



---

# Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque

---

## Programme DUNKRISK

### Rapport de synthèse des analyses scientifiques

octobre 2018

---

Béésau Julie<sup>1</sup>, Samaran Flore<sup>1</sup>  
Virgili Auriane<sup>2</sup>, Authier Matthieu<sup>2</sup>, Dars  
Cécile<sup>2</sup>, Dorémus Ghislain<sup>2</sup>, Laran  
Sophie<sup>2</sup>, Van Canneyt Olivier<sup>2</sup>, Spitz  
Jérôme<sup>2</sup>  
Robin Quevillart<sup>3</sup>, Nathan Legroux<sup>3</sup>,  
Cédric Beaudoin<sup>3</sup>  
Adeline Morlière<sup>4</sup>, Léa Thiébaud<sup>5</sup>,  
Sylvain Michel<sup>6</sup>

---



1 : Lab-STICC (UMR 6285), ENSTA Bretagne – Pôle  
STIC/AP

2 : Observatoire Pelagis - UMS 3462  
Université de La Rochelle - CNRS

3 : Groupe ornithologique et naturaliste du Nord –  
Pas-de-Calais (GON)

4 : Direction Générale Energie Climat, Bureau des  
énergies renouvelables hydrauliques et marines  
(MTES/DGEC/DE/SD3)

5 : Cerema, Direction technique Eau, Mer et Fleuves  
(DTecEMF)

6 : Agence française pour la biodiversité, Département  
des milieux marins (DAPP/DMM)



**AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ**

ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



## Avant-propos

### Citation du document :

AFB, 2018. Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque. Programme DUNKRISK - Rapport de synthèse des analyses scientifiques. Observatoire Pelagis / ENSTA-Bretagne / GON / Agence Française pour la Biodiversité. 27 pages + annexes.

### Crédits photographiques :

Page de garde : G. Dorémus, G. Gautier et O Van Canneyt / Observatoire Pelagis

### Objet de ce rapport de synthèse :

Ce rapport présente une synthèse combinant les analyses réalisées dans le cadre des campagnes LEDKAP, LEDKOA et LEDKON. L'étude de la distribution et des abondances des mammifères marins et des principales espèces d'oiseaux fréquentant la zone d'étude constitue l'objectif principal de ce rapport.

## Remerciements

La réalisation de cette étude a été possible grâce à l'action de plusieurs partenaires scientifiques et associatifs, que nous souhaitons citer et remercier, notamment l'Observatoire Pelagis, l'ENSTA-Bretagne, le Groupe Ornithologique et Naturaliste du Nord-Pas-de-Calais et la Coordination Mammalogique du Nord de la France.

L'AFB tient à remercier en particulier les observateurs et opérateurs sur le terrain qui ont participé aux campagnes, dans des conditions souvent éprouvantes :

Campagne LEDKOA : Cécile Dars, Sophie Laran, Ghislain Dorémus, et Olivier Van Canneyt (Observatoire Pelagis), Morgane Perri (Al Lark) et Marc Duvilla (LPO Normandie).

Campagne LEDKON : Cédric Beaudoin, Nathan Legroux, Rudy Pischiutta et Robin Quevillart (GON)

Campagne LEDKAP : Julie Beesau (ENSTA Bretagne) et Jacky Karpouzopoulos (CMNF)

Ces campagnes n'auraient pu avoir lieu sans l'investissement et la flexibilité de l'équipe de Pixair Survey pour la réalisation des survols, de l'équipe des Phares & Balises du port de Dunkerque pour l'installation et la maintenance des enregistreurs acoustiques, de B. Max et STO Logistique pour les moyens de navigation des observations nautiques.

Nous remercions également Auriane Virgili de l'Observatoire Pelagis pour son travail d'analyse approfondie et rigoureuse des résultats de la campagne LEDKOA, ainsi que sa relecture attentive du présent rapport.

## Sommaire

Avant-propos .....	2
Remerciements.....	2
Sommaire.....	3
1. Introduction.....	1
<b>1.1. Contexte</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Objectifs de la campagne LEDKAP</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3. Objectifs de la campagne LEDKOA</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4. Objectifs de la campagne LEDKON</b> .....	<b>3</b>
2. Analyses croisées des résultats des campagnes.....	4
2.1. Analyses croisées des données acoustiques et des observations aériennes de marsouins	4
2.2. Analyses croisées des données d’observations aériennes et nautiques.....	7
2.2.1. Déclinaison par espèce des estimations d’abondances .....	7
2.2.2. Evolution des abondances par groupes d’espèces.....	13
2.2.3. Distributions spatiales .....	20
3. Discussion : limitations de l’étude de levée de risques environnementaux .....	24
3.1. Enjeux écologiques non étudiés .....	24
3.2. Lacunes des campagnes d’acquisition de connaissances.....	25
REFERENCES .....	27
ANNEXE : COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS SPATIALES ISSUES DES MODELES D’HABITATS PREFERENTIELS DANS LA ZONE LEDKON ET DES OBSERVATIONS NAUTIQUES .....	28

# 1. Introduction

---

## 1.1. Contexte

Dans le contexte de développement des filières d'énergie renouvelable en mer en France, un projet de construction d'un parc éolien au large de Dunkerque a été proposé par le 3<sup>ème</sup> appel d'offres national. Dans le processus de construction de ce parc éolien, une phase de levée des risques est habituellement menée par le porteur de projet retenu. Pour cet appel d'offres, cette phase est commanditée par la DGEC (Direction Générale de l'Energie et du Climat). Elle a pour but de réaliser des études permettant d'approfondir les connaissances sur le milieu marin (nature des fonds, vent, biodiversité, ...) dans la zone concernée par le projet. Le site retenu présente des enjeux importants pour la préservation des espèces protégées d'oiseaux et de mammifères marins, qui pourraient être affectées significativement par un parc éolien. Il est donc essentiel de connaître leur distribution et leur utilisation de la zone du projet de parc éolien, afin de pouvoir évaluer les potentiels impacts sur la mégafaune marine, puis de les limiter.

De nombreux suivis de la mégafaune marine tels que les comptages d'oiseaux marins en période de migration, le suivi des colonies d'oiseaux marins et de phoques ou les échouages d'oiseaux et de mammifères marins, sont opérationnels dans la zone du projet de parc. Cependant la plupart de ces suivis sont réalisés depuis la côte et ne permettent pas une vision de la distribution au large des espèces. A l'échelle des façades maritimes, on peut citer les campagnes SAMM (Suivi Aérien de la Mégafaune Marine ; Laran et al., 2017 ; Pettex et al., 2017a), réalisées en hiver 2011-2012 et été 2012 et SAMM-Manche Est réalisée en hiver 2014 (Ricart et al., 2014) qui ont permis de produire des cartes de distribution des densités de marsouin commun et des principaux groupes d'oiseaux marins. Toutefois la résolution spatiale de ces campagnes est relativement large tandis que la résolution temporelle est faible. De nouveaux recensements devaient donc être réalisés pour affiner la connaissance de la distribution des espèces dans la zone de projet du parc éolien. Ces recensements doivent être complétés par des études spécifiques permettant de comprendre les fonctionnalités de la zone pour les espèces ciblées et leur évolution durant un cycle saisonnier.

Ces campagnes ont été réalisées avec l'appui d'un comité scientifique mis en place pour l'ensemble du projet, réunissant l'Observatoire Pelagis (UMS CNRS/Université de La Rochelle), la Coordination Mammalogique du Nord de la France (CMNF), le Groupe ornithologique et naturaliste (GON) du Nord – Pas-de-Calais, l'Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées de Bretagne (ENSTA-Bretagne) et l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB). Ce comité s'est réuni pour définir les protocoles des trois campagnes (acoustique, nautique, aérienne) et leurs plans d'échantillonnage, pour échanger sur les difficultés rencontrées et, à l'issue des campagnes, pour proposer des analyses croisées des résultats. Le choix des protocoles a été fait en tenant compte des objectifs décrits dans le cahier des charges de l'étude, mais aussi des contraintes techniques, des compétences et du matériel localement disponibles. Le comité scientifique intervient donc aux principales étapes des campagnes d'acquisition de connaissance, y compris lors de l'élaboration des rapports. Les orientations du projet et les rapports produits sont quant à eux validés par un comité de pilotage, composé de représentants de la DGEC, de l'AFB (Département des Milieux Marins) et du Cerema (Direction technique Eau, Mer, Fleuves).

Les rapports d'analyses scientifiques font suite aux rapports finaux des trois campagnes, qui décrivent la réalisation de chaque campagne, l'ensemble des données collectées et les analyses préliminaires des données (Beesau et al., 2018 ; Van Canneyt et al., 2018 ; Quévillart et al., 2018). Le présent rapport complète les rapports scientifiques, lesquels exploitent les résultats de chacune des trois campagnes analysés séparément. Il présente une synthèse des résultats obtenus conjointement, ainsi que des propositions de compléments d'étude utiles à la conception du projet éolien au large de Dunkerque.

## **1.2. Objectifs de la campagne LEDKAP**

L'Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées de Bretagne (ENSTA Bretagne), la Coordination Mammalogique du Nord de la France (CMNF) et l'AFB se sont associées pour concevoir et mettre en œuvre la campagne LEDKAP (« Levée des risques pour l'appel d'offres Eolien au large de Dunkerque par Observation Aérienne »). Il s'agit de réaliser une campagne d'observation par acoustique passive des mammifères marins (cétacés uniquement), afin d'améliorer les connaissances sur la zone, de façon adaptée aux besoins de connaissances en vue de l'implantation potentielle d'un parc éolien au large de Dunkerque.

C'est dans ce cadre qu'une campagne d'observation par acoustique passive a été mise en œuvre en 2017-2018, au sein du périmètre proposé dans l'appel d'offres éolien en mer et dans la zone située entre ce périmètre et le littoral (correspondant à l'aire d'étude immédiate du projet éolien et de son raccordement électrique, au sens d'une étude d'impact sur l'environnement).

La mise en place d'un suivi par acoustique passive pendant une année permet l'acquisition en continu de signaux acoustiques des petits cétacés dans la zone (les pinnipèdes émettant très peu de sons dans l'eau). Cette méthode consiste à immerger des capteurs qui enregistrent l'activité acoustique des petits cétacés pour suivre leur présence. Le suivi concerne prioritairement le marsouin commun (*Phocoena phocoena*), de loin l'espèce la plus abondante dans cette zone. Les capteurs enregistrent exclusivement l'activité d'écholocation des animaux, qu'ils utilisent pour leurs fonctions vitales comme la communication, la navigation ou encore la recherche de nourriture. Ainsi, l'enregistrement de cette activité d'écholocation permet de caractériser la présence des espèces dans la zone d'écoute (Samaran et al, 2015).

## **1.3. Objectifs de la campagne LEDKOA**

L'Observatoire Pelagis (UMS 3462, Université de La Rochelle/CNRS) et l'AFB se sont associés pour concevoir et mettre en œuvre la campagne LEDKOA (« Levée des risques pour l'appel d'offres Eolien au large de Dunkerque par Observation Aérienne »). Celle-ci a pour objectif d'améliorer la connaissance de l'abondance et de la distribution de la mégafaune marine au large de Dunkerque dans le cadre du développement du parc éolien en mer. Pour répondre à cet objectif, une campagne d'observation aérienne a été réalisée afin de collecter de nouvelles données dans une zone d'environ 60 km autour du projet de parc (que l'on peut assimiler à la zone d'étude éloignée, au sens d'une étude d'impact sur l'environnement). Durant cette campagne, six survols ont été réalisés entre avril

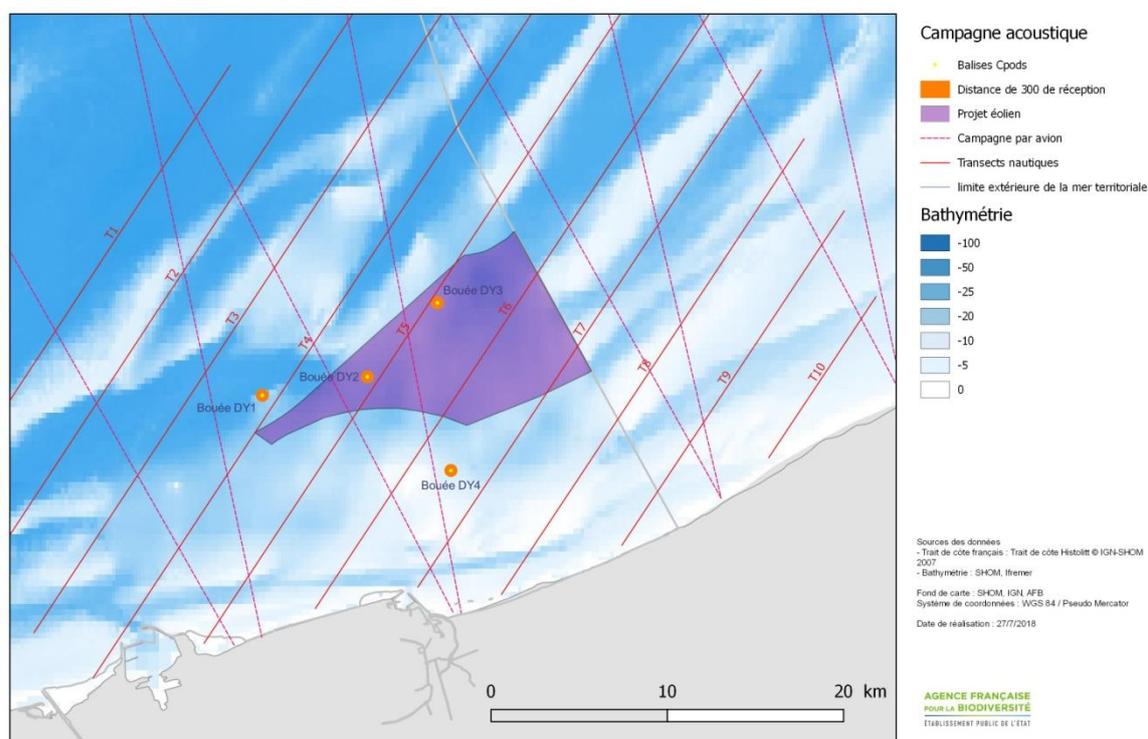
2017 et mai 2018 permettant un suivi régulier de la distribution des espèces au cours de l'année et ainsi d'étudier la variabilité intra-annuelle de leur distribution et de leur abondance dans la zone.

#### 1.4. Objectifs de la campagne LEDKON

Le Groupe ornithologique et naturaliste du Nord – Pas-de-Calais (GON) et l'AFB se sont associés pour concevoir et mettre en œuvre la campagne LEDKON (« Levée des risques pour l'appel d'offres Eolien au large de Dunkerque par Observation Nautique »). Cette campagne d'observation nautique de la mégafaune marine a été réalisée afin d'améliorer les connaissances sur la zone de façon adaptée aux besoins de connaissances dans le cadre de la potentielle implantation d'un parc éolien en mer.

La campagne LEDKON est donc dédiée à l'observation des prédateurs supérieurs marins. Elle a été mise en œuvre en 2017-2018, dans une zone d'environ 15 km autour de la zone du projet éolien (que l'on peut assimiler à l'aire d'étude rapprochée, au sens d'une étude d'impact sur l'environnement). Les objectifs consistent à collecter des données de diversité et de distribution des espèces de mégafaune en mer.

La superposition des plans d'échantillonnage de ces 3 campagnes est rappelée dans la carte suivante (Figure 1). Leurs caractéristiques et intérêts respectifs sont résumés dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).



**Figure 1** : Localisation des 4 balises du suivi des cétacés par acoustique passive par rapport aux transects des campagnes d'observation aérienne et nautique.

**Tableau 1** : Comparaison des groupes d'espèces, des paramètres observables et des efforts d'observation pour chacune des 3 campagnes de l'étude. « OM » signale les paramètres spécifiques aux oiseaux marins et « CET » les paramètres spécifiques aux cétacés.

Méthode d'acquisition	Observations aériennes	Observations nautiques	Acoustique passive
<b>Groupes d'espèces ciblées</b>			
Cétacés	++	+	++
Pinnipèdes (en mer)	+	+	-
Oiseaux (en mer)	++	++	-
<b>Paramètres relevés</b>			
Composition peuplement	+	++ (OM)	-
Distribution des densités	++	+	-
Mouvements saisonniers	++	++	++
Mouvements fine échelle (jour/nuit)	-	-	++
Comportement	-	+(OM)	++ (CET)
<b>Caractéristiques des campagnes</b>			
Zone d'étude	élargie	intermédiaire	rapprochée
Distance au projet de parc éolien	60 km	15 km	<1 km
Surface de la zone d'étude	9 400 km <sup>2</sup>	1 155 km <sup>2</sup>	≈1 km <sup>2</sup>
Linéaire parcouru par session	1 545 km	310 km	-
Couverture spatiale	7% (OM) / 16% (CET)	27 %	-
Couverture temporelle	6 par an	6 par an	1 an continu

## 2. Analyses croisées des résultats des campagnes

### 2.1. Analyses croisées des données acoustiques et des observations aériennes de marsouins

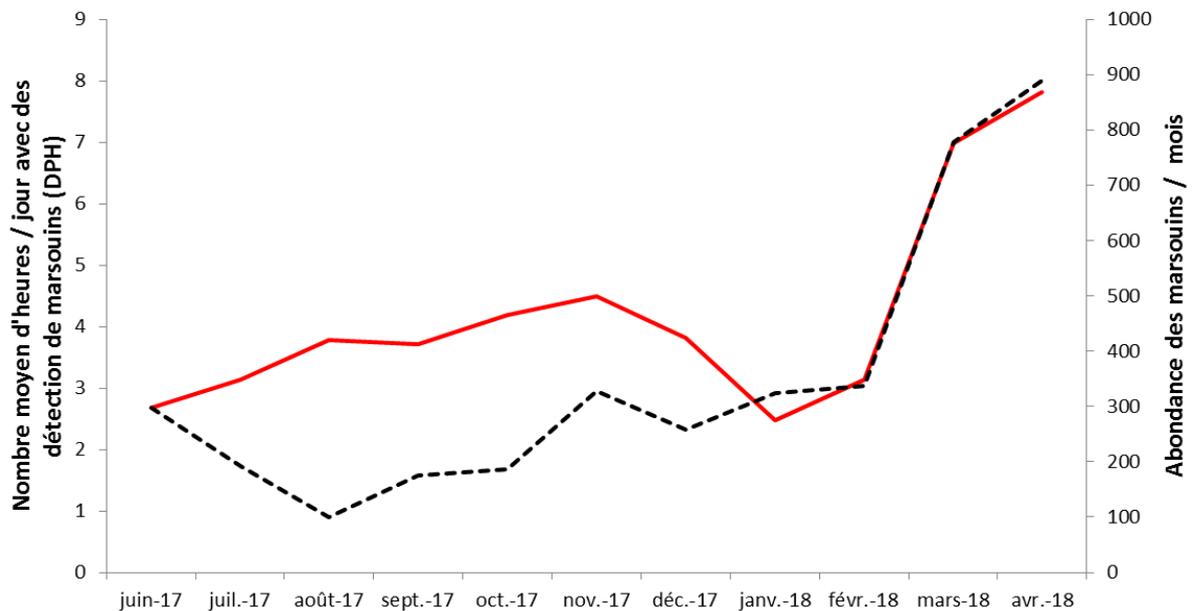
**N.B. :** L'analyse croisée n'a été effectuée que sur le marsouin puisqu'il n'est pas possible de différencier les différentes espèces de delphinidés avec l'instrument choisi pour le suivi par acoustique passive (C-POD).

Une analyse combinée des variations saisonnières de fréquentation de marsouin commun est réalisée en croisant :

- pour les détections acoustiques : le nombre moyen d'heures positives à la détection (DPH) par mois (cf. chapitre 2 : analyse des données de la campagne LEDKAP) ;
- pour les observations aériennes : les moyennes mensuelles des abondances prédites par les modèles d'habitat préférentiel (cf. chapitre 3 : analyse des données de la campagne LEDKOA) dans la zone de la campagne LEDKON.

Pour comparer les résultats issus des deux campagnes, l'analyse est faite de juin 2017 à avril 2018, étant donné que les mois de mai 2017 et 2018 sont incomplets dans les données acoustiques. De plus, pour simplifier l'analyse, les résultats issus des bouées DY2 et DY3 ont été cumulés sur tous les mois qui ont été échantillonnés entièrement (Figure 2). En effet, sur ces 2 points d'écoute inclus dans la zone du projet éolien, 100% des jours d'enregistrements sont disponibles et ont été retenus dans l'analyse (soit 334 jours de début juin 2017 à fin avril 2018). Les résultats du modèle d'habitat ont

quant à eux être extraits sur une zone correspondant à l’emprise de la campagne nautique LEDKON (assimilable à une aire d’étude rapprochée), afin d’analyser les abondances de marsouins à une échelle plus représentative de la zone du projet.



**Figure 2 :** Fréquentation saisonnière des marsouins communs, en moyennes mensuelles (en rouge : nombre d’heures de détection positive par jour ; en noir pointillé : l’abondance prédite par le modèle d’habitat dans la zone LEDKON).

Sur l’ensemble de la période, les résultats issus des deux campagnes suivent globalement la même tendance, avec une nette augmentation de la fréquentation des marsouins entre février et avril. Entre juin et février, moins de marsouins ont été observés dans cette zone lors des survols aériens, ainsi l’abondance des marsouins prédite par le modèle y est plus faible. Il semble qu’entre juin et février les marsouins soient plus concentrés dans des zones éloignées du projet, ce qui est visible dans les densités prédites par le modèle (rapport scientifique LEDKOA, Virgili et al 2018, figure 8), ainsi que dans les cartes de taux d’observations issues des survols (rapport final de campagne LEDKOA, Van Canneyt et al 2018, figure 9 ; reproduite ci-dessous).



l'ensemble de la zone d'étude l'abondance est stable de décembre à mai (autour de 9000 individus d'après la méthode de *Distance sampling*).

Cependant, il est important de noter que ces résultats ne sont pas directement comparables, notamment en raison de la couverture spatiale relativement faible des C-PODs et du nombre limité de points d'écoute déployés dans cette campagne. Par comparaison, des interprétations plus poussées ont été possibles dans certaines études qui disposent d'un échantillonnage spatial bien plus élevé : 11 C-PODs déployés sur 370 km<sup>2</sup> dans la baie de Monterey en Californie (Jacobson et al, 2017), ou en mer Baltique où 300 C-PODs ont été déployés (projet LIFE+ SAMBAH, 2016).

De plus, il faut garder à l'esprit que ces deux méthodes de suivi ne détectent pas strictement les mêmes individus : l'observation aérienne recense les animaux visibles en surface ou en subsurface, qu'ils écho-localisent ou non ; l'acoustique passive renseigne sur l'activité acoustique des animaux, qu'ils se trouvent en surface ou en profondeur, mais ignore les animaux qui passent à proximité de l'instrument sans écho-localiser dans sa direction.

A noter que l'abondance des marsouins présentée dans le rapport scientifique LEDKOA montre un maximum au mois de mai (non représenté dans la Figure 2), tandis que d'après les détections acoustiques la fréquentation des marsouins atteint son maximum en mars et avril, sur les 3 sites les plus au large. Cependant, on peut supposer que si les mois de mai avaient été échantillonnés complètement, un pic de fréquentation aurait été constaté ce mois-là. Il serait donc souhaitable de poursuivre ce suivi sur une année complète, avec le moins possible d'interruptions sur 12 mois consécutifs, pour vérifier cette hypothèse.

## 2.2. Analyses croisées des données d'observations aériennes et nautiques

Les analyses présentées ci-dessous combinent les résultats des campagnes d'observation aérienne (LEDKOA) et nautique (LEDKON). Elles sont donc restreintes à la plus petite de deux zones, celle de la campagne nautique qui couvre environ 1 100 km<sup>2</sup>, soit environ 12% de la surface couverte par la campagne aérienne (Tableau 1). Pour rappel, cette zone s'étend dans un rayon de 15 km autour de la zone de l'appel d'offre éolien. Ces analyses croisées visent donc deux objectifs :

- Vérifier la cohérence des résultats des deux campagnes (en termes de distribution spatiale des espèces et de variation saisonnière de leurs effectifs), afin de distinguer les conclusions les plus robustes et celles qui mériteraient une étude plus poussée ;
- Décrire les résultats de la campagne aérienne à une échelle plus fine, au voisinage de la zone d'implantation potentielle du parc éolien (assimilable à une aire d'étude rapprochée, i.e. intermédiaire entre l'emprise du parc et l'aire d'étude éloignée).

**N.B. : Une analyse des résultats de ces campagnes focalisée sur la zone d'appel d'offres uniquement ne serait pas pertinente, du fait de la grande mobilité de la plupart des espèces d'oiseaux et de mammifères marins, impliquant a priori d'importantes fluctuations interannuelles dans leur utilisation de l'espace maritime.**

### 2.2.1. Déclinaison par espèce des estimations d'abondances

La complémentarité des campagnes peut permettre d'affiner certains résultats. Notamment, l'observation nautique est plus propice à l'identification des espèces d'oiseaux que l'observation aérienne, car la fenêtre d'observation (temps pendant lequel l'individu est visible) est plus longue. Ainsi, la campagne LEDKON a permis d'identifier, pour chaque sortie en mer, une proportion d'individus de chacune des espèces composant certains groupes d'espèces définis dans la campagne LEDKOA (par exemple dans le groupe des goélands gris, 86% de goélands argentés et 14% de goélands cendrés sur l'ensemble de l'année).

Toutefois, ces proportions sont valables dans la zone prospectée par la campagne LEDKON et ne le sont pas forcément à l'échelle de l'ensemble de la zone prospectée par la campagne LEDKOA. Par conséquent, les abondances estimées par la méthode de *Distance sampling* dans la campagne LEDKOA ont été ré-estimées sur la zone délimitée par la campagne LEDKON (Tableau 2 et Tableau 3). Les proportions d'individus définies à partir de la campagne LEDKON ont été reportées à ces estimations d'abondances, ce qui a permis d'affiner les estimations pour certains groupes d'espèces, à savoir les alcidés, les goélands gris, les goélands noirs, les mouettes et les sternes (Tableau 3). Le nombre d'observations aériennes extraites dans la zone de la campagne LEDKON était parfois bien plus faible qu'à l'échelle de la campagne LEDKOA, ce qui limite la robustesse des résultats. Néanmoins, cette analyse donne une indication de l'abondance des individus dans une zone plus restreinte autour du projet éolien (assimilable à une aire d'étude rapprochée).

D'une manière générale, les estimations d'abondances sur la zone rapprochée suivent les mêmes tendances que les estimations faites sur la zone étendue. En particulier, les abondances de marsouins y sont plus importantes au printemps qu'en été, des abondances de cormorans plus faibles en hiver, des alcidés absents en été, des sternes plus abondantes en été et les mouettes tridactyles moins abondantes en été (Tableau 2 et Tableau 3). Le fulmar boréal n'est, quant à lui, pas observé près des côtes, ce qui explique l'absence d'individus à l'exception de quelques dizaines au mois d'avril 2017.

**Tableau 2 :** Abondances de marsouin commun, cormorans, fou de Bassan et fulmar boréal, estimées par la méthode de Distance sampling (DS) dans la zone délimitée par la campagne LEDKON à partir des observations aériennes de la campagne LEDKOA. Les intervalles de confiance à 95% sont présentés entre crochets.

LEDKOA				
Abondances estimées par DS				
Sessions	Marsouin commun	Cormorans	Fou de Bassan	Fulmar boréal
Avril 2017	1590 [910-2800]	180 [80-400]	150 [50-440]	30 [10-140]
Juin 2017	660 [360-1200]	160 [90-280]	300 [160-570]	0
Août 2017	80 [20-280]	110 [50-250]	420 [220-780]	0
Déc. 2017	950 [480-1860]	30 [10-110]	140 [60-310]	0
Mars 2018	1540 [870-2720]	610 [260-1450]	3540 [1610-7810]	0
Mai 2018	810 [440-1480]	160 [60-400]	480 [220-1090]	0

La campagne LEDKON a permis d'affiner les abondances pour certains groupes d'oiseaux marins, en évaluant la proportion de l'abondance estimée attribuée à chaque espèce au sein d'un même groupe (Tableau 3 et Figure 4). Ainsi, parmi les goélands gris, l'essentiel des individus s'avèrent être des goélands argentés, tandis que pour les goélands noirs, la proportion de goélands bruns et marins est similaire. Par conséquent, les abondances estimées pour les goélands gris représentent

majoritairement les goélands argentés, mais pour les goélands noirs, les abondances estimées sont partagées entre les goélands bruns et marins.

Les deux espèces d'alcidés semblent plus difficiles à distinguer, même par bateau, puisqu'environ 20% des individus ne sont pas identifiés à l'espèce. En revanche, pour les individus identifiés à l'espèce, les proportions entre guillemot de Troil et pingouin torda sont similaires. Pour le groupe des sternes, il s'agit exclusivement des sternes caugek et pierregarin, qui ont été observées dans des proportions similaires en été mais n'ont pas été observées en hiver. Pour le groupe identifié en tant que « mouette tridactyle » dans la campagne LEDKOA, les proportions d'individus montrent qu'effectivement la mouette tridactyle est l'espèce majoritaire dans la zone rapprochée, sauf en août où seule la mouette rieuse a été observée par la campagne nautique.

**Tableau 3 :** Abondances d'alcidés, goélands, mouettes et sternes estimées par la méthode de Distance sampling (DS) dans la zone délimitée par la campagne LEDKON, à partir des observations aériennes de la campagne LEKOA et abondances corrigées par les taux d'individus enregistrés dans la campagne LEDKON. Les noms d'espèces en majuscules représentent les groupes définis dans la campagne LEDKOA et les noms d'espèces en minuscules, les espèces observées dans la campagne LEDKON. Les intervalles de confiance sont présentés entre crochets. « M. » signifie mouette. Il n'y a pas d'estimation pour le mois d'avril 2017 car les campagnes nautiques n'ont commencé qu'en juin 2017.

Sessions	LEDKON			Abondances estimées par DS	LEDKOA				
	Taux d'individus (%)				Abondances corrigées par les taux d'individus				
	Alcidés spp	Guillemot de Troil	Pingouin torda	ALCIDES	Alcidés spp	Guillemot de Troil	Pingouin torda		
Avril 2017		-		720 [380-1400]		-			
Juin 2017	0	0	0	20 [0-90]		<50			
août 2017	0	0	0	0		0			
Déc. 2017	18	31	51	990 [590-1670]	180 [100-300]	310 [180-520]	500 [300-840]		
Mars 2018	16	47	37	1400 [920-2100]	230 [150-340]	650 [430-970]	520 [340-780]		
Mai 2018	18	58	24	40 [10-130]		<50			
	Goéland argenté	Goéland cendré		GOELANDS GRIS	Goéland argenté		Goéland cendré		
Avril 2017		-		230 [110-470]		-			
Juin 2017	100		0	820 [490-1380]	820 [490-1370]		0		
août 2017	95		5	110 [30-500]	110 [20-460]		<50		
Déc. 2017	61		39	330 [130-840]	200 [80-500]		130 [50-320]		
Mars 2018	79		21	250 [100-580]	200 [80-450]		50 [20-120]		
Mai 2018	95		5	70 [30-180]	70 [30-160]		<50		
	Goéland brun	Goéland marin		GOELANDS NOIRS	Goéland brun		Goéland marin		
Avril 2017		-		50 [10-190]		-			
Juin 2017	84		16	330 [190-590]	280 [160-490]		50 [30-100]		
août 2017	65		35	210 [80-550]	140 [50-350]		70 [30-190]		
Déc. 2017	28		72	940 [420-2100]	260 [120-580]		680 [310-1490]		
Mars 2018	52		48	2400 [800-7180]	1260 [430-3690]		1140 [390-3360]		
Mai 2018	78		22	160 [80-310]	120 [60-240]		40 [20-70]		
	M. mélanocéphale	M. pygmée	M. rieuse	M. tridactyle	M. TRIDACTYLE	M. mélanocéphale	M. pygmée	M. rieuse	M. tridactyle
Avril 2017		-			1050 [580-1920]		-		
Juin 2017	0	0	15	85	570 [240-1360]	<50	<50	80 [40-200]	480 [200-1150]
août 2017	0	0	100	0	300 [160-600]	<50	<50	300 [160-590]	<50
Déc. 2017	0	13	1	85	1360 [960-1930]	<50	180 [130-250]	<50	1160 [820-1630]
Mars 2018	1	22	1	75	1510 [510-4540]	<50	340 [120-1000]	<50	1130 [380-3320]
Mai 2018	0	0	0	100	170 [70-430]	<50	<50	<50	170 [70-420]
	Sterne caugek	Sterne pierregarin		STERNES	Sterne caugek		Sterne pierregarin		
Avril 2017		-		580 [320-1040]		-			
Juin 2017	54		46	380 [170-830]	210 [100-450]		260 [120-570]		
août 2017	49		51	2530 [1120-5720]	1240 [560-2770]		1290 [580-2860]		
Déc. 2017	0		0	80 [30-230]		<50			
Mars 2018	0		0	210 [90-500]		<50			
Mai 2018	18		78	2160 [1400-3340]	380 [250-580]		1670 [1090-2570]		

Finalement, la complémentarité entre les différentes plateformes d'observations visuelles apparaît intéressante, car elle permet de préciser la composition spécifique des groupes d'espèces détectés dans la campagne aérienne. Toutefois, cette complémentarité ne peut être réalisée qu'à une petite échelle (ici, celle de la campagne LEDKON). Une campagne nautique à plus grande échelle permettrait de préciser la composition spécifique des groupes d'espèces dans les secteurs situés plus au large et plus éloignés de la zone du projet éolien.

La comparaison qualitative des effectifs estimés par espèce montre globalement une bonne cohérence entre les observations aériennes et nautiques (Figure 4). Cette comparaison n'est que qualitative, car les résultats de la campagne aérienne ont été convertis en abondances (i.e. nombre total d'individus estimés dans la zone de 1155 km<sup>2</sup>) par la méthode de *Distance sampling*, tandis que ceux de la campagne nautique sont ici présentés en termes d'effectifs observés le long des transects parcourus (soit 310 km pour chacune des 6 sessions d'observation).

Parmi les alcidés, le guillemot de Troil présente le plus grand nombre d'individus au cours de la session de mars 2018. L'effectif de pingouin torda culmine lors de la session nautique de novembre, mais il est équivalent en décembre et en mars dans les sessions aériennes. Les 2 campagnes confirment que les alcidés sont quasi-absents au printemps et en été (d'avril à août au minimum).

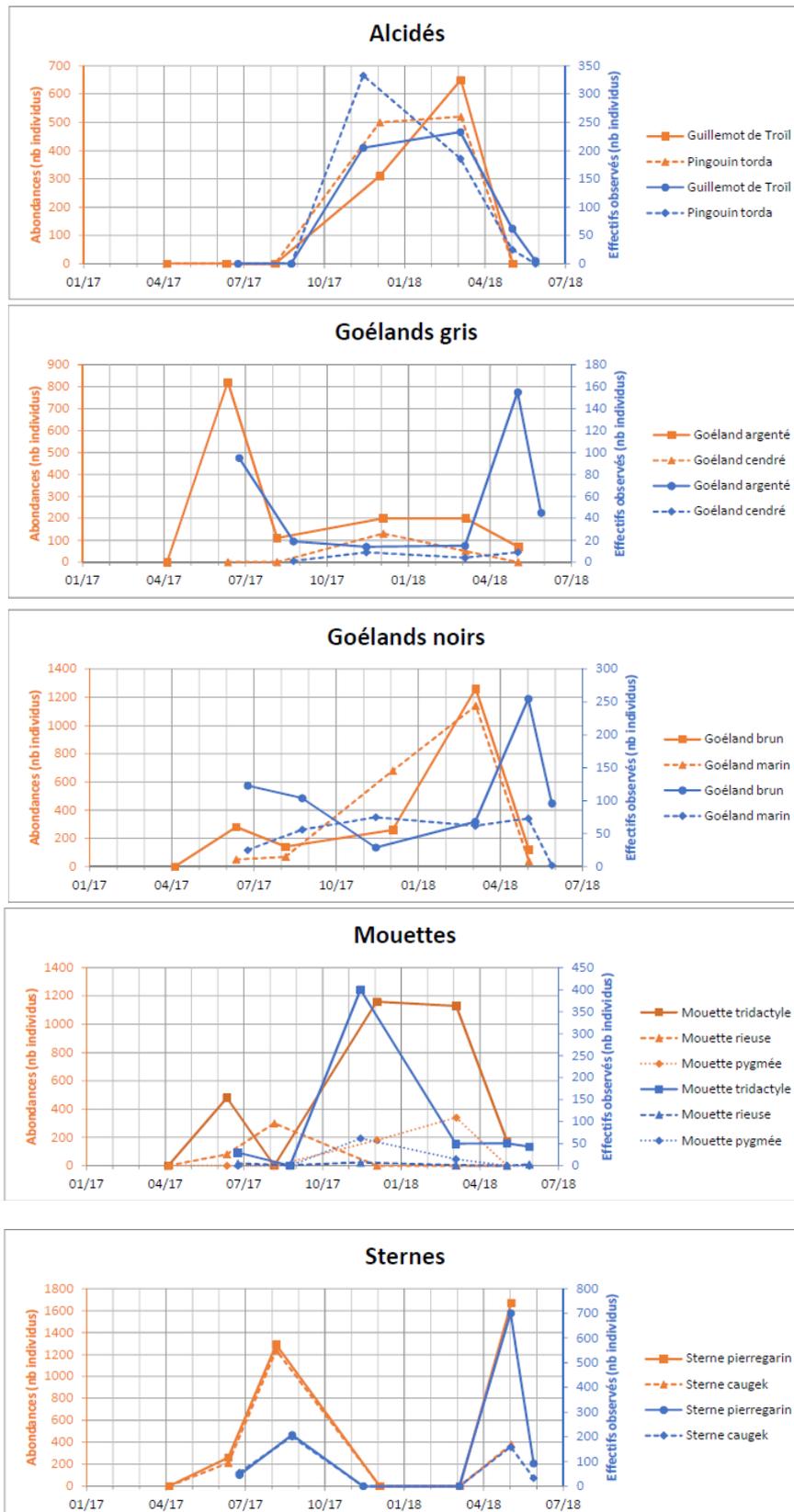
Le groupe des goélands gris est largement dominé par le goéland argenté, qui représente entre 61% et 100% des individus observés lors des 6 sessions de la campagne LEDKON (Tableau 3). Les observations aériennes montrent un pic d'abondance en juin 2017, avec plus de 800 individus estimés, que l'on retrouve dans les observations nautiques ; mais ces dernières présentent un pic encore plus fort début mai 2018, tandis que l'effectif recensé par avion est très modeste à cette même date. Les effectifs de goélands cendrés sont bien plus faibles, voire inexistantes entre mai et août ; cependant en fin d'automne (novembre et décembre), les goélands cendrés semblent réunir des effectifs comparables à ceux du goéland argenté.

Le groupe des goélands noirs est plus partagé entre goéland brun et goéland marin. Les deux campagnes mettent en évidence un fort pic de goélands bruns entre la fin d'hiver et le début du printemps : mars 2018 (plus de 1200 individus) d'après les observations aériennes et début mai d'après les observations nautiques. Selon les observations nautiques, les effectifs de goélands marins seraient plus stables dans cette zone, à l'exception d'une diminution marquée entre mai et juin. Les observations nautiques font cependant apparaître un pic de goéland marin en mars, associé au maximum d'abondance de ce groupe et à une proportion équivalente de ces deux espèces de goélands. L'effectif recensé de goéland marin ne dépasse celui du goéland brun que lors de la session de novembre (72% et 28%, respectivement) dans les observations nautiques, ce qui aboutit à une estimation de 680 et 260 individus en décembre d'après les observations aériennes.

Parmi les trois principales espèces de mouettes identifiées lors de la campagne nautique, la mouette tridactyle prédomine généralement. Les deux campagnes convergent pour indiquer un effectif maximal en fin d'automne (novembre-décembre), mais divergent sur son évolution en hiver : la campagne aérienne montre un effectif quasiment stable entre décembre et mars, tandis que la campagne nautique montre une forte diminution de l'effectif. La mouette rieuse n'est présente en nombre significatif qu'en été, dominant le cortège des mouettes au mois d'août. La mouette pygmée n'est détectée qu'en automne et en hiver (novembre et mars).

Les deux espèces de sternes présentent des évolutions saisonnières quasi-identiques. En été, la sterne caugek et la sterne pierregarin apparaissent dans des proportions équivalentes : environ 1300 individus pour chacune des espèces en août 2017, d'après les observations aériennes. Par contre, en mai 2018, l'effectif de sterne pierregarin apparaît 4 fois plus nombreux que celui de la sterne caugek,

d'après les deux campagnes (respectivement 1700 et 400 individus environ, d'après les observations aériennes). Ceci pourrait s'expliquer par une arrivée plus précoce des sternes pierregarin lors de leur migration pré-nuptiale. Les deux espèces sont absentes de la zone en automne et en hiver (au moins de novembre à mars).



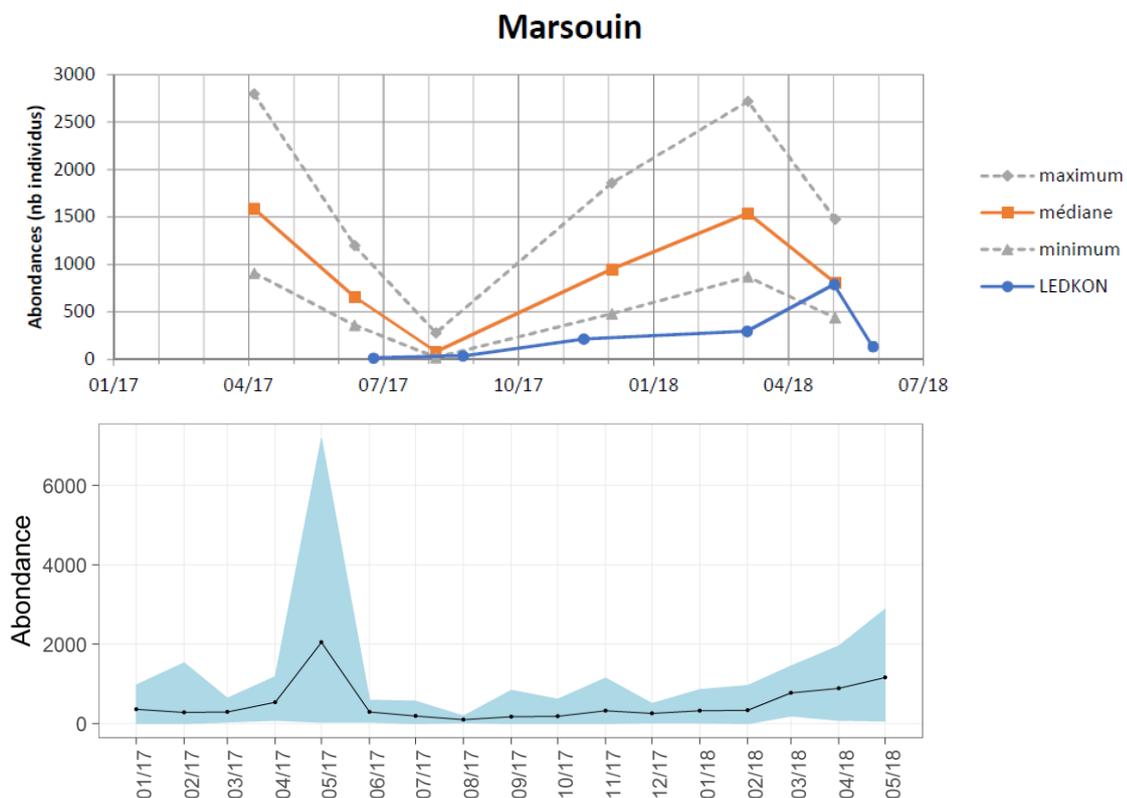
**Figure 4 :** évolution de l'abondance des principales espèces d'oiseaux marins dans la zone LEDKON ; en orange : abondances estimées par *Distance sampling* à partir des observations aériennes en affinant les proportions entre espèces à partir des observations nautiques ; en bleu : effectifs recensés par observations nautiques (sans extrapolation spatiale).

## 2.2.2. Evolution des abondances par groupes d'espèces

La section suivante présente une comparaison des abondances estimées à partir des observations aériennes (par modélisation et *Distance sampling*) et des observations nautiques. Cette comparaison est ici semi-quantitative, car les effectifs recensés par observation nautique ont été convertis en abondances. Pour cela, la méthode *de strip transect* a été utilisée : on suppose que tous les individus présents dans la bande de détection ont été effectivement détectés. Pour obtenir des valeurs comparables avec les abondances estimées à partir des observations aériennes, la distance de détection a été fixée à 500 m pour les oiseaux et 250 m pour le marsouin. Les largeurs effectives de détection sont alors de 1000 m et 500 m, respectivement. Les transects nautiques étant séparés de 2 NM (3,7 km), les abondances sont obtenues en multipliant les effectifs recensés par 3,7 et 7,4, respectivement.

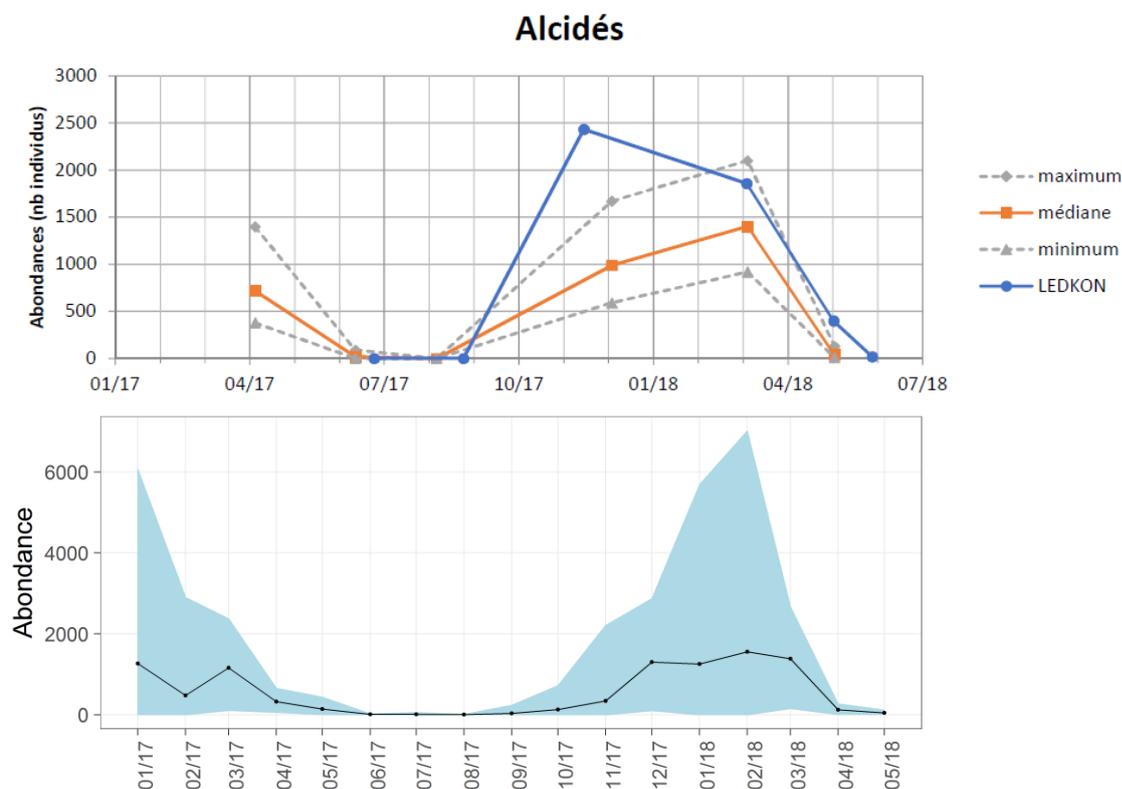
**N.B. : Cette méthode simple fournit des approximations d'abondance pour les observations nautiques dont l'ordre de grandeur est le même que pour les résultats de la campagne aérienne. Mais c'est avant tout l'évolution saisonnière et la répartition entre espèces qui permettent d'affiner les conclusions des campagnes considérées séparément.**

L'abondance du marsouin commun dans la zone rapprochée (Figure 5) suit les mêmes variations que dans la zone élargie : elle présente un pic important en avril (d'après le modèle) ou mai 2017 (d'après les observations aériennes), puis un nouveau maximum au printemps suivant, en mars (d'après les observations aériennes) ou en mai (d'après les observations nautiques et le modèle). Les marsouins sont quasi-absents la zone en été, avec un minimum en août d'après toutes les estimations.



**Figure 5 :** évolution de l'abondance des **marsouins** dans la zone LEDKON ; en haut : abondances estimées par *Distance sampling* à partir des observations aériennes et par *strip transect* à partir de observations nautiques (en considérant une demi-largeur de détection de 250 m) ; en bas : abondances prédites par le modèle d'habitat, en moyennes mensuelles.

Les alcidés fréquentent la zone rapprochée en automne et en hiver, de septembre à avril d'après leur modèle prédictif d'habitat (Figure 6). Leur pic d'effectif a été observé en novembre 2017 dans les observations aériennes et en mars 2018 dans les observations aériennes. Le modèle évalue leur abondance autour de 1500 individus durant l'ensemble de cette période.

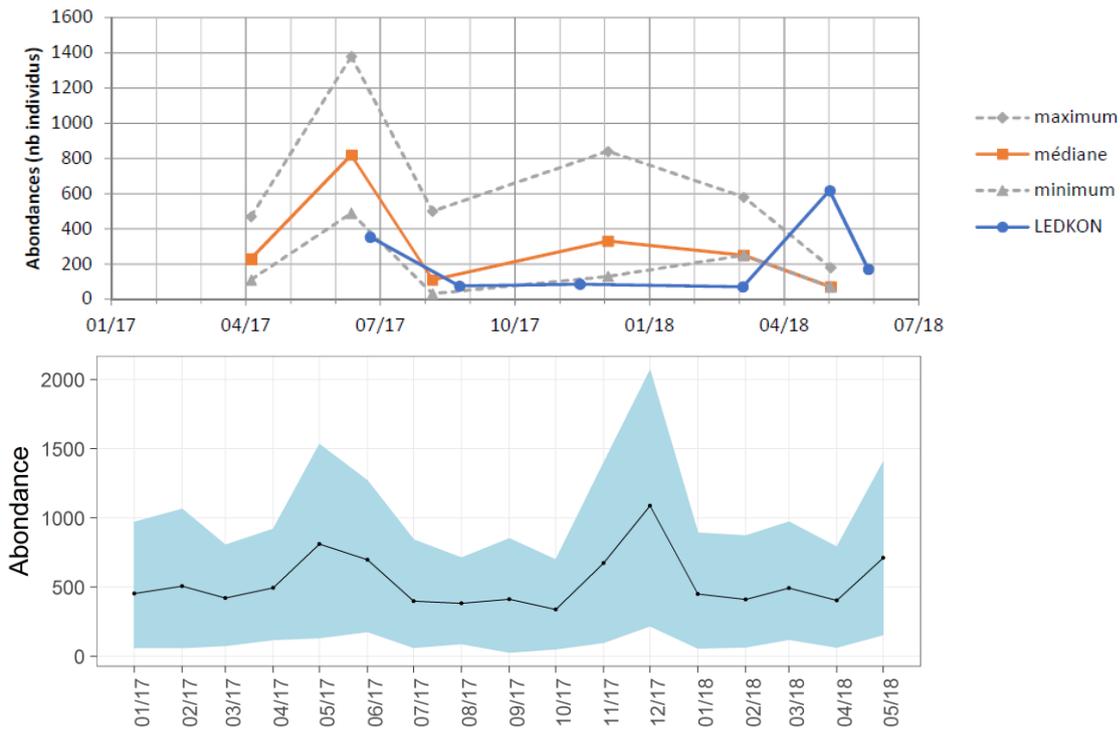


**Figure 6 :** évolution de l'abondance des alcidés dans la zone LEDKON ; en haut : estimations à partir des observations aériennes et des observations nautiques ; en bas : prédictions mensuelles du modèle d'habitat.

Les goélands gris sont présents dans la zone rapprochée toute l'année (Figure 7). Leur abondance maximale a été estimée en juin 2017 dans les observations aériennes et début mai 2018 dans les observations nautiques. Le modèle d'habitat prédit effectivement une augmentation de leur abondance en mai-juin, mais aussi un pic plus élevé en novembre-décembre, qui n'apparaît pas clairement dans les estimations tirées directement des observations.

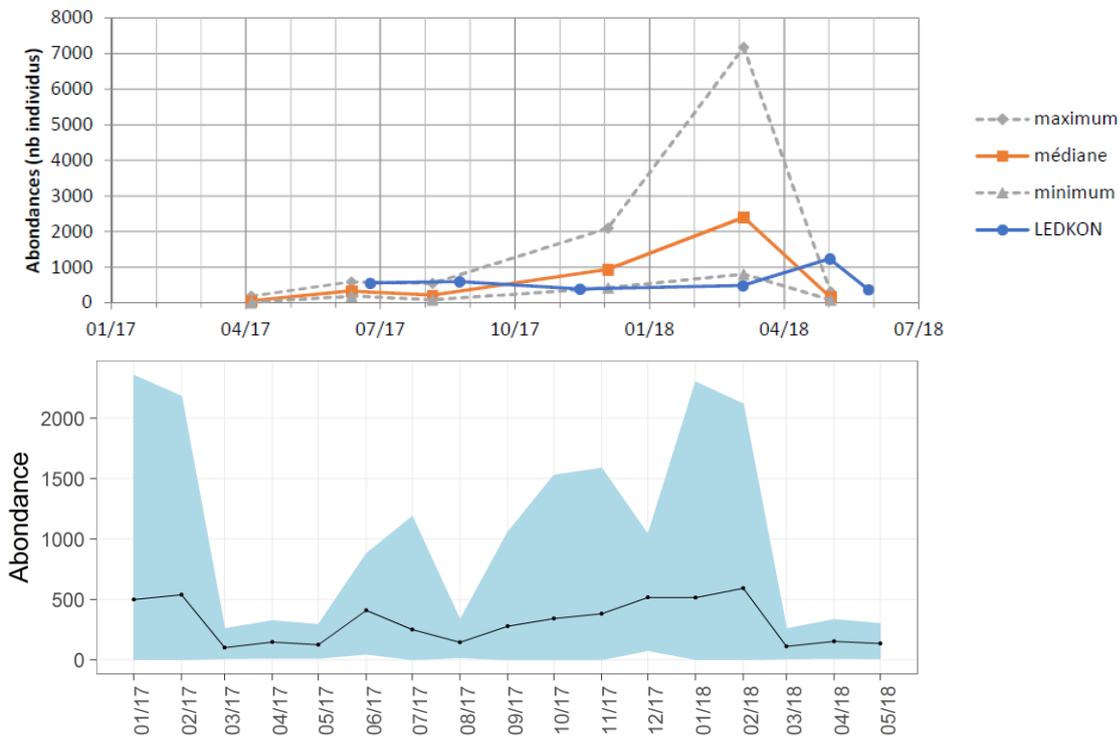
Les goélands noirs (Figure 8) sont présents plus sporadiquement : leur modèle, comme les observations, montrent une présence significative en été et en automne (de septembre à février). Le modèle montre aussi un léger pic d'abondance en juin 2017, mais cela ne ressort pas dans les observations.

## Goélands gris



**Figure 7 :** évolution de l'abondance des **goélands gris** dans la zone LEDKON ; en haut : estimations à partir des observations aériennes et des observations nautiques ; en bas : prédictions mensuelles du modèle d'habitat.

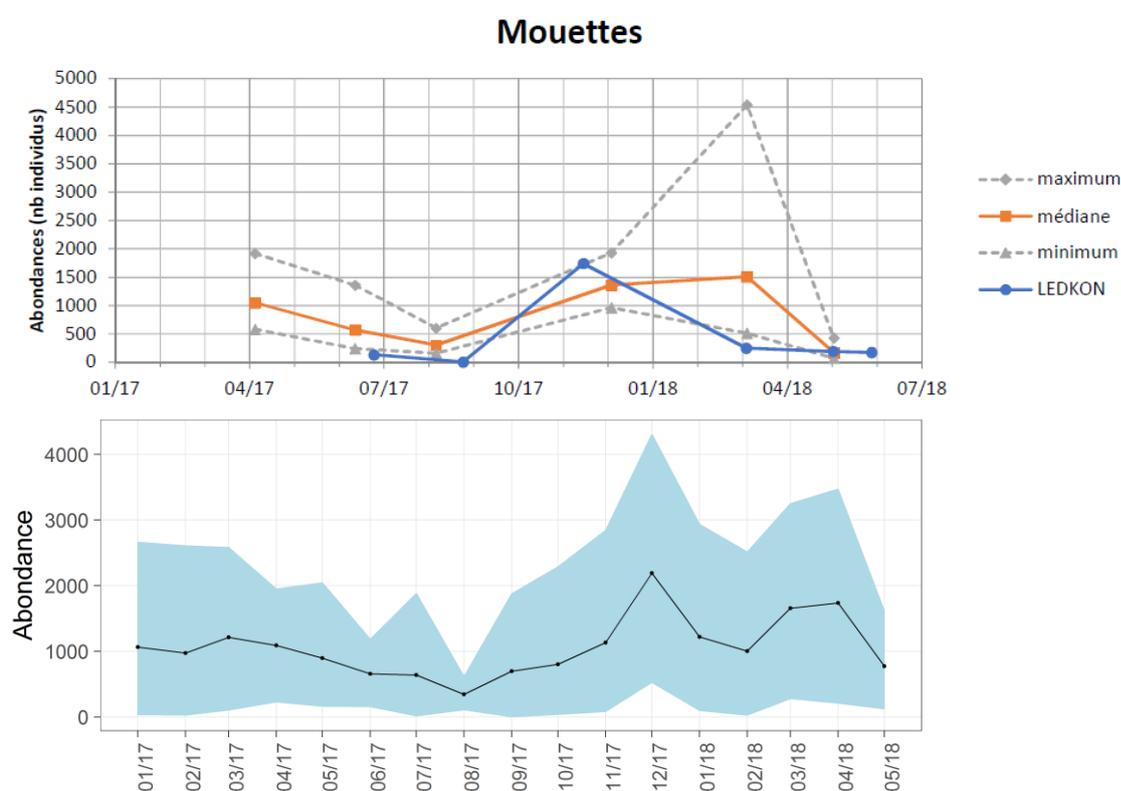
## Goélands noirs



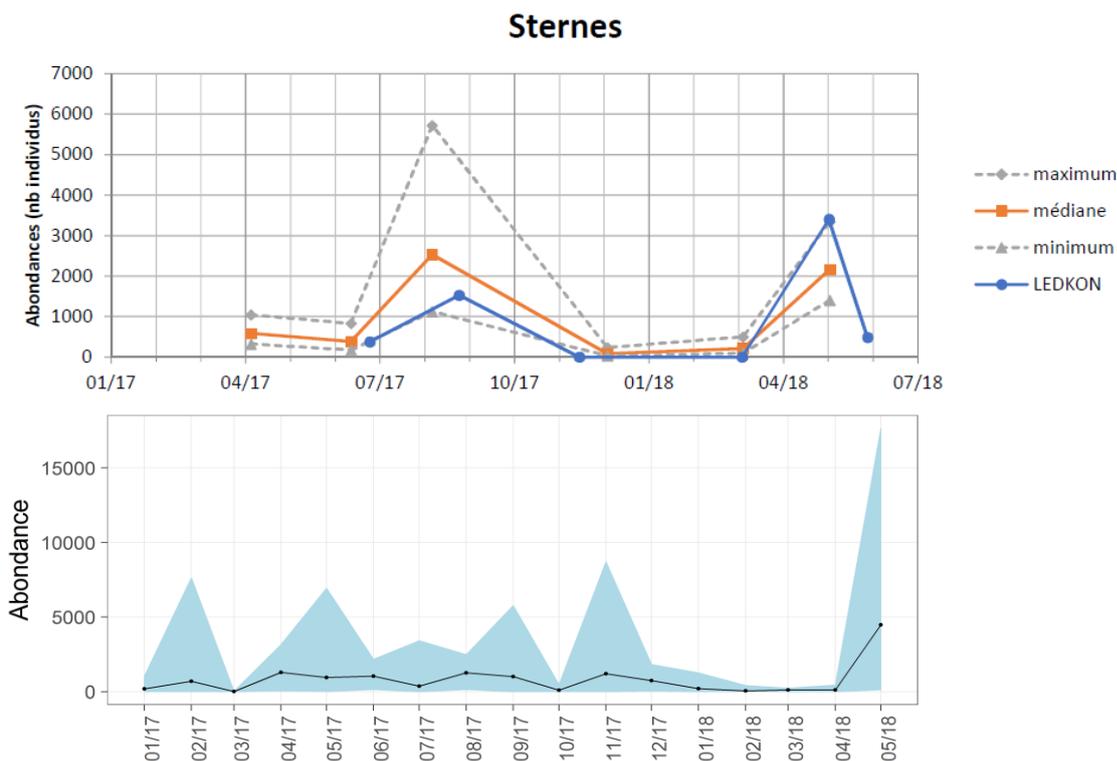
**Figure 8 :** évolution de l'abondance des **goélands noirs** dans la zone LEDKON ; en haut : estimations à partir des observations aériennes et des observations nautiques ; en bas : prédictions mensuelles du modèle d'habitat.

La présence des mouettes (Figure 9), dominées par la mouette tridactyle (cf. paragraphe précédent), se concentre entre l'automne et l'hiver (novembre à avril). Leur modèle d'habitat préférentiel indique de plus que leur abondance décroît progressivement entre mars 2017 et août 2017, tandis que l'année suivante elle présente un sursaut en mars et avril. La variabilité interannuelle semble donc particulièrement marquée pour les espèces de mouettes.

Les sternes (Figure 10) se retrouvent toute l'année dans la zone rapprochée, avec des effectifs variables mais significatifs, à l'exception de l'hiver (janvier à mars). En été 2017 et au printemps 2018, les abondances estimées dépassent 2000 individus. Le modèle d'habitat prédit un maximum d'abondance particulièrement élevé en mai 2018, avoisinant les 4000 individus, qui se retrouve bien dans les observations nautiques. Le cycle saisonnier des sternes semble donc soumis à des fluctuations interannuelles importantes.



**Figure 9** : évolution de l'abondance des **mouettes** dans la zone LEDKON ; en haut : estimations à partir des observations aériennes et des observations nautiques ; en bas : prédictions mensuelles du modèle d'habitat.

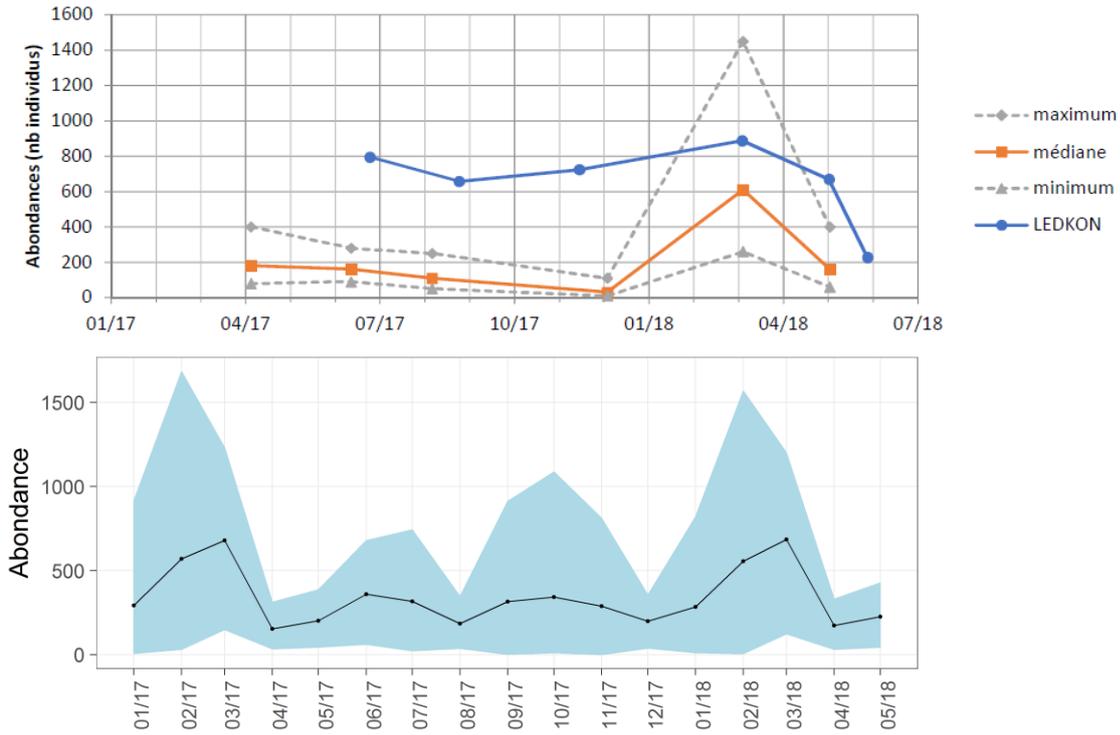


**Figure 10 :** évolution de l’abondance des **sternes** dans la zone LEDKON ; en haut : estimations à partir des observations aériennes et des observations nautiques ; en bas : prédictions mensuelles du modèle d’habitat.

Les cormorans (Figure 11) fréquentent la zone rapprochée tout au long de l’année, mais toutes les estimations d’abondance convergent pour indiquer un maximum en hiver (février-mars). L’effectif atteint alors entre 600 et 800 individus. Ce pic hivernal apparaît cependant plus marqué dans les observations aériennes que dans les observations nautiques. Le modèle prédit des évolutions d’abondance similaires pour les premiers semestres 2017 et 2018, ce qui indique une variabilité interannuelle moins marquée que pour les groupes d’espèces précédents. En effet, les variables explicatives retenues dans le modèle d’habitat du cormoran sont des variables sans dépendance interannuelle (profondeur, vitesse des courants, distance aux parcs éoliens existants).

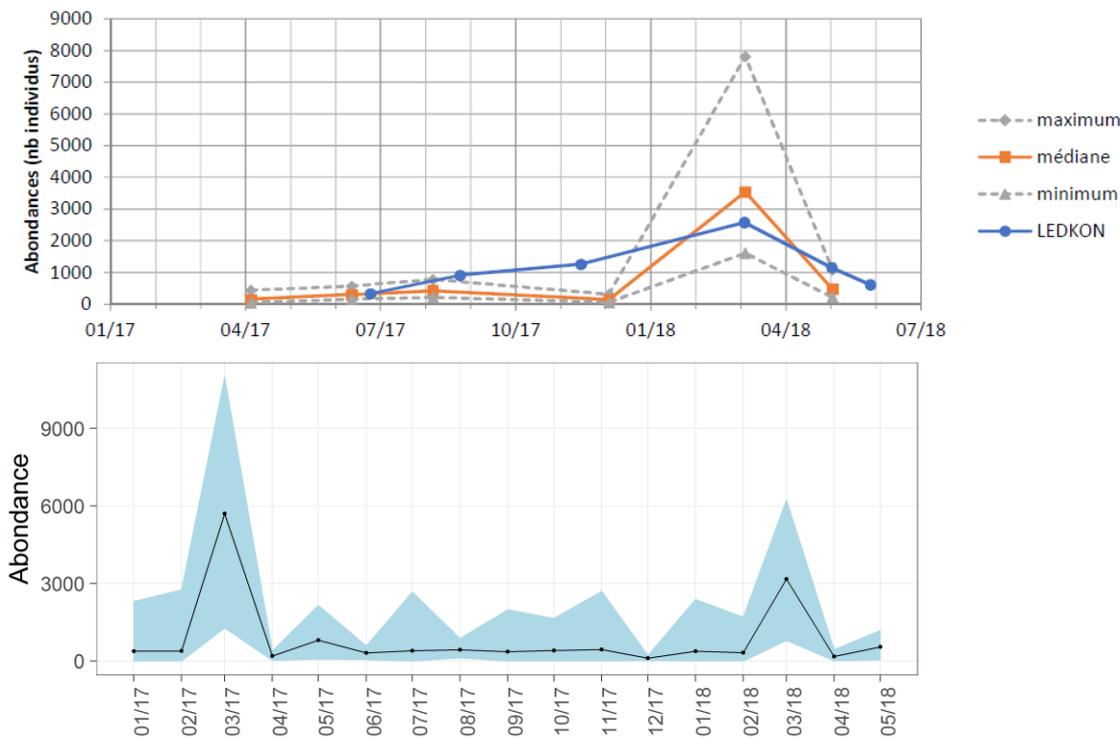
Le fou de Bassan est caractérisé par un fort pic d’abondance dans cette zone en mars, qui se retrouve aussi bien dans les estimations tirées des observations que dans les prédictions du modèle d’habitat (Figure 12). Comme pour les cormorans, les variations saisonnières semblent plus marquées selon les observations aériennes que selon les observations nautiques. D’après la méthode de *Distance sampling*, l’abondance est comprise entre 100 et 500 individus durant la quasi-totalité de l’année, mais s’élève à 3500 individus en mars 2018. Le modèle évalue lui-aussi l’abondance des fous de Bassan à environ 3000 individus en mars 2018, et même à près de 6000 individus en mars 2017.

### Cormorans



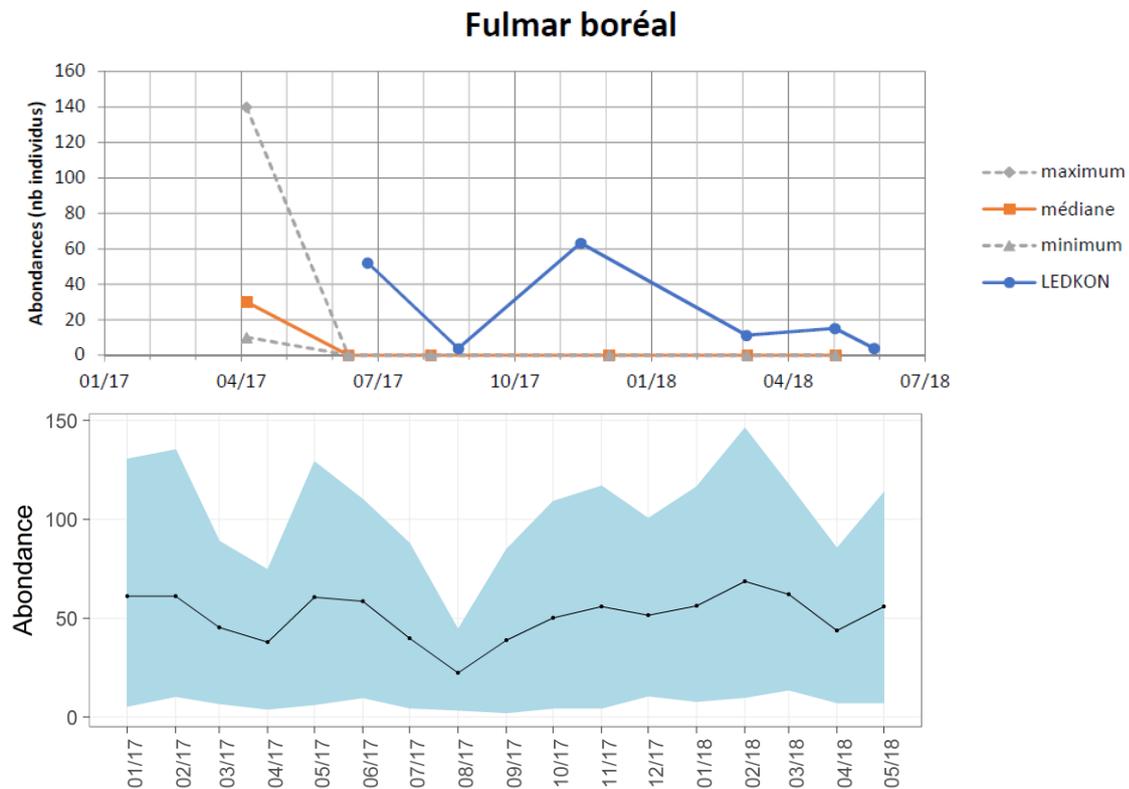
**Figure 11** : évolution de l'abondance des **cormorans** dans la zone LEDKON ; en haut : estimations à partir des observations aériennes et des observations nautiques ; en bas : prédictions mensuelles par le modèle d'habitat.

### Fou de Bassan



**Figure 12** : évolution de l'abondance des **fous de Bassan** dans la zone LEDKON ; en haut : estimations à partir des observations aériennes et des observations nautiques ; en bas : prédictions mensuelles du modèle d'habitat.

Les fulmars n'ont été détectés qu'en avril 2017 lors de la campagne aérienne, mais sur la plupart des sessions de la campagne nautique. Cette dernière confirme le minimum d'abondance en août prédit par le modèle. Les effectifs seraient stables, mais peu élevés (entre 40 et 60 individus) le reste de l'année.



**Figure 13 :** évolution de l'abondance des **fulmars boréaux** dans la zone LEDKON ; en haut : estimations à partir des observations aériennes et des observations nautiques ; en bas : prédictions mensuelles du modèle d'habitat.

### 2.2.3. Distributions spatiales

La section suivante propose une comparaison des distributions spatiales issues des modèles d'habitats préférentiels dans la zone LEDKON et des observations nautiques.

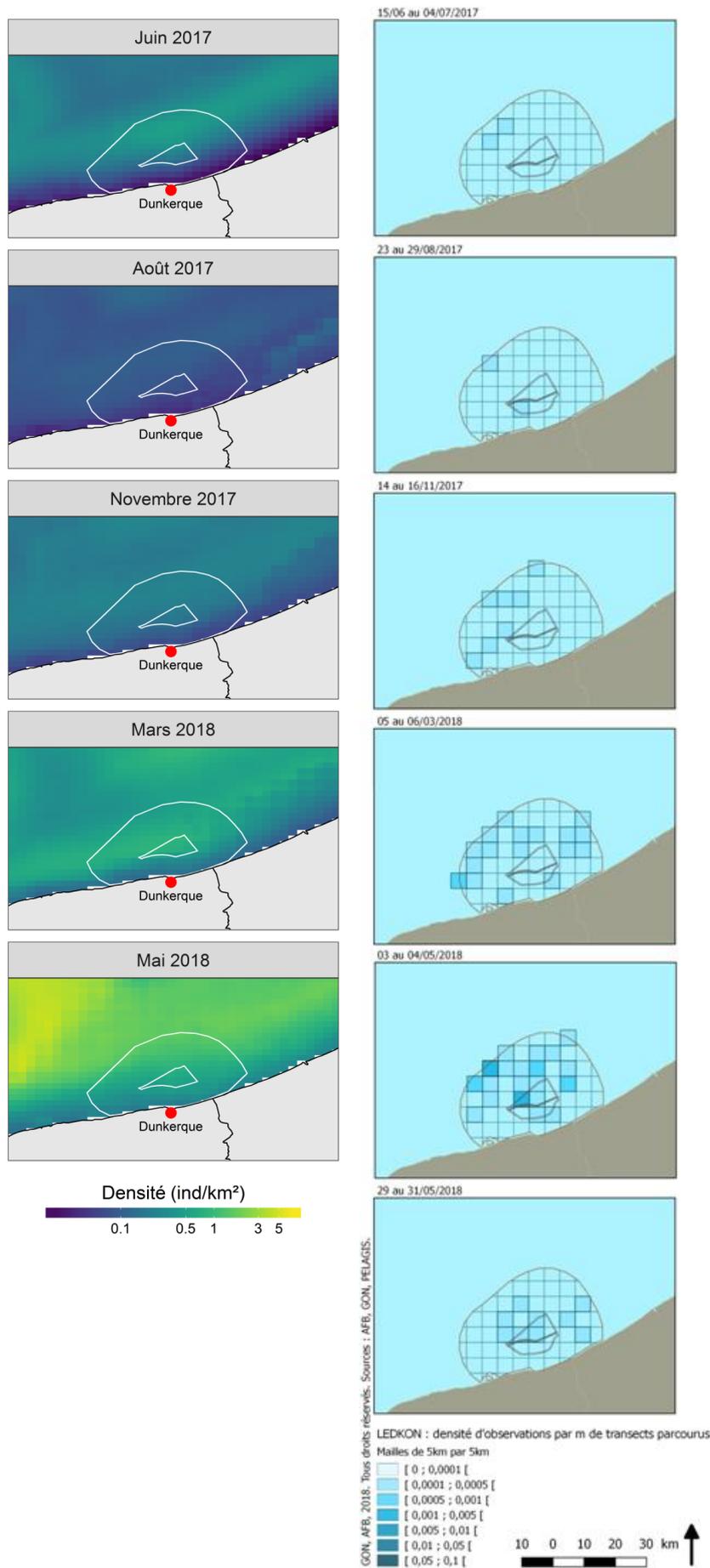
Les cartes pour chacun des groupes d'espèces sont présentées en annexe, en plaçant en vis-à-vis les cartes issues de chaque session d'observations nautiques avec la moyenne mensuelle correspondante dans le modèle d'habitat préférentiel. Les correspondances sont donc les suivantes :

N° session LEDKON	Dates de session LEDKON	Moyenne mensuelle du modèle
1	15 et 21 juin, 3 et 4 juillet 2017	juin 2017
2	23, 24 et 29 août 2017	août 2017
3	14, 15 et 16 novembre 2017	novembre 2017
4	5 et 6 mars 2018	mars 2018
5	3 et 4 mai 2018	mai 2018
6	28, 30 et 31 mai 2018	mai 2018

Un exemple des cartes de distribution dans la zone rapprochée (zone de la campagne LEDKON) est donné ci-dessous, pour le cas du marsouin commun ( ).

Plutôt que de décrire en détails les grands traits de distribution spatiale qui ressortent du modèle et des observations nautiques, pour chacun des principaux groupes d'espèces, nous les résumons dans le tableau ci-dessous, et en agrégeant les informations par saison (Tableau 4). Les conclusions du paragraphe précédent sur l'évolution saisonnière de l'abondance des différentes espèces analysées y sont résumées.

**Figure 14 :** cartes de distribution des marsouins communs dans la zone rapprochée ; à gauche : densité prédites par le modèle d'habitat en moyennes mensuelles (en nombre d'individus par km<sup>2</sup>) ; à droite : taux d'observation issus des sessions de la campagne nautique (en nombre d'individus par km parcouru, dans des mailles de 5 x 5 km).



**Tableau 4 :** Synthèse des évolutions saisonnières des effectifs et de la distribution spatiale des principales espèces observées dans la zone LEDKON. La distribution spatiale est résumée par la direction du gradient à chaque saison (voir la légende ci-dessous).

Groupes	Espèces	Hiver (janv.-mars)	Printemps (avril-juin)	Eté (juil.-sept.)	Automne (oct.-déc.)
<b>Marsouin</b>	M. commun	+	++	-	+
	gradient			-	
	acoustique	+	++	+	+
<b>Alcidés</b>	Guillemot de Troil	++	+	0	+
	Pingouin torda	+	+	0	++
	gradient			-	
<b>Goélands gris</b>	G. argenté	+	++	+	+
	G. cendré	+	+	0	++
	gradient				
<b>Goélands noirs</b>	G. brun	++	++	+	+
	G. marin	+	0	+	+
	gradient				
<b>Mouettes</b>	M. tridactyle	+	+	0	++
	M. rieuse	0	0	++	0
	M. pygmée	+	0	0	+
	gradient				
<b>Sternes</b>	S. pierregarin	0	++	+	0
	S. caugék	0	+	++	0
	gradient	-			-
<b>Cormoran</b>	Grand cormoran	++	+	+	+
	gradient				
<b>Sulidés</b>	Fou de bassan	++	+	+	+
	gradient				
<b>Fulmar</b>	F. boréal	+	+	-	+
	gradient				

<b>Légende</b>	abondance	- : minimum saisonnier	+ : valeur intermédiaire	++ : maximum saisonnier
		0 : non significatif (effectif très faible, voire absent)		
	gradient	 augmentation vers le nord-ouest	 augmentation vers le nord (de la côte vers le large)	 augmentation vers le nord-est
		 augmentation vers l'ouest (déroit du Pas-de-Calais)	 maximum local centré sur la zone du projet / gradient peu marqué	 augmentation vers l'est (Belgique)
 augmentation vers le sud-ouest		 augmentation vers le sud (du large vers la côte)	 augmentation vers le sud-est	

### 3. Discussion : limitations de l'étude de levée de risques environnementaux

#### 3.1. Enjeux écologiques non étudiés

Les études et campagnes réalisées dans le cadre de cette levée des risques posent les bases de l'état initial de la zone du futur projet éolien en mer au large de Dunkerque. Elles ont permis des avancées considérables dans la connaissance de la mégafaune marine locale et la compréhension de leur utilisation de l'espace maritime, sur un cycle saisonnier complet. Cependant, des compléments de connaissance restent utiles pour aboutir à une vision complète et robuste de l'écosystème de cette zone.

Plusieurs sources d'informations sont à présent exploitables pour identifier et prioriser les enjeux écologiques de la zone. Pour les espèces de mégafaune marines et terrestres fréquentant la zone d'étude, de nombreux éléments sont fournis dans les deux rapports de synthèse du programme DUNKRISK (CMNF/CEBC, 2017 ; GON/CEFE, 2017). Pour les autres composantes de l'écosystème (habitats, ichtyofaune, espèces amphihalines, etc.), les enjeux sont décrits dans deux documents :

- Enjeux identifiés dans le Documents d'Objectifs du site Natura 2000 « bancs des Flandres »
- Enjeux hiérarchisés pour le Document Stratégique de Façade (DSF) Manche Est-Mer du Nord

Les enjeux écologiques identifiés dans le secteur 1 « Mer du Nord Méridionale et détroit du Pas de Calais » de la façade sont reproduits ci-dessous (source : DSF de la façade MEMN) :

Conditions hydrographiques, habitats pélagiques et réseaux trophiques		Habitats benthiques et structures géomorphologiques			
Structures hydrologiques particulières	Les producteurs primaires, secondaires, et les espèces fourrages	Dunes hydrauliques du plateau et du haut de talus	Habitats biogéniques	Habitats rocheux	Habitats sédimentaires
<b>Fort**</b> : Tourbillons et front de Calais	<b>Fort*</b> : Espèces fourrage : callionymes  Communautés planctoniques perturbées par les blooms de <i>Phaeocystis globosa</i>	<b>Fort**</b> : principale zone de dunes hydrauliques	<b>Fort*</b> : Bancs de moules intertidal  <b>Moyen</b> : Laminaire	<b>nd</b> : Cailloutis graviers et roches du circalittoral.	<b>Fort</b> : Sables moyens subtidaux  <b>Moyen</b> : Sédiments hétérogènes subtidaux

Zones fonctionnelles de dimension « restreinte » pour les espèces marines									Détail sur certains enjeux transversaux
Zones fonctionnelles halieutiques - Frayères	Zones fonctionnelles halieutiques - Nourriceries	Secteurs de concentration et de migration des poissons amphihaliens	Populations localement importantes d'élastranche	Nidification de limicoles et zones d'alimentation	Colonies d'oiseaux marins et zones d'alimentation	Zones densité maxi. et zones fonct. oiseaux mar. en période internuptiale	Colonies de phoques et zones d'alimentation	Zones de densité maximale de marsouin commun	Autre cétacé
<b>Fort**</b> : hareng, morue et rouget	<b>Fort**</b> : merlan, plie, sole, limande, turbot, tacaud, chinchard commun et rouget	<b>Moyen</b> : lamproies <b>Faible</b> : saumon	<b>Fort*</b> : raie bouclée, douce et brunette	<b>Moyen</b> : grand gravelot	<b>Majeur</b> : mouette tridactyle <b>Fort</b> : sterne pierregarin <b>Moyen</b> : fulmar boréal, sterne caugek, sterne naine	<b>Fort</b> : densité toutes espèces	<b>Majeur</b> : phoque gris <b>Moyen*</b> : phoque veau-marin	<b>Fort</b> : marsouin commun	<b>Fonction de migration (goulets d'étranglement).</b>

Rappelons que les experts scientifiques recommandent de baser les analyses de la mégafaune marine sur 2 à 3 années de suivi pour tirer des conclusions fiables (Guide méthodologique pour l'étude d'impact environnemental des projets éoliens en mer, MEEM, 2017).

### 3.2. Lacunes des campagnes d'acquisition de connaissances

Pour les espèces de cétacés, au premier rang desquelles se trouve le marsouin commun, il serait souhaitable de mieux estimer la variabilité interannuelle de leur distribution et de leur cycle saisonnier, ainsi que d'obtenir des observations plus nombreuses, donc des estimations plus robustes, sur les espèces moins fréquentes (dauphins, lagénorhynques, etc.).

Le suivi par acoustique passive s'est montré très efficace pour étudier localement l'activité des marsouins et petits delphinidés. Le mois de mai semble correspondre à un pic d'activité ou de fréquentation par les marsouins, mais il n'a pu être échantillonné entièrement en 2017-2018. Il faut considérer le site dans son contexte régional, puisque les observations visuelles ont montré que la densité de marsouins augmente au large de la zone du projet éolien.

Les pinnipèdes (ici, phoques gris et veaux-marins) sont peu détectables par observation visuelle, et quasiment indétectables par acoustique passive. Les populations utilisant les reposoirs les plus proches (port de Dunkerque, phare de Walde, Goodwin Sands, ...) sont recensées régulièrement à terre. Mais les méthodes d'observation en mer déployées dans cette étude n'ont pas permis de préciser la localisation de leurs zones d'alimentation, les voies de transit préférentielles, l'étendue de leur domaine vital, etc.

Pour l'avifaune, deux limitations particulières ont été pointées concernant les campagnes d'observation visuelle: les deux campagnes menées n'ont pas permis de mesurer les altitudes de vol (ou plus globalement, les caractéristiques du comportement en vol) ; d'autre part, l'échantillonnage temporel est incomplet car il ne porte ni sur les conditions de vent fort et de mer agitée, ni sur les périodes nocturnes.

L'analyse des observations visuelles a souligné l'impossibilité de recenser l'ensemble des espèces d'avifaune migratrices à partir de sessions d'observations séparées de plusieurs semaines, certaines espèces transitant par la zone d'étude durant des périodes de quelques jours seulement. Pour les oiseaux migrateurs comme pour les oiseaux strictement marins, la limitation des observations aux heures de jour constitue une sérieuse lacune, certaines espèces étant connues pour effectuer leurs vols migratoires essentiellement de nuit.

On dispose de connaissances encore fragmentaires sur les paramètres météorologiques à l'échelle régionale qui conditionnent l'intensité et la localisation des flux migratoires.

## RÉFÉRENCES

---

Beesau J. et Samaran F. 2018. Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque par acoustique passive. Programme DUNKRISK - Campagne LEDKAP. Rapport final de campagne. Observatoire Pelagis / Agence Française pour la Biodiversité. 44 pages + annexe.

Beesau J. et Samaran F. 2018. Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque par acoustique passive. Programme DUNKRISK - Campagne LEDKAP. Rapport scientifique. Observatoire Pelagis / Agence Française pour la Biodiversité. 28 pages.

Quevillart, R., Legroux, N. & Beaudouin, C., 2018. Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque par observation nautique. Programme DUNKRISK - Campagne LEDKON. Rapport final de campagne. Groupe ornithologique et naturaliste du Nord – Pas-de-Calais / Agence Française pour la Biodiversité. 29 pages + annexes.

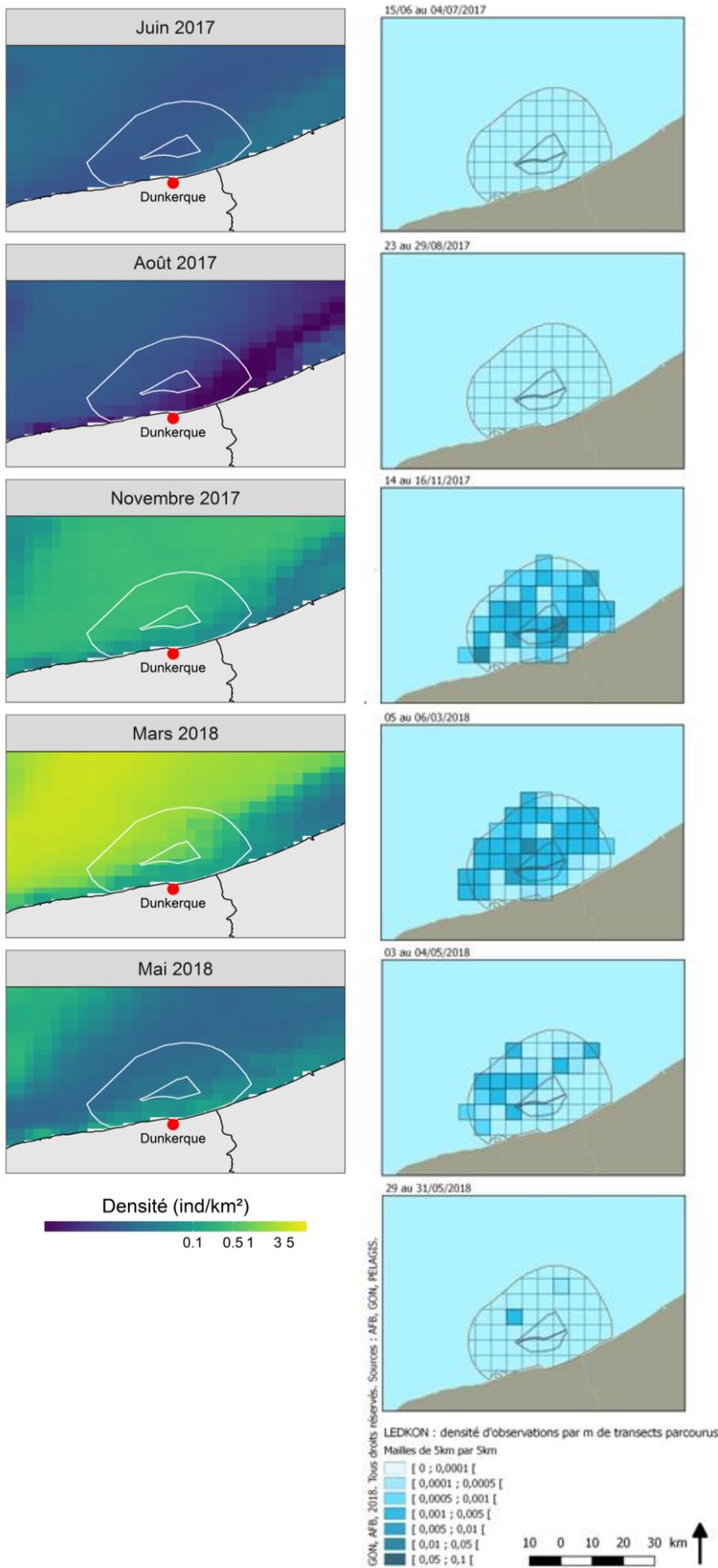
Quevillart, R., Legroux, N. & Beaudouin, C., 2018. Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque par observation nautique. Programme DUNKRISK - Campagne LEDKON. Rapport d'analyses scientifiques. Groupe ornithologique et naturaliste du Nord – Pas-de-Calais / Agence Française pour la Biodiversité. 37 pages + annexes.

Van Canneyt O., Dars C., Dorémus G., Laran S. et 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.

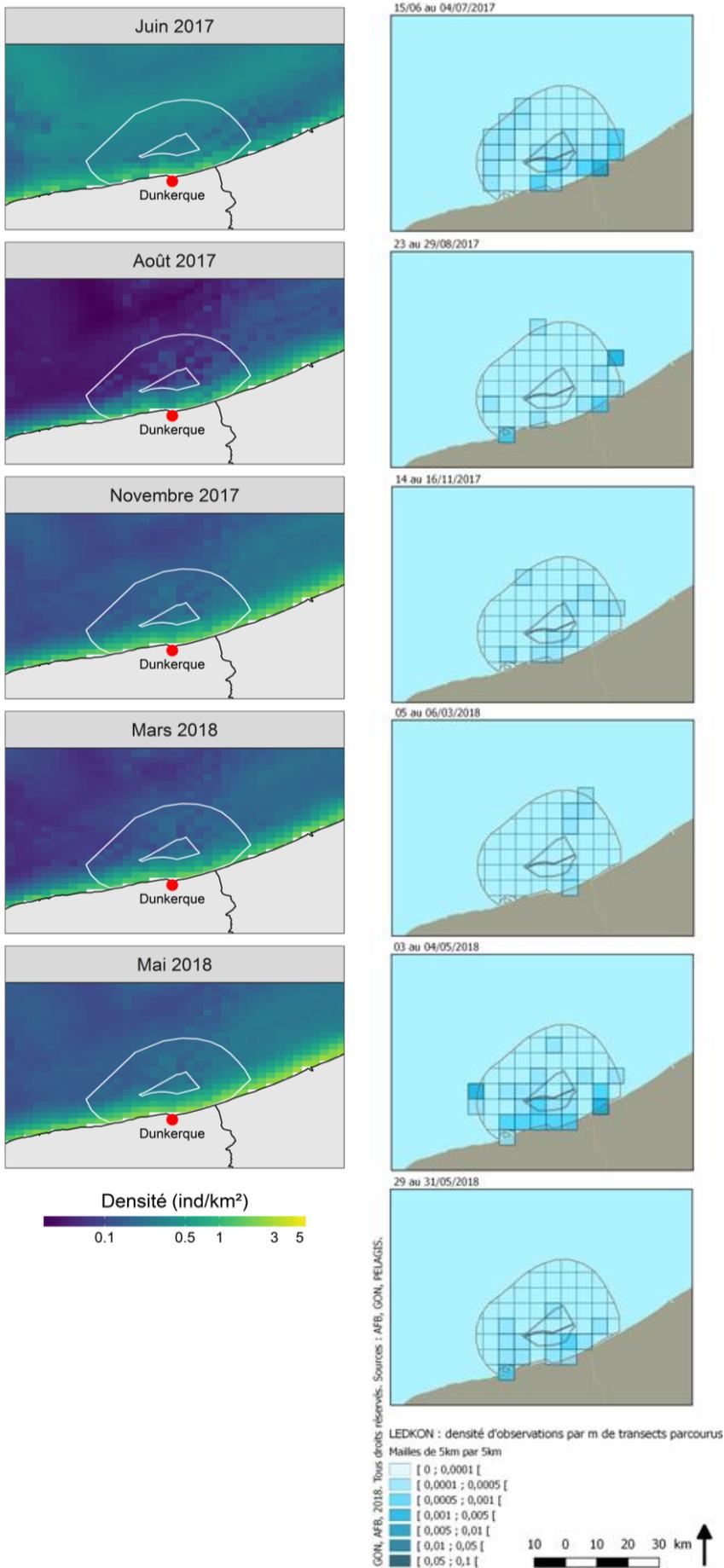
Virgili A., Authier, M., Dars C., Dorémus G., Laran S., Van Canneyt O, et Spitz J. 2018. Levée des risques pour l'appel d'offres éolien au large de Dunkerque par observation aérienne. Programme DUNKRISK - Campagne LEDKOA. Rapport d'analyses. Observatoire Pelagis / Agence Française pour la Biodiversité. 49 pages + annexes.

**ANNEXE : COMPARAISON DES DISTRIBUTIONS SPATIALES ISSUES DES MODÈLES D'HABITATS PRÉFÉRENTIELS  
DANS LA ZONE LEDKON ET DES OBSERVATIONS NAUTIQUES**

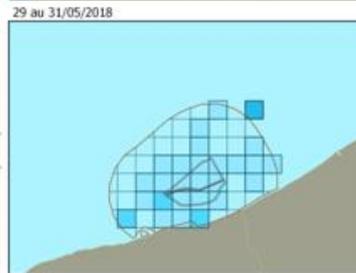
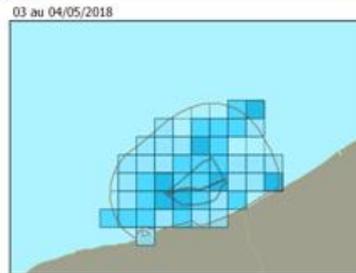
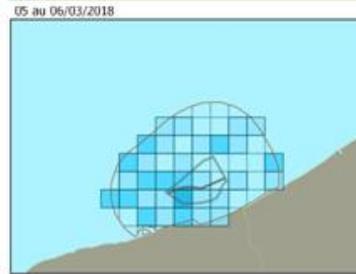
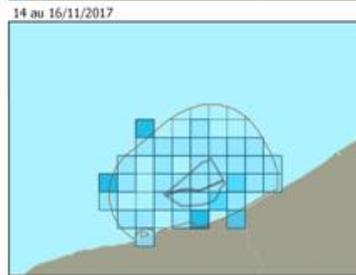
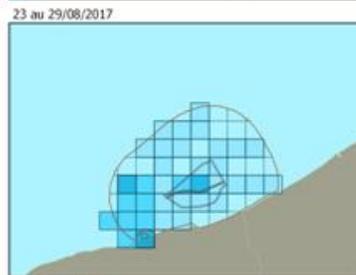
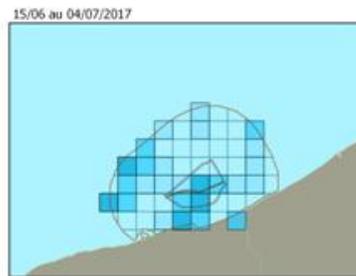
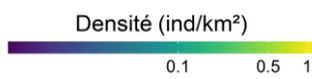
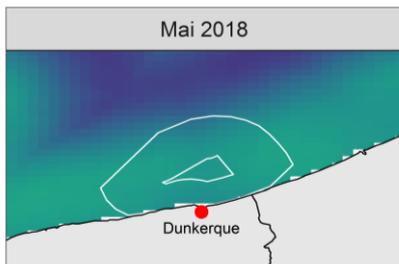
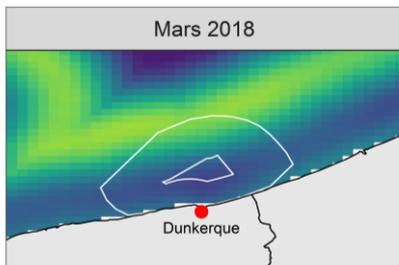
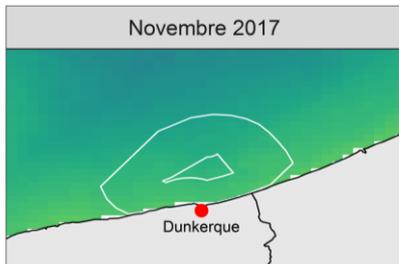
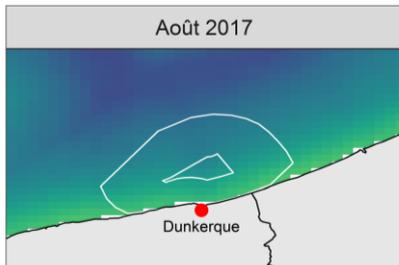
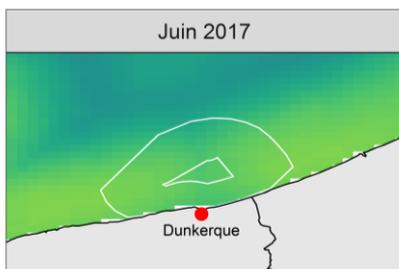
**Alcidés :**



## Goélands gris / argenté :



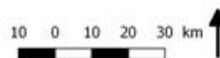
**Goélands noirs :**



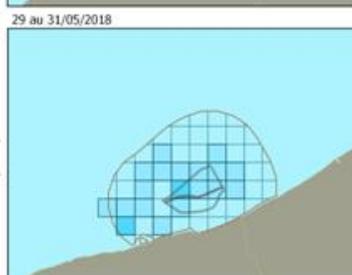
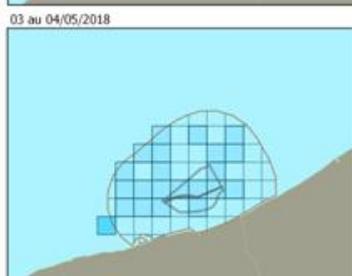
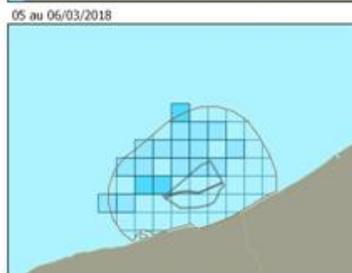
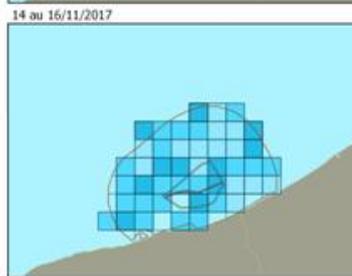
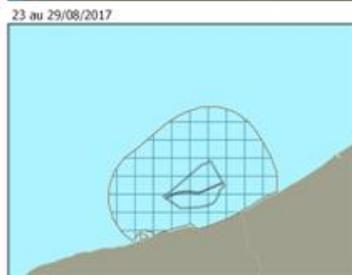
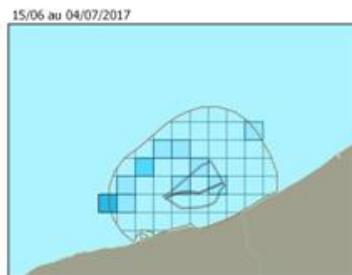
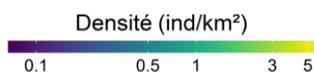
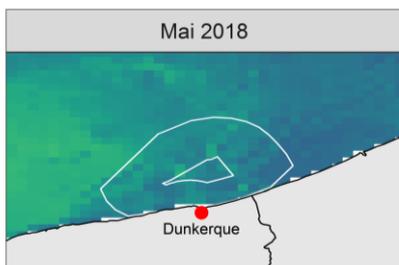
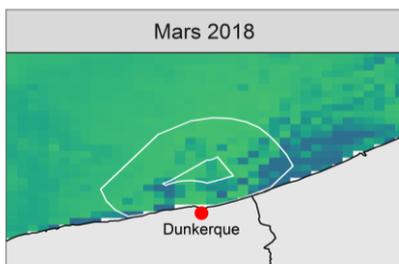
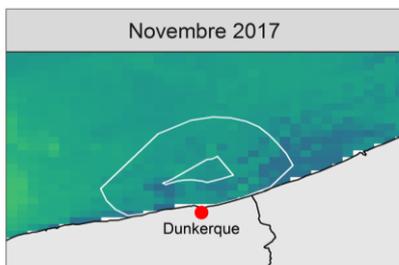
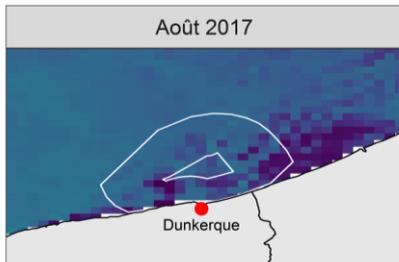
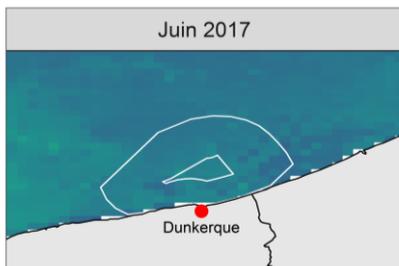
GON, AFB, 2018. Tous droits réservés. Sources : AFB, GON, PELAGIS.

LEDKON : densité d'observations par m de transects parcourus  
Mailles de 5km par 5km

- [ 0 ; 0,0001 [
- [ 0,0001 ; 0,0005 [
- [ 0,0005 ; 0,001 [
- [ 0,001 ; 0,005 [
- [ 0,005 ; 0,01 [
- [ 0,01 ; 0,05 [
- [ 0,05 ; 0,1 [



## Mouettes (toutes / tridactyle) :



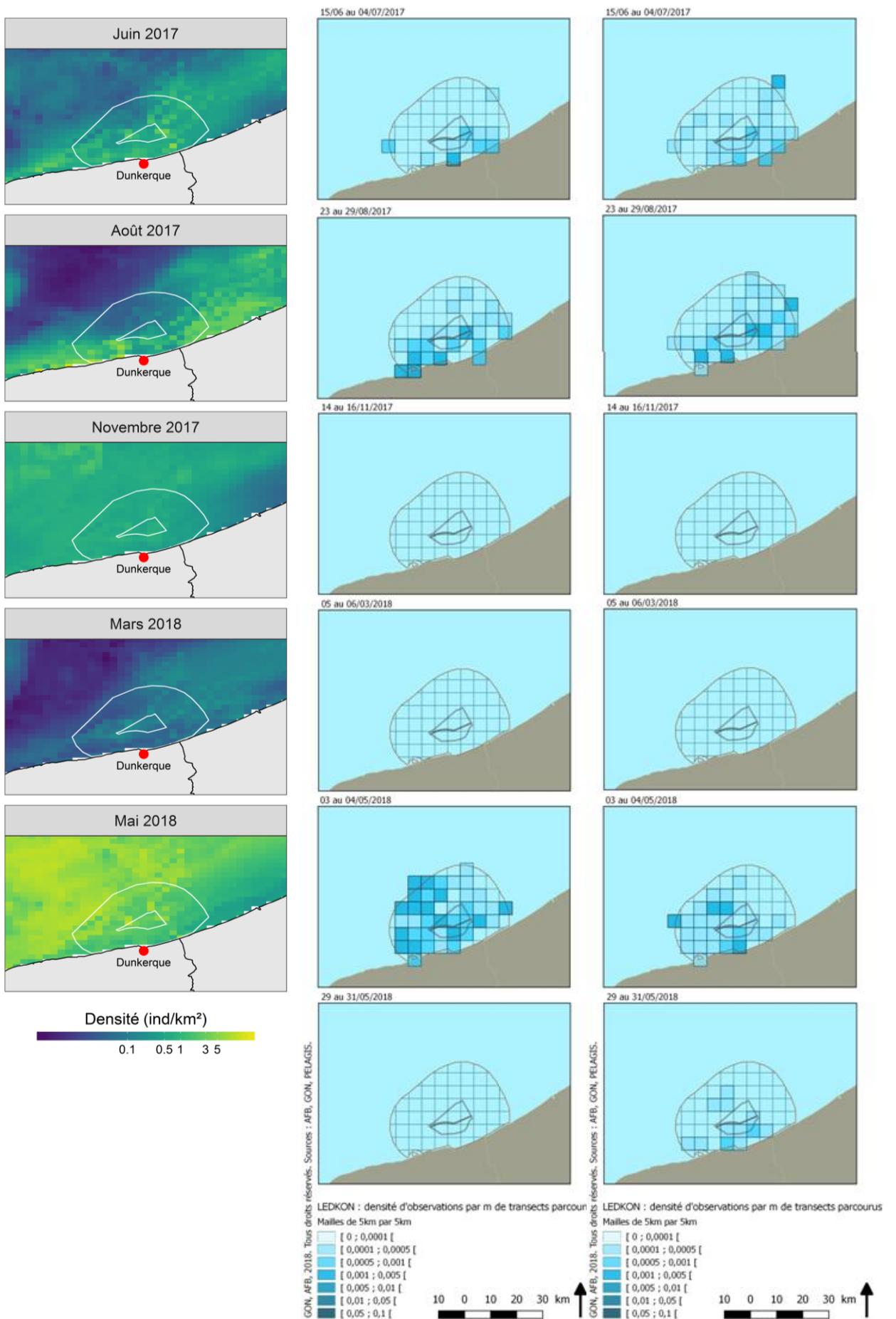
GDH, AFB, 2018. Tous droits réservés. Sources : AFB, GDH, PELAGIS.

LEDKON : densité d'observations par m de transects parcourus  
Mailles de 5km par 5km

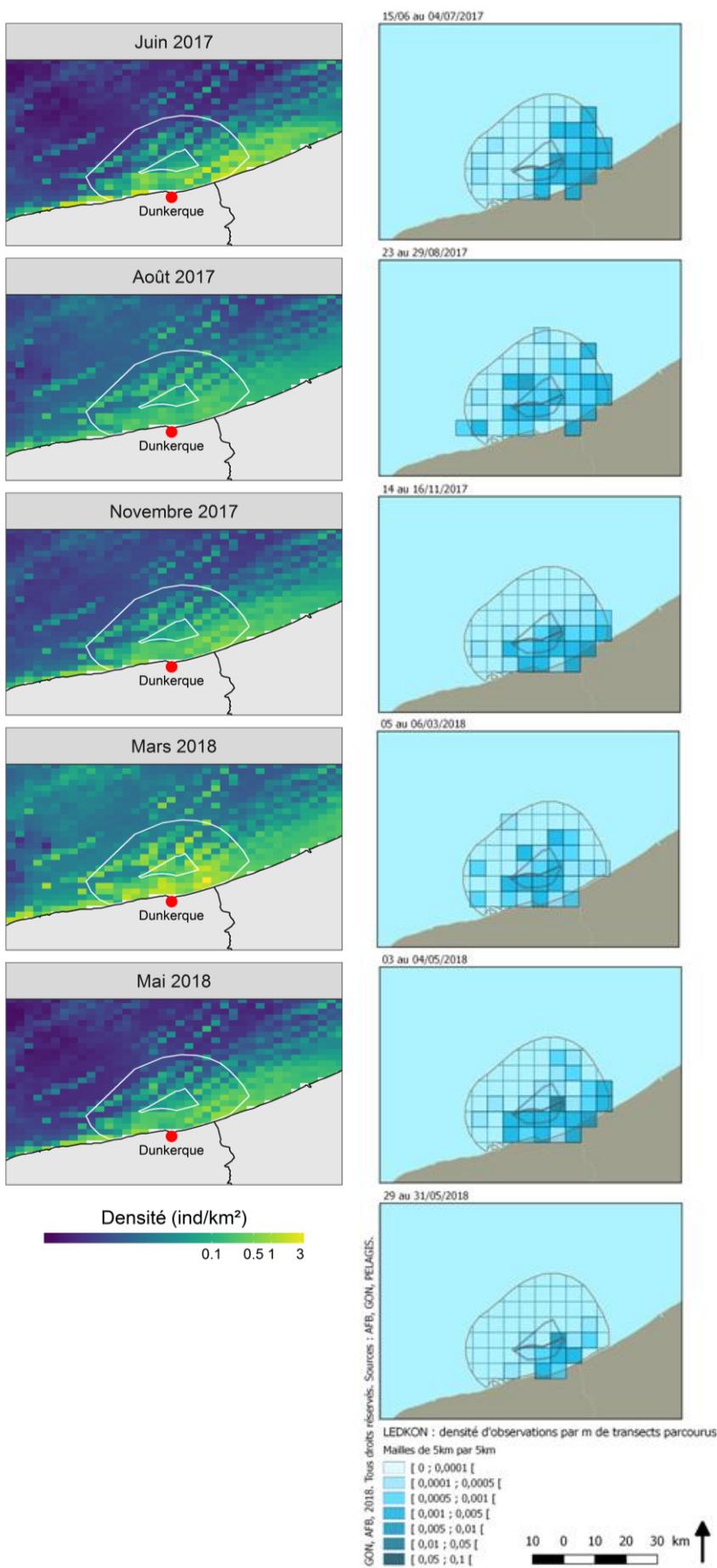
[ 0 ; 0,0001 [
[ 0,0001 ; 0,0005 [
[ 0,0005 ; 0,001 [
[ 0,001 ; 0,005 [
[ 0,005 ; 0,01 [
[ 0,01 ; 0,05 [
[ 0,05 ; 0,1 [

10 0 10 20 30 km ↑

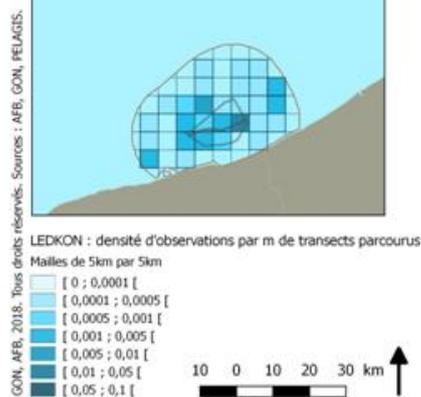
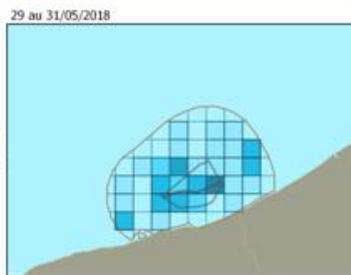
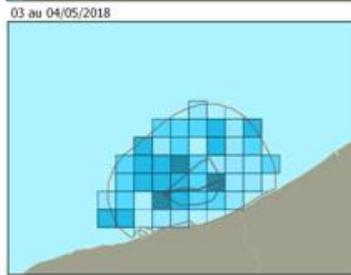
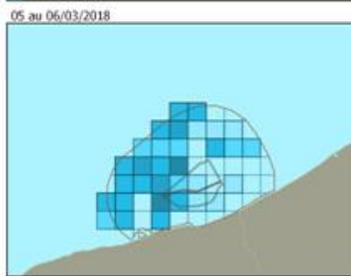
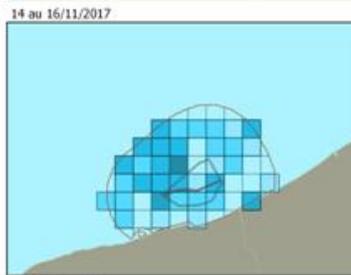
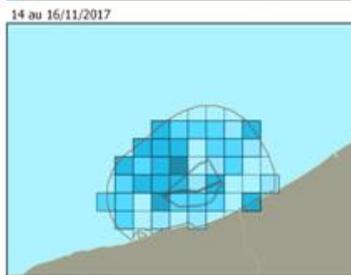
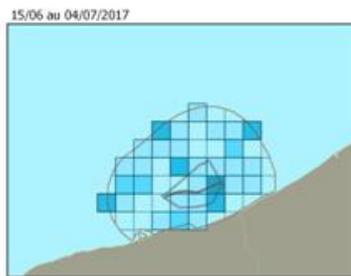
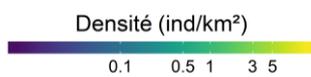
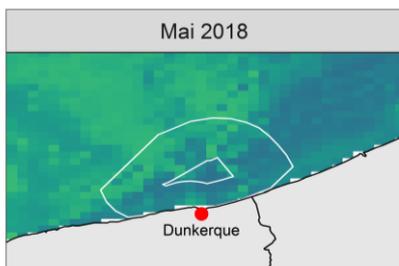
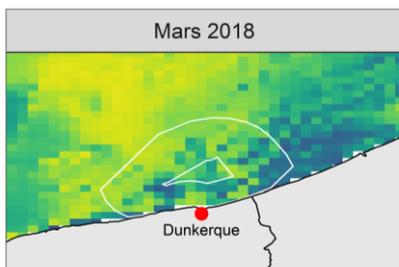
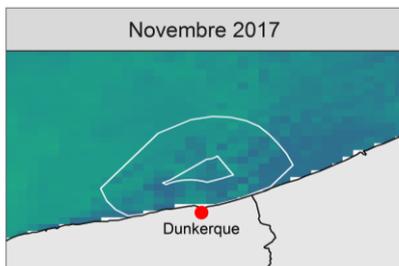
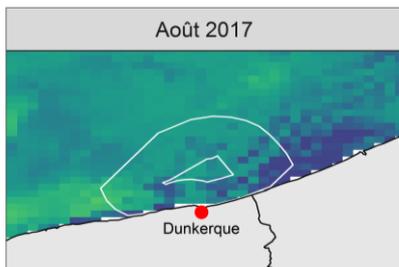
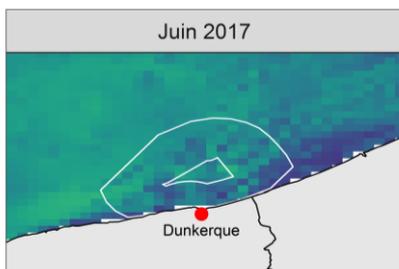
### Sternes (toutes / pierregarin / cauegk) :



## Cormorans :



## Fous de Bassan :



## Fulmar boréal :

