

MIGRALION

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

Lot 5 : Radars ornithologiques à la côte
Premier rapport d'analyse des données acquises
Année 2022
Livrable L27

23/01/2024

Partenaires scientifiques et techniques



Financeurs du programme



Programme financé par le Ministère de la Transition
écologique, la Région Sud et la Région Occitanie

SUIVI DU DOCUMENT

Auteur.e.s	Vincent DELCOURT Cyprien DAÏDÉ Camille ASSALI Baptiste SCHMID	BIOTOPE – Département RADAR 22 Boulevard Maréchal Foch 34140 MEZE http://www.biotope.fr/
Coordinateur scientifique et technique du projet	Aurélien Besnard Sophie de Grissac (avant 03/2023) Yann Planque (après 05/2023)	CEFE – EPHE France Énergies Marines France Énergies Marines
Coordinateur du projet	Alexandra Gigou (avant 11/2023) Claire Hébert	Office Français de la Biodiversité
Titre du document	Premier rapport d'analyse des données acquises, Année 2022 - Livrable L27 - Lot 5 - Radars ornithologiques à la côte	
Citation	Delcourt, V., Daïdé, C., Assali, C., Schmid, B. 2024. Premier rapport d'analyse des données acquises, Année 2022 - Livrable L27 - Lot 5 - Radars ornithologiques à la côte. Office Français pour la Biodiversité. 34pp	
Statut du document	Version Finale	
Date de sauvegarde	23/01/2024	
Date de diffusion	Janvier 2024	
Version du document	2	
Nom du fichier	MIGRALION_Lot5_L27_Rapport_analyses2022_Biotope	
Nombre de pages	34	
Niveau de diffusion	Consortium / Gouvernance / Public	

HISTORIQUE DES CHANGEMENTS

Version	Date	Modifié par	Modifications / Sections
1	06/04/2023	Vincent DELCOURT, Cyprien DAÏDÉ, Camille ASSALI, Baptiste SCHMID	Document initial
2	23/01/2024	Claire HEBERT (OFB) Jehanne RIVET (France Energies Marines)	Relecture de l'ensemble du document, modifications mineures, Mise à jour du format

APPROBATION

Version	Date	Approuvé par	Titre
Finale	23/01/2024	Yann Planque, FEM	Coordinateur scientifique et technique
Signature : 			
Finale	23/01/2024	Claire Hébert, OFB	Coordinatrice du projet
Signature : 			

Table des matières

I.	Introduction	5
I.1.	Objectifs du programme.....	5
I.2.	Rappel : articulation des lots	5
I.3.	Calendrier du programme pour les années 2022 et 2023	6
II.	Méthode.....	6
II.1.	Equipe.....	6
II.2.	Matériel	7
II.3.	Plan d'échantillonnage	9
II.4.	Analyse des données	11
III.	Résultats 2022.....	14
III.1.	Préambule	14
III.2.	Phénologie saisonnière de la migration	14
Préambule	14	
Migration pré-nuptiale	14	
Migration post-nuptiale	15	
III.3.	Phénologie horaire	17
Préambule	17	
Banyuls	17	
Leucate	18	
Sérignan	18	
Frontignan	19	
Grau-du-Roi	19	
La Palissade	20	
Cassis	21	
Toulon	21	
III.4.	Proportions de vols diurnes et nocturnes	22
Préambule	22	
Résultats.....	22	
III.5.	Altitudes de vol.....	24
Préambule	24	
Résultats.....	24	
III.6.	Directions de vol.....	26

Préambule.....	26
Résultats.....	26
IV. Synthèse 2022.....	30
Printemps.....	30
Automne	32
Perspectives 2023	34

Liste des figures

Figure 1 : Calendrier des campagnes d'acquisition des données du programme Migralion pour 2022 et 2023 (années 2 et 3).	6
Figure 2 : schéma de fonctionnement du radar BirdScan MR1.	8
Figure 3 : Dispositifs déployés pour les suivis par radar ornithologique à la côte. En haut, radar fixe, en bas, unité radar mobile.	9
Figure 4 : Sites de suivi par radar à la côte : en bleu, stations suivies par radar mobile, en vert, station suivie par radar fixe.....	10
Figure 5 : Série temporelle des flux moyens nocturnes enregistrés par les radars fixe et mobile au cours de la période pré-nuptiale 2022. Sites : B-Banyuls, L-Leucate, S-Sérignan, F-Frontignan, G-Grau-du-Roi, C-Cassis, T-Toulon.	15
Figure 6 : Série temporelle des flux moyens nocturnes enregistrés par les radars fixe et mobile au cours de la période post-nuptiale 2022. Sites : B-Banyuls, L-Leucate, S-Sérignan, F-Frontignan, G-Grau-du-Roi, C-Cassis, T-Toulon.	16
Figure 7 : Carte de synthèse des résultats obtenus pour la migration pré-nuptiale 2022.	31
Figure 8 : Carte de synthèse des résultats obtenus pour la migration post-nuptiale 2022.	33

I. Introduction

I.1. Objectifs du programme

Dans le contexte actuel d'intensification des usages de l'espace maritime, il apparaît essentiel d'acquérir des connaissances permettant de caractériser les flux migratoires et les fonctionnalités des zones en mer pour l'avifaune et les chiroptères, à l'échelle du golfe du Lion.

Pour répondre à ces besoins, l'Office français de la biodiversité a lancé le programme MigraLion qui a pour objectif d'étudier les passages migratoires en mer de l'avifaune migratrice et des chiroptères (routes préférentielles, flux et altitudes) ainsi que l'utilisation en 3 dimensions de l'espace marin par les oiseaux marins. Des moyens humains et technologiques variés et complémentaires sont déployés pour répondre à ces questions : observations visuelles à terre et en mer, baguage, télémétrie, radars ornithologiques et de navigation, récepteurs/enregistreurs acoustiques et à ultrasons. L'ensemble des données collectées ainsi que les données historiques accessibles seront analysés grâce à une méthode d'analyse combinée de données multi-sources développée spécialement dans le cadre du programme.

I.2. Rappel : articulation des lots

Le programme MigraLion s'articule autour de 6 lots complémentaires :

- 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 sur les oiseaux migrateurs terrestres et oiseaux marins.
- Lot n°4 : Campagnes en mer par bateau (observations visuelles, radars, dispositifs acoustiques).
- Lot n°5 : Radars ornithologiques à la côte (et suivis associés acoustiques, observations visuelles, baguage).
- Lot n°6 : Développement de méthodes permettant l'analyse combinée des différentes données produites dans le cadre du programme et issues d'autres projets.

L'ensemble est porté par un groupement de 12 entités aux domaines d'expertise diversifiés et complémentaires, impliquées dans chaque lot du programme. À noter, également, la participation en 2021 et 2022 du Conservatoire des Espaces Naturels Occitanie (CEN) pour la capture d'oiseaux marins (lot 3).

Ce rapport concerne le lot n°5 : Radars ornithologiques à la côte.

I.3. Calendrier du programme pour les années 2022 et 2023

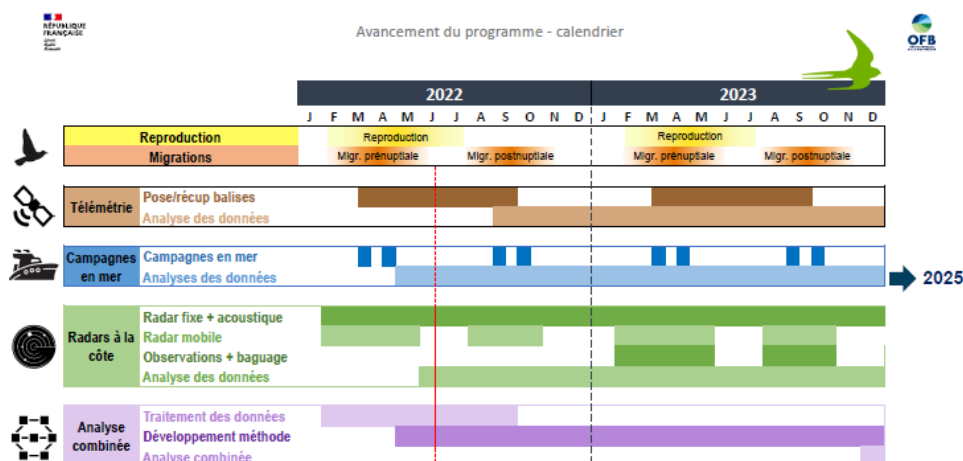


Figure 1 : Calendrier des campagnes d'acquisition des données du programme Migralion pour 2022 et 2023 (années 2 et 3).

II. Méthode

II.1. Equipe



Biotope est mandataire du lot 5, et assure la gestion de ce lot, l'acquisition et l'analyse des données, la rédaction des rapports, la présentation des résultats, et les relations avec les partenaires des autres lots et avec le maître d'ouvrage.

Intervenant	Rôle
Vincent DELCOURT	Coordination, acquisition des données, analyses, rédaction du rapport
Cyprien DAÏDÉ	Acquisition des données, analyses, rédaction du rapport
Camille ASSALI	Acquisition des données, analyses, rédaction du rapport
Alexandre HAMON	Acquisition des données



La Station ornithologique suisse apporte sa grande expérience dans l'acquisition et l'analyse des données par radar BirdScan MR1. Le plan d'échantillonnage, le paramétrage des radars et l'analyse de données ont été réalisés en équipe entre Biotope et la Station ornithologique suisse.

Intervenant	Rôle
Baptiste SCHMID	Acquisition des données, analyses

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

En 2023, en plus de la poursuite de la collecte de données par radar depuis la côte, la LPO PACA, LPO Occitanie et Aude Nature interviendront pour des suivis visuels depuis la côte, et la Tour du Valat effectuera une campagne de baguage des oiseaux.

II.2. Matériel

Pour le lot 5, le suivi de la migration est effectué à partir de 2 radars BirdScan MR1, développé par la société Swiss Birdradar (<https://swiss-birdradar.com>) en partenariat avec la Station ornithologique suisse (<https://www.vogelwarte.ch>).

Le radar BirdScan MR1 est un système radar compact conçu pour la surveillance quantitative à long terme des oiseaux, mais aussi des insectes. Il utilise une antenne à ouverture large de forme conique dirigée verticalement et mise en rotation (Figure 2 Figure 2 : schéma de fonctionnement du radar BirdScan MR1.).

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

- hauteur au-dessus du sol ;
- direction de vol ;
- vitesse ;
- fréquence de battement d'ailes et surface de réflexion, permettant de classer les échos en différentes catégories, notamment précipitations, insectes, oiseaux (passereau de petite taille, passereau de grande taille, passereau, oiseau d'eau, grand oiseau, groupe d'oiseau, oiseau non identifié) ; Figure 2.

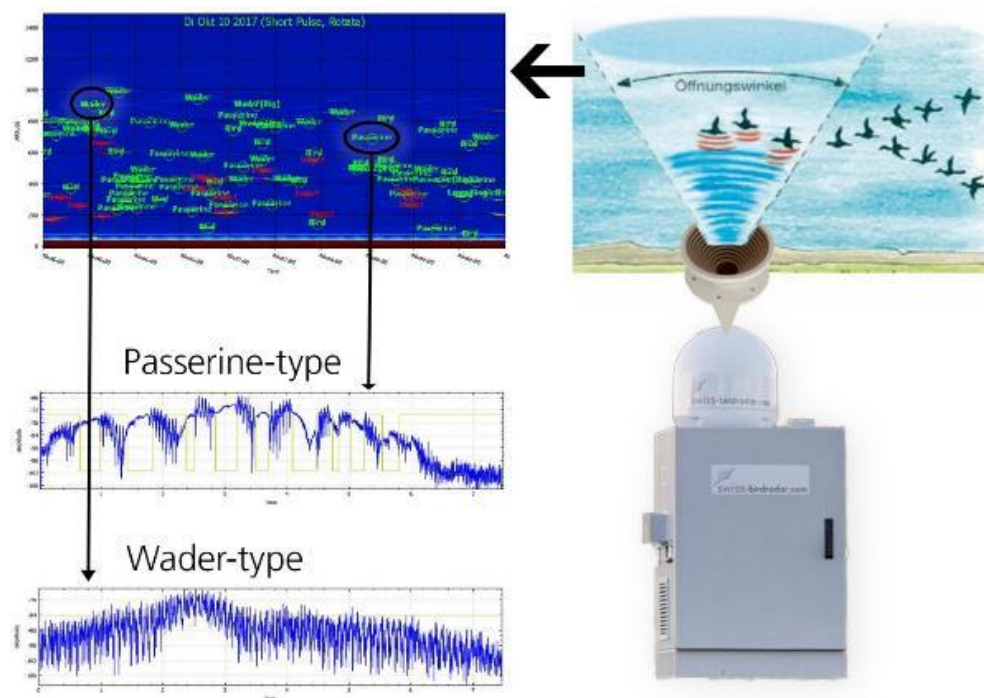


Figure 2 : schéma de fonctionnement du radar BirdScan MR1.

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

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

II.3. Plan d'échantillonnage

Afin d'étudier les flux migratoires au sein du golfe du Lion, le suivi est réalisé à l'aide de deux unités radar complémentaires (Figure 3) :

- **Un radar fixe**, localisé au niveau du site de la Palissade en Camargue, qui acquiert des données en continu (7j/7, 24h/24) toute l'année ;
- **Un radar mobile**, monté sur remorque autonome en énergie, qui permet de récolter des données sur des sites répartis le long de la côte du golfe du Lion.



Figure 3 : Dispositifs déployés pour les suivis par radar ornithologique à la côte. En haut, radar fixe, en bas, unité radar mobile.

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

- Secteurs autorisés pour l'émission d'ondes radar (autorisations administratives dans le cadre de cette étude) ;
- Identification de sites offrant une accessibilité pour véhicule avec remorque, une zone dégagée pour l'émission des ondes radar, une communication réseau suffisante pour le suivi à distance, et une sécurisation du matériel ;
- Obtention des autorisations auprès des propriétaires des sites ;
- Répartition des sites de manière homogène le long du golfe du Lion ;
- Suivi pendant une semaine par site pour assurer une couverture temporelle suffisante.

Ainsi, 7 sites ont pu être étudiés au cours de l'année 2022, à raison de sessions de 7 jours d'acquisition en continu par site, répétées 2 fois par saison (2 sessions en migration pré-nuptiale, et 2 sessions en migration post-nuptiale).

La carte suivante présente la localisation des 7 sites de suivi par l'unité radar mobile (en bleu), et le site suivi par le radar fixe en continu (en vert).



Figure 4 : Sites de suivi par radar à la côte : en bleu, stations suivies par radar mobile, en vert, station suivie par radar fixe.

Le tableau suivant synthétise les dates d'acquisition de données par site pour chaque saison (migration pré-nuptiale et migration post-nuptiale) sur l'année 2022.

Station	Migration pré-nuptiale 2022		Migration post-nuptiale 2022	
	Session 1	Session 2	Session 1	Session 2
Radar mobile - Banyuls	14/02/2022 - 21/02/2022	28/03/2022 - 04/04/2022	01/08/2022 - 08/08/2022	12/09/2022 - 19/09/2022
Radar mobile - Leucate	04/04/2022 - 11/04/2022	16/05/2022 - 23/05/2022	19/09/2021 - 26/09/2021	18/10/2022 - 27/10/2022
Radar mobile - Sérignan	21/02/2022 - 28/02/2022	09/05/2022 - 16/05/2022	05/09/2022 - 12/09/2022	11/10/2022 - 18/10/2022
Radar mobile - Frontignan	21/03/2022 - 28/03/2022	11/04/2022 - 19/04/2022	08/08/2022 - 16/08/2022	26/09/2022 - 03/10/2022
Radar mobile - Grau du Roi	28/02/2022 - 07/03/2022	02/05/2022 - 09/05/2022	16/08/2022 - 22/08/2022	27/10/2022 - 03/11/2022
Radar fixe - Camargue	en continu à partir du 14/02/2022			
Radar mobile - Cassis	14/03/2022 - 21/03/2022	19/04/2022 - 26/04/2022	29/08/2022 - 05/09/2022	03/11/2022 - 14/11/2022
Radar mobile - Toulon	07/03/2022 - 14/03/2022	26/04/2022 - 02/05/2022	22/08/2022 - 29/08/2022	14/11/2022 - 21/11/2022

L'acquisition des données et leur récupération s'est déroulée de manière très satisfaisante au cours de l'année, compte-tenu des risques associés au fonctionnement d'unités autonomes. Les sources de dysfonctionnements potentiels des unités sont en effet leur alimentation énergétique (notamment de l'unité mobile qui est alimentée par un système mixte complexe), la fiabilité de la communication réseau et du transfert de données à distance, le fonctionnement des radars, le fonctionnement continu des ordinateurs de contrôle et des logiciels et périphériques associés, la sécurité du matériel, et les conditions météorologiques (orages et électricité statique ou choc électrique, pluie et humidité, températures élevées ou basses pouvant mettre en sécurité les appareils électroniques ou limiter leur fonctionnement – ex : groupe électrogène, batteries, processeurs).

Le radar fixe a fonctionné en continu sans aucune interruption. L'acquisition de données par le radar mobile a été temporairement interrompue au cours de la période post-nuptiale 2022 du fait de pannes concomitantes des systèmes de communication et d'alimentation électrique de la remorque, notamment en lien avec les températures anormalement chaudes observées lors des nuits de début octobre ayant entraîné la surchauffe et la mise en sécurité du groupe électrogène. Ces pannes ont conduit à une perte de données les 1er et 2/10/2022 et du 4 au 11/10/2022 pour l'unité mobile. L'analyse des données du radar fixe aux mêmes dates indique toutefois que la migration était faible à cette période (voir chapitre III.2).

II.4. Analyse des données

Les grands principes de la méthode déployée pour traiter les données obtenues, présentés ci-après, sont tirés de la publication de Schmid et al. 2019¹.

¹ SCHMID, Baptiste, ZAUGG, Serge, VOTIER, Stephen C., et al. Size matters in quantitative radar monitoring of animal migration: estimating monitored volume from

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

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

Détection au sein du faisceau et radar cross section (RCS)

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

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

Fréquence de battement d'ailes

La fréquence de battement d'ailes des oiseaux est fortement corrélée à leur taille (les oiseaux les plus gros battant généralement plus lentement des ailes, e.g. Bruderer et al. 2010²). Au sein du signal radar, la fréquence de battement d'ailes d'une cible peut être estimée à partir de la variation de son intensité au cours du temps (signature de l'écho). Ainsi, la taille d'un oiseau peut aussi être estimée à partir de sa fréquence de battement d'ailes, indépendamment de la RCS apparente.

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

Migration Traffic Rate (MTR)

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

wingbeat frequency. *Ecography*, 2019, vol. 42, no 5, p. 931-941.

² BRUDERER, Bruno, PETER, Dieter, BOLDT, Andreas, *et al.* Wing-beat characteristics of birds recorded with tracking radar and cine camera. *Ibis*, 2010, vol. 152, no 2, p. 272-291.

Filtrage du signal

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

Caractéristiques du traitement de données pour cette étude

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

L'acquisition des données s'est effectuée en alternance de deux modes d'émission « short-pulse » (40 minutes) et « long-pulse » (20 minutes) au sein de chaque heure afin d'évaluer les échelles de détection possibles. Après analyse des données, les périodes en « long-pulse » habituellement utilisées pour étudier les mouvements à plus haute altitude n'ont pas apporté d'information complémentaire, et seules les données en « short-pulse » ont ainsi été conservées pour la production des résultats présentés dans ce rapport.

Dans le cadre de ce premier rapport annuel, l'ensemble des oiseaux ont été groupés. Les résultats présentés font donc référence à toutes les classes d'oiseaux confondues. Les résultats seront détaillés par classe dans le futur, après consolidation de la classification des différents types d'oiseaux.

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

Ainsi, les valeurs quantitatives présentées par heure sont corrigées par le temps réel d'observation, excluant (1) les périodes de mauvaise détection et (2) les séquences en « long-pulse ».

III. Résultats 2022

III.1. Préambule

Le choix a été fait d'intégrer les résultats dans leur état d'avancement dans ce rapport, afin de présenter les premières tendances qui se dessinent sur la migration des oiseaux détectés par radar.

Les analyses des données étant encore en cours, les résultats détaillés ci-après sont des **résultats préliminaires** qui seront probablement amenés à évoluer ; par exemple, les données n'ont pas été corrigées en fonction des différentes capacités de détection des deux radars, qui sont en cours de comparaison. Les valeurs des flux et les proportions changeront donc possiblement.

L'interprétation de ces résultats doit donc être faite précautionneusement en intégrant ces limites.

III.2. Phénologie saisonnière de la migration

Préambule

Les graphiques suivants représentent les séries temporelles des flux moyens nocturnes enregistrés par les radars fixe et mobile au cours des périodes prénuptiale et postnuptiale 2022.

L'unité utilisée est le MTR qui mesure le flux d'oiseaux traversant une bande d'un kilomètre en une heure (voir chapitre II.4). Les valeurs présentées sont une moyenne des MTR de nuit pour chaque journée (par exemple pour février à Banyuls, la valeur est une moyenne des MTR horaires de 19h à 07h - heure locale).

Migration prénuptiale

Les flux enregistrés par les deux radars ont été assez faibles jusque fin mars.

Les premiers passages intenses ont été enregistrés entre le 27 mars et le 2 avril, avec un pic moyen enregistré la nuit du 29 mars atteignant 4 740 oiseaux/h/km à Banyuls et 870 oiseaux/h/km à La Palissade.

Les autres passages migratoires intenses ont été enregistrés sur le mois d'avril, entre le 7 et le 12 avril, et entre le 16 et le 19 avril. Sur la dernière décade d'avril et la première semaine de mai, l'activité migratoire a été étonnamment faible, ce qui est en concordance avec les retards observés dans la migration par ailleurs. La fin de la migration prénuptiale a été ainsi plus tardive que ce qui est habituellement observé, avec des pics finalement observés entre le 6 et le 18 mai.

Au printemps, le flux horaire le plus important a été enregistré sur Leucate, avec 13 721 oiseaux/h/km détectés entre 19h et 20h UTC le 7 avril. D'autres valeurs très proches ont été enregistrées sur Frontignan le 17 avril entre 22h et 23h UTC (13 270 oiseaux/h/km) et sur Banyuls le 31 mars entre 23h et 00h UTC (12 722 oiseaux/h/km).

Sur le site de la Palissade, les flux horaires les plus importants ont été enregistrés le 17 avril à 22h (5 270 oiseaux/h/km) et le 07 avril à 22h (5 239 oiseaux/h/km).

La comparaison des flux moyens (Figure 5) confirme cette tendance : les flux migratoires enregistrés ont été nettement plus importants sur les sites situés à l'ouest du golfe du Lion (Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault) qu'au niveau des sites situés à l'est (Gard, Bouches-du-Rhône, Var).

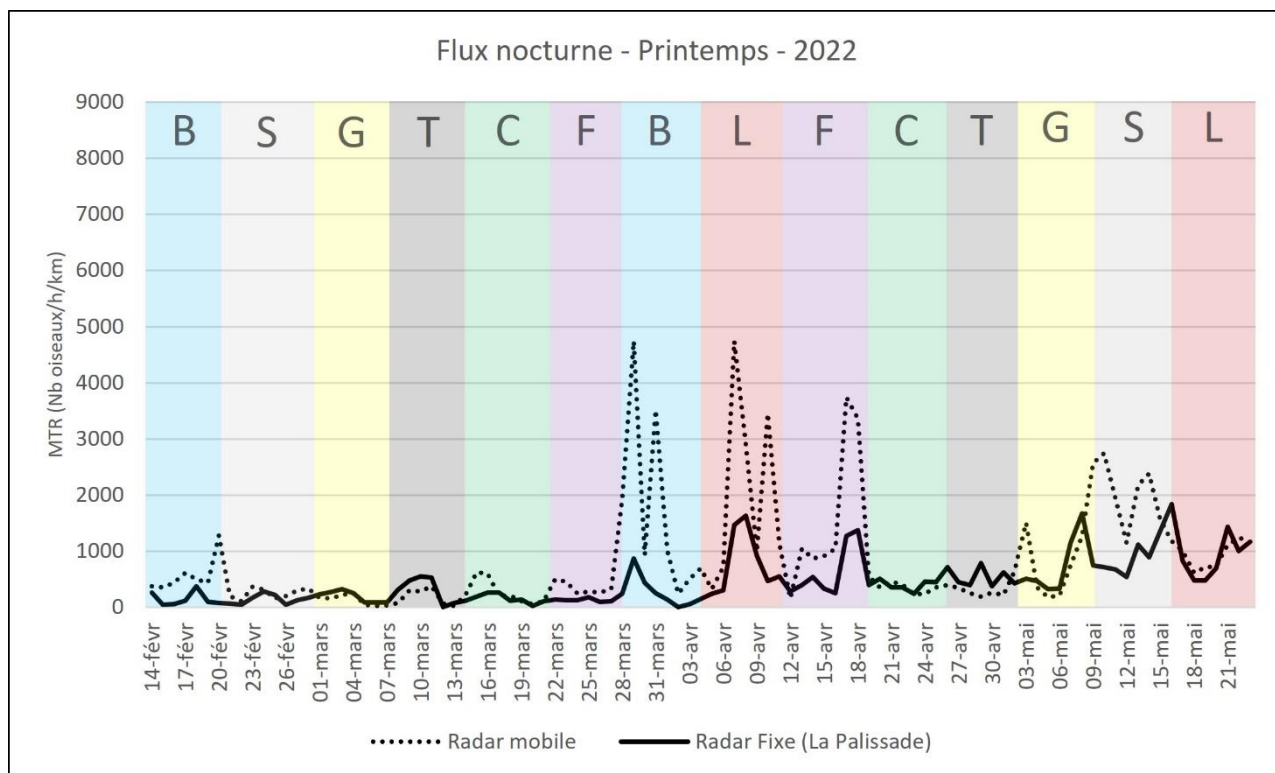


Figure 5 : Série temporelle des flux moyens nocturnes enregistrés par les radars fixe et mobile au cours de la période prénuptiale 2022. Sites : B-Banyuls, L-Leucate, S-Sérignan, F-Frontignan, G-Grau-du-Roi, C-Cassis, T-Toulon.

Migration postnuptiale

Les flux enregistrés en migration postnuptiale sont nettement plus élevés qu'en migration prénuptiale (2 à 2,5 fois plus importants).

Une migration régulière a été observée du 1^{er} août au 10 octobre, avec quelques pics enregistrés les nuits du 22 août à la Palissade (MTR moyen de 2 634 oiseaux/h/km), 9 septembre à Sérignan (4 914 oiseaux/h/km), ou encore 30 septembre à Frontignan (3 462 oiseaux/h/km).

Les mouvements migratoires se sont principalement concentrés entre le 10 octobre et le 3 novembre pour la migration postnuptiale, avec des pics à 7 214 oiseaux/h/km à la Palissade la nuit du 11 octobre, 8 342 oiseaux/h/km à Leucate la nuit du 25 octobre ou encore 5 744 oiseaux/h/km au Grau du Roi la nuit du 2 novembre.

A l'automne, le flux horaire le plus important a été enregistré sur Leucate, avec 31 945 oiseaux/h/km détectés entre 18h et 19h UTC le 21 octobre.

Les flux migratoires enregistrés sont, comme en migration prénuptiale, plus importants sur les sites situés à l'ouest du golfe du Lion (Pyrénées-Orientales, Aude, Hérault) qu'au niveau des sites situés à l'est (Gard, Bouches-du-Rhône, Var), mais en proportion moins importante.

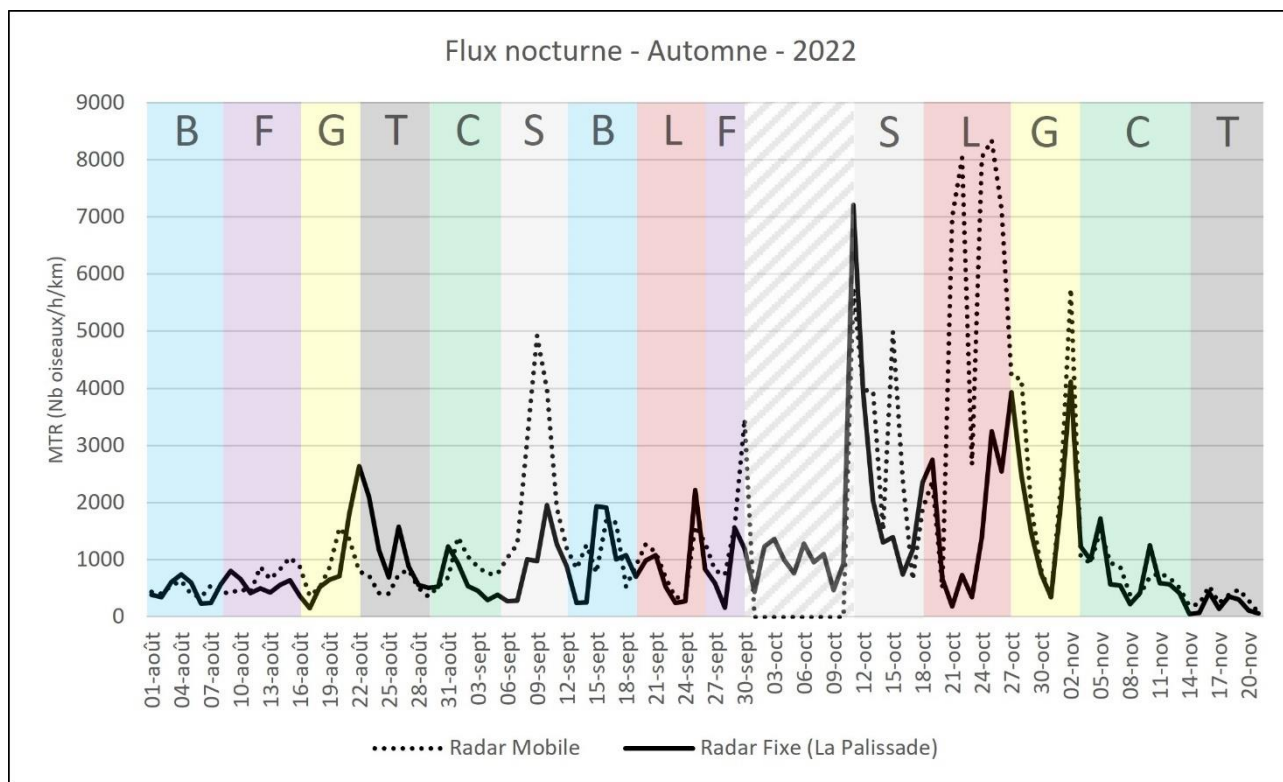


Figure 6 : Série temporelle des flux moyens nocturnes enregistrés par les radars fixe et mobile au cours de la période postnuptiale 2022. Sites : B-Banyuls, L-Leucate, S-Sérignan, F-Frontignan, G-Grau-du-Roi, C-Cassis, T-Toulon.

▨ Absence de données (Radar mobile).

III.3. Phénologie horaire

Préambule

Les histogrammes suivants représentent l'évolution des flux moyens d'oiseaux par heure sur un cycle journalier de 24 heures.

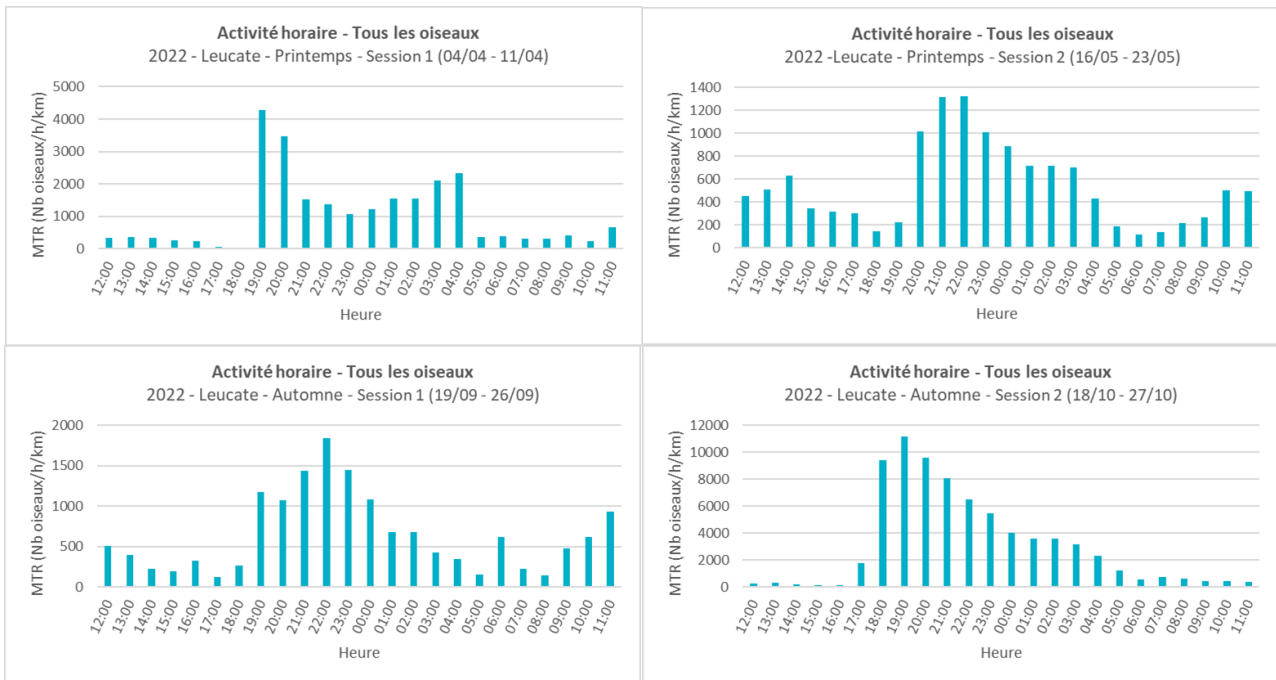
Les valeurs présentées sont la moyenne des MTR calculés pour chaque créneau horaire et par session (une semaine) pour les sites du radar mobile.

Pour le radar fixe, un histogramme par mois est présenté, de mars à mai, puis d'août à novembre.

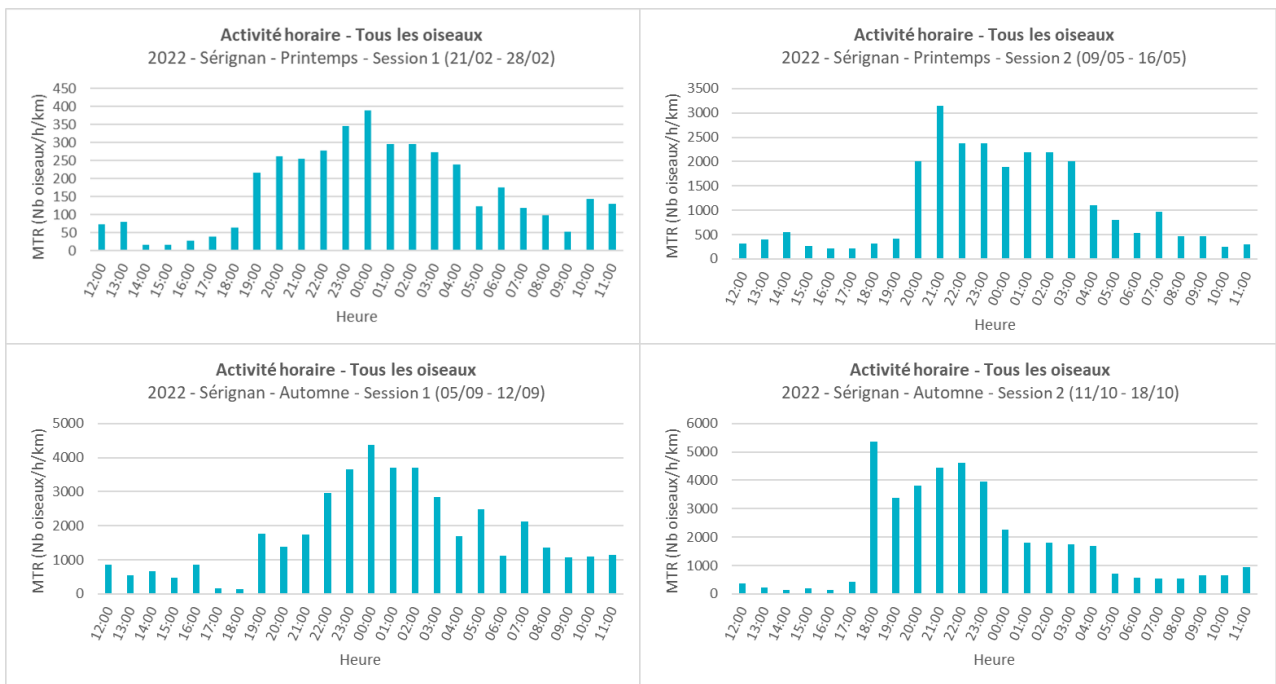
Banyuls



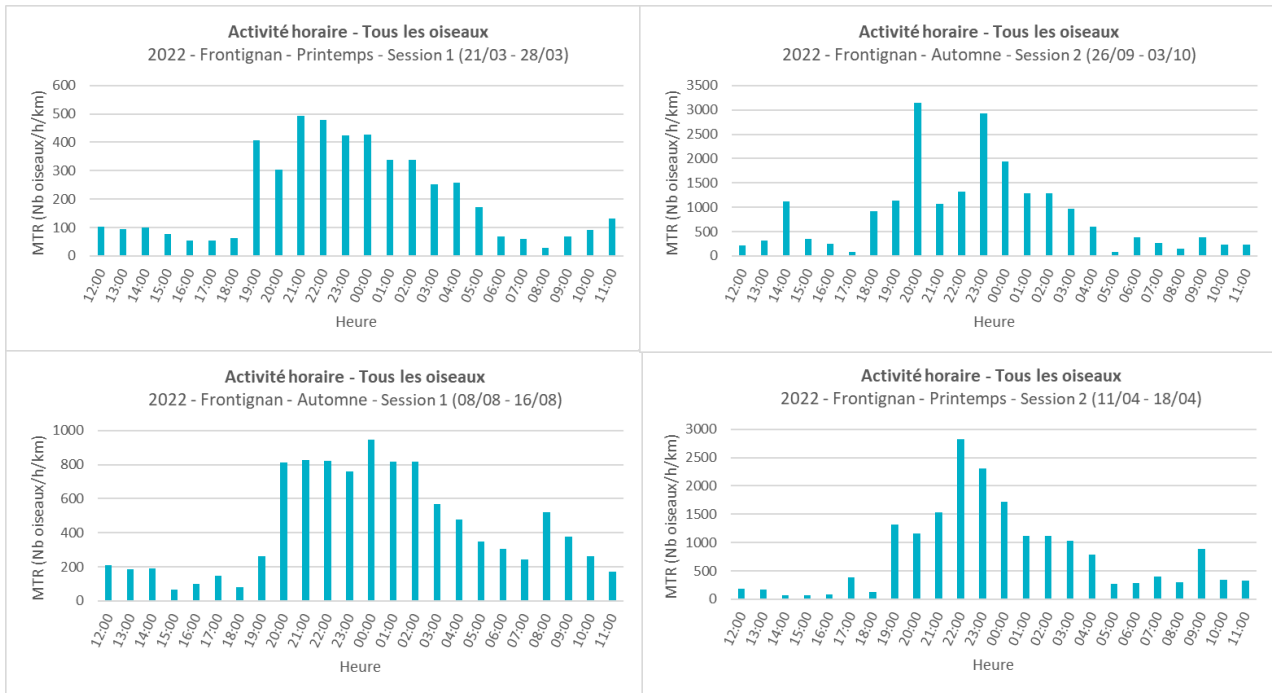
Leucate



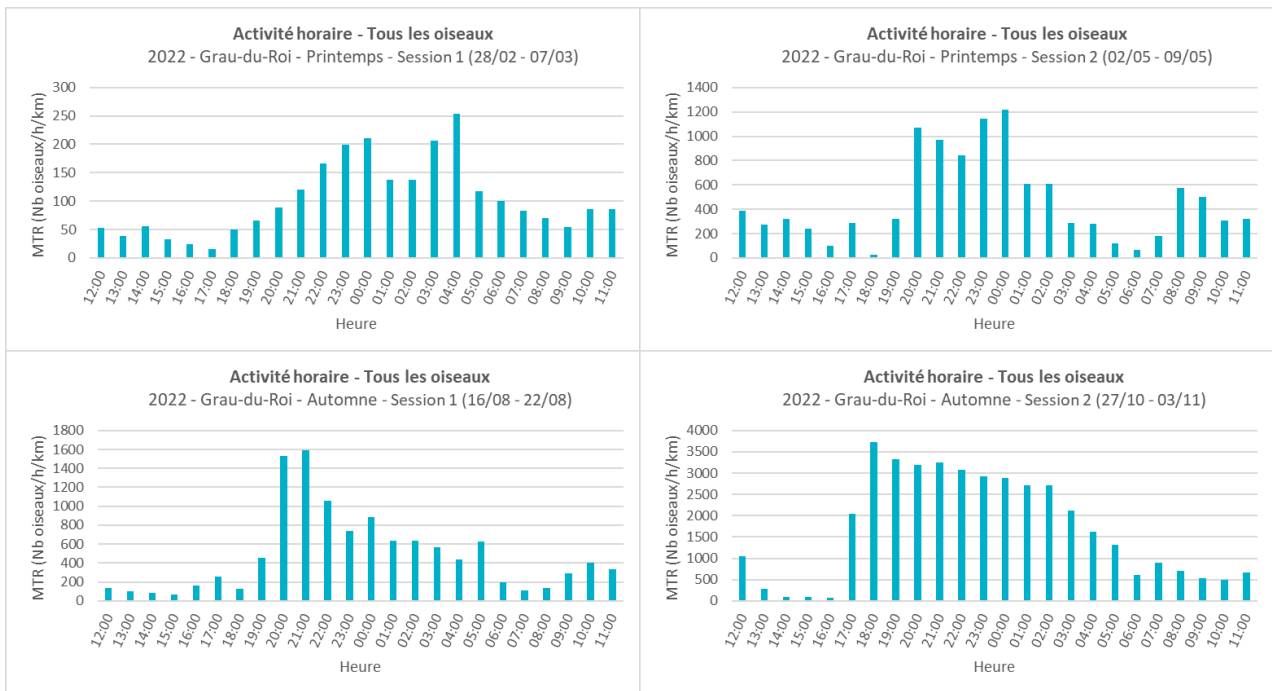
Sérignan



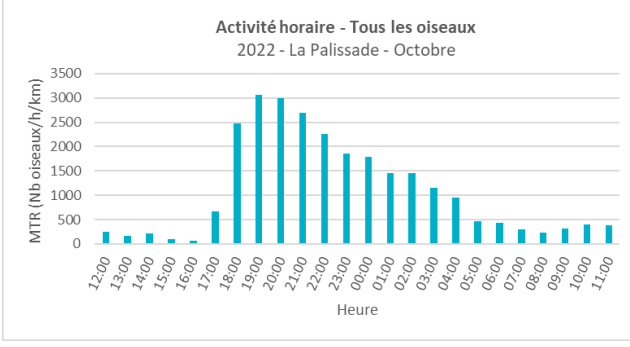
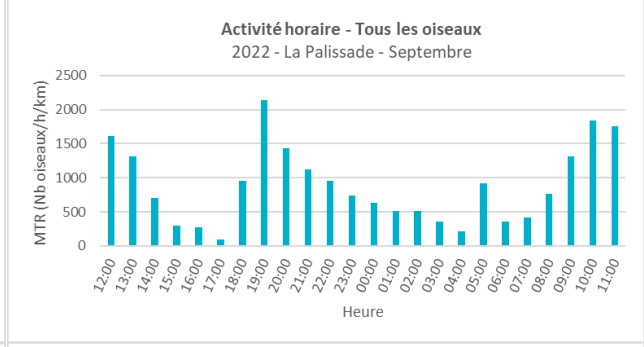
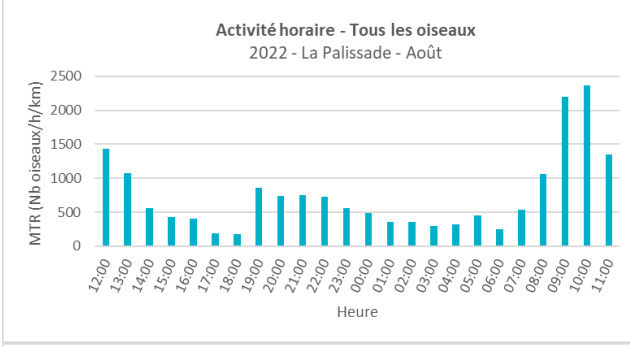
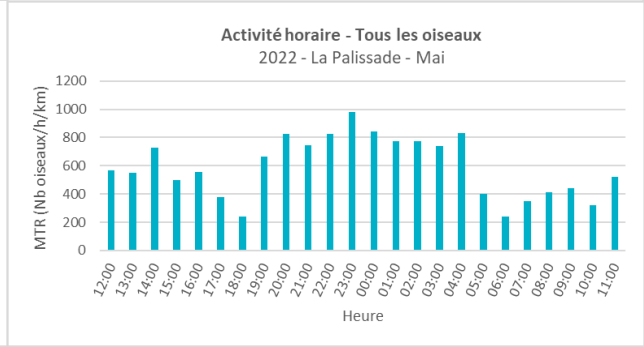
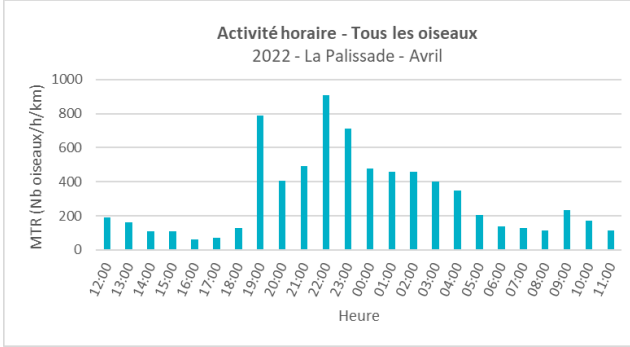
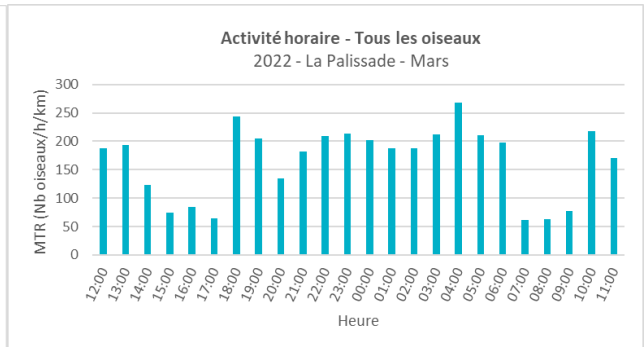
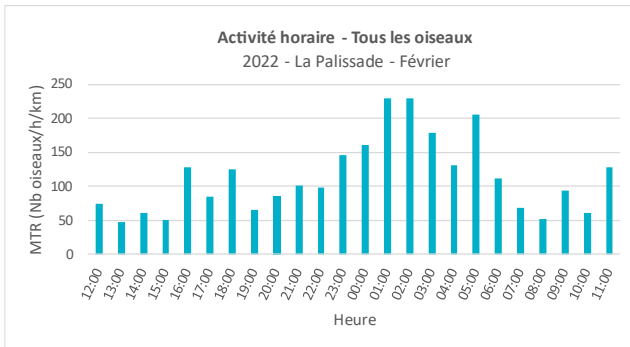
Frontignan



Grau-du-Roi



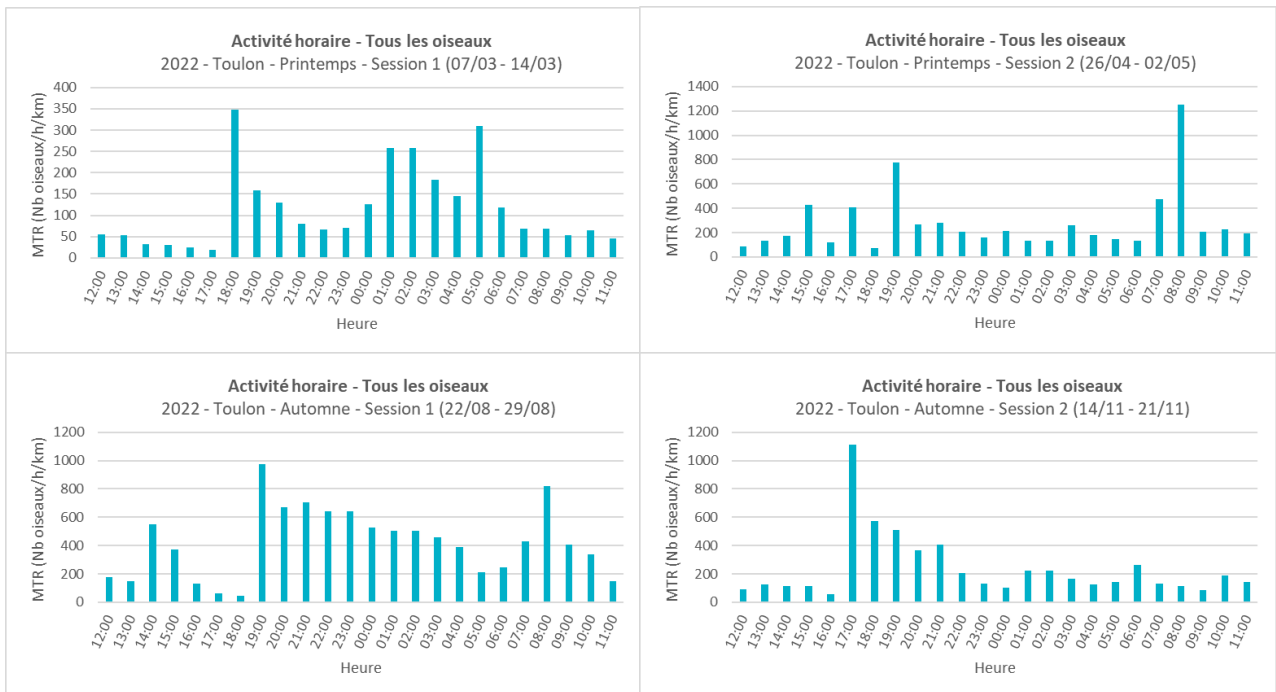
La Palissade



Cassis



Toulon



III.4. Proportions de vols diurnes et nocturnes

Préambule

Les diagrammes suivants présentent les proportions de vol de jour et de nuit pour chaque site, pour chaque période de migration pré-nuptiale et post-nuptiale. Les valeurs sont la moyenne des MTR horaires pour les 2 sessions d'une campagne (pré-nuptiale et post-nuptiale) ; il s'agit donc d'une comparaison d'un flux moyen de jour et d'un flux moyen de nuit, et non pas au sein d'un flux total qui est lui dépendant de la durée de jour et de nuit.

Les mouvements migratoires de jour peuvent être sous-estimés par le radar si les oiseaux volent en groupes ou à basse altitude (moins de 50 mètres). Toutefois, les flux de jour intègrent aussi les mouvements d'oiseaux locaux qui peuvent cumuler des MTR importants si des individus se déplacent massivement d'un site de repos vers un site d'alimentation par exemple, ou si quelques individus volent de façon redondante au-dessus du radar (e.g. rapaces, hirondelles ou martinets).

Résultats

Comme illustré par les graphiques précédents (partie III. 3.), les mouvements migratoires nocturnes sont beaucoup plus importants que les mouvements diurnes. Lors des pics de migration, les moyennes des flux nocturnes peuvent être jusqu'à 9 fois plus importants que les flux diurnes.



III.5. Altitudes de vol

Préambule

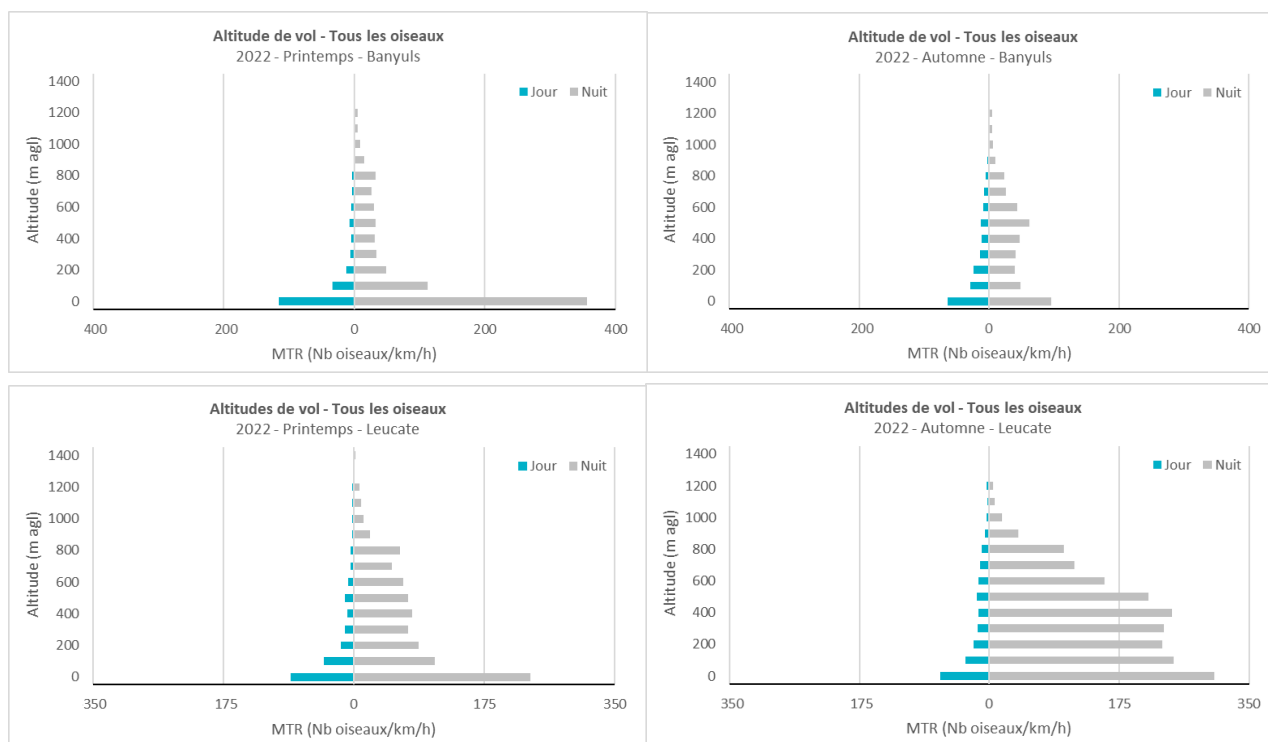
Les graphiques suivants représentent les flux d'oiseaux par classes d'altitude, pour chaque site et par période de migration prénuptiale et postnuptiale.

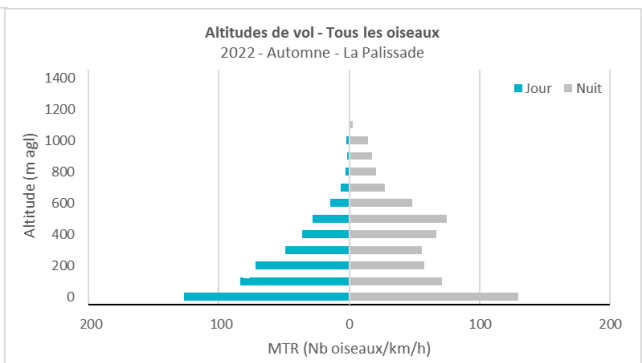
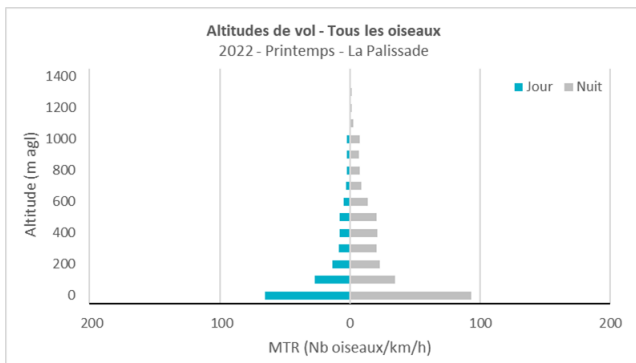
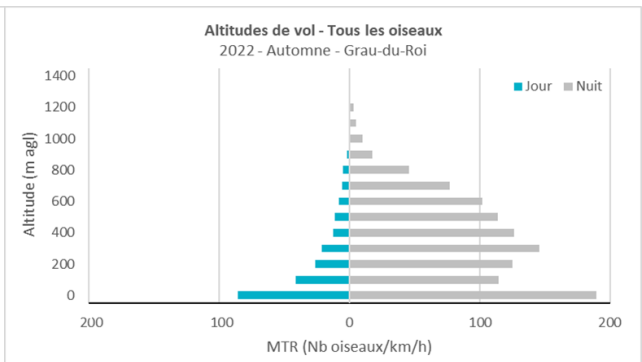
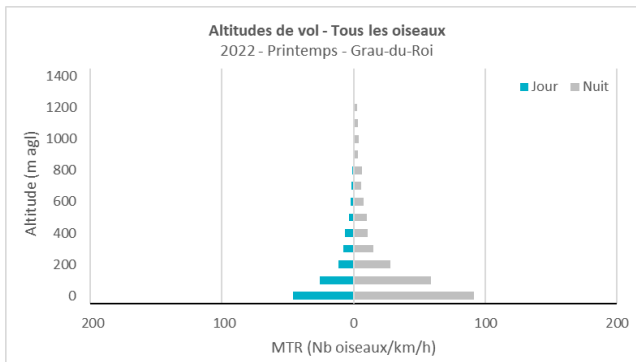
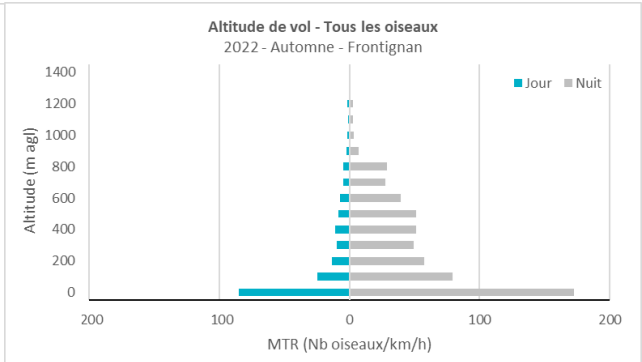
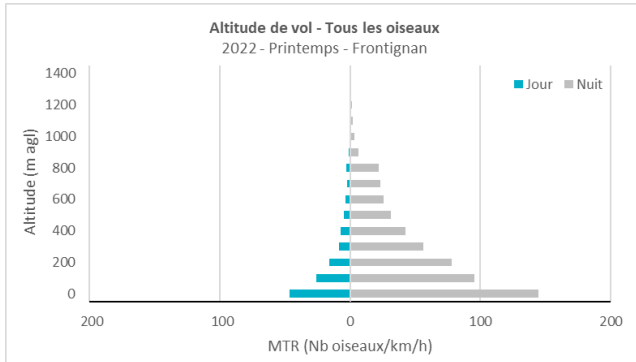
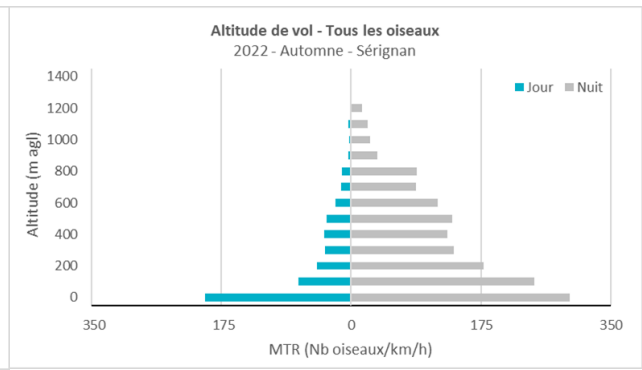
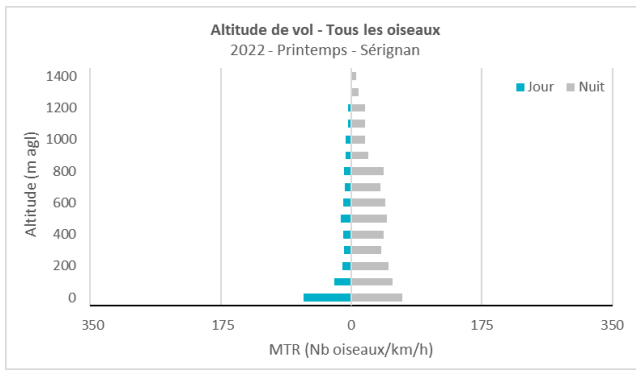
Pour le radar mobile, chaque histogramme représente la moyenne des deux sessions par campagne. Pour le radar fixe, deux histogrammes représentent les moyennes issues de l'ensemble des données de février à mai pour la migration prénuptiale, et d'août à novembre pour la migration postnuptiale.

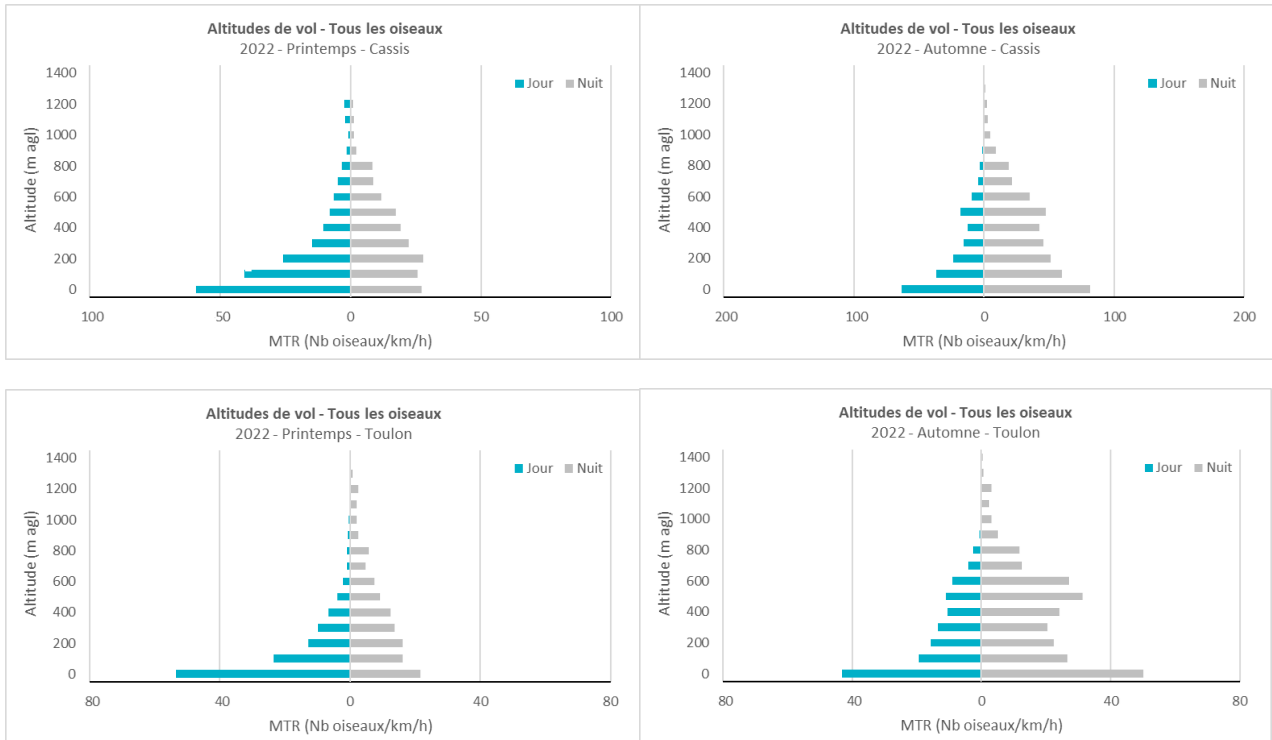
Résultats

Les hauteurs de vol sont classiquement plus élevées la nuit que le jour, et cette différence est d'autant plus importante sur les sites situés à l'ouest du golfe du Lion (Banyuls, Leucate, Sérignan, Frontignan, Grau du Roi) qu'au niveau des sites situés en Camargue et à l'est (La Palissade, Cassis, Toulon).

Sur la plupart des sites, une proportion notable d'oiseaux est détectée à basse altitude au printemps (moins de 100 mètres), générée probablement par des oiseaux détectés en fin de nuit après avoir traversé la mer ou avoir longé la côte, ou par des oiseaux en halte à proximité des sites d'enregistrement qui décollent en début de nuit pour repartir en migration. A l'automne, les flux sont plus étagés et enregistrés à plus haute altitude sur certains sites comme Leucate, le Grau du Roi ou encore La Palissade.







III.6. Directions de vol

Préambule

Les diagrammes suivants représentent les distributions des directions de vol enregistrées de nuit par site et par période prénuptiale et postnuptiale.

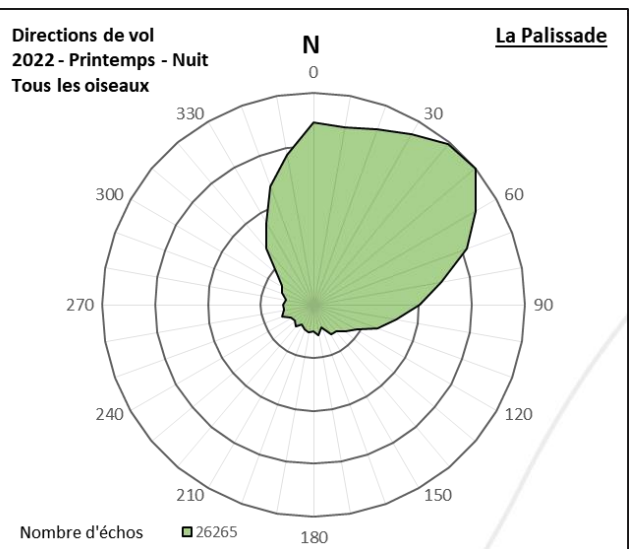
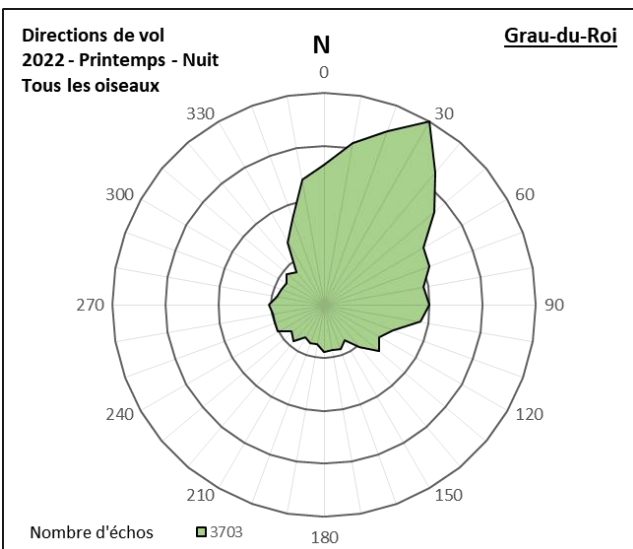
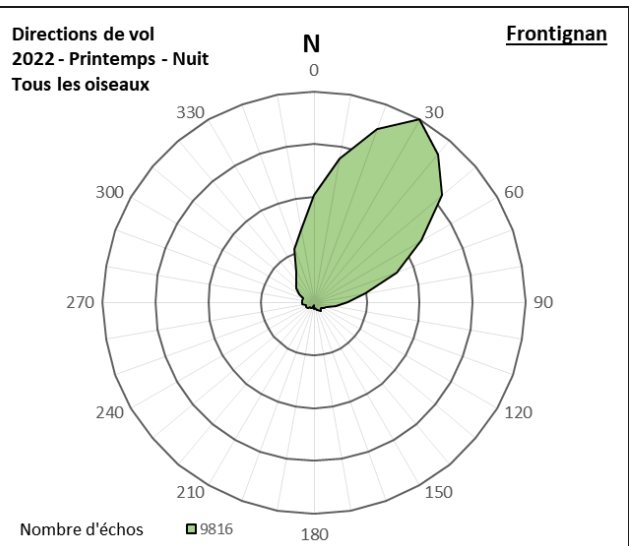
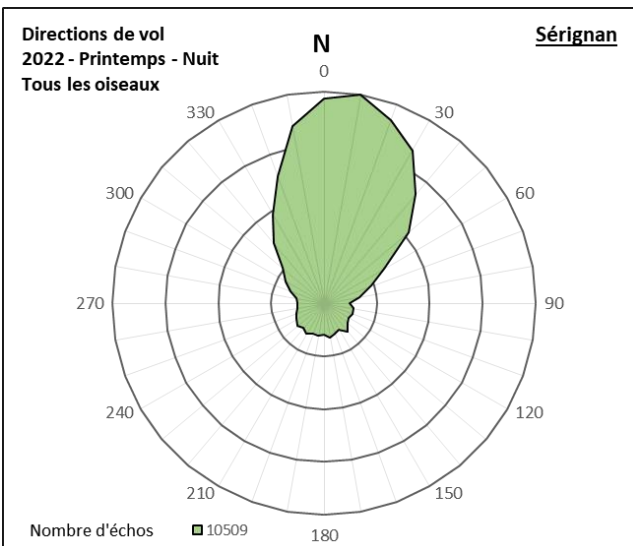
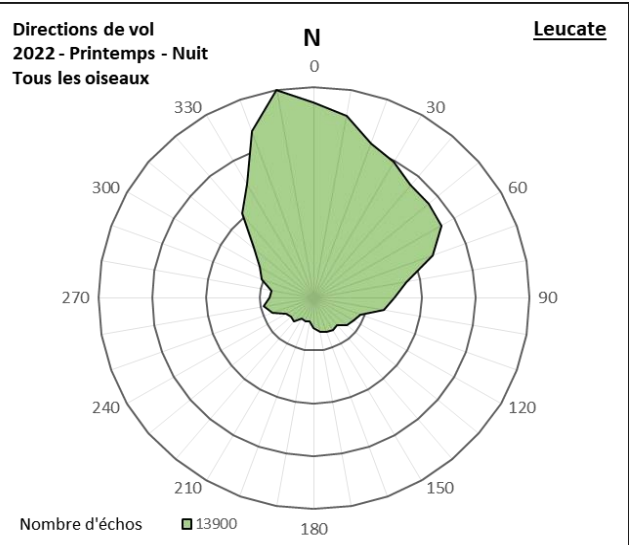
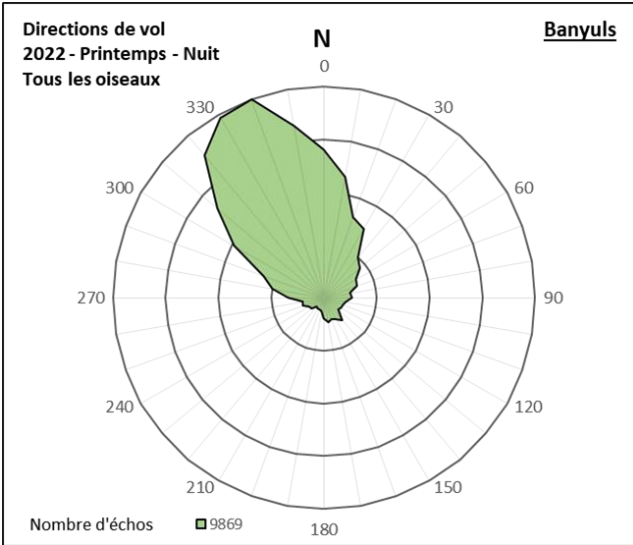
Les données utilisées pour la réalisation de ces diagrammes sont les sommes des effectifs d'oiseaux par classe de direction et par période de migration. Pour le radar mobile, les sommes sont effectuées sur les 2 sessions confondues de chaque campagne, et pour le radar fixe, les données sont sommées de février à mai pour la migration prénuptiale, et d'août à novembre pour la migration postnuptiale.

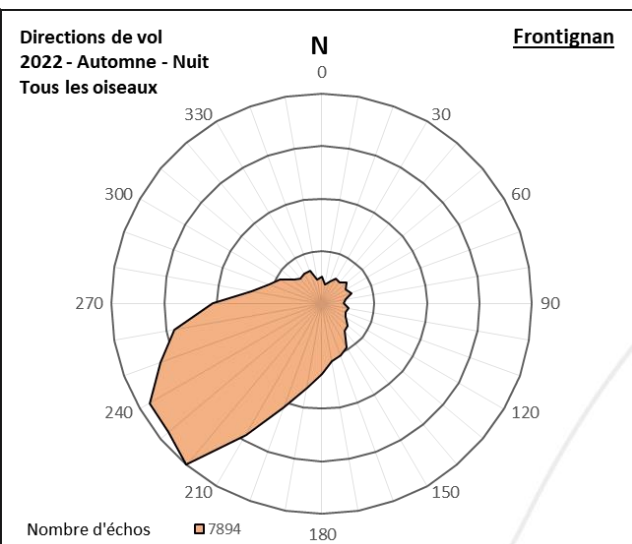
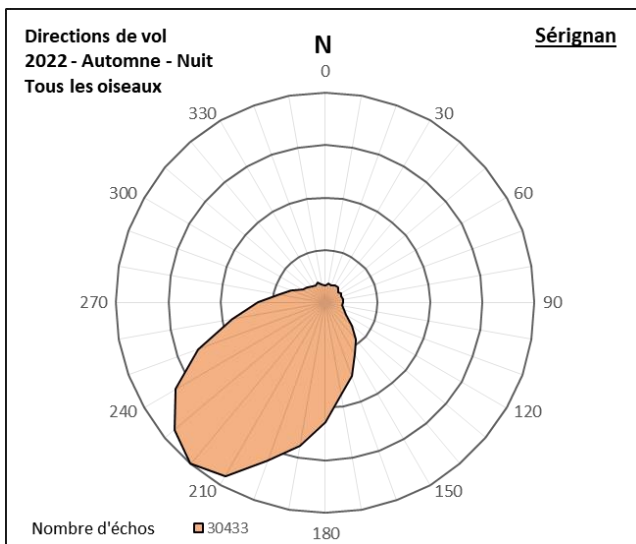
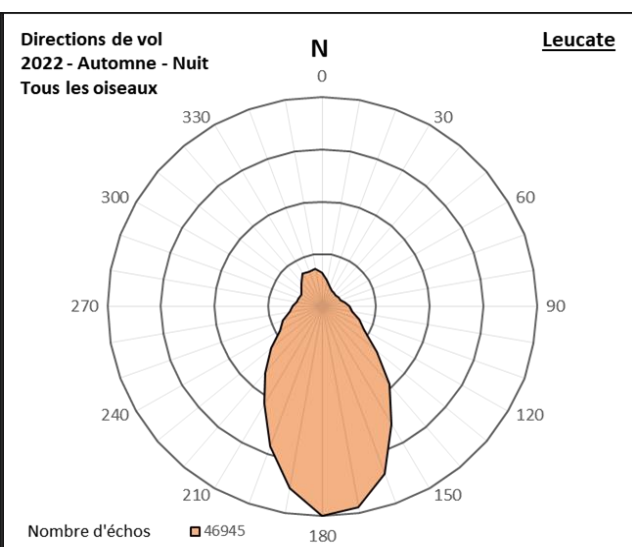
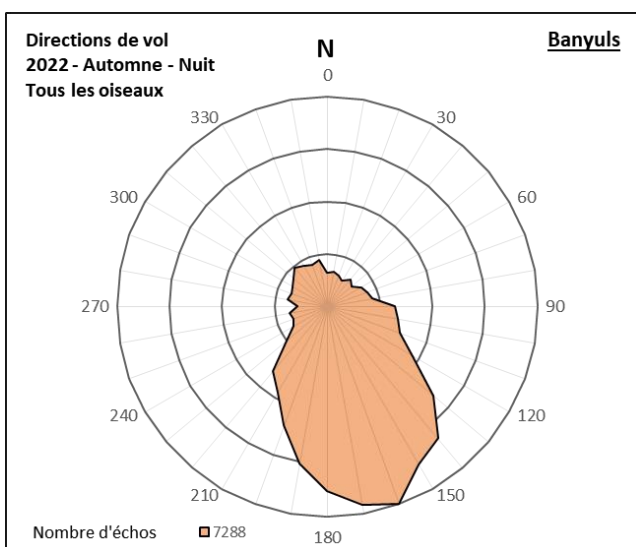
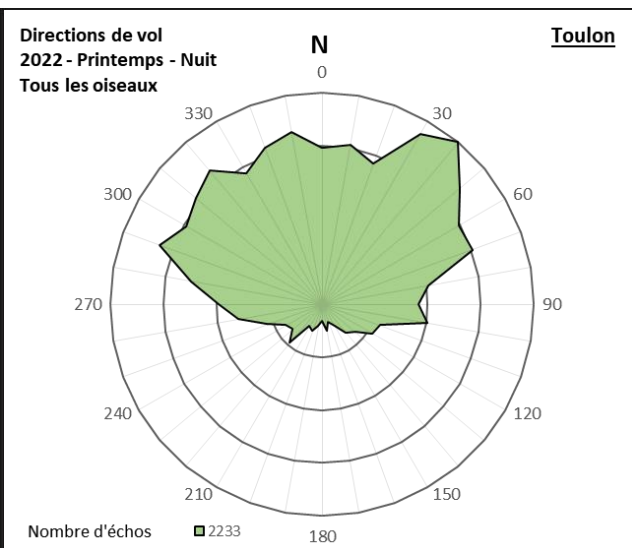
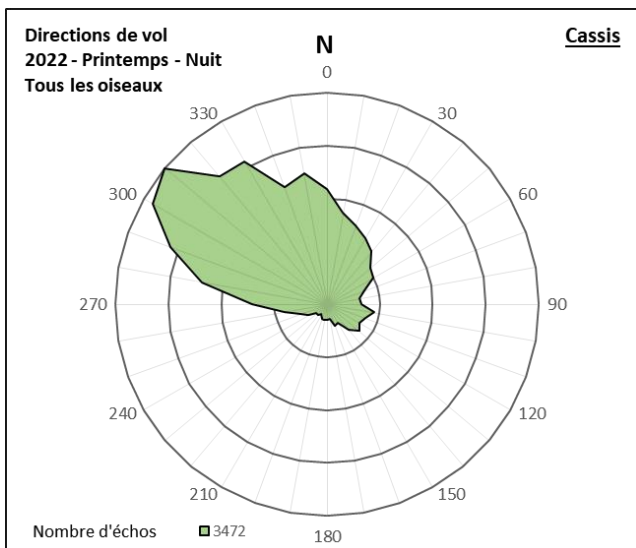
Résultats

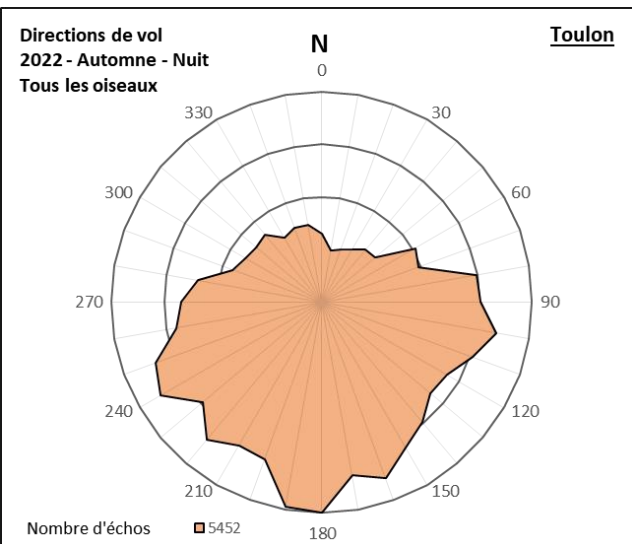
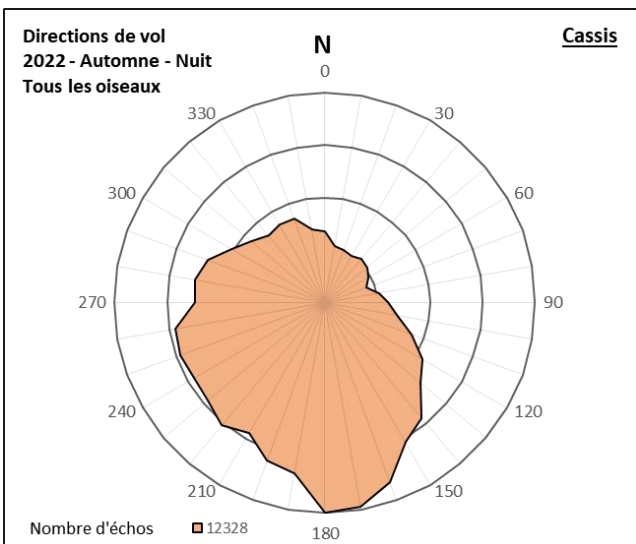
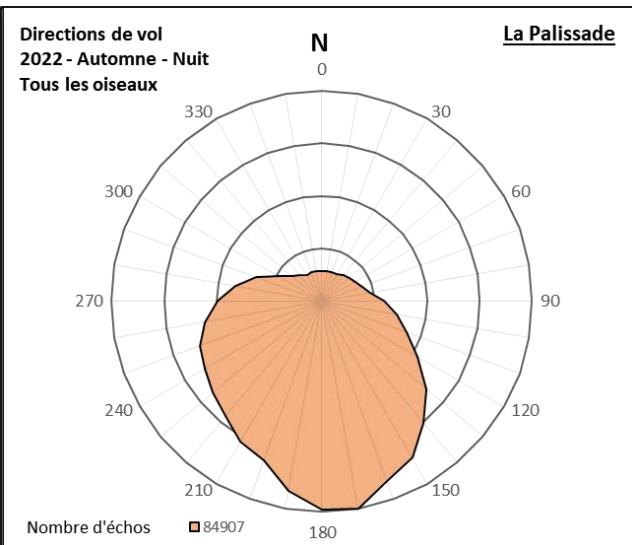
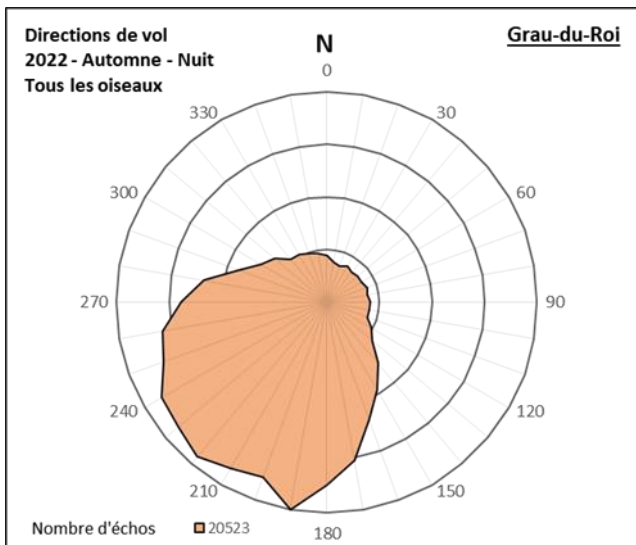
A l'ouest du golfe du Lion (Banyuls, Leucate, Sérignan, Frontignan), les oiseaux suivent des directions de vol davantage parallèles à la côte qu'à l'est du golfe. Cette tendance est d'autant plus marquée à l'automne. La proportion d'oiseaux partant ou arrivant du large reste toutefois élevée.

Par ailleurs, les sites de l'ouest (Grau du Roi) et de l'est (La Palissade) de la Camargue sont intéressants à comparer : en migration prénuptiale, la direction principale de migration est assez proche pour les deux sites (nord-est).

En migration postnuptiale, les oiseaux enregistrés au Grau du Roi migrent majoritairement vers le sud-ouest (en coupant le golfe du Lion), alors qu'à La Palissade les oiseaux partent préférentiellement vers le sud-sud-est, en direction de la Sardaigne ou des côtes africaines.







IV. Synthèse 2022

Printemps

Les flux migratoires sont plus importants sur la partie ouest du golfe du Lion (Pyrénées Orientales, Aude, Hérault) que sur la partie est (Gard, Bouches du Rhône, Var).

La proportion de déplacements de nuit est liée à l'intensité de la migration, et les sites les plus à l'ouest sont ainsi ceux qui présentent les mouvements nocturnes les plus importants.

Les directions de vol sont davantage orientées parallèlement à la côte sur les sites de l'ouest du golfe, mais les proportions de vols en provenance ou en direction de la mer restent importantes.

Les hauteurs de vol sont variables, mais la proportion d'oiseaux volant à basse altitude est notable sur certains sites en migration pré-nuptiale.

Une carte synthétique de ces informations est présentée en Figure 7.

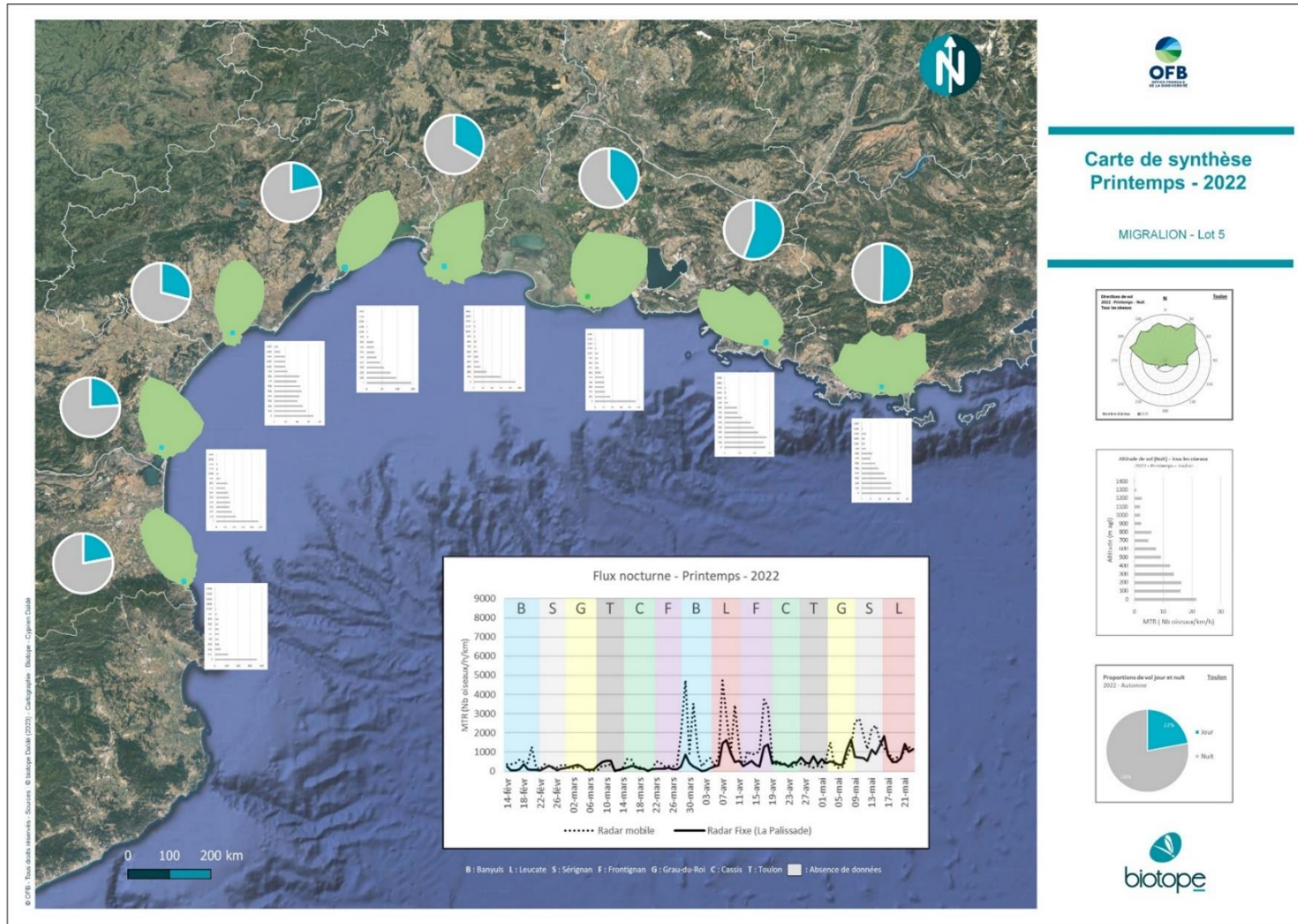


Figure 7 : Carte de synthèse des résultats obtenus pour la migration prénuptiale 2022.

Automne

En migration postnuptiale, le flux est nettement plus élevé qu'en migration prénuptiale (2,5 fois plus important à l'automne qu'au printemps sur le site de la Palissade).

Ce flux est toujours plus important à l'ouest du golfe du Lion (Pyrénées Orientales, Aude, Hérault) qu'à l'est (Gard, Bouches du Rhône, Var), mais la différence de flux entre sites à l'est et sites à l'ouest est plus faible qu'en migration prénuptiale.

La proportion de déplacements de nuit est encore plus importante qu'au printemps.

Les directions de vol sont davantage orientées parallèlement à la côte sur les sites de l'ouest du golfe, de manière encore plus marquée qu'au printemps, mais avec une proportion toujours élevée en direction de la mer.

Les hauteurs de vol sont en moyenne plus élevées, mais les mouvements à basse altitude sont toujours détectés.

Une carte synthétique de ces informations est présentée en Figure 8.

Carte de synthèse Automne - 2022

MIGRALION - Lot 5

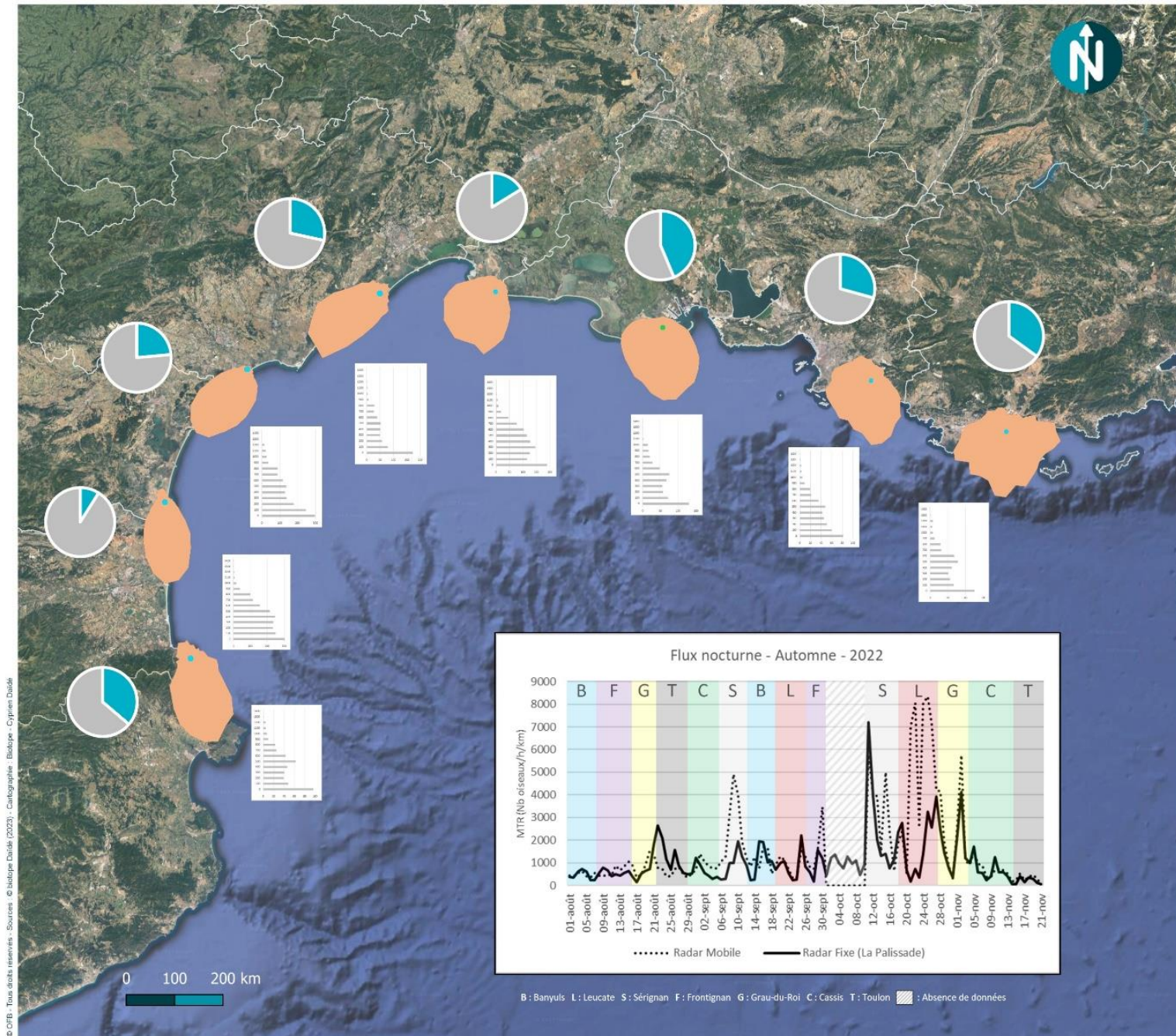
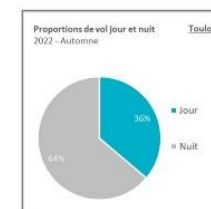
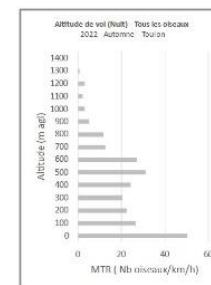
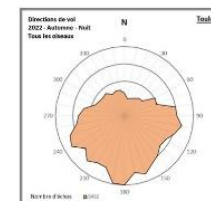


Figure 8 : Carte de synthèse des résultats obtenus pour la migration postnuptiale 2022.

Perspectives 2023

L'acquisition des données se poursuit sur 2023 avec le même protocole d'échantillonnage pour les radars : radar fixe à la Palissade, et suivi des 7 mêmes sites avec le radar mobile.

Le radar fixe continue à fonctionner sans interruption, et l'acquisition à partir du radar mobile a démarré au 14 février 2023 comme prévu.

En plus de la poursuite de la collecte de données par radar depuis la côte, la LPO PACA, LPO Occitanie et Aude Nature interviendront pour des suivis visuels depuis la côte sur les sites de suivi par radar, et la Tour du Valat effectuera une campagne de baguage des oiseaux sur le site du radar fixe (la Palissade).

En 2023/2024, les analyses de données seront approfondies en intégrant les nouvelles données acquises.

© 2023 - Tous droits réservés – MIGRALION