F. (2024). Variations in flight strategy of small migratory birds crossing major ecological barriers. <https://doi.org/10.1101/2024.08.18.608464>

Ferreira, H. R. S., Alves, J. A., Jiguet, F., Duriez, O., Blanchon, T., Lok, T., & Champagnon, J. (2024). Role of protected areas for a colonial-breeding waterbird in a fragmented landscape throughout its annual cycle. *Landscape Ecology*, 40(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s10980-024-02017-5>

Jiguet, F., Champagnon, J., Duriez, O., de Franceschi, C., Tillo, S., & Dufour, P. (2025). Crossing the Sahara by small jumps : The complete migration of the Western Orphean Warbler *Curruca hortensis*. *Journal of Ornithology*. <https://doi.org/10.1007/s10336-025-02258-4>

► [Lot 6 / WP6](#)

Lauret, V., Courbin, N., Scher, O., & Besnard, A. (2025). Integrating individual tracking data and spatial surveys to improve estimation of animal spatial distribution. *Ecosphere*, 2025;16:e70283., 1-12. <https://doi.org/10.1002/ecs2.70283>

Rapports de stages / *Internship reports*

► [Lot 3 / WP3](#)

Denoual Léo. 2024. Influence des conditions météorologiques sur la traversée d'une barrière écologique par les oiseaux migrateurs, le cas de la Mer Méditerranée. Master 2 DynaMO : Dynamique et Modélisation de la Biodiversité, Université Grenoble-Alpes.

► [Lot 5 / WP5](#)

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

► [Lot 6 / WP6](#)

Schroll L. (2024). Integrating Multiple Data Sources to Model Seabird Distribution to Inform Wind Farm Policies. Master 2 de modélisation en écologie. Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive. Université de Rennes. Janvier-Juin 2024. 43 PP.

Pages web et réseaux sociaux / *Web pages and social media*

► [Page web MIGRALION / MIGRALION web pages](#)

Office Français de la Biodiversité (OFB). MIGRALION – Combiner les technologies pour étudier la faune volante du golfe du Lion. Éoliennes en mer.

<https://www.eoliennesenmer.fr/observatoire/migralion>

► [Lot 6 / WP6](#)

<https://github.com/MIGRALION/MIGRALION.git>

Outils de communication complémentaires / *Additional communication tools*

► [OFB](#)

Office Français de la Biodiversité (2025). MIGRALION : un programme d'études de grande ampleur sur la faune volante du golfe du Lion. Video de présentation du programme, 17 min et 2 sec.

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=quAeQRweJyU>

L'aire Marine, Office Français de la Biodiversité. Migralion suit les oiseaux à la loupe. Article de vulgarisation. <https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/Fichiers/Lettre%20information/aire-marine/am58.pdf>

► Lot 2 / WP2

- Logo MIGRALION
- Fiche de présentation projet (en français) : <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2022/03/220324-fiche-projet-MIGRALION-FR.pdf>
- Project presentation sheet (in English): <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2022/03/220324-fiche-projet-MIGRALION-EN.pdf>
- Posters de présentation des méthodes et techniques de MIGRALION (Livrable L7) :
 - Présentation générale : <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/09/MIGRALION-poster-general-FR.pdf>
 - Suivis télémétriques : <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/09/MIGRALION-poster-telemetry-FR.pdf>
 - Campagnes en mer : <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/09/MIGRALION-poster-campaigns-en-mer-FR.pdf>
 - Suivis radars à la côte : <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/09/MIGRALION-poster-suivi-radar-FR.pdf>
- Presentation posters of MIGRALION methods and techniques (Deliverable L7) :
 - General presentation: <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/09/MIGRALION-poster-general-EN.pdf>
 - Telemetry tracking: <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/09/MIGRALION-poster-telemetry-EN.pdf>
 - At-sea surveys: <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/09/MIGRALION-poster-campaigns-en-mer-EN.pdf>
 - Coastal radar surveys: <https://www.france-energies-marines.org/wp-content/uploads/2023/09/MIGRALION-poster-suivi-radar-EN.pdf>

Remerciements / Acknowledgements

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.

Références bibliographiques / Cited literature

- 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. 261 PP.
- 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.
- Brabant, R., Vanermen, N., Stienen, E. W. M., & Degraer, S. (2015). Towards a cumulative collision risk assessment of local and migrating birds in North Sea offshore wind farms. *Hydrobiologia*, 756(1), 63-74. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2224-2>
- 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. 156 PP.
- 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. 149 PP.
- Delcourt, V., Schopper, H., Schmid, B., 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. 127 PP.
- 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.
- Hüppop, O., Dierschke, J., Exo, K., Fredrich, E., & Hill, R. (2006). Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis*, 148(s1), 90-109. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2006.00536.x>
- Lauret, V., Courbin, N., Scher, O., & Besnard, A. (2025). Integrating individual tracking data and spatial surveys to improve estimation of animal spatial distribution. *Ecosphere*, 2025;16:e70283., 1-12. <https://doi.org/10.1002/ecs2.70283>

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.