



Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique-Nord-Est
par les migrateurs terrestres et l'avifaune marine
à l'aide de méthodes complémentaires

Synthèse bibliographique

LOT 5

Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune

Juillet 2023





LOT 5

Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune

Synthèse bibliographique

Livrable 5.1

Titulaires

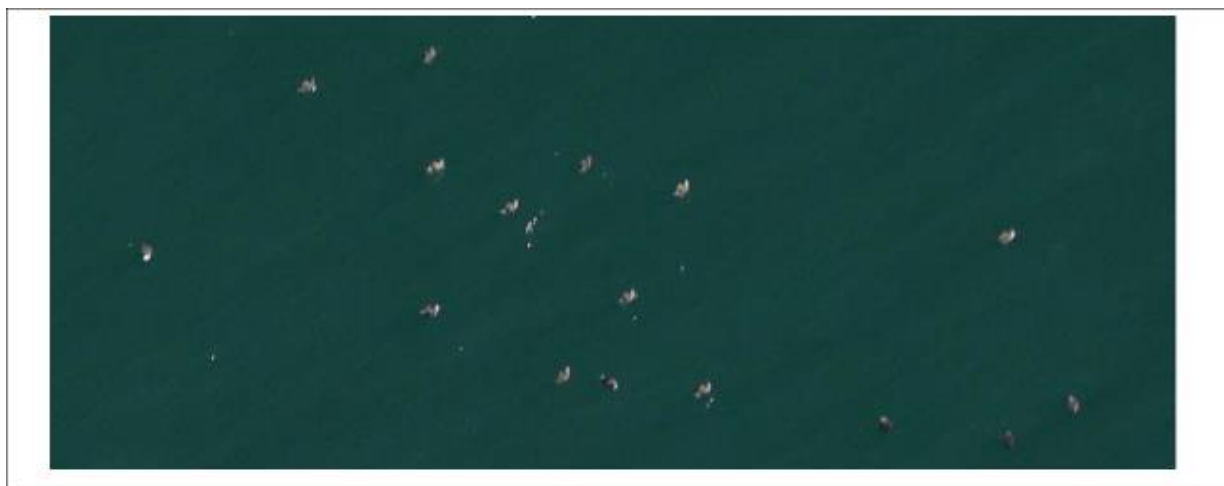
Ecosphère, TBM environnement

Auteurs

HUCHIN François¹, VACHER Anouk², KOVACS Jean-Christophe¹

¹ ECOSPHERE, Mandataire

² TBM environnement, co-traitant



Partenaires scientifiques et techniques



Citation du document

HUCHIN François, VACHER Anouk, KOVACS Jean-Christophe. 2023. MIGRATLANE - Caractérisation de l'utilisation de l'arc Atlantique Nord-Est par les migrants terrestres et l'avifaune marine à l'aide de méthodes complémentaires : synthèse bibliographique. Lot 5 – Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune. *Rapport pour l'OFB*. 55 PP.

Maître d'œuvre du projet	Nina Cudennec Florian Le Bail	Office Français de la Biodiversité
Coordinateurs scientifiques et techniques du projet	Yann Planque Antoine Chabrolle	France Energies Marines MNHN/CESCO
Auteur.e.s	François Huchin Anouk Vacher Jean-Christophe Kovacs	ECOSPHERE, TBM environnement
Titre du document	MIGRATLANE - Synthèse bibliographique Lot 5 (L5.1)	
Statut du document	Version finale, validée	
Date de sauvegarde	12/03/2024	
Date de diffusion	12/03/2024	
Version du document	Version 5, finale	
Nom du fichier	20230715_MIGRATLANE_L5.1_Synthèse_biblio_VF.pdf	
Nombre de pages	55	
Niveau de diffusion	Consortium / Gouvernance/ Public	

HISTORIQUE DES CHANGEMENTS

Version	Date	Modifié par	Modifications / Sections
1	15/07/2023	FH/AV	Rendu initial
2	10/08/2023	YP	Mise à jour de la mise en page
3	29/09/2023	FH/AV	Intégration des remarques OFB/Lot1
4	09/11/2023	YP	Intégration de la carte finale du plan d'échantillonnage, validée en réunion (08/11/2023)
5	05/01/2024	FH	Corrections finales, sur la base des retours de l'OFB

APPROBATION

Version	Date	Approuvé par	Titre
Finale	11/03/2024	Yann Planque, FEM Antoine Chabrolle, MNHN/CESCO	Coordinateurs scientifiques

Signatures :



Finale	12/03/2024	Nina Cudennec, OFB Florian Le Bail, OFB	Pilotage du projet
--------	------------	--	--------------------

Signature :



Table des matières

Table des matières	4
Lot 5 Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune	6
5.1 Rappel des objectifs du programme MIGRATLANE et apports des campagnes aériennes	6
5.2 Synthèse de l'état de l'art des données existantes	7
5.2.1 Protocoles d'acquisition des données	8
5.2.1.1 Protocole d'observation visuelle.....	9
5.2.1.2 Protocole d'acquisition digitale (STORMM)	10
5.2.2 Exemples de traitements et d'analyses	14
5.2.2.1 Préparation des données	14
5.2.2.2 Méthode d'estimation des densités	14
5.2.2.3 Prédiction de la densité par modélisation d'habitat (DSM ou Density Surface Modelling) ...	15
5.2.2.4 Autres modèles d'analyse	15
5.2.2.5 Représentations graphiques et cartographiques	16
5.2.3 Campagnes aériennes antérieures à 2018.....	20
5.2.4 Campagnes aériennes réalisées depuis 2018	21
5.3 Description des choix technologiques et des méthodes envisagées	36
5.3.1 Plan d'échantillonnage proposé	37
5.3.1.1 Ce que prévoit le CCTP	37
5.3.1.2 L'offre initiale d'Ecosphère	37
5.3.1.3 L'évolution de notre proposition	37
5.3.1.4 Notre proposition finale.....	39
5.3.1.5 Moyens humains et matériels.....	39
5.3.2 Présentation des espèces attendues	41
5.3.2.1 Alcidés	43
5.3.2.2 Fulmar boréal	44
5.3.2.3 Océanites	45
5.3.2.4 Puffins (Grand puffin et Petit puffin)	45
5.3.2.5 Fou de Bassan	47
5.3.2.6 « Petits Labbes » et Grand Labbe.....	47
5.3.2.7 Grands Laridés : Goélands gris et noirs et Moyens Goéland	48
5.3.2.8 Petits Laridés : Mouettes tridactyle, mélanocéphale, de Sabine et pygmée	49
5.3.2.9 Sternes	50
5.3.2.10 Cormorans.....	50
5.3.2.11 Macreuses	51
5.3.2.12 Bernache cravant	51
Références bibliographiques	52

Lot 5 Campagnes aériennes de recensement de la mégafaune

5.1 Rappel des objectifs du programme MIGRATLANE et apports des campagnes aériennes

L'arc Atlantique Nord-Est représente un enjeu majeur pour la faune volante et migratrice. Drainant des migrateurs du paléarctique occidental et du néarctique oriental avec des effectifs considérables, les façades Atlantique et Manche-Mer du Nord sont également fondamentales pour la préservation d'espèces marines vulnérables. Concernant les chiroptères, tout, ou presque, reste à découvrir concernant leur utilisation de l'espace maritime, même si des données commencent à être acquises dans le cadre des études et suivis de parcs éoliens offshore.

La France s'étant engagée à réduire à la fois la part des énergies fossiles et la part du nucléaire dans son mix énergétique, les énergies renouvelables et en particulier les énergies marines comme l'éolien offshore sont appelées à être largement développées. La dynamique de l'Offshore est ainsi appelée à s'intensifier, et ce sur toutes les façades de France métropolitaine (**Figure 1**).

	Objectifs en GW	Objectifs à horizon 10 ans de nouvelles capacités à attribuer (dont extensions (déjà identifiées))	Objectifs à 2050 (comprenant tous les parcs déjà attribués, en cours d'attribution et extensions identifiées)
MEMN – Manche Mer du Nord		Entre 7 et 11	Entre 12 et 15,5
NAMO – Nord Atlantique-Manche Ouest		Entre 6 et 9,5 (dont 0,5GW)	Entre 17 et 25
SA – Sud Atlantique		Entre 2,5 et 5,5 (dont 1GW)	Entre 7 et 11
MED – Méditerranée		Entre 3 et 4,5 (dont 2X0.5GW)	Entre 4 et 7,5

	Objectifs à 2027
MEMN – Manche Mer du Nord	1 %
NAMO – Nord Atlantique-Manche Ouest	3 %
SA Sud Atlantique	3 %
MED – Méditerranée	5 %

Figure 1 : Orientations de l'Offshore dans le cadre de la planification énergétique (mer.gouv.fr)

Ces façades déjà soumises à de multiples pressions porteront donc à l'avenir une partie de la nouvelle stratégie énergétique de la France avec le développement de projets de parcs éoliens en mer. Il est ainsi apparu essentiel de compléter les connaissances encore parfois lacunaires de l'utilisation spatio-temporelle de l'arc Atlantique Nord-Est et de son rôle pour l'avifaune et les chiroptères. La finalité est d'anticiper et optimiser les politiques publiques de préservation via l'amélioration des pratiques de gestion des espaces naturels protégés et la régulation des activités anthropiques dégradant l'état de conservation des populations d'oiseaux, de chauves-souris et de leur habitat.

Parmi les neuf enjeux de connaissances prioritaires, importants ou secondaires identifiés par l'OFB dans le cadre du projet MIGRATLANE (Tableau 1), les campagnes aériennes vont apporter des données intéressantes quant à la localisation d'une partie des zones fonctionnelles pour les oiseaux marins et permettre d'apprécier les effectifs des oiseaux marins migrateurs en stationnement et d'observer la distribution spatiale des espèces marines. Quelques données intéressantes peuvent être obtenues sur les trajets non migratoires des oiseaux marins, sur les hauteurs de vol et pour partie sur la phénologie de la migration des oiseaux marins, sous réserve d'une fréquence de vol suffisante.

Tableau 1 : Enjeux de connaissance et niveaux de priorité associés du programme MIGRATLANE et description du niveau d'information potentiellement apporté par les campagnes aériennes pour chaque enjeu

Enjeux de connaissance	Priorité	Niveau d'information potentiellement apporté par les campagnes aériennes
1 – Voie de migration des oiseaux	Prioritaire	Apport modeste sur la migration active (décompte essentiellement des oiseaux marins posés ou en survol bas, décompte non significatif pour les migrateurs terrestres et fréquence des vols insuffisante pour suivre la migration)
2 – Flux des oiseaux migrateurs	Prioritaire	Apport intéressant sur les effectifs d'oiseaux marins en stationnement en période internuptiale, plus particulièrement en été-automne lorsque les stationnements sont importants (les passages et stationnements au printemps sont beaucoup plus diffus)
		Apport pratiquement nul concernant les migrateurs terrestres
3 – Zones fonctionnelles pour les oiseaux marins	Prioritaire	Apport intéressant. Localisation des stationnements et capacité à préciser certains points de comportement (suivi de bateaux, en alimentation, au repos...) mais pas d'observation en période nocturne
4 – Trajets non migratoires des oiseaux marins	Prioritaire	Ces trajets étant généralement réguliers bien que saisonniers, il est possible d'apporter des informations mais cela reste partiel (pas de suivi nocturne...)
5 – Phénologie de la migration des oiseaux en mer	Important	Apport partiel car la fréquence des survols est insuffisante pour suivre en détail le déroulement de la migration dans le temps, sans oublier la variabilité de la migration au sein d'une même journée (matin, après-midi, nuit)
6 – Caractéristiques de vol des oiseaux migrateurs terrestres et des oiseaux marins	Important	Apport très partiel sur les oiseaux marins avec la possibilité d'obtenir ponctuellement des données sur les hauteurs de vol
		Apport pratiquement nul concernant les migrateurs terrestres
7 – Distribution spatiale des espèces marines	Important	L'avion constitue un des meilleurs moyens de cartographier dans l'espace la répartition des oiseaux à un moment donné même si les variations dans les horaires de vol peuvent avoir une influence sur les résultats
8 – Trajet non migratoire des espèces terrestres (chiroptères et autres)	Secondaire	Nul
9 – Caractéristique de vol des chiroptères en mer	Secondaire	Nul

Cette technique d'inventaire n'est toutefois pas appropriée pour l'étude des migrateurs terrestres (mis à part quelques observations occasionnelles de rapaces, ardéidés, cigognes...) et encore moins pour les chiroptères.

5.2 Synthèse de l'état de l'art des données existantes

Différents programmes de prospection visant à étudier les populations d'oiseaux marins et plus généralement la mégafaune marine ont été menés ces dernières années à différentes échelles sur l'arc Atlantique au travers de diverses techniques d'inventaires à la côte, en bateau ou en avion. Ces 3 techniques sont complémentaires. Les suivis à la côte et par bateau permettent notamment d'apporter de nombreuses informations sur l'activité migratoire, les aspects comportementaux ou encore phénologiques (Tableau 2).

Tableau 2 : Avantages et inconvénients des suivis de l'avifaune depuis la côte ou embarqués

Enjeux de connaissance	Observateurs côte	Observateurs navire	Observateurs avion
Trajets migratoires	+	+	+
Flux migratoires	+	-	-
Phénologie migratoire	+	-	-
Caractéristiques de vol	+	+	-
Distribution spatiale		+	+
Zones fonctionnelles		+	+
Trajets non migratoires	+	+	+
Identification à l'espèce	+	+	+ (moyens à grands)

Concernant les suivis aériens, 39 campagnes françaises ont été recensées depuis 1994 (première campagne SCANS menée à l'échelle européenne). Certaines d'entre elles font parties de programmes reconduits sur plusieurs années comme les programmes SAMM et SPEE de l'observatoire Pelagis ou les campagnes liées aux projets éoliens offshore.

Les protocoles d'acquisition des données généralement employés sont présentés ci-après. Certaines campagnes ont pu être réalisées dans des modalités différentes (par exemple les suivis réalisés par Biotope avant 2018, qui utilisait un avion plus petit volant moins haut et moins vite).

Puis les campagnes connues réalisées avant et après 2018 sont détaillées dans des parties respectives.

5.2.1 Protocoles d'acquisition des données

La méthodologie générale s'appuie sur la technique de l'observation le long de transects linéaires préalablement établis sous Distance sampling (Buckland et al. 2001). Elle a été utilisée dans le cadre d'autres campagnes de l'Observatoire PELAGIS, notamment pour les campagnes SAMM (Doremus et al. 2014, Laran et al. 2017, Van Canneyt et al. 2020, Virgili et al. 2020).

Les vols sont réalisés par conditions météorologiques favorables et respectent les conditions suivantes :

- Pas de précipitations ;
- Hauteur du plafond nuageux supérieur à 600 pieds ;
- Luminosité suffisante à l'observation ;
- Pas de nuage bas ni de brouillard interdisant le décollage de l'appareil.

Les campagnes de suivi aérien de la mégafaune postérieures à 2018 sont réalisées avec des avions bimoteurs spécifiques à ailes hautes et équipés de hublots-bulles, permettant une observation à la verticale du transect. L'avion vole à 180 m environ (600 ft) et à 170 km/h (90 kts), soit le plus bas et le plus lentement possible pour optimiser les observations.

Trois protocoles sont majoritairement réalisés :

- Suivi par observateurs seuls ;
- Suivi digital seul ;
- Suivi par observateurs et digital.

5.2.1.1 Protocole d'observation visuelle

Le protocole Observateurs prévoit que quatre personnes sont présentes dans l'avion :

- Le pilote qui s'occupe de la navigation, suit les transects définis et signale le début et la fin de chaque transect ;
- 2 observateurs au niveau des hublots-bulles, ils réalisent les observations ;
- 1 scripteur, saisissant les observations transmises oralement en utilisant un référentiel de code dans le logiciel SAMMOA.

A intervalles réguliers d'une heure ou deux, le scripteur et les observateurs tournent pour limiter les phénomènes de fatigue et baisse de vigilance. Le scripteur suit l'itinéraire de vol à l'aide du logiciel SAMMOA (Système d'Acquisition de la Méga-faune Marine par Observation Aérienne, logiciel développé par l'Observatoire PELAGIS). Les conditions environnementales sont également saisies. Par ailleurs, le logiciel conserve un enregistrement audio qui contribue à la validation des données au retour à terre.

Les observations permettent d'apprécier non seulement les effectifs présents par espèce mais également leur répartition géographique et leurs variations temporelles. Le comportement des oiseaux est également noté (posé/vol/alimentation) afin de déterminer le rôle fonctionnel de la zone pour les individus reproducteurs et hivernants (zone d'alimentation, de repos, de transit...).

Les inventaires aériens permettent également de collecter des données sur les mammifères marins, occasionnellement les oiseaux migrateurs terrestres et côtiers, les tortues (très rarement observées) et les grands poissons pélagiques (requins, raies, poissons lune...).

Selon les taxons relevés, deux échantillonnages sont réalisés (Figure 2 et Figure 3) : un échantillonnage en bande (*strip transect*) et un échantillonnage avec une mesure d'angle pour estimer la distance au transect (*distance sampling*). Les oiseaux, les méduses, les bouées de pêche et les déchets sont relevés dans une bande de 200 m de part et d'autre du trajet suivi par l'avion. Un angle est relevé pour les autres taxons (cétacés, élasmobranchés, tortues et grands poissons pélagiques). Cette méthode possède l'avantage de produire des données de distribution spatiale et d'estimer des densités relatives, assorties d'un intervalle de confiance. Les observations sont donc multi-cibles, afin d'optimiser les vols pour acquérir un maximum de données.

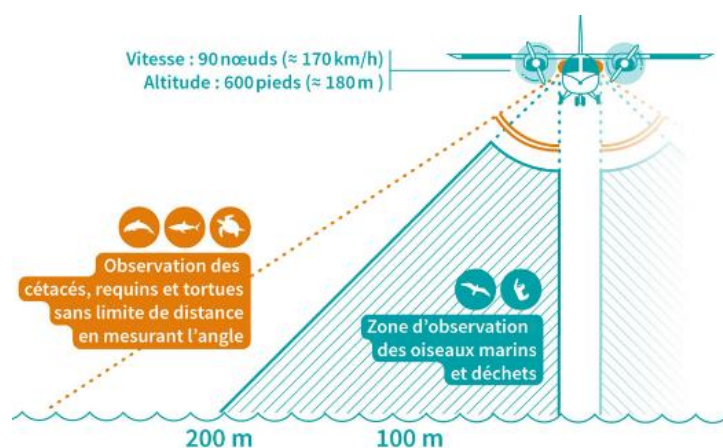


Figure 2 : Complémentarité des méthodes de transect en bande et de transect en ligne appliquées au survol aérien (mer.gouv.fr)

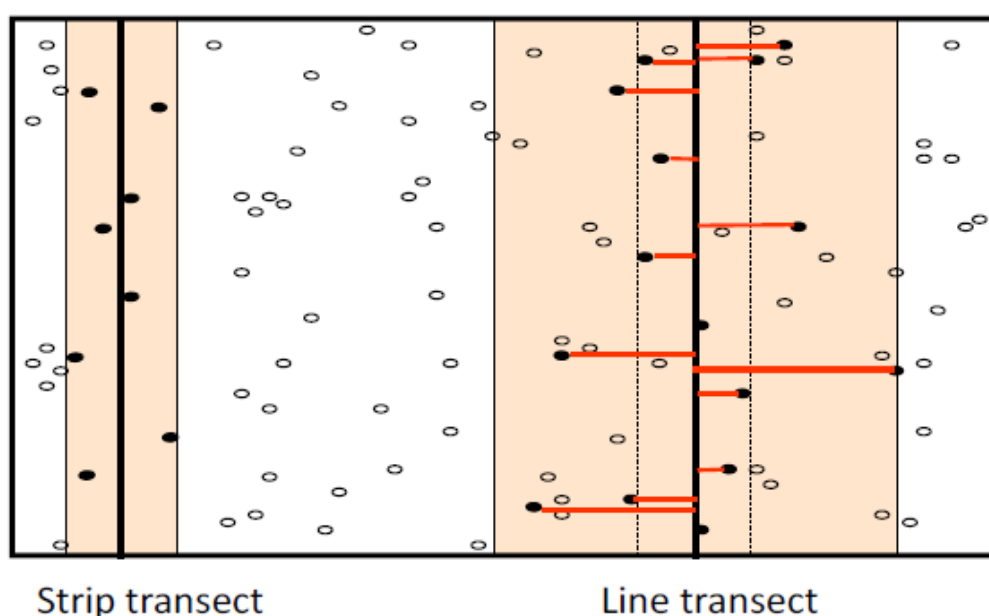


Figure 3 : Comparaison des méthodes de transect en bande et de transect en ligne.

Le transect en bande repose sur l'idée que tous les objets présents dans une bande de largeur prédéfinie sont vus (représentés par des points noirs). Le transect en ligne prend en compte la part d'observations manquées (représentées par des points blancs).

5.2.1.2 Protocole d'acquisition digitale (STORMM)

STORMM (Système de Télédétection Optique aéroporté pour l'aide au Recensement de la Méga-faune Marine) est un outil numérique d'acquisition d'images à très haute résolution sur une large fauchée. Il peut être utilisé seul ou en complémentarité de la méthode visuelle pour optimiser la qualité des données collectées sur la biodiversité marine. Il permet notamment d'améliorer l'identification de certaines espèces, l'estimation de la taille des groupes ou la distinction de différentes espèces au sein des groupes multi spécifiques. L'outil STORMM permet aussi de fournir une sauvegarde

numérique des observations visuelles sur une fauchée de 400 m (Figure 4), et de constituer un stock d'images pour le développement de fonctions de détection automatisées.

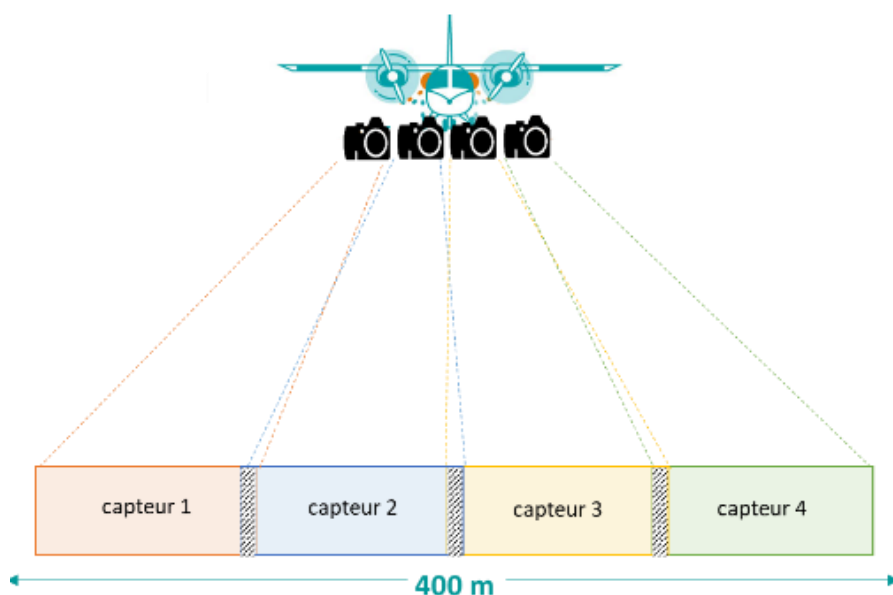


Figure 4 : Fauchée du système d'acquisition digital embarqué STORMMM – Hytech-Pelagis

Le système STORMMM®, comporte 4 têtes capteurs CMOS à haute résolution de 50 mégapixels (Figure 5 et Figure 6), munies d'optiques pour pouvoir être opérées à 600 pieds (configuration STORMMM®-OBS), tout en maintenant une fauchée de 400 mètres et une résolution spatiale comprise entre 0,9 et 2,0 cm sur l'ensemble de la fauchée. Le recouvrement longitudinal minimal entre les clichés est de 16,6 % sur les 400 mètres de fauchée (Figure 5 et Figure 6).

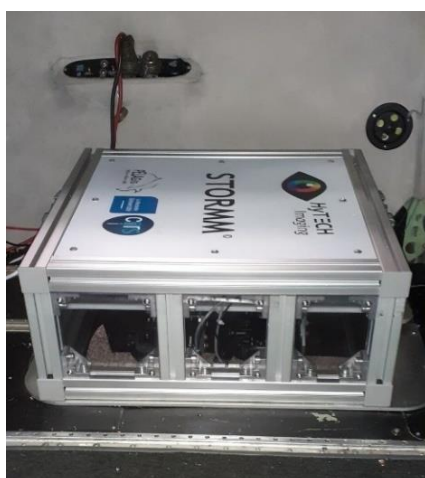


Figure 5 : Système STORMMM® installé dans l'aéronef – Hytech-Imaging / Observatoire Pelagis



Figure 6 : Système STORMMM® installé dans l'aéronef vu du dessous – Hytech-Imaging / Observatoire Pelagis

Il est doté d'un GPS permettant de géolocaliser et dater précisément les photos. Le système STORMMM® possède également un système de stabilisation et un système automatique d'évitement du « sunglint » (réflexion spéculaire du soleil sur l'eau), qui modifie automatiquement l'inclinaison longitudinale (angle de tilt) des têtes de capteurs afin de viser la zone la moins polluée par le « sunglint » et d'optimiser ainsi la qualité des images. Le paramétrage du système STORMMM® est optimisé pour obtenir à la fois une haute qualité de détection et d'identification des cibles sombres (mammifères marins) et des cibles très claires (oiseaux blancs). Les principaux atouts du système STORMMM® sont les suivants :

- Résolution spatiale centimétrique adaptée à l'observation de la mégafaune marine, notamment les mammifères marins et les oiseaux marins ;
- Vols haute et basse altitude (1150 ft, configuration STORMM®-EMR ; 600 ft, configuration STORMM®-OBS).
- Haute vitesse d'obturation des capteurs ($\geq 1/6000$) permettant d'éviter le flou de filé ;
- Large fauchée instantanée de 400 m correspondant aux protocoles classiques des missions de suivi de la mégafaune, permettant de couvrir de grandes étendues avec un nombre d'heures de vol limité ;
- Système d'évitement de « sunglint » automatique par application d'une inclinaison longitudinale des capteurs ;
- Optimisation des paramètres de prise de vue pour détection des cibles sombres et claires ;
- Système de déclenchement manuel de rafales par les observateurs à l'aide d'une manette dédiée, avec bufferisation des observations avant / après déclenchement ;
- Grande capacité d'acquisition en continu sans intervention ($> 8h$) ;
- Système compact intégrable sur aéronefs de type BN2 et Partenavia P68 ;
- Système totalement autonome (opérable par le pilote ou un observateur sans intervention pendant l'acquisition).

L'emprise au sol des photos réalisées est présentée dans le Tableau 3 sous deux configurations d'inclinaison longitudinale (résolution spatiale).

Tableau 3 : Paramètres du dispositif d'acquisition digital STORMM (Hytech Imaging)

STORMM®-OBS	
Paramètres d'acquisition	
Altitude d'acquisition nominale	600 pieds / 182 m
Vitesse sol nominale	90 nœuds / 167 km/h
Fauchée transversale (en m au nadir ¹ à l'altitude nominale)	400 m
Fauchée longitudinale (en m au nadir à l'altitude nominale)	50 m
Résolution spatiale bord de fauchée visée longitudinale nadir / altitude nominale	0.9 cm
Résolution spatiale bord de fauchée visée longitudinale 25° / altitude nominale	2.0 cm
Amplitude du système d'évitement de glint along track	+/- 25°
Fréquence d'acquisition en continu	1 à 1.25 Hz
Fréquence d'acquisition en mode rafale	3 Hz
Capacité de stockage en continu	8h
Format des images	JPEG

Pour l'analyse des données digitales, la sélection des photographies est synchronisée avec les observations visuelles saisies en vol à l'aide du logiciel d'acquisition des données SAMMOA 1.2.1. Cette synchronisation et l'analyse des photographies sont réalisées avec l'outil STORMM Ground Segment (Hytech imaging). En combinant détection automatique et analyse visuelle, l'outil STORMM GS réduit considérablement le temps de traitement de gros volumes d'images (Figure 7 et Figure 8).

¹ Nadir : Point du ciel à la verticale de l'observateur, vers le bas (opposé à zénith).



Figure 7 : Image issue de STORMM® avec application de l’algorithme de prédétection automatique : 33 cibles d’intérêt sont détectées et localisées – Hytech-Observatoire Pelagis



Figure 8 : Extraction automatique des 33 cibles issues de la détection automatique sur l’image précédente : 32 cibles sont des oiseaux en vol, 1 est un oiseau posé – Hytech-Observatoire Pelagis

L’analyse des images considérées comme « exploitables », c’est-à-dire avec des critères d’identification visibles, permet de classifier l’observation visuelle initiale en 4 statuts d’identification :

- confirmée : le taxon est confirmé quel que soit son niveau (groupe, genre, espèce),
- spécifiée : le taxon est précisé, le plus souvent à l’espèce,
- corrigée : le taxon à l’observation est faux et a pu être corrigé et attribué à un autre taxon quel que soit le niveau (groupe, genre, espèce),
- dégradée : le niveau taxonomique est dégradé lorsqu’un critère visible sur la photo permet de contredire formellement l’identification de l’observation visuelle.

L’analyse digitale permet de préciser plusieurs paramètres d’observation visuelle comme l’espèce ou l’effectif (Figure 9). Certains d’entre eux sont utilisés pour croiser le fichier d’observation à l’aide d’une routine R afin d’obtenir un effectif du groupe, une espèce et un âge (pour certains oiseaux) qui tiennent compte de l’analyse digitale, lorsqu’elle a eu lieu. Ainsi, certaines observations visuelles peuvent être découpées et la composition spécifique précisée.

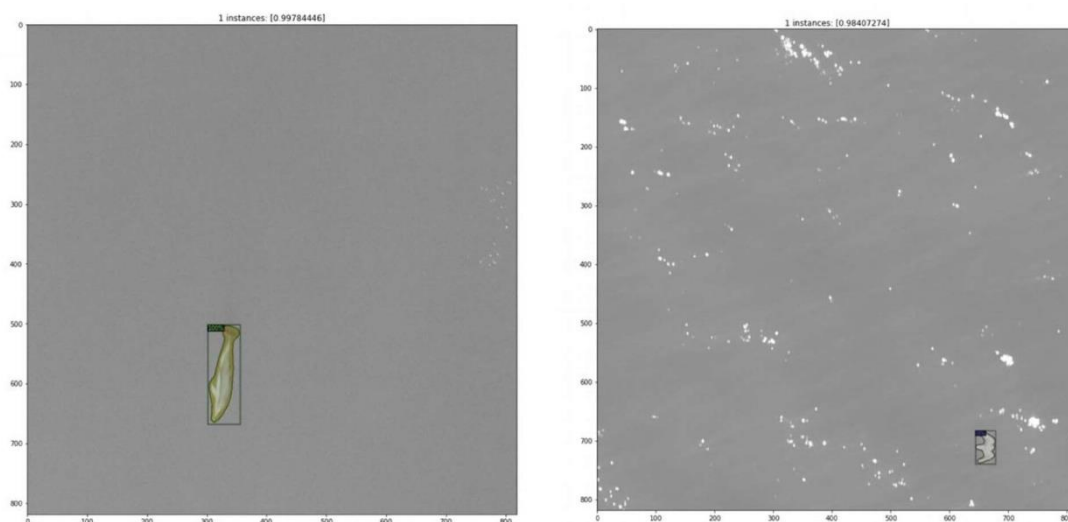


Figure 9 : Exemples d’application de l’algorithme de prédétection automatique sur des images issues de STORMM® : mammifère nageant, oiseaux volant avec présence de scintillement de surface – Hytech-Observatoire Pelagis

5.2.2 Exemples de traitements et d'analyses

Les données standardisées d'oiseaux marins collectées lors des campagnes aériennes seront représentées sous la forme de cartes de distribution saisonnière. Pour chaque campagne, un effort d'échantillonnage est associé à chaque campagne, permettant de calculer un taux de rencontre des différentes espèces. Les différences saisonnières observées seront interprétées avec précaution si les couvertures spatiales et l'intensité d'échantillonnage sont dissemblables entre les campagnes et les saisons.

5.2.2.1 Préparation des données

Les données issues des différentes campagnes seront compilées et exportées dans une base de données spatialisées créée par l'observatoire PELAGIS via le Plugin QGIS « PelaSIG 2.4 ».

L'effort d'échantillonnage et le taux d'observation seront calculés à partir d'une grille de 10 x 10 km ou 20 x 20 km selon ce qui sera le plus indiqué en utilisant une projection Lambert 93. Si le nombre d'observations d'une espèce ou taxon est trop faible, le taux d'observation spatialisé n'est pas calculé et seules les observations seront représentées.

Le Plugin PelaSIG permet de linéariser l'effort d'échantillonnage et de l'associer à chaque portion de transect ayant des conditions d'observation homogènes. Puis chaque portion de transects (appelés « legs ») sera segmentée d'une longueur de +/- 10km à l'aide de l'outil de segmentation de PelaSIG, et chaque segment se verra associer les données observées. Cette étape est essentielle pour la suite des analyses et notamment l'estimation de densité conventionnelle.

5.2.2.2 Méthode d'estimation des densités

Les données collectées permettent d'établir, pour les espèces ou groupes d'espèces, des estimations de densités (nombre d'individus par unité de surface) et d'abondance (nombre d'individus sur une surface donnée). Cependant, le nombre de détections doit être suffisant pour chaque groupe pour que ce traitement statistique soit correct et que les estimations obtenues soient fiables (Ghislain et al., 2020). Ces estimations ne seront donc possibles que pour les espèces ou les groupes d'espèces les plus rencontrés.

Nous nous baserons sur la méthode développée et décrite par l'observatoire PELAGIS dans ses rapports (par exemple, Laran et al., 2022) pour calculer les densités relatives d'oiseaux marins. Celles-ci seront estimées par la méthode du transect en bande ou strip-transect. Cette méthode fait l'hypothèse que tous les animaux situés dans la largeur d'observation prédéterminée (0-200 m) sont détectés avec la même probabilité, qu'ils soient proches ou éloignés (à moins de 200 m) du transect.

Le détail des équations permettant l'estimation des indices d'abondances relatives et de la mesure d'incertitude basée sur le coefficient de variation ne sera pas décrit dans le présent document, car nous utiliserons directement les fonctions implémentées dans le package du logiciel R développé par l'Observatoire Pelagis². De même nous utiliserons directement la fonction *Distance* (Miller et al., 2019) du logiciel R pour estimer les paramètres nécessaires à une analyse de *Distance sampling* conventionnelle. Ce type d'analyse a notamment l'avantage de pouvoir corriger en partie, par modélisation des détections, les biais éventuels de détection (liés aux conditions météorologiques et/ou à l'observateur) (Thomas et al., 2009)².

² <https://gitlab.univ-lr.fr/pelaverse>

5.2.2.3 Prédiction de la densité par modélisation d'habitat (DSM ou Density Surface Modelling)

L'utilisation de modèles statistiques appelés « Density Surface Modelling » (DSM, Miller et al., 2013), permet d'obtenir des cartes spatialisées de la densité. Cette modélisation spatiale de la densité repose sur l'utilisation d'un modèle additif généralisé (GAM ou 'Generalized Additive Model') et permet une estimation d'abondance et une cartographie de celle-ci sur toute la zone d'étude. Ces modèles ont l'avantage d'explorer la relation entre la détection des animaux et des covariables environnementales, et ce même si les relations sont non-linéaires. Par l'utilisation de ces modèles, nous pourrions ainsi à la fois prédire finement la distribution des animaux, et comprendre les mécanismes pouvant exercer une influence sur cette dernière ainsi que sur l'abondance relative des animaux.

L'ensemble des analyses seront réalisées à l'aide des packages Distance (Miller, 2016) et dsm (Miller et al., 2016) du logiciel R. Une distribution négative binomiale sera utilisée lors de l'ajustement du DSM aux données afin de tenir compte de la sur-dispersion typique des données de comptages en écologie. Un maximum de 3 covariables environnementales sera considéré simultanément dans les modèles, ceci afin de limiter la complexité de ces derniers, l'extrapolation lors des prédictions et faciliter l'interprétation (Authier et al., 2017). Afin de limiter les problèmes de multi-colinéarité lors de l'ajustement des modèles, seules les covariables faiblement corrélées (corrélation de Pearson < 0.5) seront considérées dans le modèle. Des relations spécifiques entre chaque session et les covariables environnementales pourront être considérées si le nombre de détection est > 200 sur l'ensemble des campagnes. Enfin, l'autocorrélation spatiale des données, ainsi que les variations inter-saisonnières et/ou interannuelles seront également considérées dans le modèle à l'aide d'effet spécifique et d'un terme spatial.

Les meilleurs modèles seront sélectionnés à l'aide d'un critère prédictif appelé leave-one-out cross-validation (LOO) information criterion (*looic*). Ce critère permet de sélectionner un compromis entre la complexité d'un modèle et son adéquation aux données. Le modèle pour lequel ce critère est le plus petit est le modèle avec le meilleur compromis ajustement-complexité.

Les distributions des modèles retenus seront ensuite représentées dans l'espace par une approche par « stacking » (Yao et al., 2018). Cette approche a l'avantage de pouvoir combiner les prédictions de plusieurs DSMs, et de les moyenner. Ce faisant, l'approche par « stacking » permet d'inclure l'incertitude liée au choix d'un modèle, et de panacher les prédictions. Elle sera mise en œuvre grâce à la bibliothèque loo (Vehtari et al., 2020) du logiciel R.

Enfin, l'estimation de l'abondance relative totale et une carte de distribution/abondance pour chacune des campagnes sera produite à partir de cette approche « stacking ». Les valeurs d'abondance estimées par DSM à l'échelle de la zone d'étude pourront être extraites à l'aide de la fonction `predict_abund()` du package `pelaDSM`. Cette fonction permet notamment d'estimer l'abondance totale à l'échelle d'une grille en prenant compte des abondances estimées dans chaque cellule de cette grille.

L'approche ainsi proposée s'ajuste à la fois à nos objectifs, au type de données récoltées et de relation entre covariable que nous pensons avoir. Également, ce type de modèle est efficace et a été éprouvé par l'observatoire PELAGIS, spécialiste du traitement de ce type de donnée.

5.2.2.4 Autres modèles d'analyse

La prédiction de la distribution des espèces échantillonnées peut être réalisée à partir de modèle déterministes (par exemple les SDM ou les DSM) ou géostatistiques (par exemple le krigage). Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi de nous baser sur les modèles déterministes du type DSM, au lieu des SDM et du krigage.

Les modèles de distribution des espèces (SDM) mettent en relation des données de présence/ absence des espèces en fonction de données environnementales et climatiques. Les prédictions réalisées permettent par exemple de prédire les

distributions futures, ou de comprendre les distributions passées, ou sur une localité non échantillonnée. Ces modèles sont en revanche sensibles à la qualité et la quantité des données entrantes, et ne tiennent pas compte des capacités potentielles des espèces à s'adapter aux changements par la dispersion, le changement de comportement ou l'adaptation évolutive (Sinclair et al, 2010). En outre, au-delà de la distribution des espèces, nous nous intéressons dans la présente étude à la densité de ces dernières afin d'évaluer les zones de forte fréquentation.

L'outil Krigeage présuppose que la distance ou la direction liant les points d'échantillonnage reflète une corrélation spatiale pouvant expliquer la valeur de surface de proximité. L'autocorrélation sur laquelle se repose cet outil traduit le fait que les choses qui sont plus proches se ressemblent davantage que les choses qui sont éloignées. Cet outil est donc particulièrement adapté aux cas où l'on sait qu'il existe une corrélation spatiale de distance ou une déviation directionnelle au sein des données récoltées (INSEE, 2018). L'avantage de cet outil et des techniques de géostatistiques est qu'ils ont la capacité de produire une surface de prévision, et fournir des mesures quant à la certitude ou l'exactitude de ces prévisions. Cependant, l'ajustement du modèle aux données d'espèces animales et récoltées lors de nos campagnes peut être limité en raison des relations non linéaires observées entre nos données. En outre, nous ne sommes pas certains de pouvoir répondre à l'hypothèse forte d'autocorrélation dans le cadre de notre étude.

Ainsi, si ces deux types de modèles pourraient être intéressants, ils ne sont sans doute pas pleinement adaptés au type de données recueillies lors des campagnes et/ ou ne répondent pas pleinement à nos attentes initiales.

5.2.2.5 Représentations graphiques et cartographiques

En complément des tableaux des effectifs de chaque espèce observée par saison, nous nous proposons de réaliser les trois types de représentations cartographiques réalisées via l'outil PelaSIG présentées ci-dessous (Figure 10, Figure 11 et Figure 12).

La localisation des espèces ou des taxons trop faiblement observées lors des campagnes sera représentée à partir des données brutes, comme présentée dans la Figure 10.

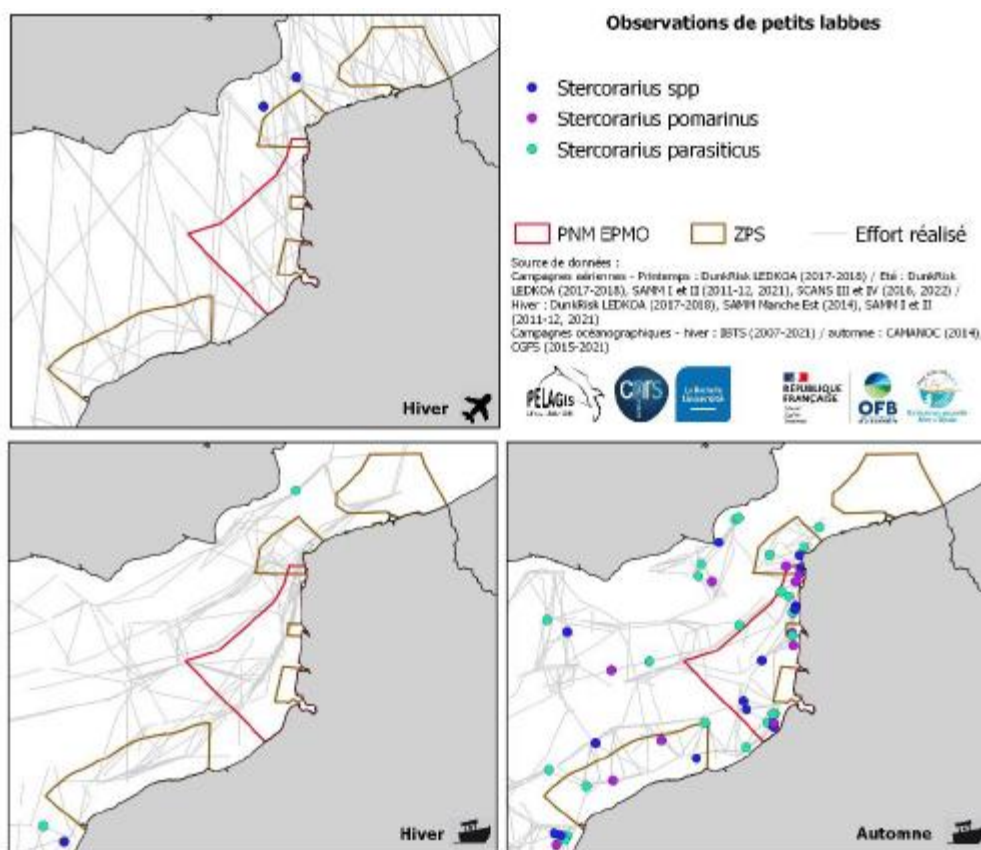


Figure 10 : Observations de petits labbes lors du programme MAMO (Mégafaune marine par observation Aérienne en Manche Orientale), Observatoire Pelagis 2023

Pour les espèces ou les taxons suffisamment observés, un taux de rencontre (observation/km) de chaque espèce pour chaque saison prospectée, sera représenté sur une grille de 10x10 km par un gradient de couleur. Le contour de zones de protection pourra être identifié sur la carte produite, tel que présenté sur la Figure 11.

Les prédictions issues des modèles spatiaux de densité permettent d'estimer un indice d'habitat prioritaire en termes de biodiversité. Il reflète les zones les plus fréquentées par les oiseaux marins.

Enfin, une cartographie prédictive de la densité des différentes espèces par saison ou par année sera réalisée à partir des meilleurs modèles DSM, sur la zone d'étude (Figure 12). L'échelle de couleur des cartes est non-linéaire (transformation racine carrée) pour mieux distinguer les faibles densités. En complément de la carte, un graphique en baton (barplot) de la densité des différentes espèces selon les saisons sera réalisé à l'aide du package ggplot2 du logiciel R (Figure 13).

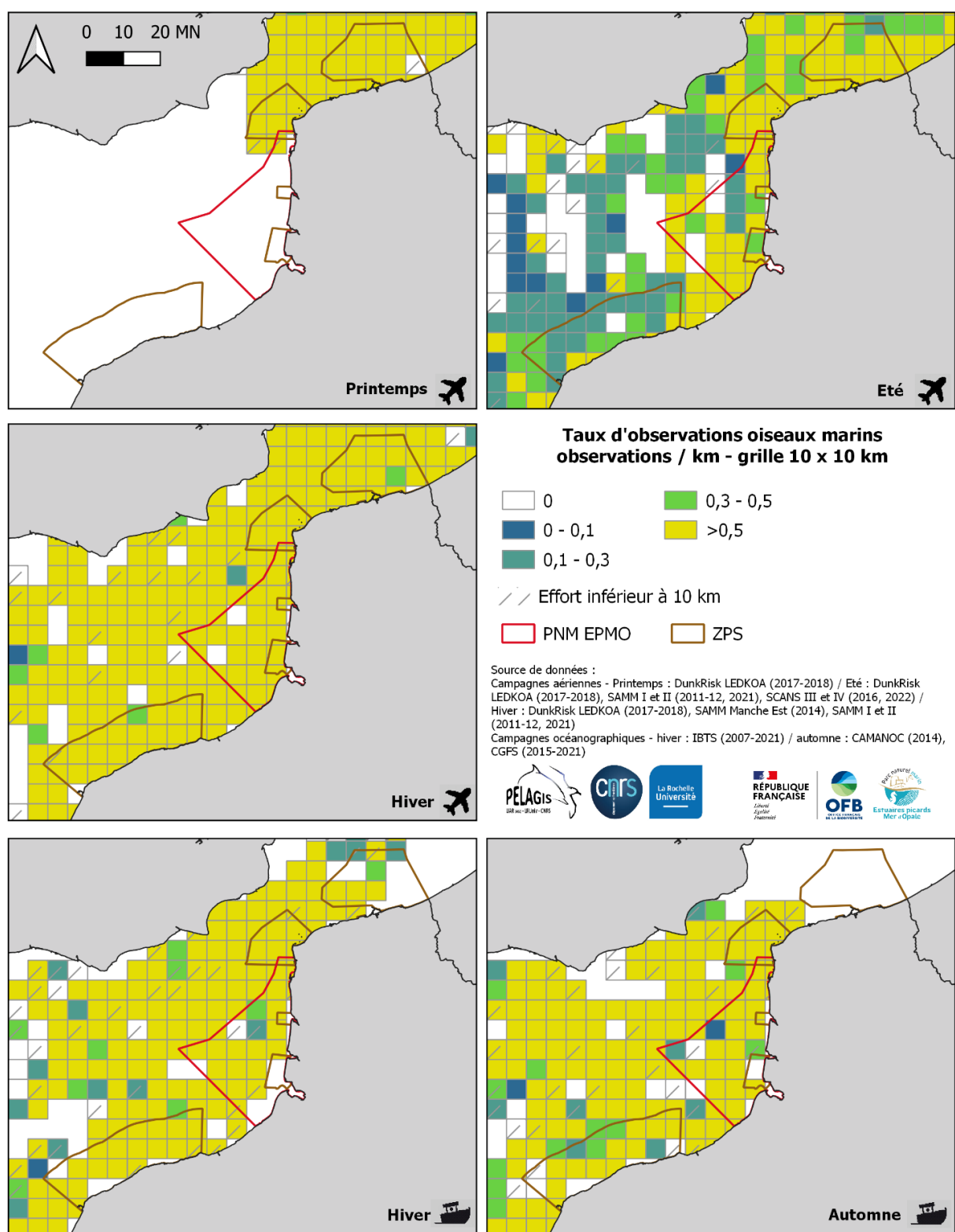
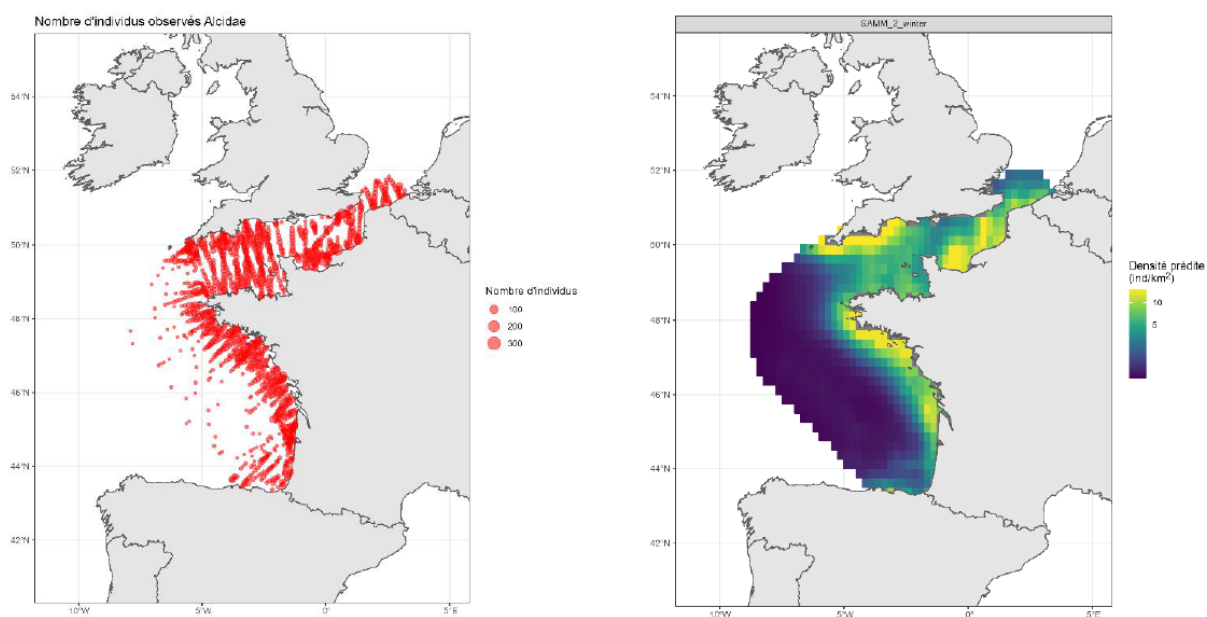


Figure 11 : Taux d'observation des oiseaux marins lors du programme MAMO (Mégafaune marine par observation Aérienne en Manche Orientale), Observatoire Pelagis 2023

Modèle Hiver 2021



Modèle global par campagne (SAMM I hiver SAMM II hiver)

Figure 12 : Modélisation de la présence d'alcidés lors des campagnes SAMM I et II en hiver, Pelagis 2022

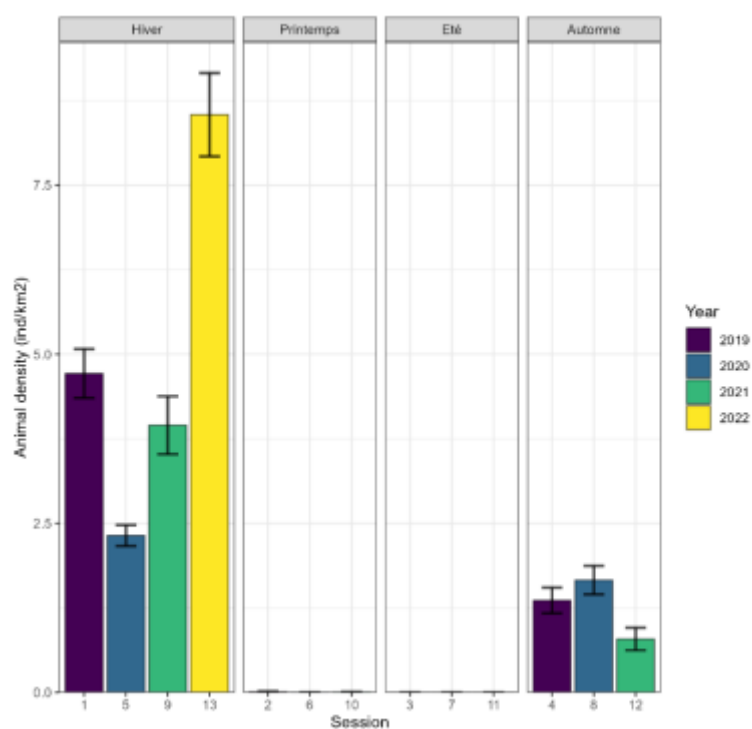


Figure 13 : Barplot de la densité des alcidés obtenues sur la zone d'étude au cours des campagnes SPEE 2019-2022 (Laran et al, 2022).

5.2.3 Campagnes aériennes antérieures à 2018

Dans le cadre du programme MIGRATLANE, la synthèse bibliographique ne retient que les données des campagnes aériennes récentes, c'est-à-dire menées depuis 2018, pour conserver une homogénéité temporelle dans l'analyse. L'équipe de l'Observatoire Pelagis a montré une évolution significative des répartitions et abondances des oiseaux marins entre la première campagne SAMM de 2011-2012 et la seconde de 2021-2023. Les campagnes antérieures à 2018 sont toutefois mentionnées à titre de référence. Elles sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Campagnes aériennes antérieures à 2018

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saison(s) suivie(s)	Echelle et localisation	Protocole /Type d'observation
SCANS I	1994	1 passage (nombre de sorties à compléter)	Eté	Européenne dont façades Atlantique-Manche-Mer du Nord	Observateurs
SCANS II	2004	1 passage (nombre de sorties à compléter)	Eté	Européenne dont façades Atlantique-Manche-Mer du Nord	Observateurs
SCANS III	2016	1 passage (nombre de sorties à compléter)	Eté	Européenne dont façades Atlantique-Manche-Mer du Nord	Observateurs
SAMM I	2011-2012	1 passage par saison soit 4 sorties (2 jours pour faire la façade)	Hiver et été	Française avec façades Atlantique-Manche-Mer du Nord	Observateur + photos digitales
Mini SAMM (SAMM Manche Est)	2014	1 passage soit 3 sorties	Hiver	Est de la façade Manche-Mer du Nord	Observateurs
EMR Dieppe-le-Tréport Etude d'impact	3 campagnes : 2007-2008, 2010-2011 et 2014-2015	44 passages réalisés au cours de ces 3 campagnes	Hiver, printemps, été automne	Aire d'étude éloignée du projet éolien	Observateurs
EMR Fécamp Etude d'impact	2 campagnes : 2008-2009 et 2012-2013	1 passage mensuel par campagne soit 24 sorties	Hiver, printemps, été automne	Aire d'étude éloignée du projet éolien	Observateurs
EMR Courseulles Etude « Mammifères marins » et « Plongeurs »	2014	3 sorties	Hiver, printemps	Aire d'étude éloignée du projet éolien	Observateurs
EMR Saint-Brieuc Etude d'impact	1 campagne : 2013-2014	24 sorties	Hiver, printemps, été automne	Aire d'étude éloignée du projet éolien	Observateurs
Survol par suivi digital vidéo HD du secteur de l'Île d'Yeu	2016-2017	2 sorties	Eté, hiver	ZPS Secteur de l'Île d'Yeu jusqu'au continent	Vidéos digitales
EMR Yeu-Noirmoutier Etude d'impact	2014-2016	10 sorties	Hiver, printemps, été automne	Aire d'étude éloignée du projet éolien	Observateurs

D'autres campagnes postérieures au programme MIGRATLANE sont prévues, soit après 2027. Il s'agit notamment des suivis avant, pendant et après installation des parcs éoliens ainsi que les études liées aux nouveaux projets éoliens offshore. D'autres programmes d'acquisitions de connaissance non directement liés à un projet éolien en particulier sont ou seront lancés dans les années qui viennent.

5.2.4 Campagnes aériennes réalisées depuis 2018

Vingt-cinq campagnes de survol aérien de la mégafaune marine sont concernées par le « lot 5 » du programme MIGRATLANE. Elles sont présentées du nord au sud de l'Arc Atlantique dans le tableau ci-dessous avec quelques informations descriptives (Tableau 5).

Une partie des informations est encore manquante à l'heure actuelle. Elles seront complétées au fur et à mesure des acquisitions tout au long du programme.

Trois campagnes sont en cours de montage à des stades plus ou moins avancés : Survol côtier Manche Est-Mer du Nord (récemment publié), Survol PNA Puffin des Baléares (en réflexion) et Survol Mor Braz (en cours de finalisation).

Concernant le stockage, les données sont ou seront stockées dans plusieurs bases plus ou moins libres d'accès (Figure 14).

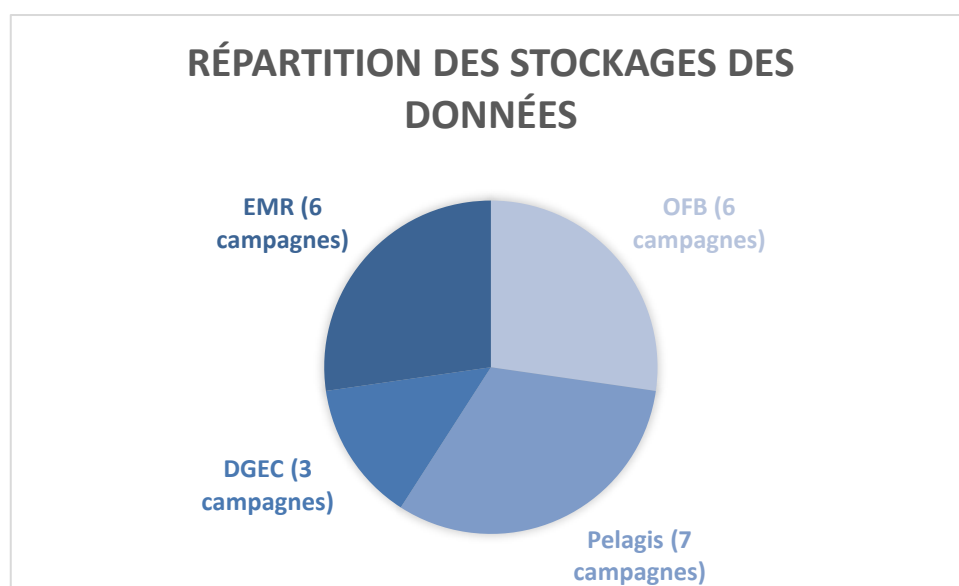
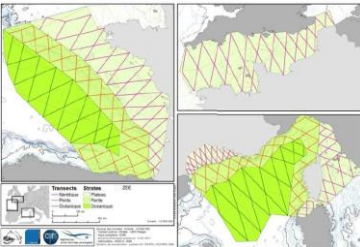
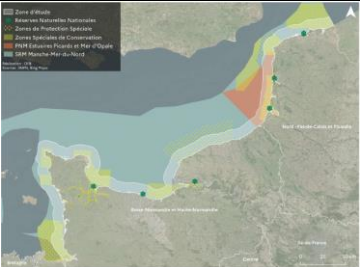
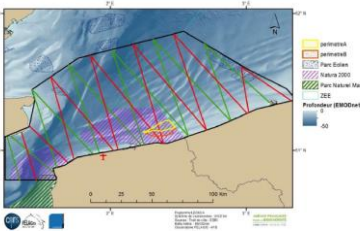
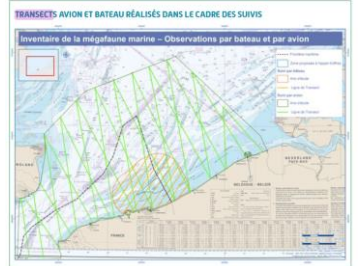
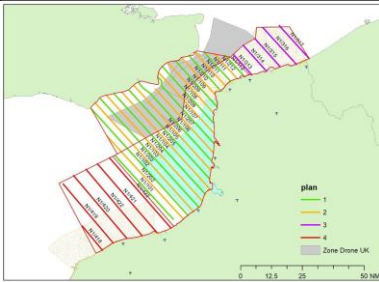
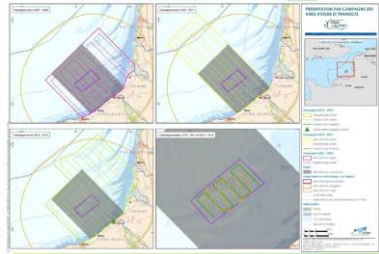
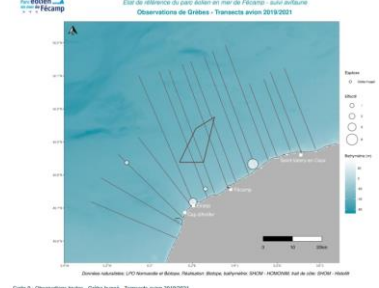
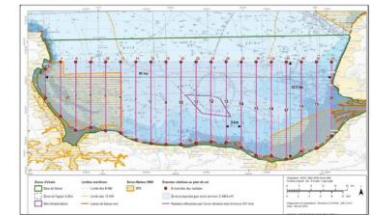
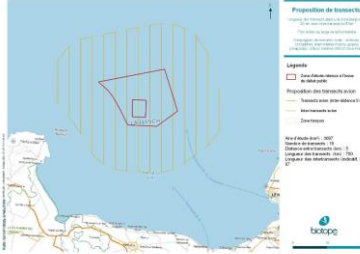


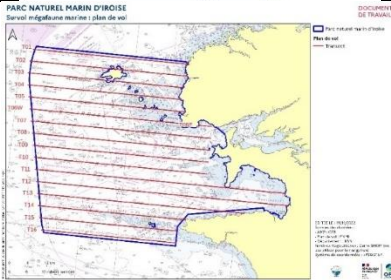
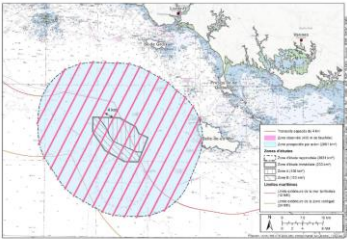
Figure 14 : Répartition du stockage des données des campagnes aériennes réalisées depuis 2018

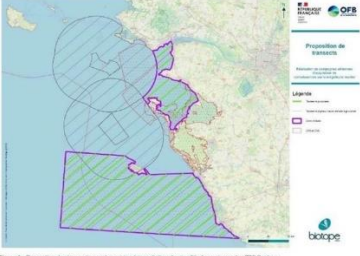
Tableau 5 : Campagnes aériennes postérieures à 2018

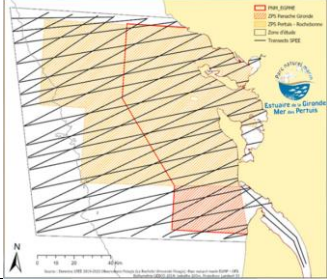
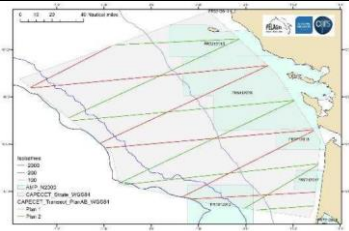
Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
SAMM II / SCANS IV	2021-2023	1 passage soit 30 jours à deux équipes à chaque saison	Hiver, printemps/été		324 616 à 342 751 km ²	Environ 6% pour les mammifères marins Environ 2% pour les oiseaux marins	SAMMOA Observation visuelle + digitale partielle	Pelagis	MEDD, Pelagis Hytech-imaging ...
Survol côtier Manche Est-Mer du Nord (montage campagne en cours)	2023-2024	1 passage (nombre de jours à compléter)	Hiver		7549 km ²	10%	SAMMOA Observation digitale	OFB	OFB
Dunkrisk LEDKOA : levée des risques au large de Dunkerque	2017-2018	6 sessions de 2 à 3 jours	Printemps, été, automne, hiver		9 354 km ²	16% (mammifères marin) 7% (oiseaux)	SAMMOA Observation visuelle	Pelagis	DGEC Pelagis
EMR Dunkerque : inventaires complémentaires à l'étude d'impact	2020-2021	1 passage mensuel (à vérifier)	Printemps, été, automne, hiver		1 079 km ²	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter

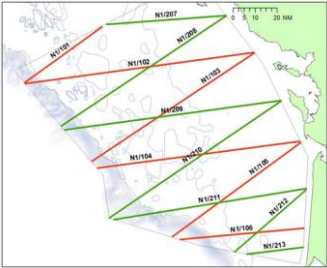
Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
MAMO : Mégafaune marine en Manche Orientale	2023-2025	1 passage annuel sur 2 ans	Printemps, été, automne, hiver		8045 km ²	20% (mammifères marin) 8% (oiseaux)	SAMMOA Observation visuelle + digitale partielle	Pelagis	OFB Pelagis Hytech-imaging PNM EPMO
EMR Dieppe-le-Tréport : Suivis	2024-2028 ?	1 passage mensuel	Printemps, été, automne, hiver		1 953 km ²	A compléter	A compléter	A compléter	ENGIE Edp renewables Caisse des Dépôts BRL ingénierie Biotope
EMR Fécamp : Suivis	2019-2021	1 à 2 passages par an en hiver	Hiver		2 871 km ²	A compléter	Protocole Observation visuelle	A compléter	LPO GONm Cohabys PixAir Survey Biotope
Survol Baie de Seine : Courseulles	2018-2019	8 vols en 1 année	Printemps, été, automne, hiver		2 560 km ²	A compléter	A compléter	OFB	Agence de l'eau DFM MMN OFB / Setec in vivo GONm

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
EMR Courseulles : Suivis	2021-2027	2 survols par an, 1 an avant construction, pendant et 2 ans après	Printemps, été, automne, hiver	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	DGEC A compléter Hytech Imaging
EMR Centre Manche I et II Normandie : Inventaires de l'étude d'impact	2021-2023	Une sortie par mois pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver		2641 km ²	10% (oiseaux) 25% (mammifères marins)	Autre protocole/données sous SAMMOA depuis juin 2022 Observation visuelle Observation digitale partielle	DGEC	DGEC Biotope Hytech Imaging
Survol PNA Puffin des Baléares (montage campagne en cours)	2024-2025 ?	A compléter	Printemps, été, automne	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	OFB	OFB
EMR Saint-Brieuc (Ailes marines) : Suivis	2020-2027	1 survol par mois chaque année jusqu'au 3 premières années d'exploitation	Printemps, été, automne, hiver		2 816 km ²	10%	Observation digitale	Ailes marines/OFB	DGEC Ailes marines Biotope

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
Survol Bretagne Nord	2019-2022	2 suivis par saison dans la ZPS et 1 suivi par saison en zone étendue pendant 2 ans	Printemps, été, automne, hiver		4 817 km ²	10% (oiseaux) 25% (mammifères marins)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale partielle	OFB	OFB Setec In vivo Hytech Imaging
Campagne Parc Naturel Marin d'Iroise	2021-2022	1 suivi par saison pendant 2 ans	Printemps, été, automne, hiver		3 426 km ²	10% (oiseaux) 25% (mammifères marins)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale	OFB	OFB Setec In vivo Hytech Imaging
Survol Bretagne sud Finistère	2021-2023	1 suivi par saison pendant 2 ans	Printemps, été, automne, hiver	 <i>Figure 1 : Zone d'étude, Finistère Sud (contour de la zone rouge et transects d'observation en vert)</i>	2 213 km ²	10% (oiseaux) 25% (mammifères marins)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale	OFB	OFB Cohabys ADRERA WipSea L'Avion jaune
EMR Bretagne sud	2023-2025 ?	Une sortie par mois pendant 2 ans	Printemps, été, automne, hiver	 <i>Figure 2 : Position des transects des suivis avion pour le suivi de la mégafaune marine</i>	2151 km ²	20% aire d'étude rapprochée 10% aire d'étude éloignée	A compléter	DGEC	DGEC Setec In vivo Hytech Imaging

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
Survols Mor Braz (montage campagne en cours)	2024-2026	1 suivi par saison pendant 2 ans	Printemps, été, automne, hiver		1487 km ²	>10% (oiseaux) >25% (mammifères marins)	A compléter	OFB	OFB DFM ATL A compléter
EMR Saint-Nazaire : Suivis	2021-2022 2023-2026	2 suivis par saison pendant 1 an	Printemps, été, automne, hiver		1 986 km ²	10%	Transects en bandes Observation digitale	A compléter	PBG – EMF Biotope
Survols ZPS Ile d'Yeu/Estuaire de la Loire externe	2023-2025	1 suivi par saison pendant 2 ans	Printemps, été, automne, hiver		4 126 km ²	10%	Transects en bandes Observation digitale	OFB	OFB DFM ATL HiDef Biotope
EMR Noirmoutier-Yeu	2022-2023 (état de référence) 2024-2027 (suivi construction et exploitation)	10 passages entre décembre 14 et avril 16	Printemps, été, automne, hiver		3 008 km ²	10%	Transects en bandes Observation digitale	A compléter	EMYN Biotope

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
EMR Oléron : Inventaires de l'étude d'impact	2023-2025	Une sortie par mois pendant 2 ans	Printemps, été automne, hiver		2 280 km ²	20% aire d'étude rapprochée 10% aire d'étude éloignée	A compléter	DGEC	A compléter
SPEE I, II et III : Suivi de la mégafaune marine au large des Pertuis charentais	2019-2022	13 sessions sur 3 ans : 3 printemps, été, automne et 4 en hiver	Hiver, printemps, été, automne		15 000 km ²	SPEE I et II : 23% (MM) 10% (OM) SPEE III: 17% (MM) 7% (OM)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale (6 sessions soit 33 vols)	Pelagis	Hytech-imaging PNM EGMP
SPEE IV : Reprise du suivi de la mégafaune marine au large des Pertuis charentais	2023-2024	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	A compléter	Pelagis	Hytech-imaging Pelagis A compléter
CAPECET	2020	4 sessions de 2 à 3 jours	Hiver		35 000	5% (visuel) 2% (STORMM)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale (2 jours en session 4)	Pelagis	DEB Pelagis

Nom de la campagne	Année des vols	Fréquence	Saisons suivies	Carte	Surface étudiée	Couverture de l'effort	Protocole /Type d'observation	Accès aux données	Acteur du projet
CAPECET 2	2023	6 sessions (nombre de jours à compléter)	Hiver		35 000 km²	5% (visuel) 2%(STORMM) (à confirmer)	SAMMOA Observation visuelle Observation digitale (à compléter)	Pelagis	DEB Pelagis (à confirmer)

Le Tableau 5 ainsi que la Figure 15 et la Figure 16 permettent de se faire une première représentation du niveau de connaissances actuel sur l'arc Manche-Atlantique. Nous constatons de prime abord l'existence de programmes à très larges échelles réalisés de la frontière belge à la frontière espagnole et allant très loin au large, par opposition avec des programmes plus fins répartis le long de la côte entre la Gironde et Dunkerque. Nous remarquons ensuite que la pression d'observation mise en place dans chacun des programmes est assez hétérogène le long de la côte, avec des secteurs bien plus étudiés que d'autres.

Les éléments précédents concernaient les différentes informations relatives aux campagnes identifiées, avec toute leur hétérogénéité limitant de fait leur interprétabilité. Pour aller plus loin, il est nécessaire d'envisager ces campagnes par année et ainsi, pour les plus longues, de les « découper ». Pour ce faire, nous mettons de côté autant que possible le vocable « campagnes » car déjà largement employé pour représenter des études menées parfois sur plusieurs années consécutives pour lui préférer l'expression « *année de suivi* » qui résulte donc du choix de considérer les campagnes sur un pas de temps d'une année. Ainsi, une campagne ne comprenant qu'une saison d'étude sera traitée sous ce terme d'*année de suivi*, tout comme une campagne pluriannuelle correspondra logiquement à plusieurs *années de suivi*. Pour les inventaires réalisés sur un pas de temps de plus d'un an, nous considérerons une deuxième *année de suivi* à chaque fois que la durée est supérieure à 4 saisons biologiques consécutives. Par convenance, l'*année de suivi* est rattachée à l'année où la durée des inventaires est la plus longue (par exemple un inventaire réalisé de septembre 2021 à juillet 2022 est rattaché à l'*année de suivi* 2022). Cette expression et sa définition ont ainsi été choisies pour décrire au mieux les différentes études réalisées avec des fréquences de suivi et des durées très différentes.

Le Tableau 5 synthétise les principales informations de la base de données (en construction) dont un extrait est fait au Tableau 4, détaillant les campagnes d'observation de la mégafaune marine réalisées depuis 2018 ou prévues sur le secteur Manche-Atlantique.

Il en ressort au moins 53 *années de suivi* réalisées ou programmées entre 2018 et 2026 pour une couverture totale de 958 753 km². En comparaison, la couverture totale des sites comprenant au moins une année de suivi est de 832 434 km². La différence entre ces deux valeurs est peu importante malgré une récurrence de nombreux suivis comme ceux de Dieppe-Le Tréport ou Saint-Brieuc, ce qui s'explique aisément par les campagnes à large échelle (SAMM/SCAN IV) qui n'ont été réalisées qu'une fois sur une saison. La différence est plus marquée quand on observe ces couvertures cumulées ou non cumulées sur les sites suivis avec au moins 1 passage par saison, ceux-ci étant plus nombreux mais bien moins étendus géographiquement. Ainsi, il existe un ratio de plus de 2 (118 967 km² hors cumul et 245 408 km² avec cumul) pour ces suivis « 4 saisons ou plus³ », ce qui traduit globalement le fait qu'ils sont réalisés en moyenne sur 2 années, avec une forte variabilité allant de 1 à plus de 3 années pour certains suivis réglementaires dédiés aux EMR.

Au cours d'une *année de suivi* réalisée sur un site donné, plusieurs protocoles peuvent s'appliquer : certaines sorties peuvent être réalisées par observateurs ou digital uniquement, ou en appliquant les deux protocoles conjointement. Cette information est à ce stade assez difficile à obtenir et il reste encore 15 *années de suivi* (28%) pour lesquelles nous n'avons pas l'information. Nous pouvons toutefois constater qu'il semble que les relevés digitaux soient depuis quelques années déjà (presque) aussi répandus que les suivis avec observateurs. Les interrogations sur ces protocoles concernent les années à venir, où il se pourrait que le digital dépasse les suivis par observateurs en termes de fréquence d'utilisation, ce qui coïncide avec l'apparition des premiers suivis en survol de parcs ou projets à très haute altitude, rendant l'observation visuelle inefficace.

Les données de surfaces échantillonnées et les taux de couvertures associés sont également difficiles à obtenir à ce stade puisque l'information manque pour 15 *années de suivi* (28%). Les données les plus complètes concernent les surfaces totales qui sont directement disponibles ou déduites (numérisées) des cartes d'aire d'étude collectées dans les rapports ou publications.

Il ressort toutefois de ces premières données que la majeure partie (plus de 81%) de la surface prospectée dans toutes ces *années de suivi* l'a été (ou le sera) avec une pression inférieure ou égale à 7%. Ce résultat est sans surprise car il traduit les *années de suivi* SCAN IV et SAMM réalisées à très grande échelle avec des couvertures de 2 et 6%. Pour les autres suivis aux données de

³ « 4 saisons ou plus » s'entend par *année de suivi* réalisée avec 1 passage par saison ou plus (jusqu'à des suivis bimensuels sur certains sites).

couverture disponibles, il ressort que les suivis réalisés avec 10% de précision ou plus ne couvrent que près de 17% des surfaces prospectées.

Enfin, nous pouvons constater que la majorité des *années de suivi* sont réalisées d'abord dans la zone côtière (6 à 30 MN) et la zone ultra-côtière (moins de 6 MN de la côte). Elles sont largement moins nombreuses dans les secteurs clairement pélagiques, au-delà de 30 MN.

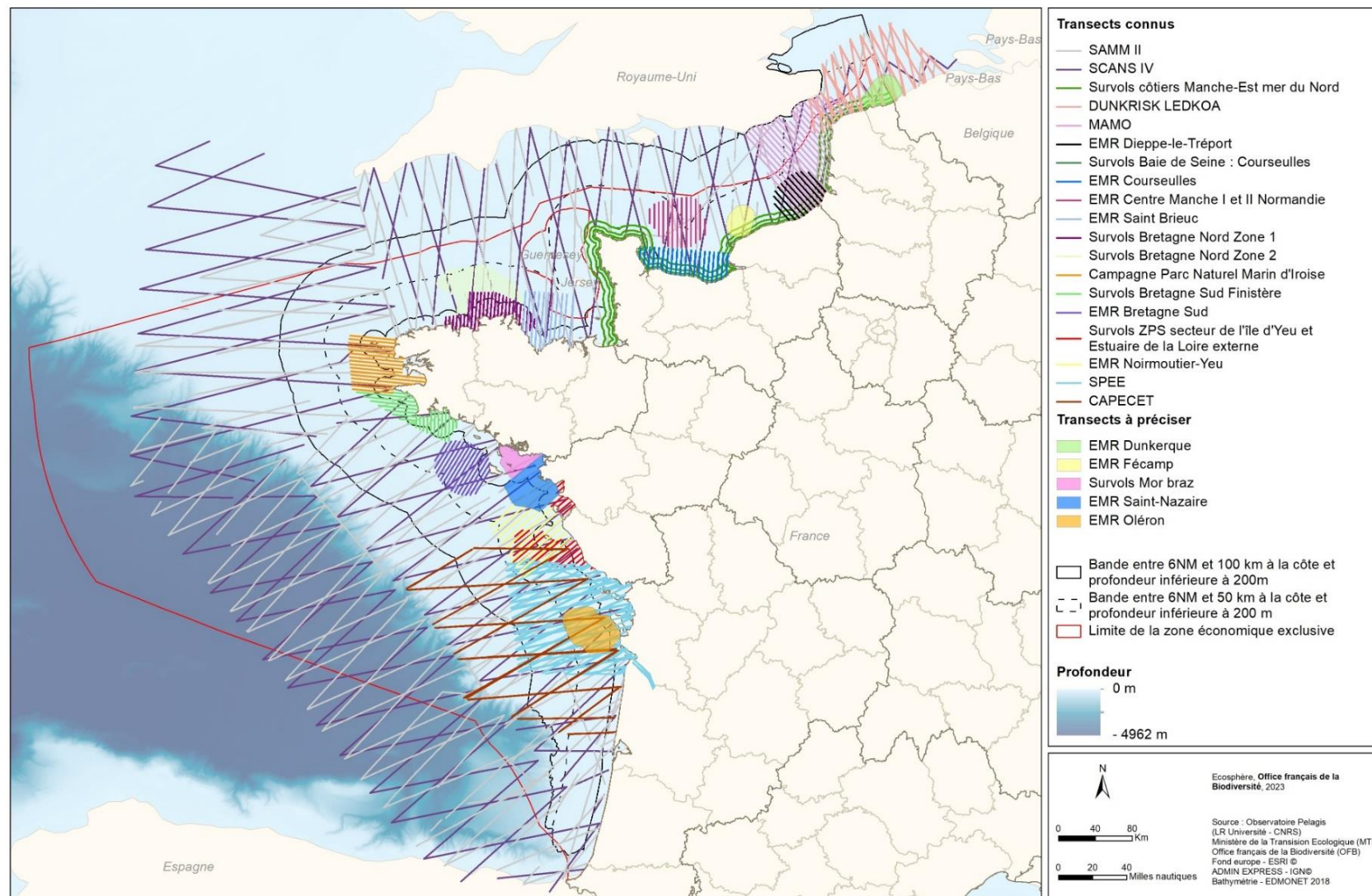


Figure 15 : Campagnes aériennes réalisées après 2018 – localisation des transects

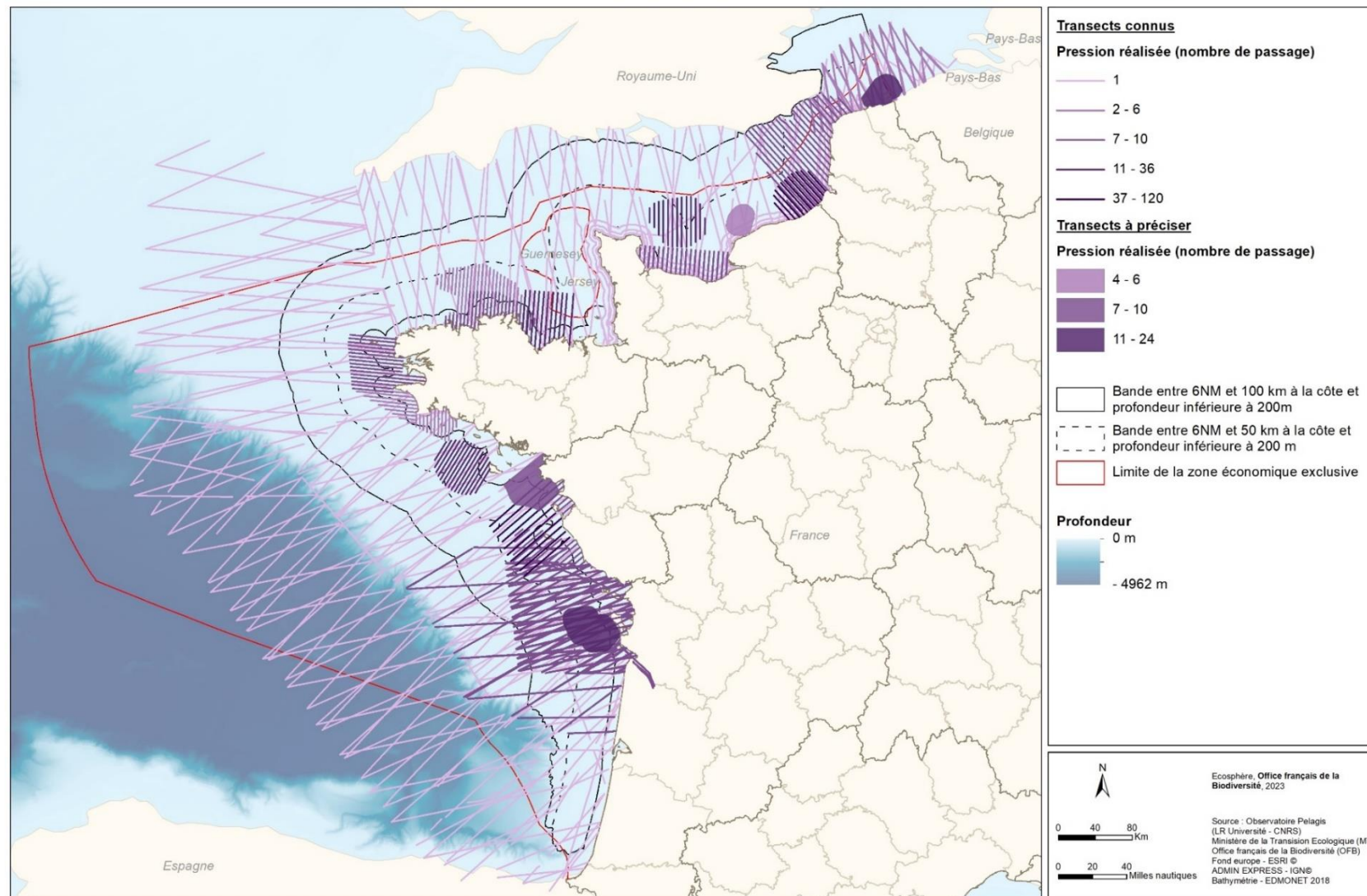


Figure 16 : Campagnes aériennes réalisées après 2018 – nombre de sessions

Tableau 6 : Analyse des paramètres des campagnes postérieures à 2018

Thématiques	Année	2018	2019	2020	2021	2022	2023	>2023	Superficie couverte sans cumul des <i>années de suivi</i>	Superficie couverte avec cumul des <i>années de suivi</i>
Données générales	Nb d' <i>années de suivi</i> par observateurs	2	1	4	8	4	6	6	-	-
	Nb d' <i>années de suivi</i> en digital	1	0	3	6	5	5	8	-	-
	Nb d' <i>années de suivi</i> avec protocole à préciser	0	1	2	2	1	1	8	-	-
Par pression	Nb d' <i>années de suivi</i> (toutes pressions, du passage seul au suivi bimensuel)	2	2	6	9	6	7	21	-	-
	Nb d' <i>années de suivi</i> (4 saisons)	2	1	5	6	3	5	17	-	-
Superficie par pression	Superficie avec au moins une <i>année de suivi</i> (km²)	11 915	15 759	59 631	389 713	355 835	50 557	75 343	832 434	958 853
	Superficie (km²) avec au moins une <i>année de suivi</i> à chacune des 4 saisons	11 915	14 929	58 801	61 624	7 444	30 583	60 112	118 967	245 408
Par couverture	Dont superficie (km²) avec un taux de couverture > ou = à 10%	0	14 929	19 746	27 418	13 083	22 538	48 429	66 877	152 385
	Dont superficie (km²) avec un taux de couverture 8 à 10%	2 560	/	/	/	/	8045	8045	10 605	18 650
	Dont superficie (km²) avec un taux de couverture < à 8%	9 354	/	35 158	359 775	342 751	/	/	711 882	747 038
	Nombre d' <i>années de suivi</i> sans information sur la couverture	0	1	2	2	0	2	8	-	-
Par secteur	Nb d' <i>années de suivi</i> dans les Hauts de France (59, 62, 80)		0	1	2	1	0	1	-	-
	Nb d' <i>années de suivi</i> en Normandie (76, 14, 50)	1	0	1	2	1	1	1	-	-
	Nb d' <i>années de suivi</i> en Bretagne (35, 22, 29, 56)	1	1	1	2	1	3	3	-	-
	Nb d' <i>années de suivi</i> dans les Pays de la Loire (44, 85)	0	0	0	3	4	2	3	-	-
	Nb d' <i>années de suivi</i> en Nouvelle Aquitaine (17)	0	0	0	1	1	2	2	-	-
Par distance à la côte	Nb total d' <i>années de suivi</i> en zone ultra-côtière (< à 6 MN)	0	1	2	2	1	1	1	-	-
	Nb total d' <i>années de suivi</i> en zone côtière (6 à 30 MN)	2	2	6	7	6	7	11	-	-
	Nb total d' <i>années de suivi</i> en zone pélagiques (> 30 MN)	2	2	6	9	6	7	11	-	-

A partir des données précédentes nous avons pu produire la Figure 17 synthétisant les couvertures aériennes réalisées depuis 2018 selon 5 classes de pression d'échantillonnage. Par souci de simplification et dans l'optique de souscrire à un choix méthodologique déjà acté avec l'OFB à ce stade, nous n'avons ici considéré que les inventaires en périodes hivernale et de reproduction (fin de printemps, début d'été) :

- Très faible : 1 saison suivie, sur 1 année
- Faible : 1 saison suivie sur 2 années ou 2 saisons sur 1 année
- Moyen : 1 saison suivie sur 3 années ou 2 saisons sur 2 années
- Fort : 2 saisons sur 3 années
- Très fort : plus de 2 saisons sur au moins 3 années ou plus

En priorisant les secteurs situés à moins de 30 MN de la côte privilégiés à ce stade du développement prochain de l'éolien en mer, il est alors possible d'identifier les secteurs moins connus qui pourront être envisagés dans la définition de la pression d'échantillonnage du lot 5 (Cf Figure 17). Mais il convient également de considérer les secteurs plus lointains, au-delà de 30 MN, pour lesquels les données sont beaucoup plus rares mais qui pourraient aussi faire partie, par endroit, du développement à l'horizon 2034.

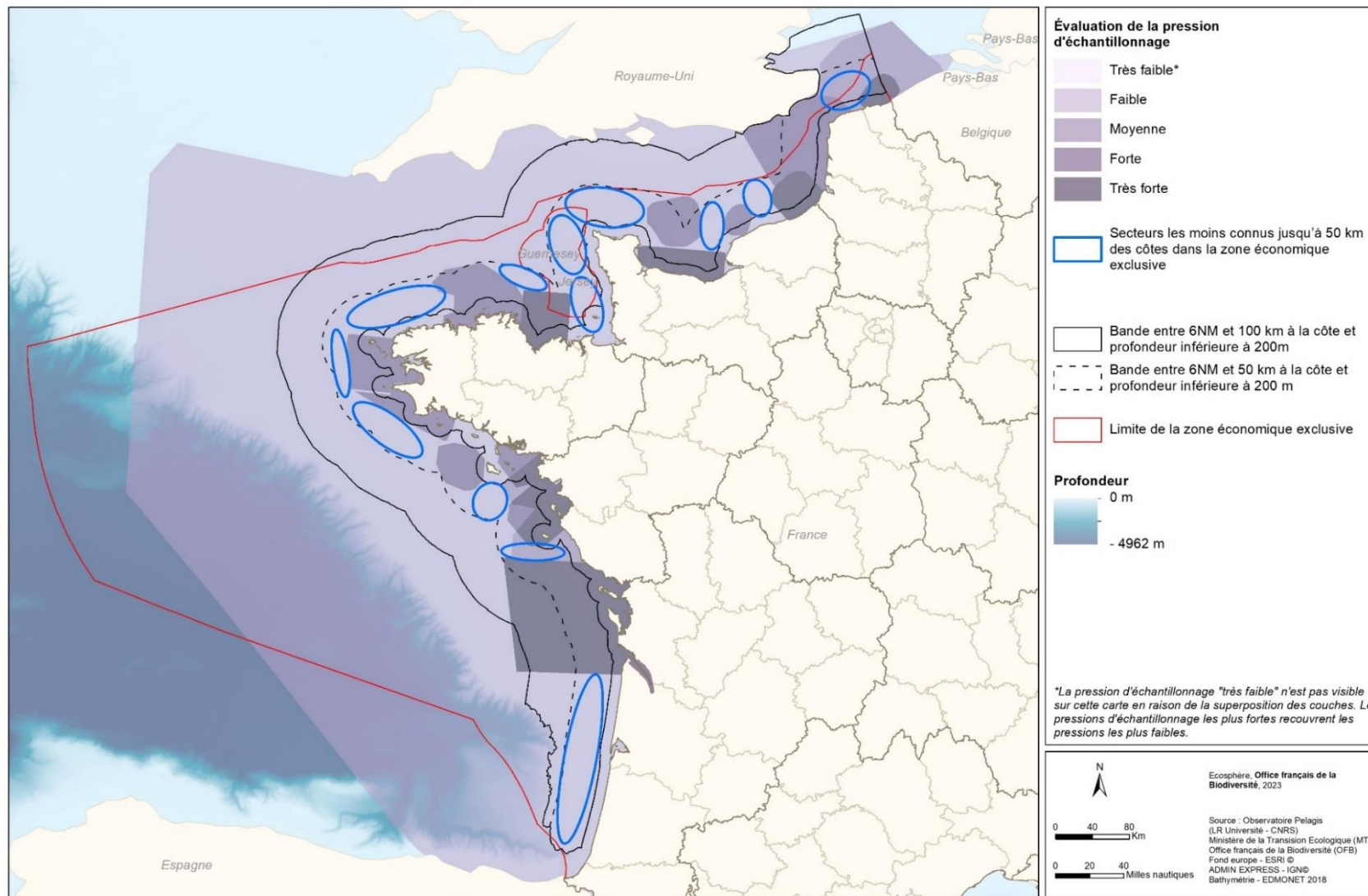


Figure 17 : Couverture aérienne de la mégafaune marine sur l'Arc Atlantique

5.3 Description des choix technologiques et des méthodes envisagées

Tous nos vols seront réalisés en protocole observateurs et suivi digital.

Les appareils que nous utiliserons sont le Britten-Norman 2 et le Partenavia P 68. Ces bimoteurs possèdent une autonomie pour le travail aérien comprise entre 4 et 8 heures. Nous respecterons les altitude et vitesse couramment admises : 180 m environ (600 ft) et à 170 km/h (90 kts). Nous suivrons le protocole mis en place par PELAGIS et utiliserons le logiciel SAMMOA.

Bien que MIGRATLANE soit axé sur l'avifaune marine, nous collecterons également les observations d'oiseaux migrateurs terrestres et côtiers, de tortues et de grands poissons pélagiques (requins, raies, poissons lune...) qui seront intégrées dans la base de données d'observation.

L'acquisition digitale sera réalisée par le système STORMMM (Système de Télédétection Optique aéroporté pour l'aide au Recensement de la Méga-faune Marine) développé par Hytech Imaging.

Nous comptons ainsi sur la complémentarité des deux méthodes (visuelle/digitale) pour optimiser la qualité des données collectées sur la biodiversité marine.

Des conditions de vent limitées à Beaufort 3 seront privilégiées (petite brise, 7 à 10 kts) et un état de la mer inférieur ou égal à 3 sur l'échelle de Douglas (mer peu agitée). Le vent est le facteur qui affecte le plus la détectabilité des espèces. Avant chaque dépôt de plan de vol, une analyse fine des dernières prévisions météorologiques sur la zone de travail sera effectuée. De même, les perturbations, les fronts et la couverture nuageuse seront suivis quotidiennement, à l'aide des images radars.

Des sorties à Beaufort 4 (jolie brise, 11 à 16 kts) pourront toutefois être envisagées sur certains vols en fonction des conditions météorologiques disponibles. Dans le cas où les conditions précitées ne seraient pas disponibles sur certains créneaux, par exemple sur la période d'hiver, les vols seront reportés en concertation avec l'OFB. Si les conditions ne sont toujours pas favorables au cours de la nouvelle période définie, une discussion sera proposée pour décider d'annuler le vol ou de proposer un nouveau report. Hytech-imaging a la responsabilité de la décision du déclenchement des missions en fonction des conditions météorologiques.

Pour chaque observation, les divers paramètres relevés sont décrits dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Informations relevées pour chaque observation lors d'un survol.

	Bande	Angle (*)	Age	Taille de groupe	Signal détection (cue)	Direction de nage	Comportement***	Présence et nombre de jeunes
Oiseaux marins	200 m (en vol/posé)		Juv./imm./ad./NA**	x			FE/FA/SB/NA	
Mammifères marins		x		x	x	x	x	x
Autre méga-faune		x		x				
Méduses	200 m			x				
Déchets	200 m			X				
Navires	500 m			X				
Bouées (engin de pêche)	200 m			x				

*Goélands et fous de Bassan uniquement **NA : Non observé ***FE : alimentation ; FA : Alimentation avec plusieurs espèces ; SB : suivi bateau de pêche

5.3.1 Plan d'échantillonnage proposé

5.3.1.1 Ce que prévoit le CCTP

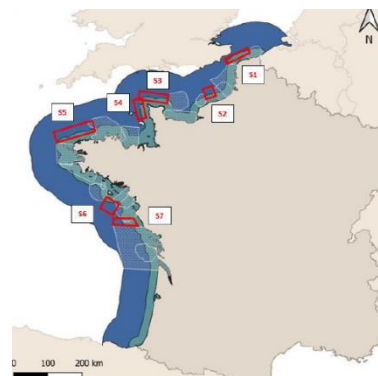
Le cahier des clauses techniques particulières détaille le cadre dans lequel devra s'inscrire le protocole d'inventaire :

- « le projet se focalisera sur les types d'environnement les plus susceptibles de faire l'objet de projets éoliens en mer : zones relativement peu profondes (moins de 200m) et peu éloignées de la côte (moins de 100 km). Le candidat proposera une stratégie d'échantillonnage permettant de décrire principalement les zones fonctionnelles pour les oiseaux marins au sein de ce « périmètre » favorable à l'éolien. Dans la/les zone (s) retenue(s), le taux de couverture spatiale devra atteindre au moins 10% de la surface et l'échantillonnage devra être aussi homogène que possible. »
- « ces campagnes devront être réalisées a minima pendant les périodes d'hivernage et de reproduction. ».

5.3.1.2 L'offre initiale d'Ecosphère

Nous avons préalablement identifié 7 secteurs qui semblaient des candidats potentiels pour constituer des zones d'études nouvelles, du nord au sud :

- S1 : La côte du Pas-de-Calais ;
- S2 : La côte haut normande entre Dieppe et Fécamp ;
- S3 : La côte nord du Cotentin ;
- S4 : La côte ouest du Cotentin ;
- S5 : La côte nord du Finistère ;
- S6 : Un secteur maritime au sud de Belle-Ile ;
- S7 : La côte vendéenne.



Les secteurs côtiers du golfe de Gascogne situés au sud de l'estuaire de la Gironde semblaient peu favorables aux projets éoliens et nous avons proposé en première analyse de ne pas les retenir.

Parmi les 7 secteurs pré-identifiés, **nous proposons d'en retenir 3 à suivre la première année** puis de sélectionner les zones d'étude pour les deuxième et troisième années selon la stratégie retenue de **poursuivre le suivi de ces 3 premiers secteurs (réplicas sur 3 ans) ou d'étendre le suivi à de nouveaux secteurs pour privilégier la couverture géographique.**

Cette proposition initiale prévoyait chaque année :

- 1 campagne avec observateurs embarqués + digital en mai-juin (période de reproduction) ;
- 1 campagne avec uniquement des observateurs embarqués en août-septembre (période de migration post-nuptiale) ;
- 1 campagne avec uniquement des observations digitales en décembre-janvier (période d'hivernage).

5.3.1.3 L'évolution de notre proposition

Suite à de nombreux échanges avec le maître d'ouvrage ainsi que les lots 1 et 6, notre proposition initiale avec 3 périodes et alternance de protocoles a évolué.

Ainsi, les remarques et préférences suivantes ont été émises lors de la réunion du 11 avril avec les représentants des lots 1 et 6 :

- Exclure les secteurs de la Gironde et de la Mer du Nord qui sont déjà bien couverts ;
- Intérêt moindre des inventaires aériens en période postnuptiale ;
- Prospector principalement des secteurs connus mais aussi des secteurs moins connus ;
- Prospector plus loin en mer ;
- Privilégier une pression homogène dans le temps et l'espace afin de servir de base d'intégration aux autres données plus ponctuelles temporellement comme géographiquement ;
- Rechercher la réalisation d'une deuxième passe par saison, pour accroître la représentativité des données.

Notre proposition a alors radicalement évolué pour satisfaire au mieux ce nouveau cahier des charges plus exigeant.

Cette proposition alternative consistait donc en la réalisation de transects lâches des Hauts-de-France à la Gironde, à l'aide d'un protocole unique basé sur des observations visuelles et digitales simultanées, appliqué en périodes d'hivernage et de reproduction, en 2 passes par période et sur 2 années permettant de garder la troisième année pour compléter les résultats des 2 premières années, selon les conclusions et dans le respect de l'enveloppe financière globale.

La Figure 18 est un exemple d'application de cette proposition alternative.

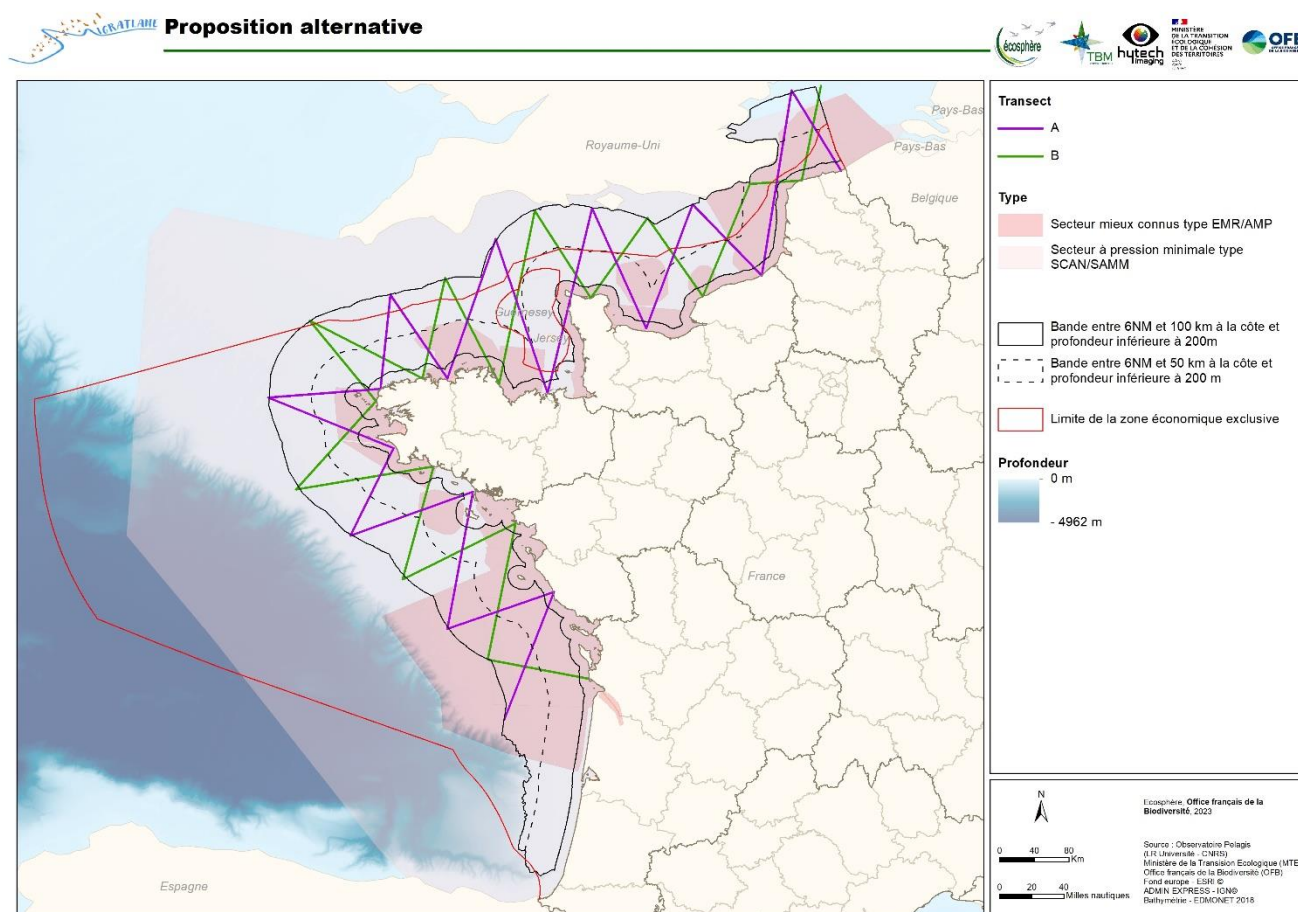


Figure 18 : Proposition alternative à l'échantillonnage initial

Si cette proposition alternative présentait l'intérêt de couvrir la majeure partie de la façade Manche-Atlantique sur une très large bande (environ 100km), elle ne permettait que l'application d'un taux de couverture bien inférieur aux 10% initialement souhaités par le maître d'ouvrage et sans apporter de précision particulière sur les secteurs les moins connus.

5.3.1.4 Notre proposition finale

Ainsi, suite aux réunions du 27/05/2023, du 18/09/2023 et du 08/11/2023 au cours desquelles le maître d'ouvrage a rappelé ses exigences initiales (couverture proche de 10%, avec suivi sur 3 ans pour limiter l'effet de la variation interannuelle, focus sur les secteurs sans données) et demandé à ce que les prospections soient finalement priorisées sur des secteurs pour lesquels un développement de l'éolien est pressenti prochainement, nous proposons finalement une version améliorée de l'échantillonnage proposé initialement :

- Avec observations visuelles et digitales simultanées ;
- Globalement dans une bande de 10 à 50 km à la côte mais ponctuellement (façade Loire-Atlantique) jusque 100 km, dans les eaux françaises, là où l'éolien est pressenti pour les prochaines décennies. Nous ne proposons pas de suivi dans le secteur des îles anglo-normandes (hors territoire national) ou celui du Finistère Sud (faible probabilité de parc éolien) ;
- Sur 4 sites prioritaires, répartis inégalement entre la Seine-Maritime et l'estuaire de la Loire car les secteurs plus au Nord ou au Sud sont déjà bien connus ;
- Sur 3 années, en périodes d'hivernage et reproduction ;
- Avec un taux de couverture cible de 10 %.

Les secteurs retenus sont représentés en Figure 19.

5.3.1.5 Moyens humains et matériels

Dix personnes des sociétés Ecosphère et TBM environnement sont mobilisées pour le programme avec en gestion de projet/gouvernance : Jean-Christophe Kovacs, Franck Spinelli, Sylvain Chauvaud, François Huchin et Anouk Vacher. Côté opérationnel, 7 observateurs sont expérimentés et/ou ont été formés aux techniques d'inventaires : François Huchin, Anouk Vacher, Jean Courtin, Florian Baudrey, Arnaud Da Silva, Valentin Guiho et Sylvain Maury.

Nos partenaires de la société Hytech Imaging qui nous accompagnent sur les aspects digitaux (installation et maintenance de STORMM) et sur l'organisation des vols sont Marc Lennon, Nicolas Thomas et Morgane Canevet. L'équipe d'observations visuelle et digitale sera organisée pour être mobilisable 7j/7 durant les périodes de vol prévues pour saisir les créneaux météorologiques les plus favorables. Un pool d'observateurs complémentaires sera également mobilisable ponctuellement.

Le matériel est décrit précédemment.

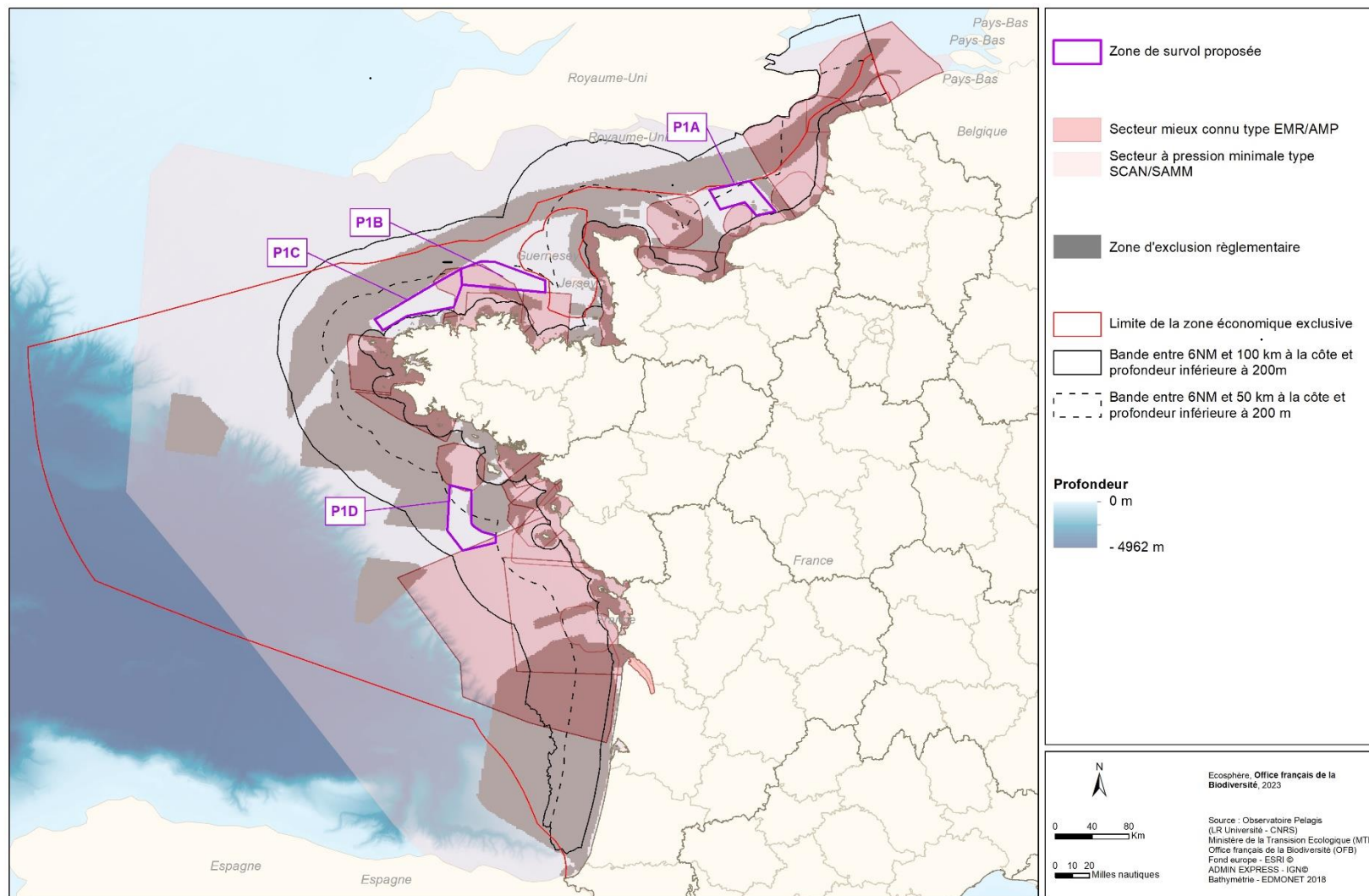


Figure 19 : Proposition d'échantillonnage finale

5.3.2 Présentation des espèces attendues

Compte tenu des spécificités de cette technique d'inventaire, les espèces potentiellement observables par les campagnes aériennes sont groupées selon des critères morphologiques et non taxonomiques (ex : goélands « noirs »). Les résultats extraits des synthèses des campagnes aériennes disponibles sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Nombre d'individus recensés par campagne (hors études EMR) depuis 2018

L'étude OFB Yeu a été rajoutée à titre indicatif compte tenu de sa proximité temporelle avec la limite de 2018

Groupe	Espèces	SAMM II hiver 2021-2022	Baie de Seine (à compléter) 2018-2019	Bretagne Nord 2019-2022	Iroise 2021- 2022	OFB Yeu (2016-2017)	SPEE 2019 2022
Alcidés	Pingouin ou Guillemot	8 496	2485	59510	8680	60	28720
	Guillemot de Troil					3010	
	Pingouin torda					64	
	Macareux moine					3	
	Alcidés ind.	24				35	
Sulidés	Fou de Bassan	1 696	359	17506	4216	276	12340
Laridés ind.	Laridés ind.	151	819	3745	4781	33	2981
Goéland sp	Goéland sp		440	2661		98	
Grands Laridés gris	Goéland argenté	16	1918	7161		88	24
	Goéland gris ind.	379				391	5538
	Goéland leucophée	7					
Grands Laridés noirs	Goéland brun	85	67	776		923	441
	Goéland marin	109	116	1103		57	92
	Goéland noir ind.	197					402
Grands Laridés ind.	Grand Goéland ind.	368				43	7159
Moyens Laridés gris	Goéland cendré	7	7	96		16	7
	Moyen Goéland gris ind.						
Petits Laridés (mouettes)	Mouette ind.	1 160	254	3960		47	6975
	Mouette mélanocéphale	110	5	870		10	300
	Mouette pygmée	327	2	13		77	4927
	Mouette rieuse	27	153	237		4	131
	Mouette tridactyle	1 722	303	3312		60	3751
	Mouette de Sabine						205
Sternes	Sternes ind.	12	30	419	240		929
	Sterne caugek	12	55	1547		31	50
	Sterne moyenne ind.						140
	Sterne naine						
	Sterne pierregarin		4	86		14	
Hydrobatidés	Océanite ind.	63			350		2666
	Océanite tempête					12	
Grands puffins	Grand puffin ind.	3					264

Groupe	Espèces	SAMM II hiver 2021-2022	Baie de Seine (à compléter) 2018-2019	Bretagne Nord 2019-2022	Iroise 2021- 2022	OFB Yeu (2016-2017)	SPEE 2019 2022
	Puffin cendré						27
	Puffin majeur						101
Petits puffins	Petit Puffin ind.	58		1307			807
	Puffin des anglais						
	Puffin des baléares		2			446	
Puffins ind.	Puffin ind.	12			5189		29
Autres Procellariidés	Fulmar boréal	26	5	359		2	8
Stercorariidés	Grand labbe	151	4		30	8	336
	Petit Labbe ind.	5	3				30
	Stercorariidé ind			84			
Plongeurs	Plongeon ind.	81	526	676	56		87
	Plongeon catmarin					13	
Anatidés	Anatidé ind.						415
	Canard ind.	7		7			11
	Canard colvert			59		40	6
	Eider à duvet	4	2				4
	Tadorne de Belon	1					889
	Harle ind.	1					8
	Macreuse brune		1				12
	Macreuse ind.	25	20				870
	Macreuse noire	12	208				392
	Bernache cravant	12	2	250			987
	Oie cendrée						42
	Bernache nonnette		3				
Phalacrocoracidés	Cormoran huppé	2		49		1	1
	Cormoran ind.	31	149	1476	682		1057
	Grand cormoran		91				30
Podicipedidés	Grand grèbe ind.						4
	Grèbe huppe		3				
	Grèbe ind.	1	12				4
Limicole ind.	Limicole ind.		13				1767
	Chevalier gambette					4	
Autres espèces	Passereau ind.		9				
	Aigrette garzette		1	5			5
	Aigrette ind.						18
	Rapace ind.		1				
	Héron ind.						1
	Héron cendré						9
	Héron garde-bœufs						1

Les espèces les plus fréquemment observées sont décrites ci-après. Certaines espèces comme les Sternes naines et de Dougall, les Guifettes, le Macareux moine, le Mergule nain, l'Eider à duvet, les Grèbes ou les Plongeurs sont régulièrement observées sur l'arc Atlantique mais en effectifs réduits dans les secteurs de survols ou non différenciables d'espèces similaires et donc probablement agglomérées dans les groupes d'espèces. Elles ne sont donc pas présentées spécifiquement dans ce document.

Quatre ouvrages ont été consultés pour décrire ces espèces : *

- ISSA N., MULLER Y. 2015. Atlas des oiseaux de France métropolitaine : Nidification et présence hivernale. Delachaux et Niestlé. 1408p ;
- DUPUY J. SALLE L. 2023. Atlas des oiseaux migrateurs de France. LPO. MNHN. Biotopie édition. 1200p.
- KELLER V., HERRANDO S., VORISEK P. et al. 2020. European Breeding Bird Atlas 2 : Distribution, Abundance and change. European Bird Census Council & Lynx Edicions, Barcelona.967p.
- GISOM 2023. Recensement national des oiseaux marins nicheurs en France métropolitaine (ROMN)

Les statuts sont issus des listes rouges européenne et nationale produites par l'UICN : CR=En Danger Critique d'Extinction ; EN=En Danger ; VU=Vulnérable ; NT=Quasi-menacé ; LC=Préoccupation mineure ; DD=données insuffisantes ; NA=non applicable.

5.3.2.1 Alcidés

Deux espèces sont fréquemment observées chez les Alcidés : le Guillemot de Troïl et le Pingouin torda. Leur similitude vue du ciel ne permet bien souvent pas de les distinguer. Ils sont souvent posés sur l'eau ou volent avec un battement d'ailes continu proche de la surface. Deux autres espèces peuvent également être rencontrées : le Macareux moine et le Mergule nain, avec des effectifs anecdotiques en comparaison.

Guillemot de Troïl (*Uria aalge*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; EN (Métropole)

Période de reproduction : Avril - mi-juillet

Sites de reproduction en France métropolitaine : Nord et Ouest de la Bretagne

Nombre de couples en France métropolitaine : 287-298 couples en 2012, 765 à 865 en 2020 et 808 à 910 en 2021

Sites de reproduction hors métropole : Falaises dans l'hémisphère nord en Atlantique (dont Mer Celtique, Manche et Mer du Nord) et Pacifique

Période de présence en métropole : toute l'année mais beaucoup plus rare en période de reproduction du fait du faible nombre de couples. Présence massive d'octobre à février-mars

Zones de rassemblement pélagique : Manche entre la Basse-Normandie et le Cap Griz-Nez et Golfe de Gascogne réparti assez uniformément entre le Finistère et la Gironde avec des secteurs privilégiés : Penmarc'h-île de Sein, Sud Belle-Ile, baie de la Vilaine, le secteur de l'île d'Yeu, large d'Oléron, estuaire de la Gironde.



Guillemot de Troïl au milieu de Pingouins torda - Jörg Hempel

Pingouin torda (*Alca torda*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; CR (Métropole)

Période de reproduction : Avril - mi-juillet

Sites de reproduction en France métropolitaine : Nord de la Bretagne

Nombre de couples en France métropolitaine : 46-48 couples en 2012, 137 à 164 en 2020 et 148 à 177 en 2021.

Sites de reproduction hors métropole : Falaises (ou cavités sous bloc) dans l'Atlantique Nord notamment en mer Celtique, Manche et Mer du Nord mais également les côtes de Scandinavie, Groenland, côte ouest Atlantique...

Période de présence en métropole : toute l'année mais beaucoup plus rare en période de reproduction du fait du faible nombre de couples. Présence massive d'octobre à mars.

Zones de rassemblement pélagique : Manche entre la Basse-Normandie et le Cap Gris-Nez et Golfe de Gascogne réparti assez uniformément entre le Finistère et la Gironde avec des secteurs privilégiés : Penmarc'h-île de Sein, Sud Belle-Ile, baie de la Vilaine, le secteur de l'île d'Yeu, large d'Oléron, estuaire de la Gironde.



Pingouins tordas suivi par un Guillemot de Troïl - Cephas

Macareux moine (*Fratercula arctica*)

Statut IUCN : EN (Europe) ; CR (Métropole)

Période de reproduction : Avril - mi-juillet

Sites de reproduction en France métropolitaine : Niche en colonie dans un terrier au niveau des Ilots de Ouessant, Baie de Morlaix et Sept-Îles

Nombre de couples en France métropolitaine : 164-187 couples en 2012, 51 à 198 en 2020 et 73 à 119 en 2021.

Sites de reproduction hors métropole : Nord-Atlantique centré sur l'Europe du Nord (petite population sur la côte ouest Atlantique) avec le Groenland, l'Island, les îles Britanniques et les côtes norvégiennes

Période de présence en métropole : toute l'année mais localisé en période de reproduction et exclusivement pélagique (isobathes 50 et 100m) .

Zones de rassemblement pélagique : essentiellement dans le Golfe de Gascogne ainsi qu'en Méditerranée.



Macareux moine - Charles J. Sharp

5.3.2.2 Fulmar boréal

De couleur grise à tête blanche pour une taille moyenne, le Fulmar boréal « glisse » au-dessus des vagues avec un vol raide caractéristique.

Fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*)

Statut IUCN : VU (Europe) ; NT (Métropole)

Période de reproduction : Mai - septembre

Sites de reproduction en France métropolitaine : Falaises et îles entre Picardie et Sud-Bretagne, avec les plus gros effectifs localisés sur les falaises du Pays de Caux, du Bessin et d'Ault ainsi que sur les Côtes-d'Armor et le Finistère.

Nombre de couples : 859-900 couples en 2012, 773-795 couples en 2020 et 777-794 couples en 2021

Sites de reproduction hors métropole : Atlantique nord et certaines îles Arctique. Les bastions européens sont l'Island, les îles Féroé et les îles Britanniques.



Fulmar boréal – Anouk Vacher

Période de présence en métropole : visible toute l'année mais beaucoup plus rare hors période de reproduction car l'espèce s'éloigne alors fortement des côtes, notamment au Nord.

Zones de rassemblement pélagique : Relativement abondantes sur le plateau continental de la pointe bretonne au bassin d'Arcachon.

5.3.2.3 Océanites

Les plus petites espèces pélagiques ne peuvent pas être identifiées depuis l'avion. Les critères sont un vol papillonnant et rapide associé à des oiseaux de couleur marron avec un croupion blanc. Deux espèces fréquentent régulièrement nos côtes : l'Océanite tempête et l'Océanite cul-blanc, l'Océanite de Wilson étant plus rare.

Océanite tempête (*Hydrobates pelagicus*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; VU (Métropole)

Période de reproduction : Mai - septembre

Sites de reproduction en France métropolitaine : uniquement sur des îles, seulement en Bretagne sur la façade Manche-Atlantique

Nombre de couples : 900-1000 couples (2010-2011) dont plus de 75% sur l'Archipel de Molène, 1236 à 1309 en 2020 et 1248 à 1330 en 2021

Sites de reproduction hors métropole : Nord-est de l'Atlantique (Islande, Norvège, Féroé qui accueillent les plus importantes populations européennes, Grande-Bretagne, Irlande, Espagne, Canaries) ainsi qu'en Méditerranée.

Période de présence en métropole : Se regroupe par centaines au large en fin de période de reproduction (septembre-octobre)

Zones de rassemblement pélagique : Se concentre principalement dans le Golfe de Gascogne et en Manche Ouest, préférence pour des zones pélagiques en bordure du plateau continental. Un secteur de mue possible rassemble des individus entre Belle-Île et l'île d'Yeu.



Océanite tempête - Charles J. Sharp

Océanite cul-blanc (*Oceanodroma leucorhoa*)

Statut IUCN : NT (Europe) ; - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Sites de reproduction hors métropole : Niche sur les îles rocheuses d'Atlantique Nord-Ouest et en effectif moindre en Irlande, Grande-Bretagne, Norvège...

Période de présence en métropole : Migrateur répandu entre septembre et novembre.

Zones de rassemblement pélagique : la majorité des mentions provient du Golfe de Gascogne notamment des pertuis charentais au bassin de l'Adour. Il est moins fréquent en Manche et Mer du Nord. Afflux en secteur côtier voire terrestre après fortes tempêtes.



Océanite cul-blanc – Seabamirum from Ithaca

5.3.2.4 Puffins (Grand puffin et Petit puffin)

Les puffins sont classés en deux catégories : les grands puffins d'une envergure supérieure à 1 m avec le Puffin cendré, le Puffin majeur et le Puffin fuligineux, et les petits puffins d'une envergure inférieure à 1 m avec le Puffin des anglais et le Puffin des Baléares, non différenciables de l'avion. La différence de battement d'ailes permet également de différencier ces deux groupes.

Puffin des anglais (*Puffinus puffinus*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; EN (Métropole)

Période de reproduction : Avril - septembre

Sites de reproduction en France métropolitaine : îles et promontoires isolés Bretagne majoritairement aux Sept-Iles

Nombre de couples en France métropolitaine : 128-244 couples en 2012, 336-748 couples en 2020 et 361-778 couples en 2021

Sites de reproduction hors métropole : Atlantique Nord mais essentiellement dans les îles Britanniques

Période de présence en métropole : de mars à novembre majoritairement mais en continu dans le Golfe de Gascogne avec des individus isolés.

Zones de rassemblement pélagique : peu marquées car la majorité des individus opère une migration transéquatoriale, un peu plus abondant au large du Morbihan.



Puffin des Anglais – Ómar Runólfsson

Puffin des baléares (*Puffinus mauretanicus*)

Statut IUCN : CR (Europe) ; - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Site de reproduction hors métropole : Niche à même le sol dans des grottes et fissures à flanc de falaises côtières dans certaines îles des Baléares

Période de présence en métropole : Mai à novembre

Zones de rassemblement pélagique : Migrateur répandu sur la bande littorale des 10 milles nautiques de la façade Manche-Atlantique, avec une population française de 7000 individus entre l'été et l'automne. Actuellement les principales concentrations se situent au large de l'estuaire de la Vilaine, en mer d'Iroise et côte Nord Bretonne, au large de la corniche vendéenne et du Pays Basque.



Puffin des Baléares – Anouk Vacher

Puffin cendré (*Calonectris borealis*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Sites de reproduction hors métropole : Nicheur insulaire dans des terriers, cavités, grottes en Galice, au large du Portugal, aux Açores, à Madère, aux Canaries

Période de présence en métropole : de juin à septembre

Zones de rassemblement pélagique : Les individus migrants se concentrent dans le Golfe de Gascogne souvent très au large avec une distribution irrégulière dans l'espace et le temps, très rare en Manche.



Puffin cendré – Arnaud Da Silva

Puffin fuligineux (*Ardenna grisea*) et Puffin majeur (*Ardenna gravis*)

Statut IUCN : / (Europe) ; - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Sites de reproduction hors métropole : Nichent dans l'hémisphère Sud (îles au large de la Nouvelle-Zélande, Chili, Australie, îles au large du Cap Horn, îles Malouines) pour le fuligineux et sur des îles de l'Atlantique sud pour le majeur.

Période de présence en métropole : Les Puffins fuligineux et majeur sont observés depuis les côtes principalement pendant la migration postnuptiale de juillet à novembre.

Zones de rassemblement pélagique : Le fuligineux est essentiellement observé en Manche/Mer du Nord mais également en Atlantique. Le majeur fréquente les eaux supérieures à 1000 m de profondeur dans le Golfe de Gascogne.



Puffin fuligineux - marlin harms

5.3.2.5 Fou de Bassan

Cette espèce emblématique de grande taille est reconnaissable à sa forme de croix.

Fou de Bassan (*Morus bassanus*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; NT (Métropole)

Période de reproduction : Mars - septembre

Site de reproduction en France métropolitaine : Corniches et pentes fortes des îles de Rouzic au Sept-Îles

Nombre de couples en France métropolitaine : 20 424 couples en 2012 20 772 à 21 260 couples en 2020 et 18 892 à 19 042 en 2021 avant grippe aviaire

Sites de reproduction hors métropole : Atlantique Nord, Manche et mer du Nord

Période de présence en métropole : Espèce observable toute l'année et plus abondante de l'automne jusqu'au début du printemps

Zones de rassemblement pélagique : Après la reproduction, les nicheurs se dispersent du Cotentin à la Loire Atlantique en Sud- Bretagne, Sud Atlantique et Manche-Mer du Nord.



Fou de Bassan – Anouk Vacher

5.3.2.6 « Petits Labbes » et Grand Labbe

Le Grand Labbe se distingue du ciel par un vol lourd et des plages alaires blanches. Pour les « petits » Labbes, soit le Labbe parasite et le Labbe pomarin, ils se reconnaissent avec leur vol rapide au-dessus des vagues, les ailes pointues souvent coudées. Le Labbe à longue queue n'est que rarement observé.

Grand labbe (*Stercorarius skua*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Sites de reproduction hors métropole : Niche en Ecosse et Islande principalement

Période de présence en métropole : de fin juillet à mi-mai.

Zones de rassemblement pélagique : le Golfe de Gascogne représente une zone d'importance notamment au large de l'estuaire de la Loire, vers les côtes girondines et au Nord de Capbreton.



Grand Labbe - Noel Reynolds

Petits labbes : Labbe pomarin et Labbe parasite (*Stercorarius pomarinus et parasiticus*)

Statut IUCN : LC / EN (Europe) ; - / - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Sites de reproduction hors métropole : Nichent dans les toundras côtières notamment.

Période de présence en métropole : Ces deux espèces sont principalement observées en migration prénuptiale, en avril-mai et en migration postnuptiale entre août et novembre.

Zones de rassemblement pélagique : pour le pomarin, deux secteurs de présence au large : entre Belle-Ile et l'île d'Yeu et au large de la Gironde et pour le parasite : au large de l'estuaire de la Loire, dans les Pertuis charentais et au large des Côtes girondines.



Labbe pomarin - Per Ole Syvertsen

5.3.2.7 Grands Laridés : Goélands gris et noirs et Moyens Goéland

Difficilement identifiables depuis l'avion, les goélands ont été classés par taille et couleur des ailes : les grands Goélands gris et noir avec un vol souvent battu et des ailes larges.

Goélands « noirs » : Goéland marin et brun (*Larus marinus et fuscus*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; LC (Métropole)

Période de reproduction : Avril-juillet

Site de reproduction en France métropolitaine : Niche majoritairement sur les îlot marin principalement en Bretagne et Normandie, côtiers

Nombre de couples en France métropolitaine : autour de 6 000 pour le marin et autour de 13 500 pour le brun en 2021

Sites de reproduction hors métropole : Atlantique nord avec les Etats-Unis, Canada, Groenland, Russie.... pour le marin et du Portugal au Groenland pour le brun.

Période de présence en métropole : Ces deux espèces sont présentes toute l'année. Zones de rassemblement pélagique : bien répartis mais des secteurs d'intérêt : littoral picard, côte du Nord-Pas-de-Calais, pointe finistérienne, côtes vendéennes et charentaises pour le marin. En migration, toutes côtes et intérieur des terres avec une moindre proportion pour la Bretagne pour le brun.



Goéland marin - Ken Billington

Goélands « gris » : Goéland argenté et leucophée (*Larus argentatus*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; NT / LC (Métropole)

Période de reproduction : Avril-juillet

Site de reproduction en France métropolitaine : En milieu urbain, îlots, falaises rocheuses principalement sur le littoral Manche-Atlantique pour le goéland argenté et sur le littoral méditerranéen pour le leucophée

Nombre de couples en France métropolitaine : autour de 51 000 couples pour l'argenté et 29 500 couples pour le leucophée (moins de 500 couples sur le littoral Manche-Atlantique, principalement au Sud de la Loire) en 2021

Sites de reproduction hors métropole : partie occidentale de l'Europe pour l'argenté et de l'Atlantique à la Mer noire majoritairement pour le leucophée.

Période de présence en métropole : Ces deux espèces sont abondantes toute l'année, plus d'effectif en été.

Zones de rassemblement pélagique : peu marquées.



Goéland argenté – Yves Dubois

Goéland « moyen » : Goéland cendré (*Larus canus*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; EN (Métropole)

Période de reproduction : Avril-juillet

Site de reproduction en France métropolitaine : En milieu urbain et en falaise majoritairement dans le Nord-Pas-de-Calais

Nombre de couples en France métropolitaine : environ 60 couples en 2021

Sites de reproduction hors métropole : espèce paléarctique, la sous-espèce présente en France niche de l'Islande à la France et Mer blanche

Période de présence en métropole : L'espèce est observable toute l'année mais davantage en hiver et automne plus au large.

Zones de rassemblement pélagique : de la mer du Nord à la Gironde avec des concentrations sur le littoral de la mer du Nord, en baies d'Authie et de la Somme.



Goéland cendré - Mike Pennington

5.3.2.8 Petits Laridés : Mouettes tridactyle, mélanocéphale, de Sabine et pygmée

Les quatre espèces de Mouette sont plus ou moins distinguables d'avion avec des « dessins » alaires marqués selon la période pour la Mouette tridactyle ou la Mouette de Sabine et un corps plus clair à presque blanc pour les Mouettes rieuse, mélanocéphale et pygmée. Cette dernière est notablement plus petite.

Mouette rieuse et mélanocéphale (*Chroicocephalus ridibundus* et *Ichthyaetus melanocephalus*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; NT / LC (Métropole)

Période de reproduction : Avril – juillet

Site de reproduction en France métropolitaine : Zones humides côtières et dans les terres

Nombre de couples en France métropolitaine : autour de 26 500 couples pour la rieuse et autour de 14 000 couples pour la mélanocéphale en 2021

Sites de reproduction hors métropole : espèce paléarctique, de l'Europe de l'Ouest à la Sibérie orientale pour la rieuse et de la France à la Mer Noire pour la mélanocéphale

Période de présence en métropole : Ces deux espèces sont présentes toute l'année.

Zones de rassemblement pélagique : présentes partout en nombre.



Mouette rieuse - Ján Svetlík

Mouette pygmée et de Sabine (*Hydrocoloeus minutus* et *Xema sabini*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; NA / - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Sites de reproduction hors métropole : marais et plan d'eau depuis l'Europe occidentale aux Pays-Bas jusqu'en Sibérie centrale majoritairement pour la pygmée aux secteurs côtiers, toundra d'Europe du Nord, Canada, Russie, Spitzberg... selon les sous-espèces pour la Sabine

Période de présence en métropole : La Mouette de Sabine est présente d'août à septembre. La Mouette pygmée est présente de janvier à mai et d'août à décembre.

Zones de rassemblement pélagique : essentiellement le Golfe de Gascogne pour la Sabine et bien répartie pour la pygmée.



Mouette de Sabine - Dominic Sherony

Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*)

Statut IUCN : VU (Europe) ; VU (Métropole)

Période de reproduction : Mai-août

Site de reproduction en France métropolitaine : Pas-de-Calais, Seine-Maritime, Calvados, Côtes-d'Armor, Finistère, Vendée

Nombre de couples en France métropolitaine : 5 500 couples environ en 2012, 6516 et 2020 et **6606 en 2021**

Sites de reproduction hors métropole : répartition circumpolaire en hémisphère nord dont îles Britanniques.

Période de présence en métropole : Particulièrement présente d'octobre à janvier ainsi qu'en période de reproduction dans les secteurs de nidification.

Zones de rassemblement pélagique : bien représentée mais concentration au large des côtes du Morbihan à la Vendée et en Manche-Mer-du-Nord.



Mouette tridactyle – Anouk Vacher

5.3.2.9 Sternes

Des battements d'ailes amples et réguliers sur des ailes étroites gris pâles à blanc sont les signes distinctifs des Sternes caugek, pierregarin et naine. Cette dernière est plus rarement observée.

Sterne caugek (*Sterna sandvicensis*) et Sterne pierregarin (*Sterna hirundo*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; NT / LC (Métropole)

Période de reproduction : Fin avril à juillet

Site de reproduction en France métropolitaine : Principales colonies sur l'île de Noirmoutier, l'île aux Moutons et dans la RNN du Platier d'Oye pour la Sterne caugek ; plus grands effectifs dans le Nord, le Morbihan, la Vendée et le Finistère pour la Sterne pierregarin

Nombre de couples en France métropolitaine : environ 11 000 couples dont plus de 8 000 sur la façade Manche-Atlantique pour la caugek en 2021 (6 500 couples en 2012) et environ 3 175 couples sur la façade Manche-Atlantique pour la pierregarin en 2021 (3 000 en 2011)

Sites de reproduction hors métropole : Est de la Baltique, Ecosse, Espagne, Mer Caspienne, Amérique du Nord, Venezuela, Argentine selon les sous-espèces pour la caugek et hémisphère nord le long des côtes ou intérieur des terres pour la pierregarin

Période de présence en métropole : Présence presque toute l'année pour la caugek, ces espèces sont plus fréquemment observées durant les périodes de migration de mars à mai et de juillet à octobre.

Zones de rassemblement pélagique : non marqué mais globalement au Sud de la Basse-Normandie pour la caugek et dans le Golfe de Gascogne pour la pierregarin



Sterne pierregarin –
Anouk Vacher

5.3.2.10 Cormorans

Les deux espèces de cormorans sont rarement identifiées à l'espèce du fait de leur similitude vu d'avion.

Grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) et Cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; LC (Métropole)

Période de reproduction : février – juillet pour le Grand cormoran et mars à fin juin pour le huppé

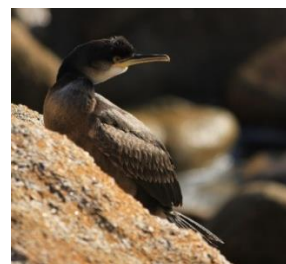
Site de reproduction en France métropolitaine : Côtes rocheuses, îles du bord de mer pour le Cormoran huppé et plans d'eau et rivières mais également falaises pour le Grand Cormoran

Nombre de couples en France métropolitaine : 11 089-11 530 couples pour le Grand Cormoran en 2021 et 8 558 à 8 717 couples pour le Cormoran huppé en 2021

Sites de reproduction hors métropole : Répartition mondiale excluant l'Amérique du Sud et l'Antarctique selon les sous-espèces pour le Grand cormoran et également mondiale limité au Paléarctique occidentale essentielle Europe occidentale pour le huppé

Période de présence en métropole : Ces deux espèces sont présentes toute l'année.

Zones de rassemblement pélagique : bien présent partout sur le littoral pour le Grand et Nord de la Gironde pour le huppé



Cormoran huppé – Anouk
Vacher

5.3.2.11 Macreuses

Les deux espèces de Macreuses présentes sur l’Arc Atlantique ne sont pas différenciables depuis l’avion. Elles ont un vol battu rapide, souvent au raz de l’eau.

Macreuse noire (*Melanitta nigra*) et Macreuse brune (*Melanitta fusca*)

Statut IUCN : LC / VU (Europe) ; - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Sites de reproduction hors métropole : Nichent dans la partie boréale d’Eurasie en Scandinavie, Russie... à plus large répartition selon les sous-espèces

Période de présence en métropole : de juillet à mai pour la noire et de septembre à avril pour la brune

Zones de rassemblement pélagique : des effectifs importants sont notés en Manche-mer du Nord (littoral augeron) et le long des côtes vendéennes et charentaises notamment en baie du Mont-Saint-Michel, proche de l’île d’Oléron et sur le littoral vendéen.



Macreuse noire – Marton Berntsen

5.3.2.12 Bernache cravant

De couleur marron et gris, avec un gros corps et des ailes à battements rapides. Forment des groupes visibles depuis l’avion.

Bernache cravant (*Branta bernicla*)

Statut IUCN : LC (Europe) ; - (Métropole)

Période de reproduction : Non nicheur en métropole

Sites de reproduction hors métropole : Niche en Arctique circumpolaire

Période de présence en métropole : de septembre à avril

Zones de rassemblement pélagique : Hivernent le long du littoral français, de la baie de l’Orne jusqu’au bassin d’Arcachon (premier site d’hivernage) avec notamment les Pertuis charentais, le Golfe du Morbihan, la baie de Bourgneuf, et la baie du Mont-Saint-Michel.



Bernache cravant –
Giancarlo Foto4U

Références bibliographiques

AUTHIER, M., SARAUX, C. & PERON, C. 2017. Variable Selection and Accurate Predictions in Habitat Modelling: a Shrinkage Approach. *Ecography* 40:549-560

AUTHIER M., BLANCHARD A., DOREMUS G., GENU M., LARAN S., NIVIERE M., SPITZ J. & VAN CANNEYT O. 2020. Suivi de la mégafaune marine au large des Pertuis charentais, de l'Estuaire de la Gironde et de Rochebonne par observation aérienne : Campagne SPEE-Rapport de campagne 2019-2020 : rapport final. Observatoire Pelagis (UMS 3462, La Rochelle Université / CNRS) & Parc naturel marin de l'Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (Office Français de la Biodiversité) : 78 pp.

BIOTOPE. 2020. Parc éolien en mer de Saint-Nazaire – Suivi de l'avifaune, Rapport annuel 2019/2020 et état de référence avant construction - Atlas cartographique. Société Parc du Banc de Guérande. Parc éolien en mer de Saint-Nazaire. 2021. Bilan environnemental annuel - Parc du Banc de Guérande - St Nazaire. 40p.

BIOTOPE. 2014. Etude d'impact du parc éolien en mer de Fécamp (76). Volet Mammifères de l'étude d'impact. Eoliennes offshore des Hautes Falaises de Fécamp. 169p.

BIOTOPE. 2014. Etude d'impact du projet éolien en mer de Fécamp. Volet Oiseaux de l'étude d'impact. Eoliennes offshore des Hautes Falaises de Fécamp. 324p.

BIOTOPE. 2021. Fiche protocole - Expertise visuelles par avion. Parc éolien en mer au large de la Normandie. 11p.

BIOTOPE. 2021. Parc éolien en mer de Fécamp - Atlas cartographique - Suivi de l'avifaune et de la mégafaune marine. Etat de référence avant construction Atlas cartographique. 80p.

BIOTOPE. 2021. Parc éolien en mer de Fécamp - Suivi de l'avifaune et de la mégafaune marine. Rapport de l'état de référence avant construction. 147p.

BIOTOPE. 2022. Rapport intermédiaire de l'état initial - Composantes avifaune et mammifères marins. Parc éolien en mer au large de la Normandie Etat initial provisoire : Volets avifaune, chiroptères, mammifères marins et grands poissons pélagiques. 140p.

BIOTOPE. HIDEF. 2017. Survol aérien vidéo HD_ZPS « Secteur marin de l'île d'Yeu jusqu'au continent » - Version initiale. 37p.

BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2021. European Red List of Birds. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

BLANCHARD A., DOREMUS G., LARAN S., NIVIERE M., SANCHEZ T., SPITZ J. ET VAN CANNEYT O. 2021. Distribution et abondance de la mégafaune marine en France métropolitaine. Rapport de campagne SAMM II Atlantique-Manche - Hiver 2021, de l'Observatoire Pelagis (UMS 3462, La Rochelle Université / CNRS) pour la Direction de l'Eau et de la Biodiversité et l'Office Français de la Biodiversité. 103 p.

BLANCHARD A., DOREMUS G., LARAN S., NIVIERE M., SANCHEZ T., SPITZ J. ET VAN CANNEYT O. 2021. Distribution et abondance de la mégafaune marine en France métropolitaine. Rapport de campagne SAMM II Atlantique-Manche - Hiver 2021, de l'Observatoire Pelagis (UMS 3462, La Rochelle Université / CNRS) pour la Direction de l'Eau et de la Biodiversité et l'Office Français de la Biodiversité. 103p.

BLANCHARD A., LARAN S., WILLIAMS G., VAN CANNEYT O., GENU M., SANCHEZ T., DOREMUS G., GAMELIN P.-L. 2023. Synthèse des données de l'Observatoire PELAGIS au sein du PNM des estuaires picards et de la mer d'Opale. Rapport pour le PNM EPMO (OFB-22-0565). 61 p.

BRETAGNE VIVANTE. LPO. 2014. Diagnostic environnemental 2013-2014 pour le groupe avifaune et évaluation du risque d'impact dans le cadre du projet de parc éolien en mer de Saint- Nazaire – Rapport final. Parc éolien en mer de St-Nazaire. 445p.

CREOCEAN. 2021.Complément à l'étude bibliographique sur l'environnement marin - Projet de parc éolien en Sud-Atlantique. MTE. 55p.

CREOCEAN. 2022. Mise à jour étude élargie - Etude bibliographique sur l'environnement marin - Projet éolien en mer en Sud-Atlantique. 173p.

DOREMUS G. 2020. Guide méthodologique des campagnes d'observation aérienne de la mégafaune marine. Programmes REMMOA (Outre-mer) & SAMM (France métropole). Cahier technique de l'observatoire Pelagis. 61p.

DUPUY J. SALLE L. 2023. Atlas des oiseaux migrateurs de France. LPO. MNHN. Biotopie édition. 1200p.

ENGIE. EDP Renewables. Groupe Caisse des dépôts. 2018 Etude d'impact : Parc éolien en mer de Dieppe-Le Tréport, sa base d'exploitation et de maintenance et son raccordement au réseau public de transport d'électricité. Document 3 : Etude d'impact du parc sur l'environnement valant document d'incidences au titre de la Police de l'eau et des milieux aquatiques. 1532p.

GILLES A. 2022. French part of the fourth survey on small cetaceans in european atlantic waters and the north sea (scans-IV). Observatoire Pelagis. 32p.

HAMMOND P. 2013. Cetacean abundance and distribution in European Atlantic shelf waters to inform conservation and management. Biological Conservation.16p

HAMMOND P. 2021. Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. 42p.

HAMMONDP. 2007. Small Cetaceans in the European Atlantic and North Sea (SCANS-II). Data Project. 55p.

HIDEF. 2016. Digital video aerial survey of seabirds and marine mammals at Ile d'Yeu projet_Draft final report. 74p.

IBERDROLA. 2022_Bilan environnemental pré construction - Parc éolien de la baie de Saint-Brieuc. Ailes Marines. 28p.

ISSA N., MULLER Y. 2015. Atlas des oiseaux de France métropolitaine : Nidification et présence hivernale. Delachaux et Niestlé. 1408p.

INSEE. 2018. Manuel d'analyse spatiale – Théorie et mise en pratique sur R. *INSEE Eurostat*.

KELLER V., HERRANDO S., VORISEK P. *et al.* 2020. European Breeding Bird Atlas 2 : Distribution, Abundance and change. European Bird Census Council & Lynx Edicions, Barcelona.967p.

LAMBERT C. 2008_Impact du protocole d'observation sur la perception et l'estimation de densité des petits cétacés. Observatoire Pelagis. 79p.

LARAN S., BLANCHARD A., GENU M., SANCHEZ.T., DOREMUS G, VAN CANNEYT O. & SPITZ J. 2022. Suivi de la mégafaune marine au large des Pertuis charentais, de l'Estuaire de la Gironde et de Rochebonne par observation aérienne, Campagne SPEE 2019-2022, rapport final. Observatoire Pelagis (UAR 3462, La Rochelle Université / CNRS) & Parc naturel marin de l'Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (Office Français de la Biodiversité) : 146 pp.

LARAN S., DOREMUS G., VAN CANNEYT O., AUTHIER M. ET SPITZ J. 2019. Synthèse des données de l'observatoire Pelagis au sein du PNM de l'Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis et de la ZPS Pertuis charentais-Rochelonne. Rapport scientifique pour le PNMEGMP (AFB). 36pp.

LARAN S., GENU M., AUTHIER. M., BLANCHARD A., DOREMUS G., SANCHEZ.T., SPITZ J. & VAN CANNEYT O. 2022. Distribution et abondance de la mégafaune marine en France métropolitaine. Rapport final de la campagne SAMM II Atlantique-Manche - Hiver 2021, de l'Observatoire Pelagis (UAR 3462, La Rochelle Université / CNRS) pour la Direction de l'Eau et de la Biodiversité et L'Office Français de la Biodiversité. 72 p.

LECORPS F. DE ROCK P. LE BRAS Y. RINGELSTEIN J. RAITIERE W. 2021. Premiers retours d'expérience sur l'évolution des techniques d'expertises des oiseaux et de la mégafaune marine - Etat de références - Saint-Brieuc – Biotopie. 4p.

LEGROUX. N. 2017. Synthèse bibliographique sur les oiseaux migrateurs, nicheurs et hivernants dans le détroit du Pas-de-Calais. Levée des risques avifaunistiques en vue de l'implantation potentielle d'un parc éolien au large de Dunkerque. Agence des aires marines protégées. GON. 173p.

MILLER, D. L., BURT, M. L., REXSTAD, E. A., & THOMAS, L. 2013. Spatial models for distance sampling data: recent developments and future directions. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(11), 1001-1010.

MILLER, D. L. 2016. Distance: Distance Sampling Detection Function and Abundance Estimation. R package version 0.9.6. <https://CRAN.R-project.org/package=Distance>.

MILLER, D. L., REXSTAD, E., Burt, L., BRAVINGTON, M.V. & HEDLEY, S.L. 2016. dsm: Density Surface Modelling of Distance Sampling Data. R package version 2.2.12. <https://CRAN.Rproject.org/package=dsm>.

MILLER, D. L., E. REXSTAD, L. THOMAS, MARSHALL, L. & LAAKE, J.L. 2019. Distance Sampling in R. *Journal of Statistical Software* 89:1-28.

PARC EOLIEN EN MER DE SAINT-NAZAIRE. 2020. Bilan environnemental annuel - Parc du Banc de Guérande - St Nazaire. 40p.

PETTEX E. 2014. Suivi Aérien de la Mégafaune Marine en France métropolitaine - Rapport final. 170p.

PONCHON A. GALLIEN F. LE GUILLOU G. GREMILLET D. 2015_Distribution en mer et utilisation de l'habitat des mouettes tridactyles nichant sur les côtes de la Manche. CEFE. 41p.

RICARD A. 2014. Suivi aérien de la Mégafaune marine en Manche Est. Rapport de campagne. Pelagis. 39p.

RICART A. 2014. Suivi Aérien de la Mégafaune Marine en Manche Est (SAMM-ME, Hiver 2014). Observatoire Pelagis. 87p.

RTE. 2017. Etude d'impact : Parc éolien en mer des îles d'Yeu et de Noirmoutier, ses bases d'exploitation et de maintenance et son raccordement au réseau public de transport d'électricité - Description du Programme et état initial commun. 867p.

RTE. 2019. Analyse bibliographique environnementale. Projets éoliens en mer au large de la Normandie. 189p.

RTE. 2020. Projet de parc éolien en mer au large de Dunkerque et son raccordement électrique. Dossier des maîtres d'ouvrage. 128p.

RTE. Département du Finistère et du Morbihan. 2020_Analyse bibliographique environnementale - Projet d'éoliennes flottantes au sud de la Bretagne. 90p.

SETEC In Vivo. 2020. Etude de la mégafaune marine en baie de seine par différentes méthodes et développement d'une nouvelle technologie de suivi semi automatisée par photos aériennes à haute définition. Appel à projets « initiative 2016 pour la biodiversité et la qualité du milieu marin ». 64p.

SETEC In Vivo. 2022. Acquisition de données spatialisées concernant la mégafaune marine en Bretagne Nord - Rapport final d'étude biodiversité. OFB. 164p.

SETEC in Vivo. 2023. Etat actuel de l'environnement - Protocole mégafaune marine - Parc éolien au large de la Bretagne Sud. 51p.

SETEC in vivo. Hytech Imaging. 2023. Acquisition de données spatialisées de la mégafaune marine au sein du Parc naturel marin d'Iroise - Synthèse des 8 vols réalisés. 110p.

SINAY. EDF Renouvelables. 2022. Etat de référence sur la mégafaune marine du parc éolien en mer au large de Courseulles-sur-Mer – Rapport final. 179p.

SPITZ J., GENU M., LARAN S. & AUTHIER M. 2021. Suivi de la mégafaune marine au large des Pertuis charentais, de l'Estuaire de la Gironde et de Rochebonne par observation aérienne : Contribution de SPEE à l'évaluation de l'atteinte des finalités du plan de gestion du. Observatoire Pelagis (UMS 3462, La Rochelle Université / CNRS) & Parc naturel marin de l'Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (Office Français de la Biodiversité) : 14 pp.

SINCLAIR, S. J., WHITE, M. D. & NEWELL, G. R. 2010. How Useful Are Species Distribution Models for Managing Biodiversity under Future Climates? *Ecology and Society*, 15, e-article 8

THOMAS L., LAAKE J. L., REXSTAD E., STRINDBERG S., MARQUES F. F. C., BUCKLAND S. T., BORCHERS D. L., ANDERSON D. R., BURNHAM H. P., BURT M. L., HEYDLEY S. L., POLLARD J. H., BISHOP J. R. B. & MARQUES T. A., 2009. Distance 6.0. Release "2". (Ed R. U. F. W. P. Assessment). University of St. Andrews, UK: <http://www.ruwpa.stand.ac.uk/distance/>.

UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS. 2016. La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Oiseaux de France métropolitaine. Paris, France, 32p.

VAN CANNEYT O., DARS C., DOREMUS G., LARAN S. & VIRGILI A. 2018. Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque par observation aérienne. Programme DUNKRISK - Campagne LEDKOA. Rapport scientifique de campagne. Observatoire Pelagis / Agence Française pour la Biodiversité. 37 pages + annexes.

VAN CANNEYT O., BLANCHARD A., LARAN S., AUTHIER M., DOREMUS G., GENU M., NIVIERE M. & SPITZ J. 2020. Suivi de la mégafaune marine au large des Pertuis charentais, de l'Estuaire de la Gironde et de Rochebonne par observation aérienne : Campagne SPEE-Rapport de campagne 2019-2020. Observatoire Pelagis (UMS 3462, La Rochelle Université / CNRS) & Parc naturel marin de l'Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (Office Français de la Biodiversité) : 47 pp.

VAN CANNEYT O., BLANCHARD A., LARAN S., AUTHIER M., DOREMUS G., GENU M., NIVIERE M., SPITZ J., F. CAURANT & RIDOUX V. 2020. Comprendre et évaluer les captures de petits cétacés dans les engins de pêche (CAPECET) – Volet distribution et abondance hivernales par observation aérienne. Rapport technique de l'Observatoire Pelagis (UMS 3462 – La Rochelle Université et CNRS) pour la Direction de l'Eau et de la Biodiversité - Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. 25 pages.

VEHTARI, A., GABRY, J., MAGNUSSON, M., YAO, Y., BÜRKNER, P., PAANANEN, T. & GELMAN, A. (2020). "loo: Efficient leave-one-out cross-validation and WAIC for Bayesian models." R package version 2.4.1.

YAO, Y., VEHTARI, A., SIMPSON, D. & GELMAN, A. (2018). Using Stacking to Average Bayesian Predictive Distributions (with Discussion) *Bayesian Analysis* 13:917-100.