Levée des risques pour l'appel d'offres **E**olien au large de **D**un**K**erque par **O**bservation **A**érienne

Programme DUNKRISK
Campagne LEDKOA

Rapport scientifique
de campagne
juin 2018

Van Canneyt Olivier (UMS 3462-ULR)
Dars Cécile (UMS 3462-ULR)
Dorémus Ghislain (UMS 3462-ULR)
Laran Sophie (UMS 3462-ULR)
Virgili Auriane (UMS 3462-ULR)

Observatoire Pelagis - UMS 3462
Université de La Rochelle - CNRS
Pôle Analytique - 5 allées de l'Océan
17 000 La Rochelle - France

pelagis@univ-lr.fr
http://www.observatoire-pelagis.cnrs.fr

SOMMAIRE

SOMMAIRE **1**

1. INTRODUCTION **2**
1.1 CONTEXTE 2
1.2 OBJECTIFS PRINCIPAUX ET CHOIX DE LA MÉTHODOLOGIE 3

2. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE **4**
2.1 CONTEXTE ET ZONE D'ÉTUDE 4
2.2 CALENDRIER REALISE 5
2.3 PLAN D'ECHANTILLONNAGE ET EFFORT D'OBSERVATION PREVISIONNELS 6

3. METHODOLOGIE **10**
3.1 EQUIPEMENT ET DÉROULEMENT DES VOLS 10
3.2 COLLECTE ET ENREGISTREMENT DES DONNÉES 10
3.3 COMPOSITION DE L'ÉQUIPE D'OBSERVATION 12
3.4 TRAITEMENT PRELIMINAIRE 12

4. RESULTATS PRELIMINAIRES **13**
4.1 EFFORT D'OBSERVATION ET CONTRAINTES DE REALISATION 13
4.2 OBSERVATIONS DE MAMMIFERES MARINS 16
4.3 OBSERVATIONS D'OISEAUX MARINS 19
4.4 ACTIVITES HUMAINES 28
4.5 AUTRES OBSERVATIONS 31

5. BILAN DE LA CAMPAGNE ET PREMIERS ELEMENTS DE DISCUSSION **32**
5.1 BILAN OPERATIONNEL 32
5.2 BILAN DES OBSERVATIONS 33
REFERENCES 36
ANNEXE 1 : COORDONNEES DES TRANSECTS 38
ANNEXE 2 : CARTES DES OBSERVATIONS PAR SESSION ET GROUPE D'ESPECES 39

Citation du document :

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.

Crédits photographiques :

Page de garde : G. Dorémus, G. Gautier et O Van Canneyt / Observatoire Pelagis
Pages 10 et 29 : G. Dorémus, S. Laran et O Van Canneyt / Observatoire Pelagis

Objet de ce rapport de campagne :

Ce rapport présente le déroulement effectif de la campagne LEDKOA et les données collectées au cours des six sessions de survols de la zone d'étude pour l'observation de la mégafaune marine (cartes de l'effort et de la distribution des taux d'observations).

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

L'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) a pour mission, en ce qui concerne le milieu marin, d'apporter un appui aux politiques publiques en matière de création et de gestion d'aires marines protégées, de gérer les moyens des parcs naturels marins et d'apporter une assistance aux gestionnaires d'aires marines protégées. Elle participe notamment dans ce cadre à la mise en place de Natura 2000 en mer. Pour mener à bien cette mission, elle s'attache à constituer une base de connaissance en rassemblant les données existantes ou, le cas échéant, en organisant leur acquisition.

L'Observatoire Pelagis, UMS 3462 (CNRS Université de La Rochelle), a pour mission, au titre de la convention n°784410 avec le Ministère chargé de l'Environnement, l'organisation de l'observatoire et le suivi des populations de mammifères marins en France. L'Observatoire organise notamment des campagnes d'observation visuelles systématiques permettant de produire des données spatialisées sur la distribution et l'abondance de la mégafaune pélagique (mammifères et oiseaux marins, tortues, certains grands poissons) ainsi que la modélisation de leur habitat (exemple : MEGASCOPE, REMMOA, SAMM, SCANS, ASI). Un aspect central de la réussite de cet inventaire est la standardisation des méthodes d'acquisition et d'analyses des données.

L'AFB et l'Observatoire Pelagis ont un intérêt commun à la mise en œuvre de l'action LEDKOA pour « **L**evée des risques pour l'appel d'offres **E**olien au large de **D**un**k**erque par **O**bservation **A**érienne ». En effet, ce projet contribue à la levée des risques pour le 3ème appel d'offres national pour le développement d'un parc éolien en mer, dans le site retenu au large de Dunkerque. Les études dans ce cadre sont commanditées par la DGEC (Direction Générale Energie Climat). Le site retenu présente des enjeux importants de préservation du patrimoine naturel, notamment des espèces d'oiseaux et de mammifères protégées qui pourraient être affectées significativement par un parc éolien.

En conséquence, l'AFB et l'Observatoire Pelagis sont impliqués dans les études préalables à l'autorisation de ce projet éolien. Ces études permettront de rassembler et d'affiner les connaissances actuelles sur la faune en présence, puis de proposer des compléments de connaissance à acquérir en amont de la réalisation du parc éolien, des installations connexes (câbles, stations électriques) et des opérations associées (travaux et maintenance). Dans le cas de la présente étude, il est proposé de réaliser une campagne d'observation aérienne de la mégafaune marine, afin d'améliorer les connaissances sur la zone, de façon adaptée aux besoins du futur projet éolien en mer.

C'est donc dans ce cadre qu'un projet de recensements aériens dédiés à l'observation des prédateurs supérieurs marins a été mis en œuvre en 2017 et 2018. Ces campagnes sont réalisées sous le pilotage d'un Comité de suivi commun aux différentes campagnes du projet, réunissant l'Observatoire Pelagis, la Coordination Mammalogique du Nord de la France (CMNF), le Groupement Ornithologique et Naturaliste (GON), l'Ecole Nationale Supérieure de Techniques Avancées de Bretagne (ENSTA-Bretagne) et l'AFB. Ce comité se réunit 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 mener une analyse croisée 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 disponible. Ce Comité intervient donc à différentes étapes des campagnes d'observations par survols aériens. L'Observatoire Pelagis est maître d'œuvre et l'AFB est maître d'ouvrage. L'AFB a confié la logistique aéronautique à la compagnie Pixair Survey.

1.2 OBJECTIFS PRINCIPAUX ET CHOIX DE LA MÉTHODOLOGIE

Au vu des objectifs de suivi de la mégafaune marine, notamment en termes d'échelles spatiales et temporelles, il a été proposé d'appliquer la méthode d'observation aérienne. Son principal avantage est de couvrir rapidement une vaste surface, avec un coût plus faible (par unité d'effort) qu'une campagne embarquée sur navire dédié. La méthodologie générale s'appuie sur l'observation visuelle et aérienne le long de transects linéaires préalablement établis (*Line transect - Distance sampling*, Buckland et al. 2001), avec deux déclinaisons selon les taxons relevés : un échantillonnage des distances de détection[1] au transect (*Distance sampling*) pour les taxons « nageurs » (cétacés, élasmobranches, tortues) et un échantillonnage en bande pour les oiseaux et les indices d'activités anthropiques (*strip transect*). Le protocole d'observation multi-cibles[2] est identique à celui appliqué lors des campagnes SAMM et REMMOA (Laran et al. 2017; Pettex et al. 2017). Cette méthode possède un double avantage, après analyse, elle permet d'estimer des densités relatives assorties d'un intervalle de confiance et de produire des données de distribution spatialisées.

Les avantages de l'observation aérienne sont :
- l'acquisition d'un état quasi-instantané de la distribution des densités à une échelle pertinente,
- la flexibilité de mise en œuvre permettant d'utiliser les meilleures fenêtres météorologiques,
- la détection d'espèces cryptiques et notamment au comportement discret en surface, comme les marsouins,
- la comparaison spatiale et temporelle grâce à un protocole standardisé et reconductible.

Les limites de l'observation aérienne sont :
- la vitesse combinée à la faible altitude génère une fenêtre temporelle d'observation courte et induit des biais sur la détection : observations manquées, effectifs sous-estimés, identification moins précise. Pour beaucoup d'oiseaux marins l'identification à l'espèce est difficile et des groupes morphologiques sont utilisés ;
- la collecte des données en *strip transect* avec une seule bande (0-200m) pour les oiseaux, compromis nécessaire pour réaliser un protocole multi-cibles, ne permet pas d'intégrer de fonction de détection et fait l'hypothèse d'une détection uniforme de toutes les espèce sur cette bande.;
- la faible détectabilité de certaines espèces telles que les grands plongeurs, qui est une limite commune à toutes les approches basées sur la détection visuelle, depuis un navire ou un avion. Cependant en bateau, il est possible de coupler échantillonnages visuel et acoustique.

D'un point de vue quantitatif, les biais rencontrés sont de deux types : les biais de disponibilité, liés à la présence ou non de l'espèce en surface, et les biais de perception liés à la capacité de l'observateur à détecter la présence de l'espèce. Les biais de disponibilité peuvent être considérés comme constants pour une espèce, et n'entravent pas les comparaisons spatiales ou temporelles. Les biais de perception sont considérés comme limités par le soin apporté à l'expérience et au nombre restreint d'observateurs sur toute la durée de la campagne.

D'un point de vue qualitatif, quelles que soient les espèces cibles, la plupart des études identifient des problèmes d'identification de l'espèce pour les oiseaux notamment (Dean et al. 2003, Camphuysen et al. 2004).

[1] Cette méthodologie s'appuie sur une estimation de la fonction de détection g(y), qui dépend de la distance (y) perpendiculaire à la route de l'avion. On fait l'hypothèse que les objets situés sur la route, ou à proximité, sont tous détectés (g(y=0) =1), mais que cette probabilité de détection décroit quand la distance perpendiculaire (y) augmente. La fonction de détection peut différer pour chaque type de cible.

[2] Se dit d'un protocole visant plusieurs sujets d'étude (ici les oiseaux marins, les mammifères marins et les signes d'activités anthropiques comme les déchets).

La prudence est de rigueur et le regroupement par niveau taxonomique ou morphologique est privilégié. Malgré cette limite, le protocole d'observation permet néanmoins une approche multi-cibles.

2. DESCRIPTION DE LA CAMPAGNE

2.1 CONTEXTE ET ZONE D'ÉTUDE

Le périmètre et l'étendue de la zone à échantillonner ont été définis en tenant compte du potentiel impact des différentes phases de l'implantation d'un parc éolien, notamment sur le marsouin commun (Figure 2). En effet, dans le cadre de l'implantation d'un champ éolien en mer, les travaux constituent la phase la plus bruyante et augmentent considérablement le bruit ambiant, jusqu'à entraîner un effet de masquage pour les mammifères marins à plusieurs dizaines de kilomètres (Tougaard *et al*., 2005). Pour le marsouin commun par exemple, cette phase de travaux, si elle fait appel au battage de pieux (*pile driving*), produit des sons audibles à plus de 80 km de la source d'émission. Cette phase pourrait perturber l'audition jusqu'à 40 km de la source et induire des réactions de fuite à 20 km. Des lésions et pertes d'audition sont attendues dans un périmètre de l'ordre d'un kilomètre (Thompsen et al. 2006). Les petits cétacés odontocètes peuvent en effet, pour la communication entre individus, percevoir des sons des congénères sur plusieurs dizaines de kilomètres. Cet espace est appelé « zone active ». La zone de masquage générée par la construction des éoliennes peut réduire fortement cette zone active de communication. De même, de nombreuses espèces d'oiseaux marins fréquentent la zone du projet éolien, durant la période de nidification ou d'hivernage, et l'utilisent notamment pour se nourrir.

Par précaution, il est donc proposé ici d'échantillonner une zone tampon de 60 km (30 à 35 milles nautiques) environ autour de la zone pressentie pour l'implantation du projet de parc éolien. L'étendue de cette zone atteint environ 9 400 km² et couvre une partie des eaux anglaises et les eaux belges. Pour la phase ultérieure de suivi des différentes phases d'implantation du parc éolien, l'étendue de cette zone devrait permettre de mettre en évidence les éventuels effets, et notamment proposer des zones témoins. Enfin, c'est également une surface adaptée pour produire des estimations comparables de densités pour ces espèces mobiles.

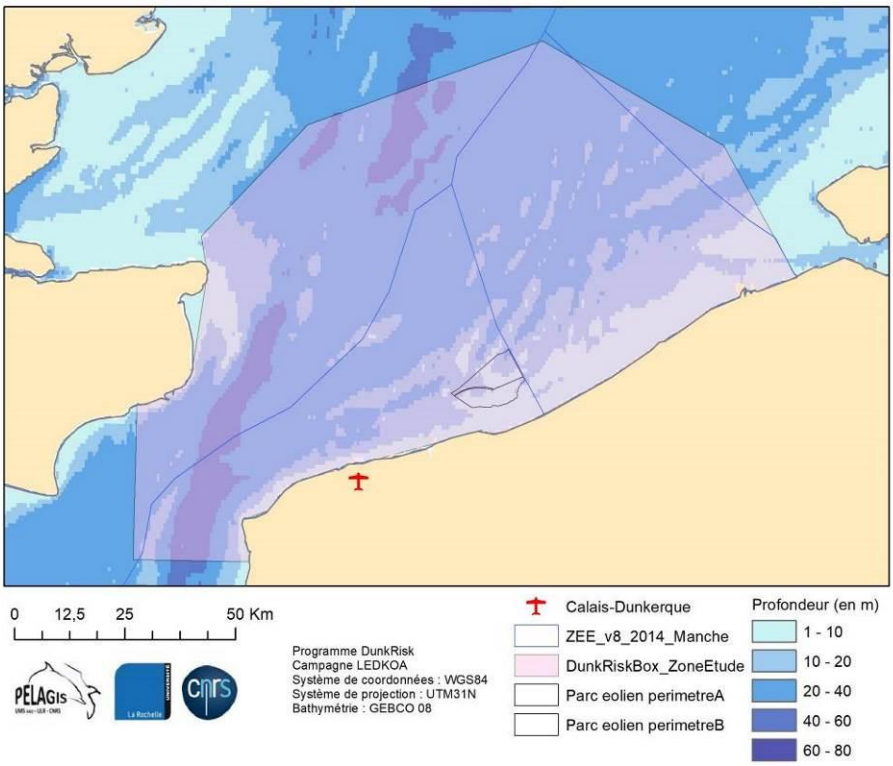


Figure 2. Etendue de la zone d'étude couverte par la campagne LEDKOA. (Le périmètre représentant le projet éolien inclut la zone B, qui n'est finalement pas proposée dans l'appel d'offres.)

2.2 CALENDRIER REALISE

Le calendrier initial de la campagne d'observation aérienne prévoyait 6 sessions de survol au cours de l'année 2017. La première session n'a pas pu être finalement réalisée qu'en avril 2017. Le suivi s'est également interrompu à l'automne. Les 6 sessions annuelles prévues se sont donc déroulées en 2017 (4 sessions) et en 2018 (2 sessions, Figure 1).

Date	avr-17		mai-17		juin-17		juil-17		août-17		sept-17		oct-17		nov-17		déc-17		janv-18		févr-18		mars-18		avr-18		mai-18	
1	S		L		J		S		M		V		D		M		V		L		J		J		D		M	
2	D		M		V		D		M		S		L		J		S		M		V		V		L		M	
3	L		M		S		L		J		D		M		V		D		M		S		S		M		J	
4	M		J		D		M		V		L		M		S		L	Session 4	J		D		D		M		V	Session 6
5	M		V		L		M		S		M		J		D		M	Session 4	V		L		L	Session 5	J		S	Session 6
6	J	Session 1	S		M		J		D		M		V		L		M		S		M		M	Session 5	V		D	
7	V	Session 1	D		M		V		L	Session 3	J		S		M		J		D		M		M	Session 5	S		L	
8	S		L		J		S		M	Session 3	V		D		M		V		L		J		J		D		M	
9	D		M		V		D		M		S		L		J		S		M		V		V		L		M	
10	L		M		S		L		J		D		M		V		D		M		S		S		M		J	
11	M		J		D		M		V		L		M		S		L		J		D		D		M		V	
12	M		V		L		M		S		M		J		D		M		V		L		L		J		S	
13	J		S		M	Session 2	J		D		M		V		L		M		S		M		M		V		D	
14	V		D		M	Session 2	V		L		J		S		M		J		D		M		M		S		L	
15	S		L		J		S		M		V		D		M		V		L		J		J		D		M	
16	D		M		V		D		M		S		L		J		S		M		V		V		L		M	
17	L		M		S		L		J		D		M		V		D		M		S		S		M		J	
18	M		J		D		M		V		L		M		S		L		J		D		D		M		V	
19	M		V		L		M		S		M		J		D		M		V		L		L		J		S	
20	J		S		M		J		D		M		V		L		M		S		M		M		V		D	
21	V		D		M		V		L		J		S		M		J		D		M		M		S		L	
22	S		L		J		S		M		V		D		M		V		L		J		J		D		M	
23	D		M		V		D		M		S		L		J		S		M		V		V		L		M	
24	L		M		S		L		J		D		M		V		D		M		S		S		M		J	
25	M		J		D		M		V		L		M		S		L		J		D		D		M		V	
26	M		V		L		M		S		M		J		D		M		V		L		L		J		S	
27	J		S		M		J		D		M		V		L		M		S		M		M		V		D	
28	V		D		M		V		L		J		S		M		J		D		M		M		S		L	
29	S		L		J		S		M		V		D		M		V		L				J		D		M	
30	D		M		V		D		M		S		L		J		S		M				V		L		M	
31			M				L		J				M				D		M				S				J	

Figure 1 : calendrier des sessions réalisées pour les campagnes aériennes LEDKOA.

La campagne LEDKOA a donc été conduite au large de Dunkerque entre avril 2017 et mai 2018, avec quatre sessions au printemps et en été, et deux en hiver. La mise en œuvre des sessions de survol a connu de nombreuses contraintes, notamment de synchronisation entre la disponibilité de l'avion et des observateurs, et d'ordre météorologique.

L'état de la mer étant le facteur le plus limitant pour l'observation aérienne, une session de vol n'était déclenchée que si les prévisions (48 h avant) donnaient un vent en surface inférieur ou égal à 10 nœuds et stable sur des créneaux de 2 à 3 jours. La plupart du temps les moyens étaient disponibles et prêts à être mobilisés, mais l'instabilité dans les prévisions et conditions météorologiques rencontrées en automne et en hiver (novembre-mars) a souvent repoussé la mise en place des sessions. La durée des sessions initialement estimée à 2 jours en été et 3 jours en hiver, pour réaliser 10-12 heures de vol (HDV) par session, a été tenue. L'avion a été finalement mobilisé 13 jours sur l'ensemble de la campagne.

Le calendrier réalisé échantillonne peu la saison automnale (de septembre à novembre), correspondant à période de migration post-nuptiale des oiseaux. Par contre, il inclut 3 sessions durant la période de migration pré-nuptiale des oiseaux (en avril-mai) et 2 sessions durant leur période de nidification (en juin et août). Ainsi, on peut s'attendre à ce que le jeu de données acquises soit plus représentatif des espèces d'oiseaux nicheuses que des espèces hivernantes dans la zone d'étude. Notons aussi que le marsouin commun, qui est l'espèce de mammifères de loin la plus représentée dans la zone, est connu pour être davantage présent en hiver et au printemps, saisons qui sont correctement échantillonnées avec un total de 4 sessions.

2.3 PLAN D'ECHANTILLONNAGE ET EFFORT D'OBSERVATION PREVISIONNELS

Stratégie générale de l'échantillonnage

L'effort d'échantillonnage (km de transect) a été ici estimé et ventilé en tenant compte des taux d'observation attendus pour le marsouin commun (issus de campagnes précédentes, SAMM notamment), afin d'augmenter les chances d'acquérir un nombre suffisant de détections pour les analyses. De même, l'expérience a montré qu'il est plus pertinent de maximiser l'effort sur le plan spatial réalisé et réduire la répétitivité temporelle à une session tous les 2 à 3 mois plutôt qu'une session par mois. Les 6 sessions de vol réalisées au cours d'une année doivent permettre de décrire les grandes variations saisonnières de présence pour un grand nombre d'espèces fréquentant la zone d'étude.

Le design des transects suit un profil en zigzag, largement utilisé dans les campagnes d'échantillonnage de la mégafaune pélagique, car il offre plus de facilité dans la mise en œuvre qu'un échantillonnage en parallèle en raison de la continuité des transects. En effet, le design en parallèle envisagé initialement lors de la conception de cette campagne (cf. cahier des charges de l'étude) aurait un coût bien supérieur pour un effort d'observation équivalent, notamment du fait des transits (entre chaque transect). Les transects en zigzag produisent parfois une couverture moins homogène de la zone d'étude. Pour cette raison plusieurs plans d'échantillonnage ont été réalisés à l'aide du logiciel *Distance sampling 6.2* (Thomas et al. 2006) et parmi eux 2 plans ont été sélectionnés pour maximiser l'homogénéité de la couverture spatiale (plan A et plan B, Figure 3). L'orientation des transects a été choisie de manière à couper les isobathes et également limiter le transit depuis la base principale (aéroport de Calais-Dunkerque) vers les zones de travail en mer.

Plans d'échantillonnage

Le nombre d'heures de vol (HDV) initialement prévu était de 60 HDV, soit 10 HDV par session. Le temps de transit par session est estimé à 15 % soit environ 8,5 HDV en effort et 1,5 HDV en transit. L'effort prévu par les deux plans d'échantillonnage est de 1 545 km par session, soit un effort total de 9 300 km sur les 6 sessions.

La carte, figure 3, présente les deux plans d'échantillonnage A et B générés (les coordonnées des transects sont données en annexe 1). Le plan A totalise 759 km et le plan B totalise 786 km. Si l'on considère, pour la détection des petits cétacés, une bande échantillonnée de 1 000 mètres (500 m de part et d'autre du transect), le ratio d'effort/surface (1 545 km pour 9 400 km²) est d'environ 16%. Pour la détection des oiseaux, restreinte à une bande de 400 mètres (200 m de part et d'autre du transect), ce ratio est donc d'environ 7%. A titre de comparaison, dans le cadre du projet allemand HELBIRD (Mendel et al., 2016), les spécifications pour les observations aériennes exigeaient un taux de couverture spatiale de 20%, mais pour une emprise bien plus petite (1 211 km²).

L'orientation des transects a été établie en tenant compte du gradient bathymétrique et des contraintes de réalisation des survols. Les plans totalisent 12 transects de longueurs variables, allant de 35 km à 81 km.

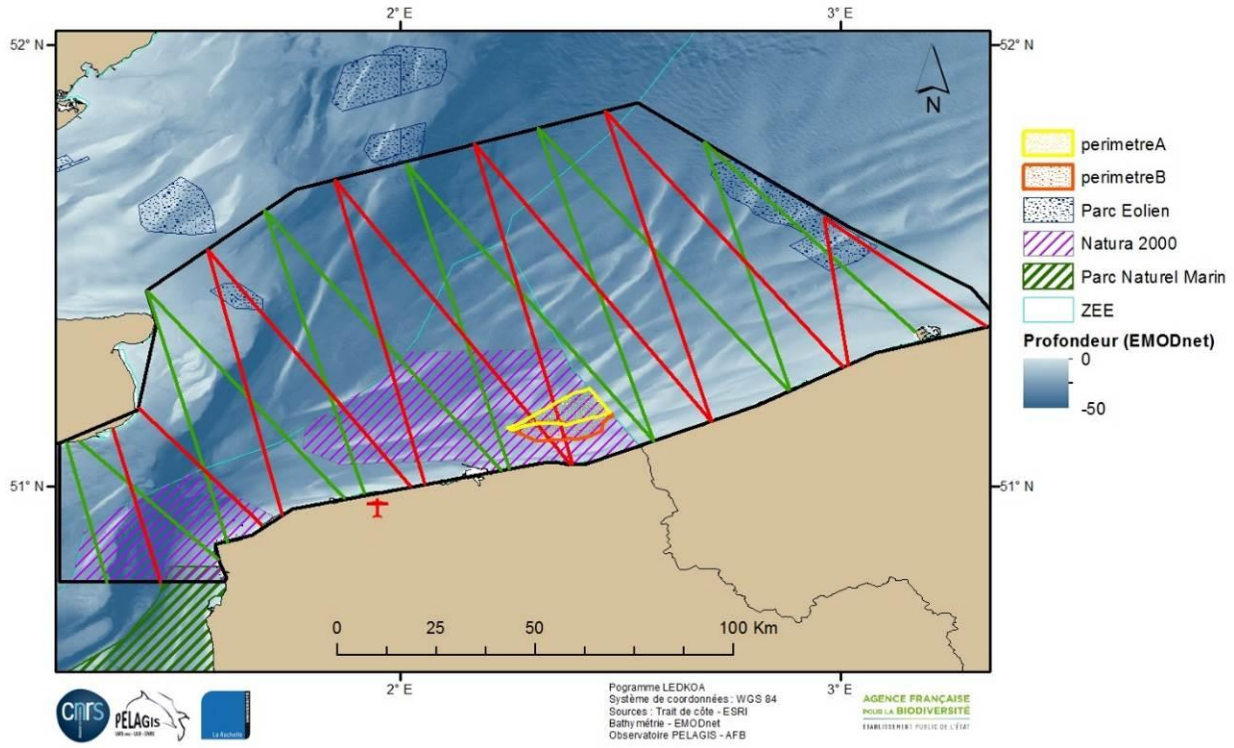


Figure 3. Plan d'échantillonnage de la campagne LEDKOA (plan A en rouge, plan B en vert), superposé aux périmètres des aires marines protégées françaises et des parcs éoliens existants dans les eaux anglaises et belges.

Les transects traversent les eaux sous juridictions française, belge et britannique, à raison de 37 % environ du plan d'échantillonnage en France et en Belgique et 26 % en Angleterre (Tableau 1). L'échantillonnage effectif est soumis aux autorisations de survols obtenues, en particulier pour certaines zones réglementées (parcs éoliens en mer et zones militaires).

Tableau 1 : Ventilation de l'effort d'observation par ZEE

Pays	Surface de strate en km²	Effort en km
Angleterre	3 468	405 (26%)
Belgique	3 398	573 (37 %)
France	2 524	565 (37 %)
Total	9 390	1 543

Complémentarité avec les campagnes LEDKAP (Acoustique) et LEDKON (Observation nautique)

Les études de cette levée des risques comprennent deux autres volets sur les mammifères et oiseaux marins avec des objectifs et résultats attendus complémentaires. L'un des deux volets (LEDKAP) s'appuie sur l'acoustique et cible la présence et le comportement des petits cétacés (marsouin commun essentiellement) sur une zone d'étude rapprochée. Le second volet (LEDKON) s'appuie sur l'observation par bateau afin d'y suivre la composition du peuplement d'oiseaux de mer, ainsi que leurs densités saisonnières et leur comportement sur une zone d'étude intermédiaire.

Le tableau suivant compare les caractéristiques des 3 volets (LEDKOA, LEDKAP et LEDKON) mis en œuvre dans le cadre de cette étude de levée des risques. La campagne d'observation aérienne (LEDKOA) présente la plus grande emprise spatiale (9 400 km²), correspondant à la zone d'étude élargie (Figure 4). Cette superficie, supérieure de 2 ordres de grandeur à celle de la zone d'étude rapprochée (la zone identifiée pour le lancement de l'appel d'offres éolien), est pertinente pour étudier l'utilisation de l'espace maritime par des espèces mobiles telles que les oiseaux et les mammifères marins. La figure 4 localise et compare l'étendue des zones d'étude des 3 volets.

Tableau 1 : Comparaison des groupes d'espèces, des paramètres observables et des efforts d'observation pour chacune des 3 campagnes de l'étude (OM = oiseaux marins et CET = cétacés).

Méthode d'acquisition	**Observations aériennes**	**Observations nautiques**	**Acoustique passive**
Groupes d'espèces ciblées			
Cétacés	++	+	++
Pinnipèdes (en mer)	+	+	-
Oiseaux (en mer)	++	++	-
Chiroptères	-	-	-
Paramètres relevés			
Composition peuplement	+	++ (OM)	-
Distribution des densités	++	+	-
Mouvements saisonniers	++	++	++
Mouvements fine échelle (jour/nuit)	-	-	++
Comportement	-	+ (OM)	++ (CET)
Caractéristiques des campagnes			
Zone d'étude	élargie	intermédiaire	rapprochée
Distance au projet de parc éolien	60 km	15 km	-
Surface de la zone d'étude	9 400 km²	1 155 km²	-
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

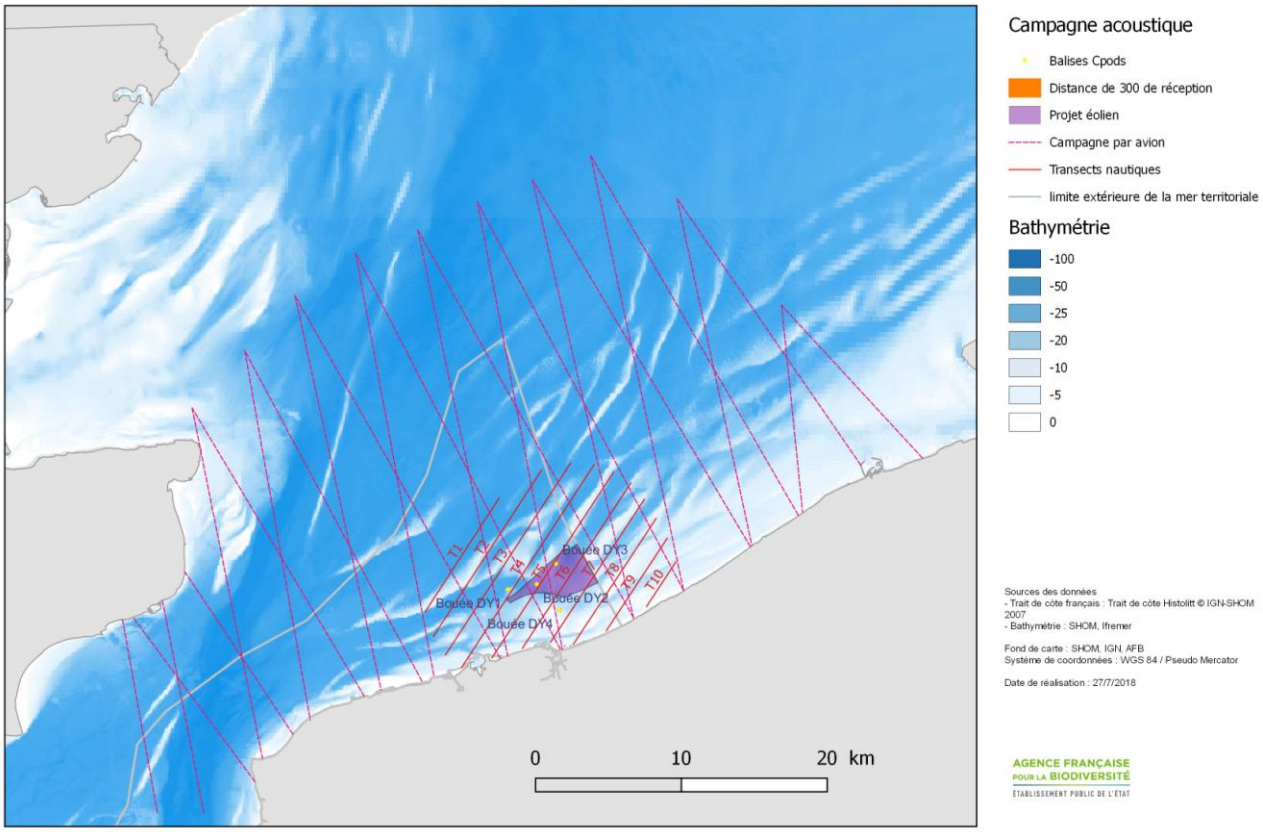


Figure 4 : Localisation des transects de la campagne aérienne (LEDKOA), ceux de la campagne nautique (LEDKON) et localisation des 4 hydrophones (LEDKAP).

3. METHODOLOGIE

3.1 EQUIPEMENT ET DÉROULEMENT DES VOLS

L'avion utilisé pour les besoins de ce suivi est de type bimoteur à ailes hautes, adapté au vol à faible vitesse et basse altitude, bénéficiant d'une autonomie supérieure ou égale à 6 heures et permettant d'embarquer 4 personnes et le matériel (scientifique et sécurité). La vitesse d'échantillonnage est de 90 à 95 nœuds (167 à 176 $km.h^{-1}$) et l'altitude de 600 pieds (183 m) au-dessus de la surface de l'eau. L'avion, un *Britten Norman* 2, est équipé de 2 hublots bulles. L'équipe embarquée pour chaque vol est composée du pilote et au minimum de trois observateurs tournant sur les postes d'observateurs et celui de navigateur (Figure 5). Les observateurs disposent chacun d'un inclinomètre pour mesurer les angles des détections et le navigateur d'un PC de type *Toughbook* connecté à un GPS et sur lequel est installé un logiciel de navigation et de saisie des données (*SAMMOA 1.0.4*).

La mise en place d'un vol d'observation nécessite des conditions de vent inférieures ou égales à 3 sur l'échelle de Beaufort, ou un état de la mer inférieur ou égal à 3 sur l'échelle de Douglas (vent ≤ 15 nœuds - mer peu agitée), la mer du vent étant le facteur affectant le plus la détectabilité des cétacés alors que la houle sans déferlement ne gêne pas l'observation aérienne. Avant chaque dépôt de plan de vol par le pilote, une analyse fine des prévisions météorologiques de vent en surface, de houle et de mer totale sur la zone de travail est effectuée (fichier grib, source NOAA). A bord, les observations sont relevées simultanément en effort par deux observateurs positionnés chacun face à un hublot bulle (pour une vision verticale) sur l'arrière et de chaque côté de l'appareil. Les observations sont transmises oralement et saisies en vol par le navigateur, les observateurs sont ainsi totalement disponibles pour l'observation.

3.2 COLLECTE ET ENREGISTREMENT DES DONNÉES

Les données d'observation collectées concernent les mammifères marins (cétacés et pinnipèdes), ainsi que les oiseaux de mer, les tortues marines, les grands poissons pélagiques comme les thonidés, les poissons lune et les élasmobranches. Sont également relevés les macro-déchets, les bateaux de pêche et tout engin de pêche matérialisé par des bouées. Une « observation » correspond à la détection d'un animal ou d'un groupe d'animaux (ou d'objets) d'une même espèce (ou type d'espèces), à la même position et au même instant. Une observation peut donc correspondre à un ou plusieurs individus.

Les conditions environnementales, tels que l'état de la mer, la turbidité, la couverture nuageuse, la réflexion des nuages (*skyglint ou silvery shine)* et l'éblouissement, sont également enregistrées ainsi qu'un indice de condition d'observation (basé sur la détection d'un petit cétacé en surface) déterminé de manière globale par chaque observateur : conditions excellentes, bonnes, moyennes, ou mauvaises.

Pour les cétacés, tortues et élasmobranches ou grands poissons pélagiques, la distance perpendiculaire au transect est relevée à l'aide de l'inclinomètre (Figure 5). Pour les oiseaux, une bande de 200 m est matérialisée sur le train d'atterrissage (correspondant à un angle de 42° ; Figure 6). Les densités relatives peuvent ainsi être estimées par les méthodes de *distance sampling* et de *strip transect* selon les espèces observées.

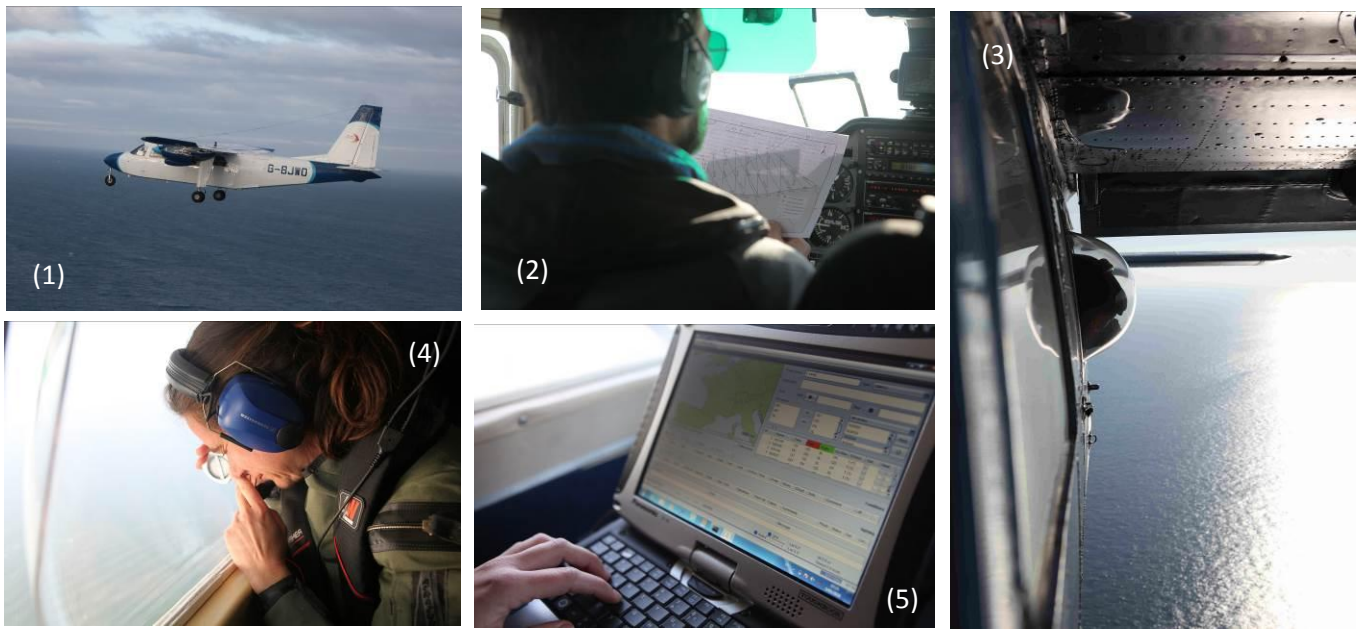


Figure 5 : (1) avion bimoteur à ailes hautes, Britten Norman 2, utilisé pour la mission, (2) pilote vérifiant le plan d'échantillonnage, (3) observateur dans sa « bubble window », (4) observateur utilisant un inclinomètre, (5) saisie des données à l'aide du logiciel SAMMOA.

Les deux observateurs annoncent oralement leurs conditions et paramètres d'observation au navigateur. Ces informations sont saisies immédiatement grâce au logiciel d'acquisition de données *SAMMOA 1.0.4* (Figure 5). Le navigateur est positionné au centre de la cabine, il saisit les données et suit l'itinéraire de vol grâce à une connexion avec un GPS. Le logiciel permet également de conserver un enregistrement vocal. Le but de cet enregistrement est d'aider à la vérification et à la validation des données.

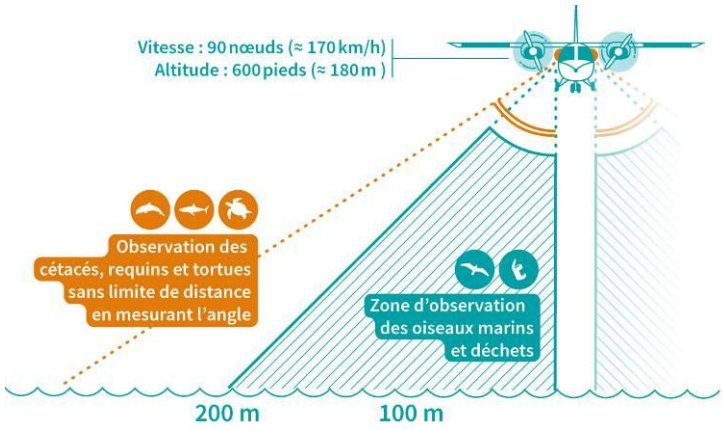


Figure 6. Angles d'observation et distances correspondantes à la surface (dessin M. Nivesse AFB)

Le logiciel *SAMMOA* (Système d'Acquisition de la Mégafaune Marine par Observation Aérienne) a été développé spécifiquement pour les campagnes d'observation aérienne et pour répondre à l'évolution du protocole d'observation multi-cible appliqué sur les campagnes menées par l'Observatoire Pelagis. Ce logiciel permet d'intégrer des plans d'échantillonnage issus d'un format de système d'information géographique (format *shape)*, d'utiliser un référentiel pour les codes espèces, d'acquérir des données d'observation, de conditions d'observation, de traces de l'avion et d'enregistrements vocaux en simultané. Il permet également de valider les données, en réécoutant les enregistrements vocaux calés sur la saisie des observations et des conditions. Enfin il

permet d'agréger les données issues de plusieurs vols et d'importer les données d'observations et d'effort sous forme de fichier de couche d'informations géoréférencées (format *shape*) ainsi que le tracé GPS du vol (une position toutes les 2 secondes).

3.3 COMPOSITION DE L'ÉQUIPE D'OBSERVATION

L'équipe d'observateurs est composée de personnels de l'Observatoire Pelagis, d'un personnel de La Ligue Protectrice des Oiseaux de Normandie et d'un personnel de l'association Al Lark, tous ayant participé au minimum aux campagnes aériennes SAMM. Au total, 6 observateurs se sont organisés pour assurer chacune des sessions de vol, avec une équipe composée d'au minimum 3 d'entre eux.

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

3.4 TRAITEMENT PRELIMINAIRE

Les conditions d'observation rencontrées sont évaluées par un « indice de conditions de mer » calculé dans une grille de 10x10 km de maillage. Cet indice est établi en multipliant l'effort d'observation (km) par les conditions rencontrées (0 pour un état de la mer caractérisé par une force du vent de 0 à 1 Beaufort, 1 pour 2 à 3 Beaufort et 2 pour 4 à 5 Beaufort) puis en divisant par l'effort total obtenu dans la maille. Cette méthode permet d'évaluer les conditions d'observations dans une maille, même si plusieurs transects la traversent.

Pour le traitement préliminaire des observations, des regroupements d'espèces ont été effectués pour les oiseaux marins. Ces regroupements reposent sur des critères à la fois taxonomiques (plusieurs espèces d'un même genre), morphologiques (espèces proches, difficiles à différencier dans le contexte de l'observation aérienne). Les espèces clairement identifiées depuis l'avion ne sont pas incluses dans des regroupements.

Afin de représenter et quantifier la distribution des prédateurs supérieurs et des activités anthropiques tout en tenant compte de l'effort d'observation déployé, des taux d'observation ont été calculés. Le taux d'observation est le nombre d'observations pondéré par le nombre de kilomètres parcourus en effort d'observation. Pour le marsouin commun et plusieurs espèces ou groupe d'espèces d'oiseaux marins, un taux d'observations a été calculé pour chacune des sessions afin d'évaluer les variations temporelles. Les taux d'observation ont également été spatialisés et cartographiés pour chaque espèce ou regroupement d'espèces. Des cartes maillées ont été réalisées à l'aide du logiciel ArcGIS 10.3 (ESRI). Elles représentent le nombre d'observations réalisées dans chaque maille de 10x10 km divisée par l'effort (nombre de kilomètres parcourus) réalisé dans chacune de ces mailles.

Enfin, pour les oiseaux marins la composition spécifique des observations est également donnée pour chacune des sessions.

4. RESULTATS PRELIMINAIRES

4.1 EFFORT D'OBSERVATION ET CONTRAINTES DE REALISATION

Plan d'échantillonnage et heures de vol

Le plan d'échantillonnage initialement prévu a été parcouru dans sa totalité au cours de 4 sessions sur les 6 réalisées. En effet, les conditions météorologiques combinées à la durée du jour en hiver n'a permis de réaliser que 95 % de l'effort prévu lors de la session 4 et 82 % lors de la session 5 (Tableau 3 et Figure 7). Le nombre d'heures de vol (HDV) total Calais-Calais (effort d'observation + transit) est de 11,0 HDV en moyenne pour les 6 sessions.

Le nombre d'HDV moyen réalisé en effort au cours des 6 sessions est égal à ce qui était initialement prévu, c'est-à-dire 8,5 HDV. Le pourcentage d'HDV en transit vers les zones de travail s'élève en revanche à 22 %, soit en moyenne 2,5 HDV par session contre 1,5 HDV prévu initialement. Les conditions météorologiques rencontrées au cours des sessions n'ont pas toujours permis de progresser en optimisant le temps de transit. Le nombre d'HDV total est donc finalement plus élevé de 10 % que ce qui était initialement prévu.

La vitesse moyenne en effort d'observation est de 93 nœuds. Les différences d'HDV en effort d'observation entre les sessions résultent d'une part de la vitesse plus ou moins élevée en fonction des conditions météorologiques rencontrées (dérive due au vent) et d'autre part, de la couverture plus ou moins complète du plan d'échantillonnage.

Tableau 3. Effort d'observation en km et en heures de vol (HDV) réalisé et état de la mer moyen (sur l'échelle de Beaufort) rencontré au cours des sessions de vol.

Session	Effort d'observation (km)	Effort d'observation (HDV)	HDV en transit	HDV total	Etat de la mer moyen	N transects	N legs*	Taux de couverture
Session 1	1 526	9,4	2,5	11,9	1,8	24	97	99%
Session 2	1 534	8,5	2,0	10,5	1,3	24	106	99%
Session 3	1 532	8,5	2,0	10,5	1,6	24	94	99%
Session 4	1 463	9,0	2,3	11,3	2,5	22	93	95%
Session 5	1 256	7,0	3,5	10,5	1,8	19	109	81%
Session 6	1 526	9,0	2,5	11,5	1,7	24	98	99%
Total	**8 837**	**51**	**15**	**66**	**-**	**137**	**597**	**-**
Moyenne	***1 473***	***8,6***	***2,5***	***11,0***	***1,8***	**-**	**-**	***95%***

*leg = portion de transect continue avec des conditions d'observation identiques

Contraintes de réalisation

Côté aéronautique, la non disponibilité de l'avion sur quelques créneaux n'a pas trop pénalisé la campagne car ils correspondaient généralement à des périodes de mauvaises conditions météorologiques. Il n'y a pas eu d'autres contraintes, notamment au niveau des autorisations de survols des zones réglementées.

(1) La première session n'a pu être programmée et réalisée que début avril 2017, mais aucune difficulté notamment météorologique n'a été rencontrée lors de sa réalisation.

(2) La seconde session, programmée début juin, s'est réalisée avec un report d'une semaine en raison de prévisions météorologiques instables.

(3) La troisième session n'a pu être réalisée la première semaine d'août comme prévue en raison de l'indisponibilité de l'avion mais les conditions météorologiques ont été très médiocres. Les prévisions météorologiques pour la seconde semaine n'étaient pas meilleures, mais un court créneau de deux journées avant le passage d'une dépression a permis de réaliser le survol avec des conditions finalement favorables à l'observation.

(4) La quatrième session, initialement prévue début novembre au retour de l'équipe prise par une autre campagne, n'a finalement pu se réaliser que début décembre en l'absence de créneau météorologique favorable. Le créneau météorologique n'a duré que deux jours et en raison de la durée du jour le plan d'échantillonnage n'a pu être réalisé dans sa totalité.

(5) La cinquième session, initialement prévue entre mi-janvier et mi-février, a été également décalée en l'absence de créneau météorologique stable sur 2 à 3 jours dans les prévisions. Cette cinquième session a finalement été réalisée début mars sur 3 jours et le plan d'échantillonnage n'a pu être parcouru dans sa totalité, notamment en raison de mauvaises conditions de visibilité (brume, nuages bas) ayant retardé et interrompu les vols. La recherche de conditions d'observations sans brouillard (absent des prévisions météo) a d'ailleurs augmenté le temps de transit pour cette session.

(6) La sixième et dernière session n'a pu être réalisée en avril, faute de synchronisation entre la disponibilité des observateurs, de l'avion et créneau météorologique favorable. Elle a dont été mise en œuvre début mai. Grâce à de bonnes conditions météorologiques la totalité du plan d'échantillonnage a pu être réalisée en deux jours.

L'état de la mer moyen rencontré au cours des six sessions est inférieur à 2 sur l'échelle de Beaufort (Tableau 3). Afin de mieux visualiser la répartition spatiale des conditions d'observation rencontrées au cours de l'échantillonnage, un indice des conditions de mer (force du vent sur l'échelle de Beaufort) (voir 3.4 « Traitement préliminaire ») a été calculé dans une grille de 10x10 km de maillage (Figure 7). Les conditions rencontrées au cours de la session 4 en hiver ont été les plus mauvaises, mais les conditions de vent et d'état de la mer associé n'ont pas dépassé la limite fixée pour la réalisation des vols d'observation (à savoir un Beaufort supérieur à 4).

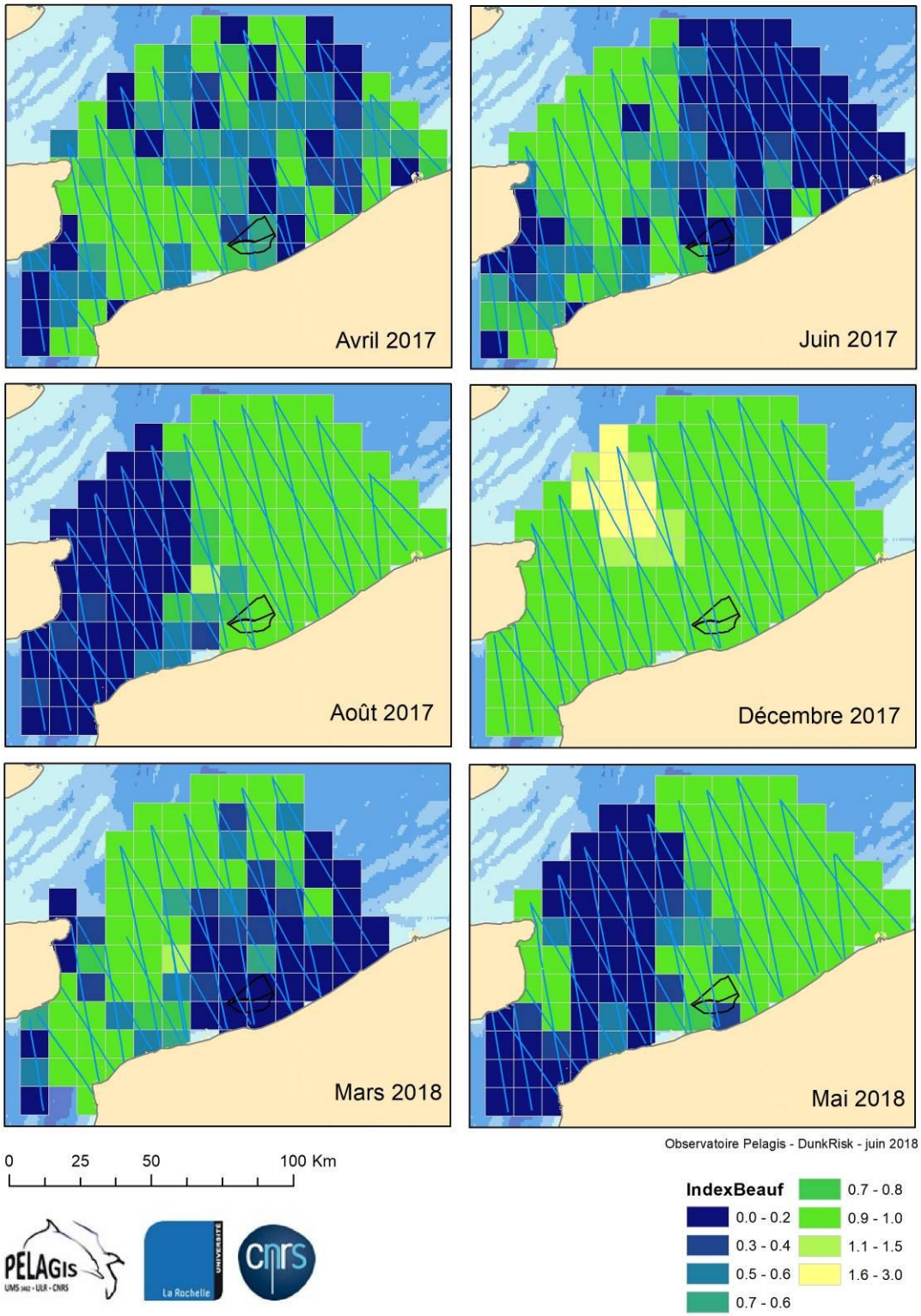


Figure 7 : Cartes de l'indice des conditions de mer rencontrées au cours de l'effort d'observation au cours des 6 sessions. (NB : Dans ces cartes et les suivantes, le périmètre représentant le projet éolien inclut la zone B, qui n'est finalement pas proposée dans l'appel d'offres.)

4.2 OBSERVATIONS DE MAMMIFERES MARINS

Le nombre total d'observations de mammifères marins (cétacés et phoques) varie selon les saisons, il atteint son maximum en avril 2017 et son minimum en août 2017 (Tableau 4). Les cétacés représentent 95 % des observations. En effet, les observations de phoques sont principalement côtières et le plan d'échantillonnage ne cible pas cet habitat. La variabilité inter session observée dans le nombre d'observations de cétacés est essentiellement le reflet des observations de marsouin commun (*Phocoena phocoena*). Le marsouin commun, que ce soit en nombre d'observations ou d'individus, représente en effet 99,2 % des cétacés observés (Tableau 4). La taille de groupe moyenne pour cette espèce est de 1,3 individu sur l'ensemble des sessions. La taille de groupe de marsouin commun varie assez peu d'une session à l'autre (min : 1,2 et max : 1,5).

Trois autres espèces de cétacés ont été observées, le lagénorhynque à bec blanc (*Lagenorhynchus albirostris*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*) observés respectivement à deux reprises, et le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*) observé une seule fois au cours de la dernière session. Les observations de phoques en mer depuis l'avion bien que moins fréquentes sont stables d'une session à l'autre.

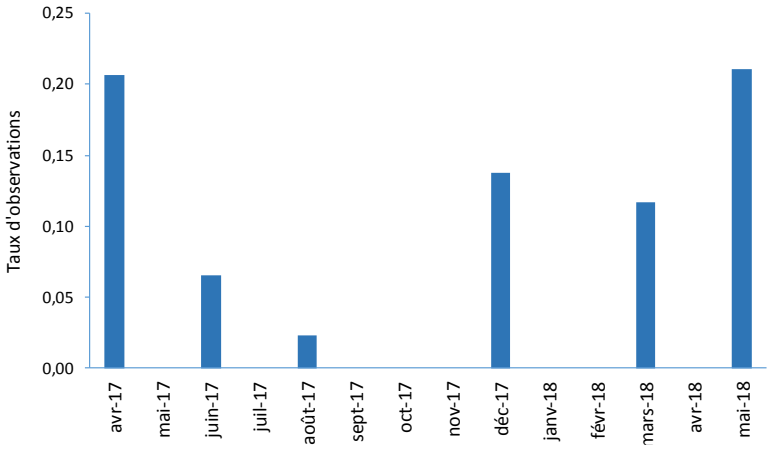
Tableau 4. Observations de mammifères marins réalisées en effort d'observation (nombre d'observations et nombre d'individus).

Espèce	nom scientifique	Groupe	Session 1 avril 17	Session 2 juin 17	Session 3 août 17	Session 4 décembre 17	Session 5 mars 18	Session 6 mai 18	**Total**
Petit cétacé ind.	*Cetacea*	*Cétacé*	0	1	0	0	0	0	**1**
Petit rorqual	*Balaenoptera acutorostrata*	*Cétacé*	0	0	0	0	0	1	**1**
Grand dauphin	*Tursiops truncatus*	*Cétacé*	0	0	0	2	0	0	**2**
Lagénorhynque a bec blanc	*Lagenorhynchus albirostris*	*Cétacé*	0	0	1	1	0	0	**2**
Marsouin commun	*Phocoena phocoena*	*Cétacé*	315	100	35	202	147	321	**1 120**
Phoque gris	*Halichoerus grypus*	*Phoque*	2	2	6	3	0	2	**15**
Phoque ind.	*Phocidae*	*Phoque*	6	12	3	13	5	8	**47**
Total observations			**323**	**115**	**45**	**221**	**152**	**332**	**1 188**
Petit cétacé ind.	*Cetacea*	*Cétacé*	0	1	0	0	0	0	**1**
Petit rorqual	*Balaenoptera acutorostrata*	*Cétacé*	0	0	0	0	0	1	**1**
Grand dauphin	*Tursiops truncatus*	*Cétacé*	0	0	0	2	0	0	**2**
Lagénorhynque a bec blanc	*Lagenorhynchus albirostris*	*Cétacé*	0	0	5	2	0	0	**7**
Marsouin commun	*Phocoena phocoena*	*Cétacé*	373	128	42	269	223	377	**1 412**
Phoque gris	*Halichoerus grypus*	*Phoque*	2	2	6	3	0	2	**15**
Phoque ind.	*Phocidae*	*Phoque*	6	22	3	14	5	8	**58**
Total individus			**381**	**153**	**56**	**290**	**228**	**388**	**1 496**

La figure 8 montre les taux d'observations bruts par session (nombre d'observations pondéré par le nombre de kilomètres parcourus en effort d'observation) pour le marsouin commun, les autres espèces de cétacés et les phoques rassemblant un nombre d'observations insuffisant pour calculer un taux par session.

Au cours des deux sessions de printemps (sessions 1 et 6), les taux d'observation de marsouin commun sont très proches et représentent les taux les plus élevés enregistrés au cours des différentes sessions. Les taux d'observations sont les plus bas pour les sessions d'été (sessions 2 et 3), diminuant jusqu'à 9 fois moins en août (session 3) qu'en avril. Les sessions d'hiver (sessions 4 et 5) présentent des valeurs intermédiaires.

Figure 8. Taux d'observations du marsouin commun relevés au cours de chaque session entre avril 2017 et mai 2018 (nombre d'observations par km de transect).



Les taux d'observations de marsouin commun sont représentés spatialement dans la carte de la figure 9, sur une grille constituée de mailles de 10 x 10 km. Dans chaque maille, le taux d'observations est obtenu en divisant le nombre d'observations situées à l'intérieur de la maille par la longueur de transect en effort d'observation dans cette maille. Les cartes des observations (ponctuelles) pour les autres espèces de mammifères marins sont présentées en annexe 2.

La distribution spatiale des taux d'observations de marsouin commun est variable au cours des six sessions. Les taux les plus élevés ont été observés lors des sessions de printemps, au nord et décentré sur la partie est de la zone d'étude en avril, toujours au nord mais centré sur la zone d'étude (au large de Calais et de Dunkerque) en mai. Les taux observés en hiver (décembre et mars) les plus élevés semblent plus côtiers que sur le reste de l'année. D'une manière générale les taux d'observations relevés dans un périmètre de 20 milles nautique autour du projet de parc sont élevés en dehors de la session de plein été.

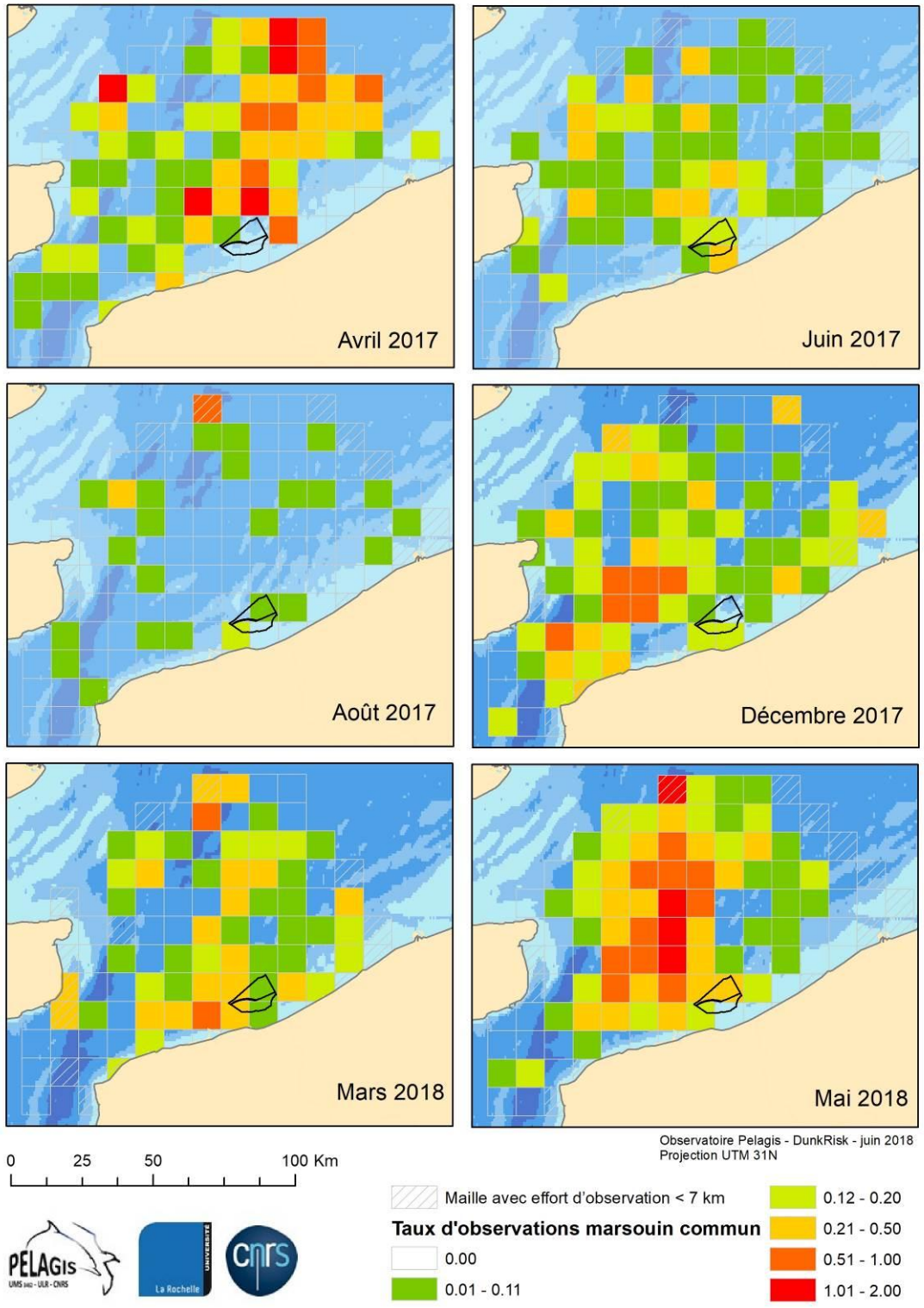


Figure 9. Cartes des taux d'observations de marsouin commun relevés au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans un maillage de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.

4.3 OBSERVATIONS D'OISEAUX MARINS

Le nombre d'observations d'oiseaux marins collectées sur l'ensemble des 6 sessions s'élève à 6 802 observations pour un total de 18 562 individus observés (Tableau 6). Le nombre d'observations par session est variable, il atteint son maximum au cours des sessions d'hiver (session 4 et 5, de décembre et mars) et son minimum au cours de la session d'été (session 3, août). Depuis l'avion l'identification des oiseaux marins est difficile pour plusieurs espèces, ce qui oblige parfois à se limiter au genre, à la famille (ou sous famille) ou encore à des groupes composés sur critères morphologique (couleur, forme, taille) par exemple les goélands « noirs » (Tableau 5). Sur le plan de la diversité, 20 taxons ont donc été relevés au cours des 6 sessions, dont 12 au niveau de l'espèce, 6 au niveau du genre et 2 au niveau de la famille.

Groupes / familles	Espèce (nom latin)
Alcidé ind.	*Alca torda / Uria aalge / Fratercula arctica*
Grand goéland ind.	*Larus marinus / L. fuscus / L. argentatus / L. michahellis*
"Grand goéland gris"	*Larus argentatus / L. michahellis*
"Grand goéland noir"	*Larus marinus / L. fuscus*
Mouette ind.	*Rissa tridactyla / L. ridibundus / L. melanocephalus / L. minutus*
Sterne ind.	*Sterna hirundo / S. paradisaea / S. sandvicensis / S. albifrons*
Petit labbe ind.	*Stercorarius parasiticus / S. pomarinus / S.longicaudus*
Petit puffin ind.	*Puffinus puffinus / P. mauretanicus*
Océanite ind.	*Hydrobates pelagicus / Oceanodroma leucorhoa*
Cormoran ind.	*Phalacrocorax aristotelis / P. carbo*
Plongeon ind.	*Gavia stellata / G. arctica / G. immer*
Anatidé ind.	*Melanitta spp. / Anas spp. / Mergus spp. / Somateria sp. / …*
Macreuse ind.	*Melanitta nigra / M. fusca*
Grèbe ind.	*Podiceps cristatus / P. grisegena / P. auritus / P. nigricollis*
Harle ind.	*Mergus serrator / M. merganser*

Tableau 5. Liste des groupes et familles d'espèces appliquées pour les oiseaux marins observés lors de la campagne LEDKOA.

La diversité taxonomique par session varie entre 16 taxons observés en hiver (session 4 et 5) et 11 observés au printemps (session 6). Sur l'ensemble des sessions 90 % des observations d'oiseaux marins sont réalisés sur 4 groupes : les goélands toutes espèces (22,5%), le fou de bassan (21%), la mouette tridactyle (20,5%), les alcidés (18%) ainsi que les sternes (9%).

Le taux d'observations global d'oiseaux marins décroît au cours des 3 premières sessions de 2017, du printemps vers l'été, et double lors des sessions suivantes en hiver (Figure 10) pour décroître de nouveau au printemps 2018.

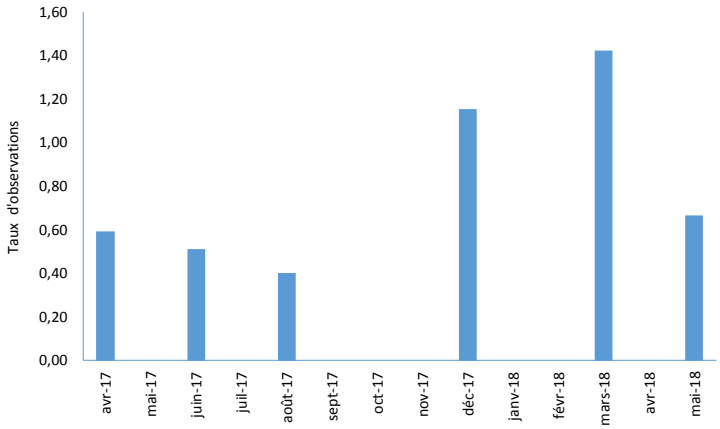


Figure 10. Taux d'observations d'oiseaux marins (toutes espèces confondues) par session (nombre d'observations par km)

Tableau 6. Observations d'oiseaux marins réalisées en effort d'observation (nombre d'observations : N obs. et nombre d'individus : N ind).

Espèce	Nom scientifique	Groupe	Session 1 avr-17		Session 2 juin-17		Session 3 août-17		Session 4 déc-17		Session 5 mars-18		Session 6 mai-18		Total observations	*Total individus*
			Nbr. d'obs.	*Nbr. d'ind.*	**Nbr. d'obs.**	*Nbr. d'ind.*	**Nbr. d'obs.**	*Nbr. d'ind.*	**Nbr. d'obs.**	*Nbr. d'ind.*	**Nbr. d'obs.**	*Nbr. d'ind.*	**Nbr. d'obs.**	*Nbr. d'ind.*		
Alcidé ind.	*Alcidae*	Alcidé	**146**	*329*	**4**	*5*	**1**	*2*	**283**	*685*	**698**	*1 755*	**86**	*199*	**1 218**	*2 975*
Fou de Bassan	*Morus bassanus*	Fou	**120**	*205*	**179**	*281*	**180**	*297*	**363**	*577*	**457**	*1 734*	**122**	*193*	**1 421**	*3 287*
Fulmar boréal	*Fulmarus glacialis*	Fulmar	**63**	*91*	**21**	*37*	**9**	*9*	**31**	*41*	**27**	*44*	**35**	*47*	**186**	*269*
Laridé ind.	*Laridae*	Laridé	**2**	*70*	**6**	*17*	**1**	*1*	**1**	*200*	**0**	*0*	**9**	*28*	**19**	*316*
Grand Goéland ind.	*Laridae*	Goéland	**36**	*376*	**73**	*1 852*	**75**	*820*	**45**	*173*	**37**	*434*	**100**	*292*	**366**	*3 947*
Goéland gris ind.	*Larus argentatus / michahellis*	Goéland	**142**	*197*	**185**	*323*	**58**	*91*	**81**	*292*	**63**	*88*	**80**	*128*	**609**	*1 119*
Goéland cendré	*Larus canus*	Goéland	**1**	*1*	**0**	*0*	**0**	*0*	**4**	*4*	**5**	*5*	**1**	*1*	**11**	*11*
Goéland noir ind.	*Larus fuscus / maritimus*	Goéland	**45**	*48*	**40**	*65*	**4**	*4*	**20**	*61*	**49**	*732*	**18**	*30*	**176**	*940*
Goéland brun	*Larus fuscus*	Goéland	**3**	*3*	**54**	*57*	**55**	*64*	**6**	*6*	**20**	*25*	**29**	*30*	**167**	*185*
Goéland marin	*Larus marinus*	Goéland	**4**	*5*	**10**	*11*	**7**	*7*	**139**	*278*	**38**	*52*	**2**	*2*	**200**	*355*
Mouette ind.	*Laridae*	Mouette	**130**	*350*	**20**	*81*	**19**	*52*	**11**	*14*	**7**	*27*	**20**	*42*	**207**	*566*
Mouette tridactyle	*Rissa tridactyla*	Mouette	**110**	*245*	**107**	*194*	**64**	*92*	**642**	*1 079*	**310**	*507*	**152**	*305*	**1 385**	*2 422*
Mouette rieuse	*Larus ridibundus*	Mouette	**2**	*3*	**1**	*1*	**1**	*1*	**3**	*3*	**4**	*5*	**3**	*5*	**14**	*18*
Mouette mélanocephale	*Larus melanocephalus*	Mouette	**0**	*0*	**0**	*0*	**3**	*7*	**3**	*8*	**1**	*1*	**0**	*0*	**7**	*16*
Mouette pygmée	*Larus minutus*	Mouette	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**1**	*3*	**1**	*3*
Sterne ind.	*Sterna sp.*	Sterne	**71**	*144*	**50**	*99*	**118**	*280*	**12**	*19*	**12**	*17*	**337**	*831*	**600**	*1 390*
Grand labbe	*Catharacta skua*	Labbe	**6**	*6*	**0**	*0*	**5**	*5*	**10**	*12*	**1**	*1*	**2**	*2*	**24**	*26*
Petit labbe ind.	*Stercorarius sp.*	Labbe	**4**	*4*	**0**	*0*	**0**	*0*	**2**	*2*	**1**	*2*	**0**	*0*	**7**	*8*
Petit Puffin ind.	*Puffinus sp.*	Puffin	**0**	*0*	**1**	*1*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**1**	*1*
Océanite ind.	*Hydrobatidae*	Océanite	**1**	*1*	**2**	*2*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**3**	*3*
Cormoran ind.	*Phalacrocorax sp.*	Cormoran	**10**	*13*	**30**	*39*	**8**	*13*	**0**	*0*	**6**	*27*	**19**	*22*	**73**	*114*
Grand cormoran	*Phalacrocorax carbo*	Cormoran	**0**	*0*	**0**	*0*	**7**	*9*	**22**	*26*	**32**	*46*	**0**	*0*	**61**	*81*
Plongeon ind.	*Gavia sp.*	Gaviidé	**7**	*39*	**0**	*0*	**0**	*0*	**6**	*6*	**10**	*24*	**0**	*0*	**23**	*69*
Grèbe ind.	*Podiceps sp.*	Grèbe	**1**	*1*	**0**	*0*	**1**	*1*	**1**	*2*	**3**	*18*	**0**	*0*	**6**	*22*
Grèbe huppé	*Podiceps cristatus*	Grèbe	**0**	*0*	**1**	*1*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**1**	*1*
Anatidé ind.	*Anatidae*	Anatidé	**0**	*0*	**1**	*4*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**1**	*4*
Macreuse ind.	*Melanitta sp.*	Anatidé	**3**	*221*	**0**	*0*	**1**	*100*	**4**	*16*	**6**	*76*	**0**	*0*	**14**	*413*
Harle ind.	*Mergus sp.*	Anatidé	**0**	*0*	**0**	*0*	**0**	*0*	**1**	*1*	**0**	*0*	**0**	*0*	**1**	*1*
	Total		**907**	*2 352*	**785**	*3 070*	**617**	*1 855*	**1 690**	*3 505*	**1 787**	*5 620*	**1 016**	*2 160*	**6 802**	*18 562*

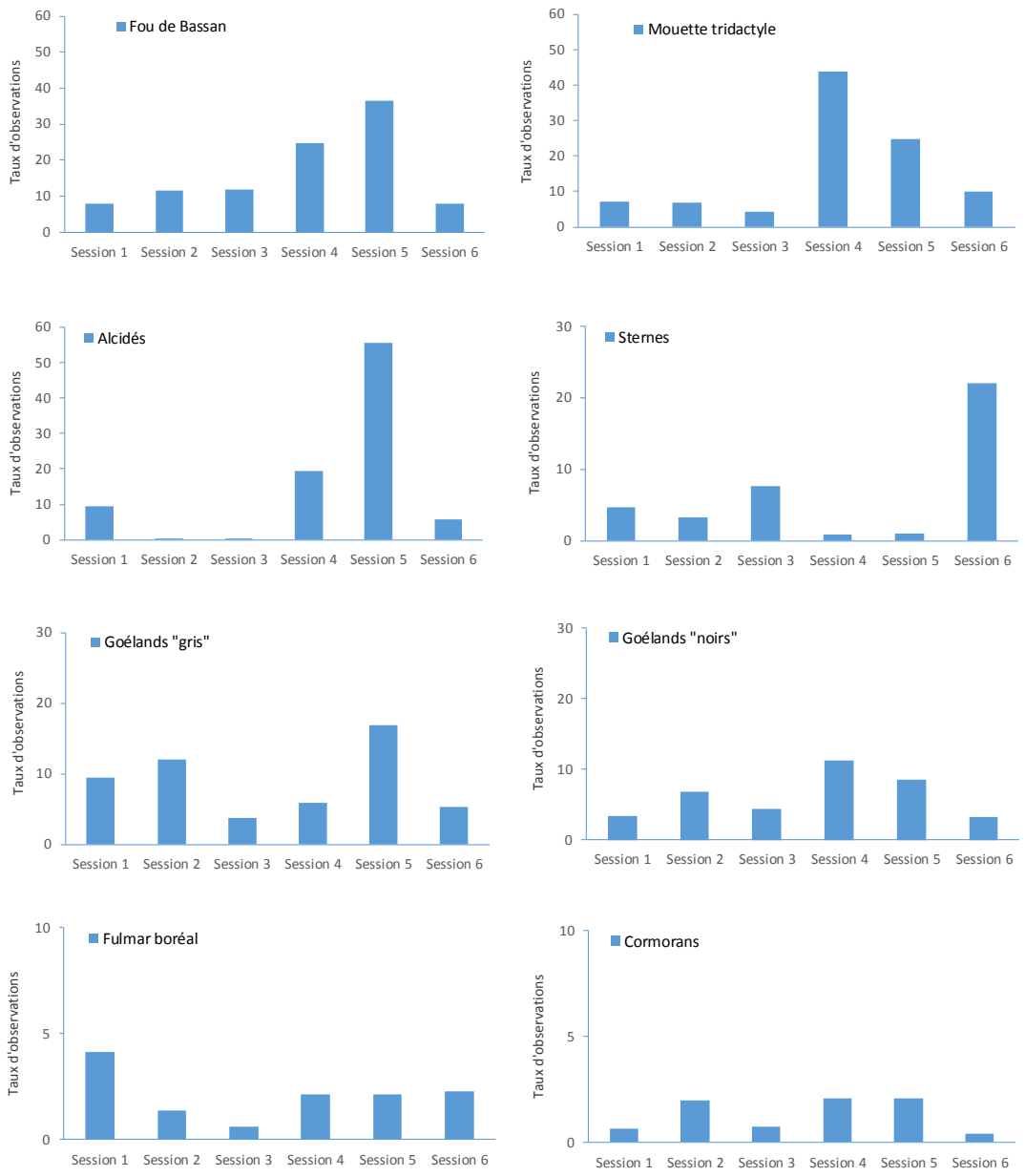


Figure 11. Taux d'observations par sessions pour les 8 principaux taxons/groupes d'oiseaux marins (session 1 : avril 17, session 2 : juin 17, session 3 : août 17, session 4 : décembre 17, session 5 : mars 18 et session 6 : mai 18).

Les taux d'observation par session et par groupes d'espèces révèlent des variations plus ou moins importantes en fonction des espèces ou groupes d'espèces (Figure 11). Le fou de Bassan et la mouette tridactyle sont présents sur l'ensemble des sessions avec des taux 5 fois plus élevés en hiver qu'au printemps pour le fou de Bassan et 10 fois plus élevés en hiver qu'en été pour la mouette tridactyle. La saisonnalité est encore plus marquée pour les alcidés en hiver et pour les sternes au printemps en mai (session 6). Pour les goélands, le fulmar boréal et les cormorans les variations sont plus faibles et ne semblent pas révéler de saisonnalité très marquée en dehors de taux moins élevés lors de la session d'été.

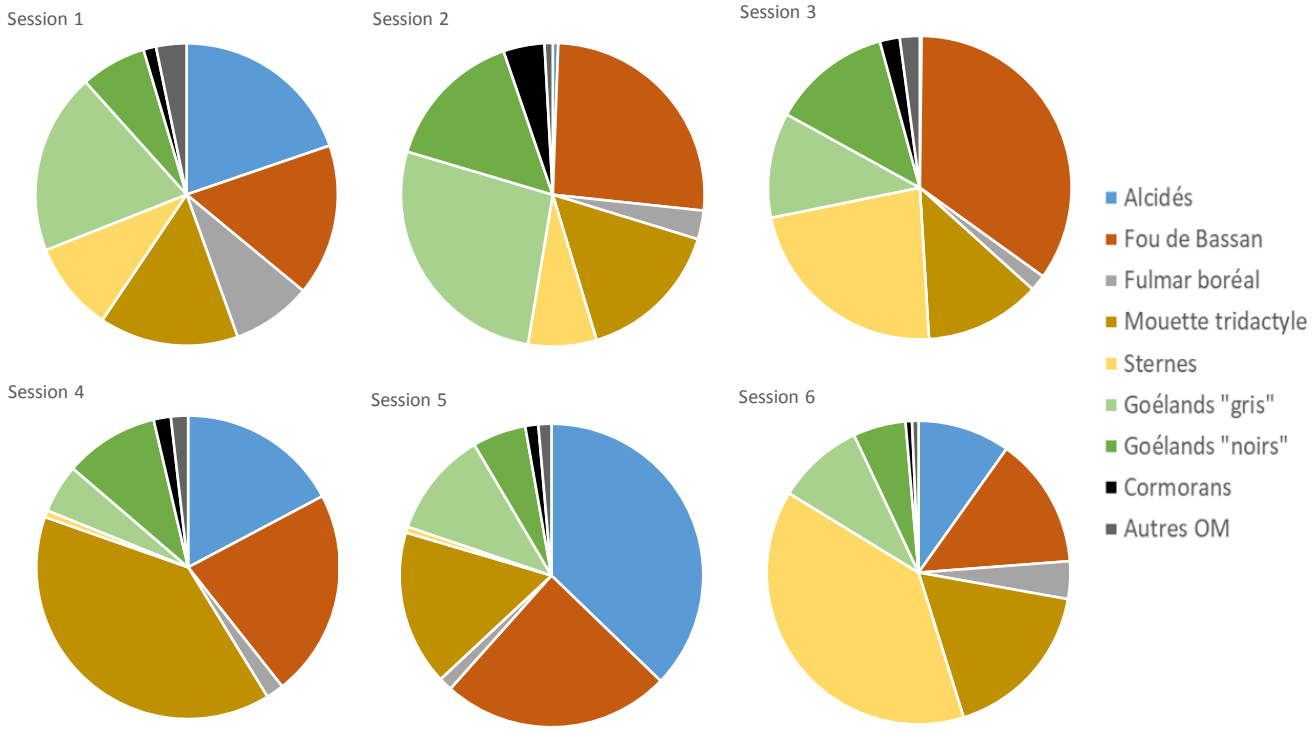


Figure 12. Composition taxonomique des observations d'oiseaux marins en fonction des sessions (session 1 : avril 17, session 2 : juin 17, session 3 : août 17, session 4 : décembre 17, session 5 : mars 18 et session 6 : mai 18).

Comme les taux d'observations par espèce ou par groupe d'espèces ne suivent pas tous le même profil interannuel, la composition taxonomique des observations change au cours des sessions (Figure 12). La session 1 réalisée en avril semble présenter la composition la plus équilibrée. Les sessions d'hiver sont dominées par la mouette tridactyle (session 4, décembre) et les alcidés (session 5, mars). Les alcidés sont néanmoins complètement absents des sessions d'été (session 2 et 3, juin et août) et les sternes absentes des sessions d'hiver (session 4 et 5, décembre et mars), alors que la session 6 réalisée début mai est très largement dominée par les sternes.

Les cartes de distribution des taux d'observation sont données ici pour 2 espèces: le fou de Bassan, la mouette tridactyle, et 2 groupes taxonomiques : les alcidés et les sternes (Figure 13 à 16). Les cartes pour les autres espèces et groupes d'espèces sont présentées en annexe 2.

De manière générale, les oiseaux marins sont omniprésents sur la zone d'étude, notamment le fou de Bassan et la mouette tridactyle (Figure 13 et 14). Le fou de Bassan occupe en effet une grande partie de la zone d'étude tout au long de l'année, hormis les eaux côtières où les taux d'observations sont plus faibles. Les taux les plus élevés sont observés en hiver avec une distribution centrée sur le milieu du détroit en décembre et une distribution plus étendue mais toujours centrée sur la zone d'étude en mars. La distribution des taux d'observation pour la mouette tridactyle est relativement similaire à celle du fou de Bassan avec toutefois une distribution encore plus étendue, notamment vers le nord-est (en remontant vers la Mer du Nord).

Les alcidés montrent également une distribution spatiale étendue avec toutefois des taux d'observations plus élevés vers le large qu'en zone côtière et surtout une saisonnalité très marquée en hiver. A l'inverse, les sternes

présentent une distribution très côtière au cours de l'été (juin et août) alors qu'au mois de mai la distribution est beaucoup plus étendue avec des taux d'observations élevés aussi bien en zone côtière qu'au large.

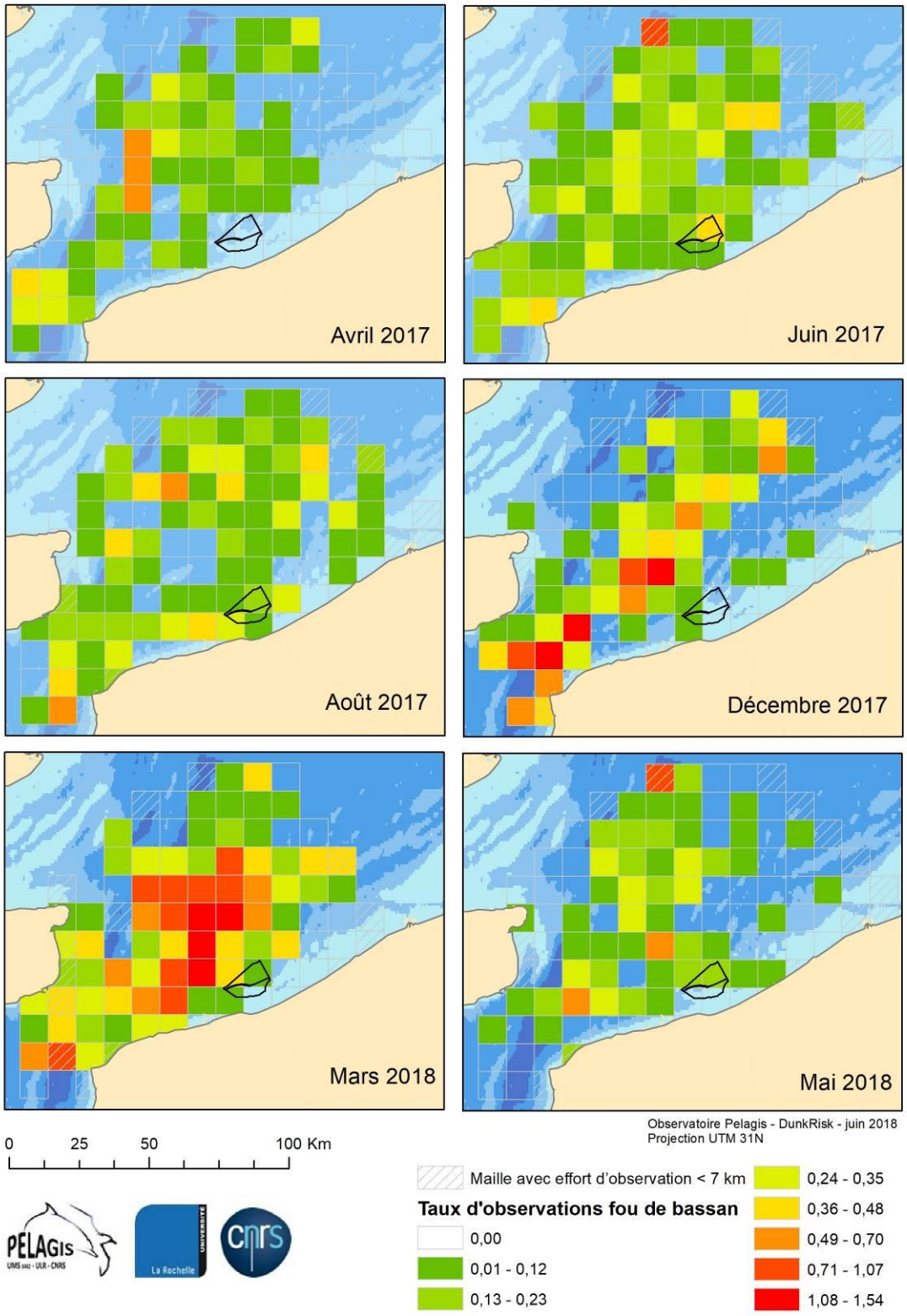


Figure 13. Cartes des taux d'observations de fou de Bassan au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans un maillage de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.

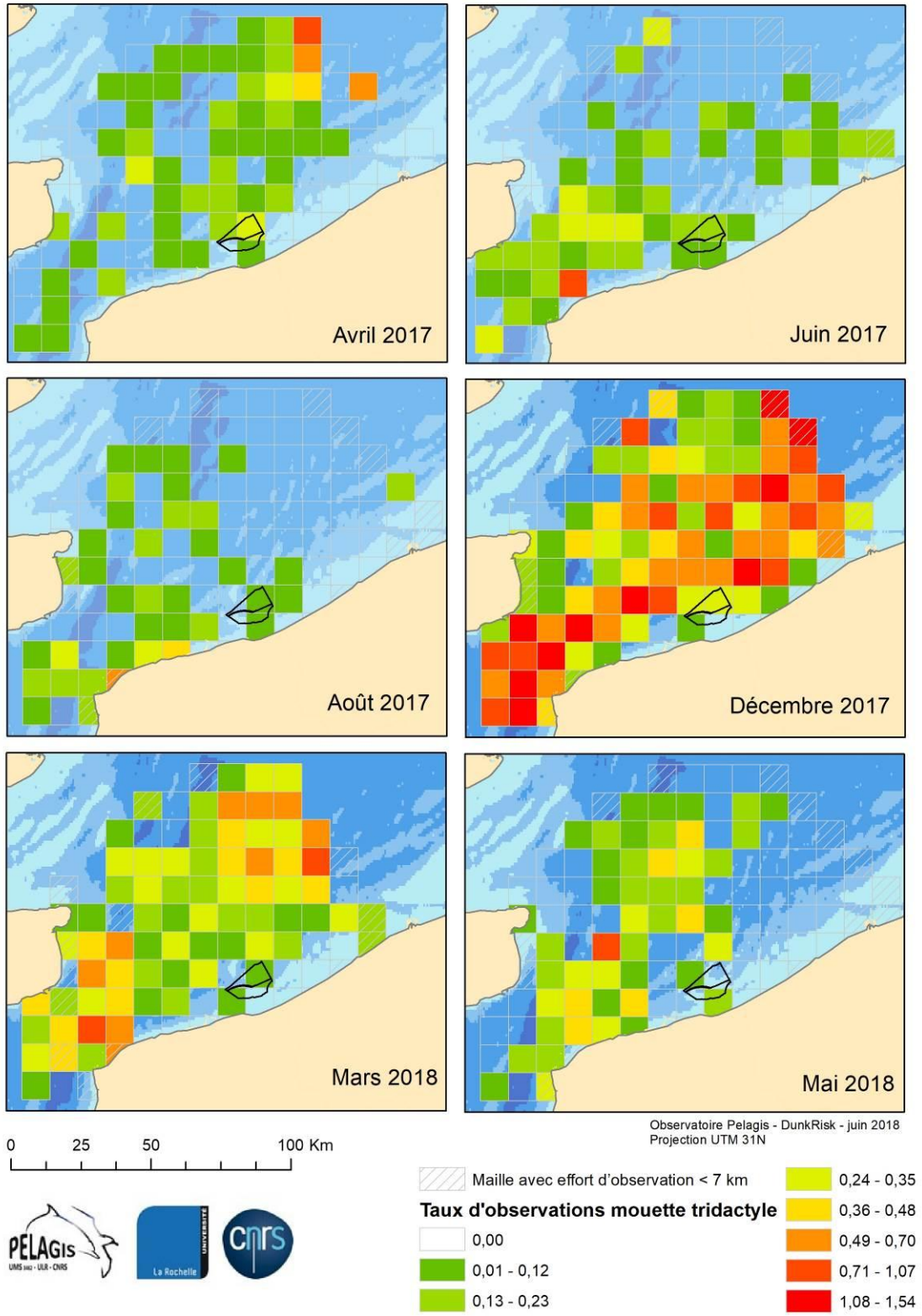


Figure 14. Cartes des taux d'observations de mouette tridactyle au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans un maillage de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.

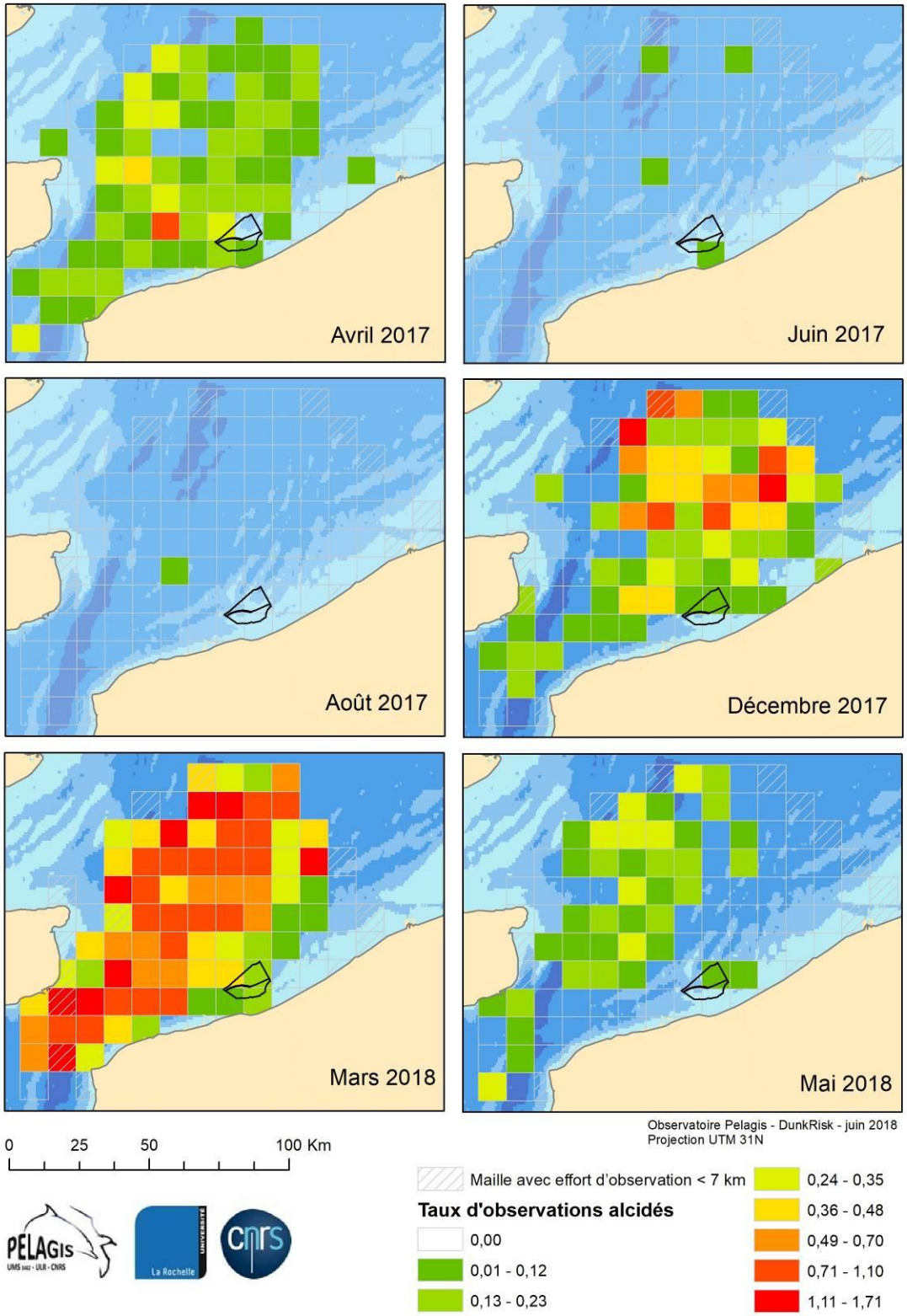


Figure 15. Cartes des taux d'observations d'alcidés au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans un maillage de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.

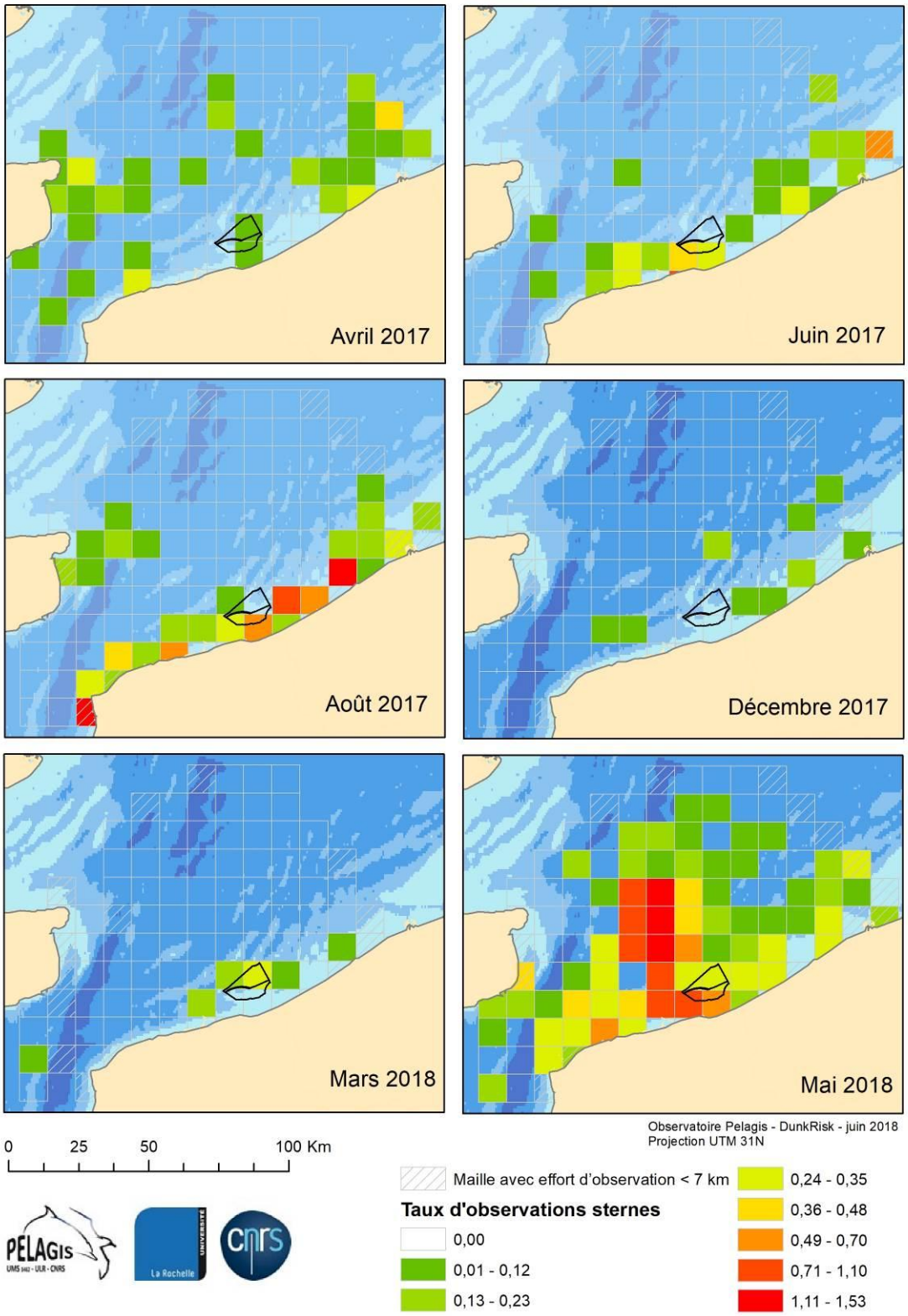


Figure 16. Cartes des taux d'observations de sternes au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans un maillage de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.

4.4 ACTIVITES HUMAINES

Les indices d'activités humaines relevés sont classés en deux principales catégories (Tableau 7) : le trafic maritime (pêche, plaisance, commerce, etc.) et les déchets (déchets de pêche, déchets plastiques et divers).

Concernant l'activité de pêche (Figure 17), les indices relevés sont la présence des bateaux, les déchets de pêches (morceaux de filets et bouts principalement), et également les bouées matérialisant des engins de pêche « dormants » (filets et casiers). Le nombre de bouées de pêche observées est plus élevé au cours des sessions de printemps et d'été (sessions 1, 2, 3 et 6) ce qui est également le cas pour les déchets de pêche.

Concernant les activités récréatives, le nombre total de navires de plaisance à voile et celui de navires à moteur sont similaires et leur présence en mer est variable au cours des 6 sessions avec un nombre plus élevé au printemps et en été.

La présence des navires de commerce sur la zone au cours de sessions a également été relevée. Néanmoins pour décrire l'activité de transport maritime les données AIS sont plus pertinentes.

Des déchets ont été observés dans toute la zone d'étude avec des taux de détection variables d'une session à l'autre (Figure 18). Le nombre de déchets relevé est élevé au printemps et en début d'été (sessions 1, 2 et 6), et plus réduit au cours de la session de plein été et des deux sessions d'hiver. Cette différence n'est pour le moment pas interprétée. Mais, le brassage des masses d'eau, en raison des conditions météorologiques les jours qui précédent les sessions de vol, joue probablement sur la présence en surface des déchets et donc leur détectabilité.

Tableau 7. Indices d'activités humaines relevées en effort d'observation par grande catégorie : bateaux et déchets (nombre d'observations).

	Catégorie/type	Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Session 5	Session 6	**Total**
Bateaux	Bateau non identifié	7	2	1	0	0	0	10
	Bateau état/océano/service	3	10	7	6	1	7	34
	Bateau de pêche	7	10	17	8	5	6	53
	Bateau de plaisance à voile	5	17	17	2	2	19	62
	Bateau plaisance moteur	2	22	26	0	0	12	62
	Bateau de commerce	24	31	24	21	14	17	131
	Ferry	1	3	0	0	0	2	6
Dechets	Déchets	574	585	254	61	144	511	2129
	Déchets de pêche	52	31	23	2	3	23	134
	Pollution (hydrocarbure)	0	0	6	1	1	1	9
	Bouées de pêche	27	48	32	5	8	51	171

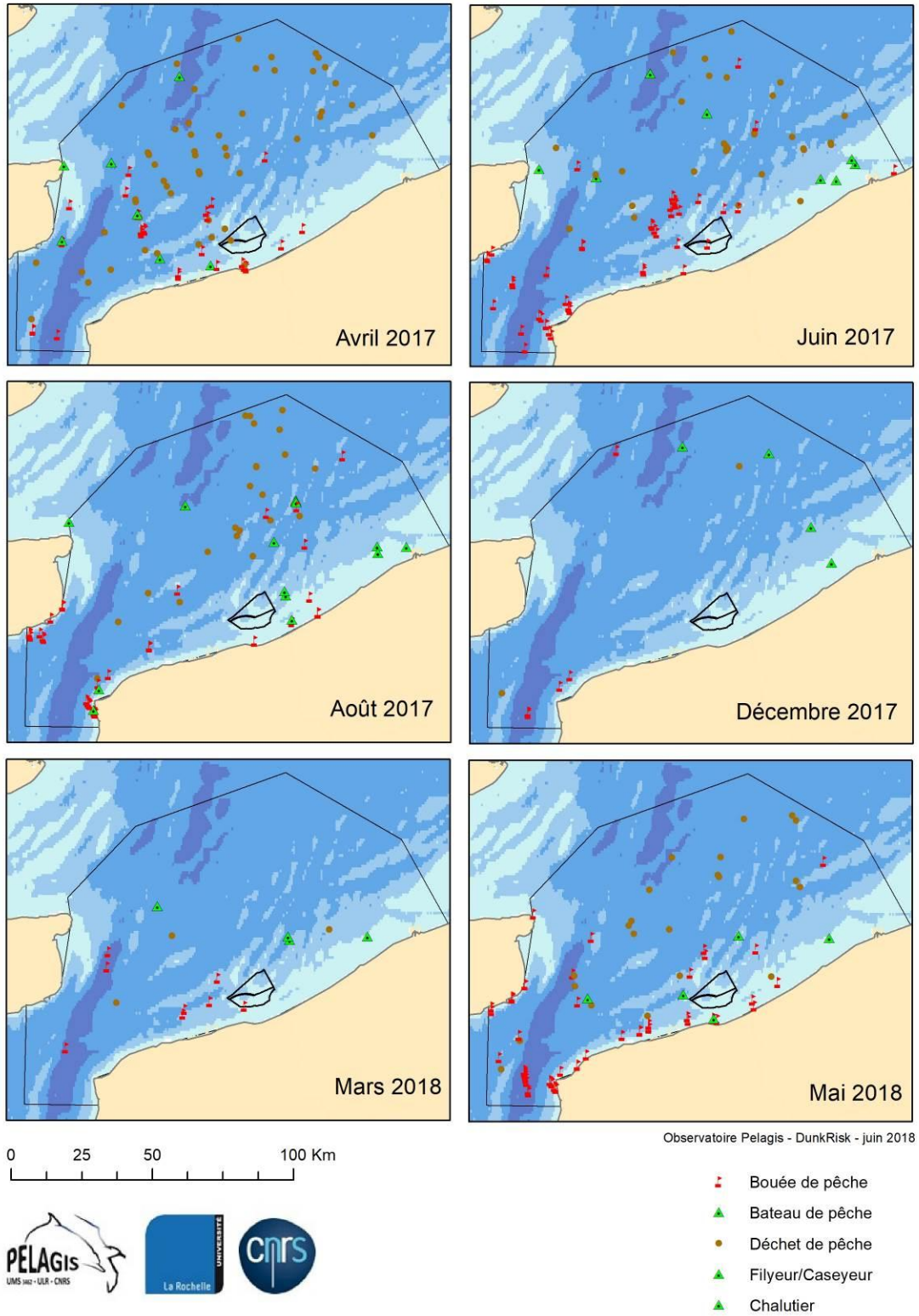


Figure 17. Cartes des indices d'activité humaine liés à la pêche relevés au cours des six sessions.

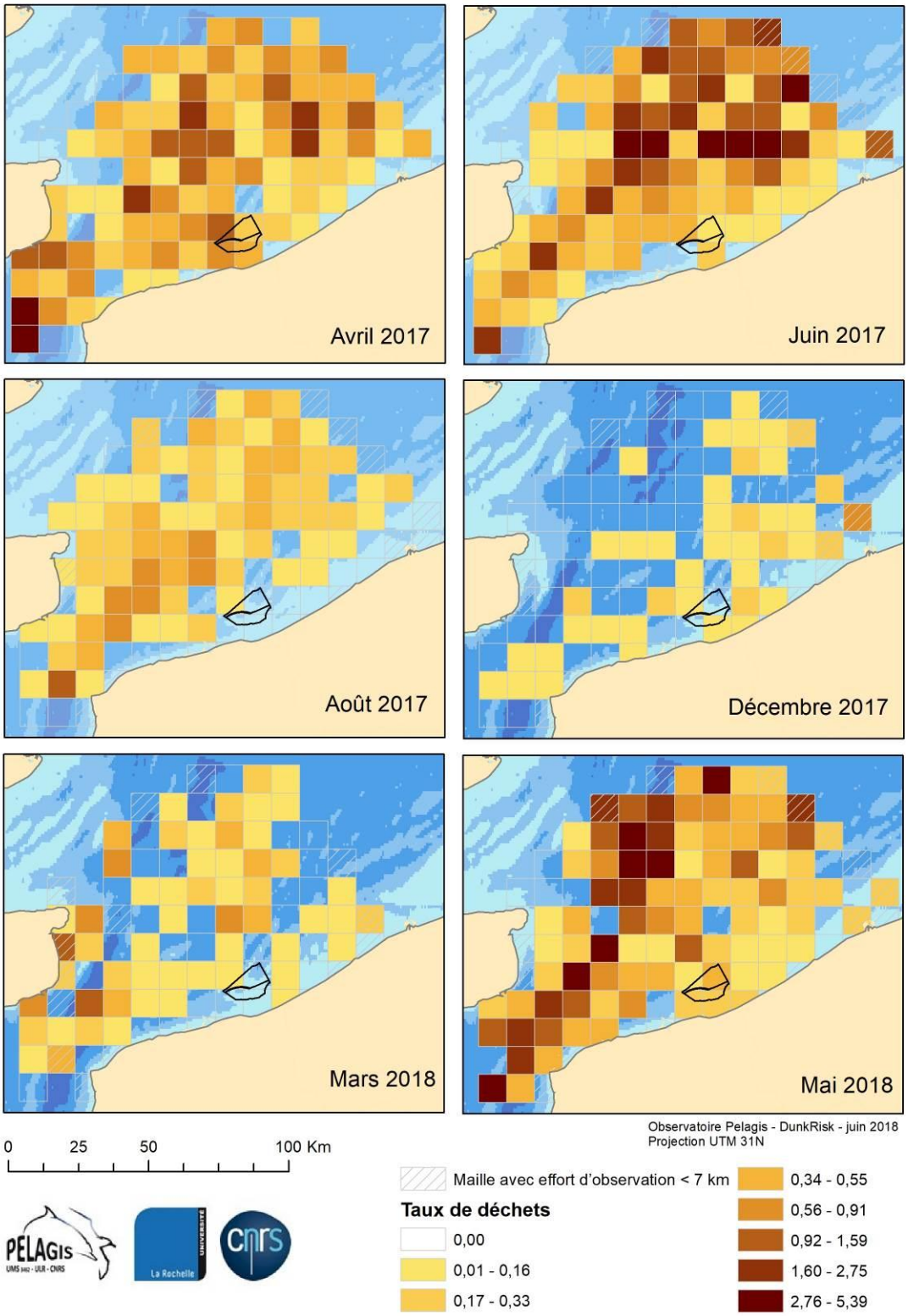


Figure 18. Cartes des taux d'observation de déchets au cours des six sessions (nombre de déchets par km dans un maillage de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.

4.5 AUTRES OBSERVATIONS

Autres espèces de la mégafaune marine

Parmi les autres espèces marines, une seule observation de poisson lune (*Mola mola*) a été relevée au cours de la session d'avril 2017 dans le milieu du détroit au large du Cap Gris-Nez et dans le même secteur au cours de la session de mai 2018 un requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*) a également été observé.

Phoques sur les bancs de Goodwin

Les bancs de Goodwin sont des bancs sableux situés à 25 milles nautiques au nord-ouest du projet de parc éolien et à 10 km de la côte anglaise au large de la ville de Deal dans le Kent. Ils sont connus pour accueillir une importante colonie de phoques (gris et veau-marin) mais les opportunités de comptage sont assez rares en raison de leur accessibilité. Au cours de la campagne LEDKOA le plan d'échantillonnage traversait ces bancs, ainsi l'échantillonnage a été momentanément interrompu et des photographies de la colonie de phoques ont été prises au cours de chacune des sessions afin de pouvoir a posteriori établir un comptage des individus présents (plusieurs centaines d'individus, Figure 19).

Figure 19 : Colonie de phoques sur les bancs de Goodwin.

Phytoplancton

Au cours de la session de mai 2018 (session 6), de grandes trainées « d'écume » probablement des blooms de phytoplancton marin ont été observés sur une très grande partie de la zone d'étude. Cette spectaculaire prolifération laissait apparaitre en surface des patches et des lignes blanches de plusieurs dizaines de km. Il semblerait qu'il s'agisse du plancton végétal marin connu sous le nom de Phaeocystis. La partie nord-est de la zone d'étude était la plus concernée par ces efflorescences.

Figure 20 : Probables efflorescences de Phaeocystis observées lors de la session de mai 2018.

5. BILAN DE LA CAMPAGNE ET PREMIERS ELEMENTS DE DISCUSSION

5.1 BILAN OPERATIONNEL

La campagne LEDKOA a été conduite au large de Dunkerque entre avril 2017 et mai 2018. La mise en œuvre des sessions de survol a connu des contraintes au début, impactant sa préparation et retardant son démarrage initialement prévu en janvier 2017.

La ventilation des sessions au cours de l'année et donc des saisons a connu aussi des difficultés, faute de synchronisation entre la disponibilité de l'avion, des observateurs et les créneaux météorologiques. En effet, les campagnes d'observations aériennes sont très exigeantes sur les conditions de vent en surface et la zone est bien connue pour être venteuse tout au long de l'année. Cette ventilation a conduit à la réalisation de deux sessions au printemps, deux sessions en hiver, deux sessions en été et malheureusement aucune session en automne (c'est-à-dire entre septembre et novembre).

Les choix portés sur le type d'avion, les équipements et la base à terre se sont avérés adaptés pour cette campagne. Le nombre d'heures de vol prévu a été respecté et a permis de couvrir le plan d'échantillonnage comme prévu. Le plan d'échantillonnage a été réalisé six fois dans sa quasi-totalité avec des conditions de mer favorables pour la détection des petits cétacés tels que le marsouin commun. Il n'y a pas eu non plus de contraintes avec le survol des zones réglementées. Tout au plus, le survol de certains parcs éoliens en mer a obligé à augmenter temporairement l'altitude de l'avion (de 600 à 700 pieds).

Le nombre de jours de terrain pour collecter les données peut paraître réduit (13 jours sur l'année) dans la mise en œuvre globale de ce type de campagne, néanmoins la mobilisation effective de l'équipe d'observateurs était de 25 jours. A cette mobilisation s'ajoutent 2 jours de travail en moyenne par session pour la validation et la consolidation des données. Enfin, ce type de campagne demande à ce qu'un agent soit de permanence, pour étudier les prévisions météorologiques et anticiper le déclenchement des sessions, environ 6 mois de l'année. On ne parle ici que de la réalisation des sessions de survol et non du traitement des données.

Signalons que, au cours de la session 3 (août 2017), un survol avec caméra vidéo digitale a été réalisé de manière simultanée au survol LEDKOA avec observateurs. Ce survol avec caméra a été réalisé à partir d'un autre aéronef par la société Sinay. Les résultats devraient être bientôt disponibles.

5.2 BILAN DES OBSERVATIONS

Cette étude apporte un nouveau jeu de données conséquent sur les marsouins communs et les oiseaux marins de la zone élargie du détroit du Pas-de-Calais et des bancs des Flandres. Il permet notamment de mettre en évidence les variabilités intra-annuelles de distributions dans une zone présentant de fortes densités pour ces espèces (Laran et al. 2017, Pettex et al. 2017) et particulièrement anthropisée.

En effet, les sessions de survols ont couvert plusieurs parcs éoliens offshore existants : celui de Thanet au large de la pointe est du Kent (Angleterre) et ceux du banc de Thornton et autres parcs au nord-ouest, à la limite des eaux belges et néerlandaises (Birchenough et al. 2012). Les survols ont traversé également le rail du détroit du Pas-de-Calais, route maritime quotidiennement empruntée par plus de 400 navires commerciaux (soit 1/4 du trafic mondial) auxquels s'ajoutent des dizaines de ferries, ainsi que de nombreux navires de pêche et de plaisance.

Pour la partie française de la région d'étude, de nombreux suivis sont déjà opérationnels, mais la plupart sont réalisés depuis la côte, que ce soit les comptages d'oiseaux marins en période de migration, le suivi des colonies d'oiseaux marins et de phoques ou encore les échouages d'oiseaux et de mammifères marins. Seules les campagnes SAMM eaux françaises (Programme d'Acquisition de Connaissances sur les Mammifères et Oiseaux Marins, piloté et financé par l'AAMP en 2011-12) et SAMM-ME en Manche est (piloté par l'AAMP et financé par la DGEC en 2014), s'appuyant sur la même méthodologie (Figure 21), ont produit des cartes de distribution des densités au large pour le marsouin commun et pour les principaux groupes d'oiseaux marins (Figure 22 et 26). La campagne SAMM a été réalisée sur deux saisons : hiver 2011-2012 et été 2012 et la campagne SAMM Manche est lors de l'hiver 2014 (Ricart et al., 2014). La résolution de leur plan respectif d'échantillonnage est moins élevée que pour la campagne LEDKOA (Figure 21).

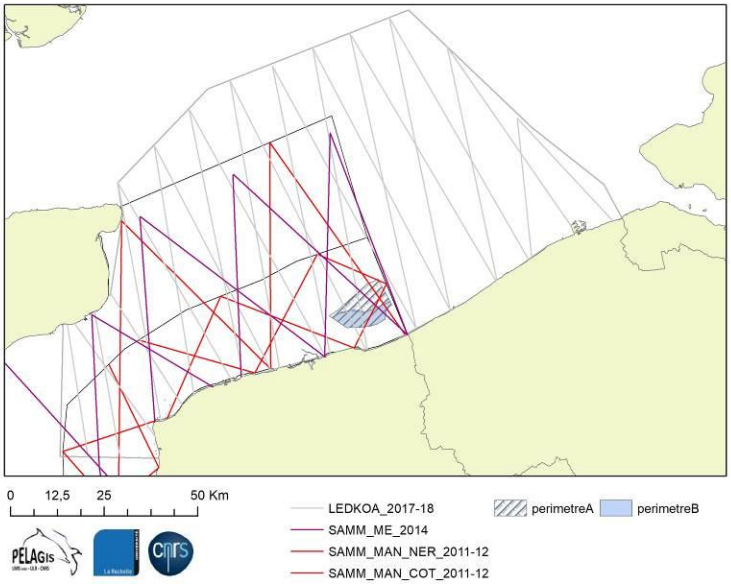


Figure 21 : Comparaison des plans d'échantillonnage réalisés au cours des campagnes SAMM en 2011-12 (transects en rouge), SAMM-ME en 2014 (en violet) et LEDKOA en 2017-18 (en gris). Le périmètre du projet de parc éolien est également localisé (périmètre A et B)

Dans ce rapport, la distribution des prédateurs supérieurs (marsouin commun et oiseaux marins) est représentée et quantifiée tout en tenant compte l'effort d'observation déployé. Ainsi des taux d'observations ont été calculés et cartographiés pour chaque espèce ou regroupement d'espèces.

L'ensemble de la zone couverte pour le suivi aérien présente de fortes densités d'observations que ce soit pour les cétacés (majoritairement marsouin commun) et les oiseaux marins. Egalement, de fortes variations saisonnières d'abondance et de distribution ont été observées que ce soit pour le marsouin commun ou pour les oiseaux marins notamment les alcidés, les sternes, le fou de Bassan et la mouette tridactyle.

Les mammifères marins

Les observations de mammifères marins sont largement dominées par une seule espèce de cétacé, le marsouin commun. De nombreux phoques (phoque gris et phoque veau-marin) sont également connus pour fréquenter la zone, mais les comptages effectués depuis les colonies ou le suivi télémétrique sont des méthodes plus adaptées pour estimer leur abondance et étudier leur distribution spatiale en mer. Néanmoins, les observations de phoques rassemblées au cours de cette campagne aérienne ont été cartographiées et montrent qu'elles sont majoritairement côtières y compris à proximité du projet de parc éolien.

Le marsouin commun est sans aucun doute l'espèce dominante dont l'abondance relative et la distribution spatiale présentent de fortes variations saisonnières. A travers les sessions de survol, sa présence atteint son maximum en avril et mai, avec des taux d'observations dépassant les 20 individus pour 100 km de transects parcourus. Cette zone est connue depuis plusieurs années pour être un point chaud de densité pour l'espèce le long des côtes françaises (Laran et al. 2017 et Lambert et al. 2017, Figure 22), mais également à l'échelle des eaux européennes (programme SCANS, Hammond et al. 2017).

Les investigations réalisées par le *Royal Belgian Institute of Natural Sciences* dans le cadre de la construction des parcs éoliens dans les eaux belges entre 2008 et 2014 ont également mis en évidence ces mouvements saisonniers dans les eaux belges avec une présence marquée entre février et mai, avec un pic en avril, (Haelters et al., 2011 ; Degrear et al., 2012).

Le marsouin commun est une espèce mobile et sa distribution spatiale varie en fonction des saisons. Elle reste toutefois étendue sur la zone d'étude notamment en hiver et au printemps avec des taux d'observations élevés à des distances inférieures à 20 milles nautiques du périmètre du projet de parc éolien.

En attendant les résultats des analyses plus fines, ces premières observations tendent à montrer que la zone du projet de parc éolien et son proche périmètre représentent une zone importante pour le marsouin commun, et quelle que soit la zone définitive retenue il faudra être prudent notamment sur le choix de la période concernant la phase de construction.

Les oiseaux marins

Les données issues des 6 sessions de survols concernent essentiellement 8 espèces et groupes d'espèces. Ces taxons représentent 98,7 % d'oiseaux marins : le fou de Bassan (20,9%), la mouette tridactyle (20,4%), les alcidés (17,9%), les sternes (8,8%), les goélands « gris » (9,0%), les goélands « noirs » (8,0%), le fulmar boréal (2,7%) et les cormorans (2,0%).

Comme déjà évoqué, il n'est pas toujours possible de distinguer certaines espèces d'oiseaux marins depuis l'avion, c'est notamment le cas des alcidés. Le dispositif de suivi « Megascope » (observation de la mégafaune marine depuis les campagnes halieutiques de l'Ifremer) mis en place sur les campagnes halieutiques IBTS (*International Bottom Trawl Survey*) depuis 2007 permet notamment d'obtenir des données plus précises sur

l'identification des espèces d'oiseaux marins présents dans la zone. Par exemple, ces observations réalisées en janvier dans le détroit du Pas-de-Calais montrent que le groupe des alcidés est composé en moyenne de 80 % de guillemot de Troïl et de 20 % de pingouin torda (source Observatoire Pelagis).

Le fou de Bassan, la mouette tridactyle et le les alcidés sont présents en abondance en Manche orientale, essentiellement en hiver. Leur répartition s'étend de la baie de Seine à la baie sud de la Mer du Nord (campagne SAMM, Lambert et al. 2017, Figure 26). Dans cette zone se concentrent également les goélands « noirs » et le fulmar boréal toujours en hiver. La distribution des sternes et celle des goélands « gris » est plus côtière et leurs densités en Manche occidentale plus élevées durant l'été (Figure 26). Les observations issues de la campagne LEDKOA corroborent les résultats de la campagne SAMM (Virgili et al. 2017). Ces premiers résultats sont assez logiques compte-tenu de la phénologie connue des oiseaux marins en Manche-Mer du Nord.

La zone d'étude (incluant le détroit du Pas-de-Calais et les bancs des Flandres) est effectivement connue pour accueillir en hivernage des populations importantes de plusieurs espèces d'oiseaux marins d'intérêt communautaire. Des différences importantes existent entre l'hivernage dans les zones côtières et les secteurs situés au large. La zone est également située sur deux axes de migration majeurs pour les oiseaux marins (Mer Baltique-Atlantique et Mer du Nord-Atlantique). La jonction entre ces deux axes de migration, provoquée par le détroit du Pas-de-Calais génère une exceptionnelle zone de passage pour les oiseaux marins avec des effectifs considérables. Une part significative de ces oiseaux stationne pour se reposer et s'alimenter (Sources : GON, Association Le Clipon et MNHN). Enfin, il s'agirait également d'une zone d'alimentation principale pour les colonies reproductrices de sterne naine, de sterne pierregarin et de sternes caugek (Legroux, 2017) ainsi que de mouette tridactyle.

Les premiers résultats de cette campagne confirment que la zone d'étude représente une zone très importante d'hivernage, pour un grand nombre d'espèces d'oiseaux marins, y compris le périmètre du projet de parc éolien. C'est également une zone importante en été pour les mêmes espèces ainsi que pour d'autres espèces telles que les sternes dont certaines nichent à proximité du site. Par rapport à la connaissance actuelle sur ces espèces, la campagne LEDKOA apporte de nouvelles informations sur le large avec une résolution spatiale et temporelle plus fine que les campagnes précédentes, SAMM notamment.

Perspectives d'analyses de données

Les analyses ultérieures spatialiseront les densités par espèce ou groupes d'espèces, en utilisant des modèles spatialisés pour estimer leur abondance (*Density Surface Modelling*, DSM). Si cela s'avère possible, l'habitat sera aussi modéliser en dehors des périodes de session effective d'observations pour prédire la distribution des espèces. Ces analyses tenteront d'apporter une interprétation quant à la présence des espèces en fonction de la distance au périmètre du projet de parc éolien. Ces résultats d'analyse, une fois couplés à ceux des deux autres campagnes, permettront une meilleure interprétation de la saisonnalité de la mégafaune marine dans la zone envisagée pour l'implantation d'un parc éolien.

REFERENCES

Birchenough, S.N.R., Warr, K., Rumes, B. and Degraer, S. (2012). How does renewable energy production affect aquatic life ? Ecosystem impacts from offshore wind farms: Cross-border overview of lessons learnt from UK and Belgium. ICES CM 2012/O: H.

Bouveroux T. (2014). Coopération transfrontalière pour la conservation à large échelle de la mégafaune marine à partir de plateformes opportunistes dans le nord de l'Europe. XVI sémainire du RNE, Dunkerque 2014.

Buckland, S. T., D. R. Anderson, H. P. Burnham, J. L. Laake, B. D.L., and L. Thomas. (2001). Introduction to distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford.

Camphuysen, C. J., A. D. Fox, M. F. Leopold, and I. Krag Petersen. (2004). Towards standardised seabirds at sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K.

Dean, B. J., A. Webb, C. A. McSorley, and J. B. Reid. (2003). Aerial surveys of UK inshore areas for wintering seaduck, divers and grebes: 2000/01 and 2001/02. JNCC Report n° 333.

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B. (Ed.) (2012). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Heading for an understanding of environmental impacts. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Marine Ecosystem Management Unit: Brussel. 155 + annexes pp.

Hammond, P., Lacey, C., Gilles, A., Viquerat, S., Börjesson, P., Herr, H., Macleod, K., Ridoux, V., Santos, M.B., Scheidat, M., Teilmann, J., Vingada, J., Øien, N. (2017). Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. p. 40 pp.

Haelters, J., Kerckhof, F., G. Jacques, T., Degraer, S. (2011). The harbour porpoise Phocoena phocoena in the Belgian part of the North Sea: Trends in abundance and distribution. Belgian Journal of Zoology. 141.

Laran S., Authie, M., Blanck A., Dorémus G., Falchetto H., Monestiez P., Pettex E., Stephan E., Van Canneyt O., Ridoux V. (2017). Seasonal distribution and abundance of cetaceans within French waters: Part II: The Bay of Biscay and the English Channel. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography

Legroux N. (2017). Recensement des colonies du Nord Pas-de-Calais de la Mouette tridactyle *Rissa tridactyla* au cap Blanc Nez et dans le port de Boulogne-sur-Mer - Saison 2017. Groupe ornithologique et naturaliste du Nord Pas-de-Calais. Réseau Oiseaux, groupe Oiseaux marins. 22 p.

Legroux N. (2017). Recensement des colonies de sternes sur le littoral du Nord Pas-de-Calais - Saison 2017. Groupe ornithologique et naturaliste du Nord Pas-de-Calais. Réseau Oiseaux, groupe Oiseaux marins. 27 p.

Mendel et al. (2016). Study of the possible outcomes of offshore wind parks in the wind cluster north of Helgoland on sea birds and marine mammals" (HELBIRD) – internal results report.

Peltier, H., Baagøe, H.J., Camphuysen, K.C.J., Czeck, R., Dabin, W., Daniel, P., Deaville, R., Haelters, J., Jauniaux, T., Jensen, L.F., Jepson, P.D., Keijl, G.O., Siebert, U., Van Canneyt, O., Ridoux, V. (2013). The stranding anomaly as population indicator: the case of harbour Porpoise Phocoena phocoena in North-Western Europe. PLoS One 8, e62180. doi: http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0062180

Pettex E., Laran S., Authier M., Blanck A., Dorémus G., Falchetto H., Lambert C., Monestiez P., Stephan E., Van Canneyt O., Ridoux V. (2017). Using large-scale surveys to investigate seasonal variations in seabird distribution and abundance. Part II: The Bay of Biscay and the English Channel. Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography.

Ricart A., Pettex E., Dorémus G., Falchetto H., Blanck A. & Ridoux V. (2014). Suivi Aérien de la Mégafaune Marine en Manche Est. – SAMM-ME, Hiver 2014 – Rapport de campagne – Université de La Rochelle, UMS 3462 – 38p.

SAMMOA 1.0.4. Système d'Acquisition des données sur la Mégafaune Marine par Observations Aériennes, logiciel développé par l'UMS 3462 Pelagis et Code Lutin.

Thomas, L., J. L. Laake, S. Strindberg, F. F. Marques, S. T. Buckland, D. L. Borchers, D. R. Anderson, K. P. Burnham, S. L. Hedley, J. H. Pollard, J. R. Bishop, and T. A. Marques. (2006). Distance 5.0. Release 2. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK.

Thomsen, F., Lüdemann, K., Kafemann, R., Piper, W. (2006). Effects of offshore wind noise on marine mammals and fish, biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd.

Tougaard, J. and Teilmann, J. (2005). Effects of the Horns Reef Wind Farm on harbour porpoises. Interim report to Elsam Engineering A/S for the harbour porpoise-monit oring program 2004, 23 p.

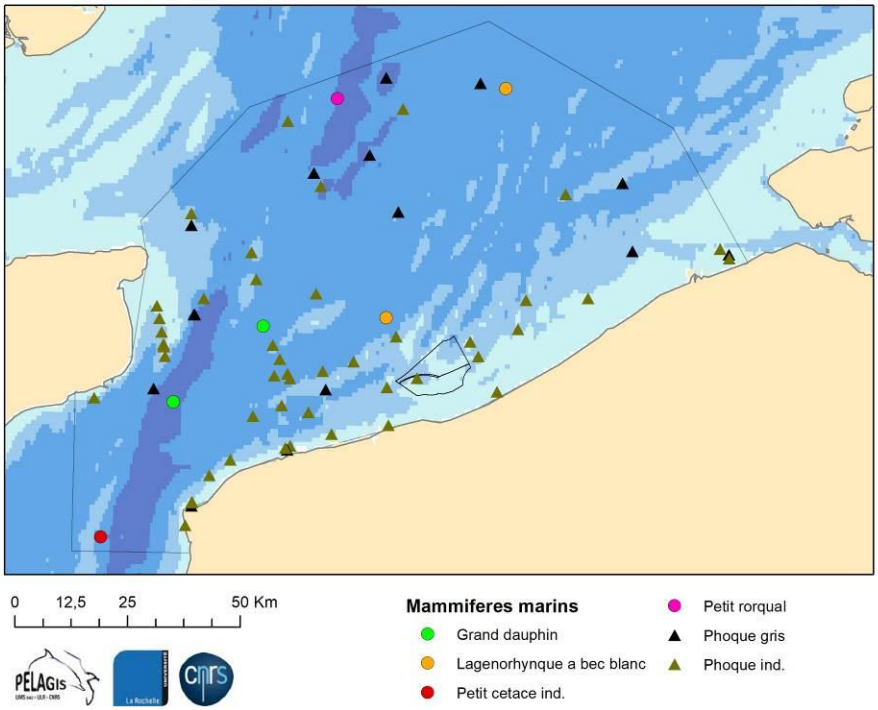
Virgili, A., Lambert, C., Pettex, E., Dorémus, G., Van Canneyt, O., & Ridoux, V. (2017). Predicting seasonal variations in coastal seabird habitats in the English Channel and the Bay of Biscay. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *141*, 212-223.

ANNEXE 1 : COORDONNEES DES TRANSECTS

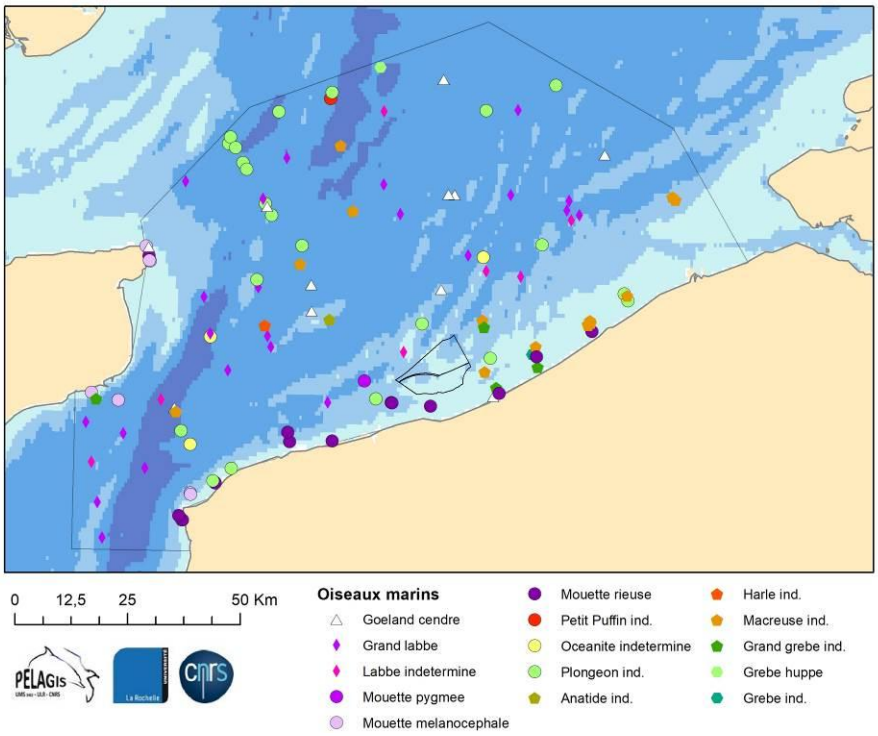
PLAN	TR_ID	Xstart	Ystart	Xend	Yend	Xstart_DDM	Ystart_DDM	Xend_DDM	Yend_DDM	Length (mn)
A	N3/101	3,329806	51,362861	2,962644	51,609937	3° 19.788' E	51° 21.772' N	2° 57.759' E	51° 36.596' N	20,24
A	N3/102	2,962644	51,609937	3,017289	51,274972	2° 57.759' E	51° 36.596' N	3° 1.037' E	51° 16.498' N	20,22
A	N3/103	3,005960	51,269902	2,464581	51,851066	3° 0.358' E	51° 16.194' N	2° 27.875' E	51° 51.064' N	40,36
A	N3/104	2,464581	51,851066	2,706822	51,147335	2° 27.875' E	51° 51.064' N	2° 42.409' E	51° 8.840' N	43,22
A	N3/105	2,706821	51,147335	2,169194	51,776356	2° 42.409' E	51° 8.840' N	2° 10.152' E	51° 46.581' N	42,82
A	N3/106	2,169194	51,776356	2,390691	51,050912	2° 10.152' E	51° 46.581' N	2° 23.442' E	51° 3.055' N	44,35
A	N3/107	2,384780	51,051364	1,851440	51,694019	2° 23.087' E	51° 3.082' N	1° 51.086' E	51° 41.641' N	43,49
A	N3/108	1,851440	51,694019	2,056312	51,005080	1° 51.086' E	51° 41.641' N	2° 3.379' E	51° 0.305' N	42,08
A	N3/109	2,024108	50,999190	1,562216	51,536537	2° 1.447' E	50° 59.951' N	1° 33.733' E	51° 32.192' N	36,66
A	N3/110	1,562216	51,536537	1,733150	50,935330	1° 33.733' E	51° 32.192' N	1° 43.989' E	50° 56.120' N	36,68
A	N3/111	1,687500	50,912500	1,406433	51,177125	1° 41.250' E	50° 54.750' N	1° 24.386' E	51° 10.628' N	19,12
A	N3/112	1,347417	51,130778	1,455646	50,783037	1° 20.845' E	51° 7.847' N	1° 27.339' E	50° 46.982' N	21,28
B	N3/201	3,169300	51,351200	2,690294	51,781392	3° 10.158' E	51° 21.072' N	2° 41.418' E	51° 46.884' N	31,44
B	N3/202	2,690294	51,781392	2,885000	51,220700	2° 41.418' E	51° 46.884' N	2° 53.100' E	51° 13.242' N	34,45
B	N3/203	2,881100	51,218600	2,312428	51,812583	2° 52.866' E	51° 13.116' N	2° 18.746' E	51° 48.755' N	41,55
B	N3/204	2,312428	51,812583	2,576164	51,102780	2° 18.746' E	51° 48.755' N	2° 34.570' E	51° 6.167' N	43,76
B	N3/205	2,576163	51,102780	2,013613	51,731314	2° 34.570' E	51° 6.167' N	2° 0.817' E	51° 43.879' N	43,25
B	N3/206	2,013613	51,731314	2,248355	51,039993	2° 0.817' E	51° 43.879' N	2° 14.901' E	51° 2.400' N	42,44
B	N3/207	2,228620	51,036422	1,693259	51,625565	2° 13.717' E	51° 2.185' N	1° 41.596' E	51° 37.534' N	40,71
B	N3/208	1,693259	51,625565	1,918000	50,984800	1° 41.596' E	51° 37.534' N	1° 55.080' E	50° 59.088' N	39,40
B	N3/209	1,874200	50,974100	1,424989	51,443599	1° 52.452' E	50° 58.446' N	1° 25.499' E	51° 26.616' N	32,90
B	N3/210	1,424989	51,443599	1,608306	50,872861	1° 25.499' E	51° 26.616' N	1° 36.498' E	50° 52.372' N	34,97
B	N3/211	1,588379	50,834435	1,271667	51,102889	1° 35.303' E	50° 50.066' N	1° 16.300' E	51° 6.173' N	20,10
B	N3/212	1,243306	51,099556	1,334286	50,782836	1° 14.598' E	51° 5.973' N	1° 20.057' E	50° 46.970' N	19,33

ANNEXE 2 : CARTES DES OBSERVATIONS PAR SESSION ET GROUPE D'ESPECES

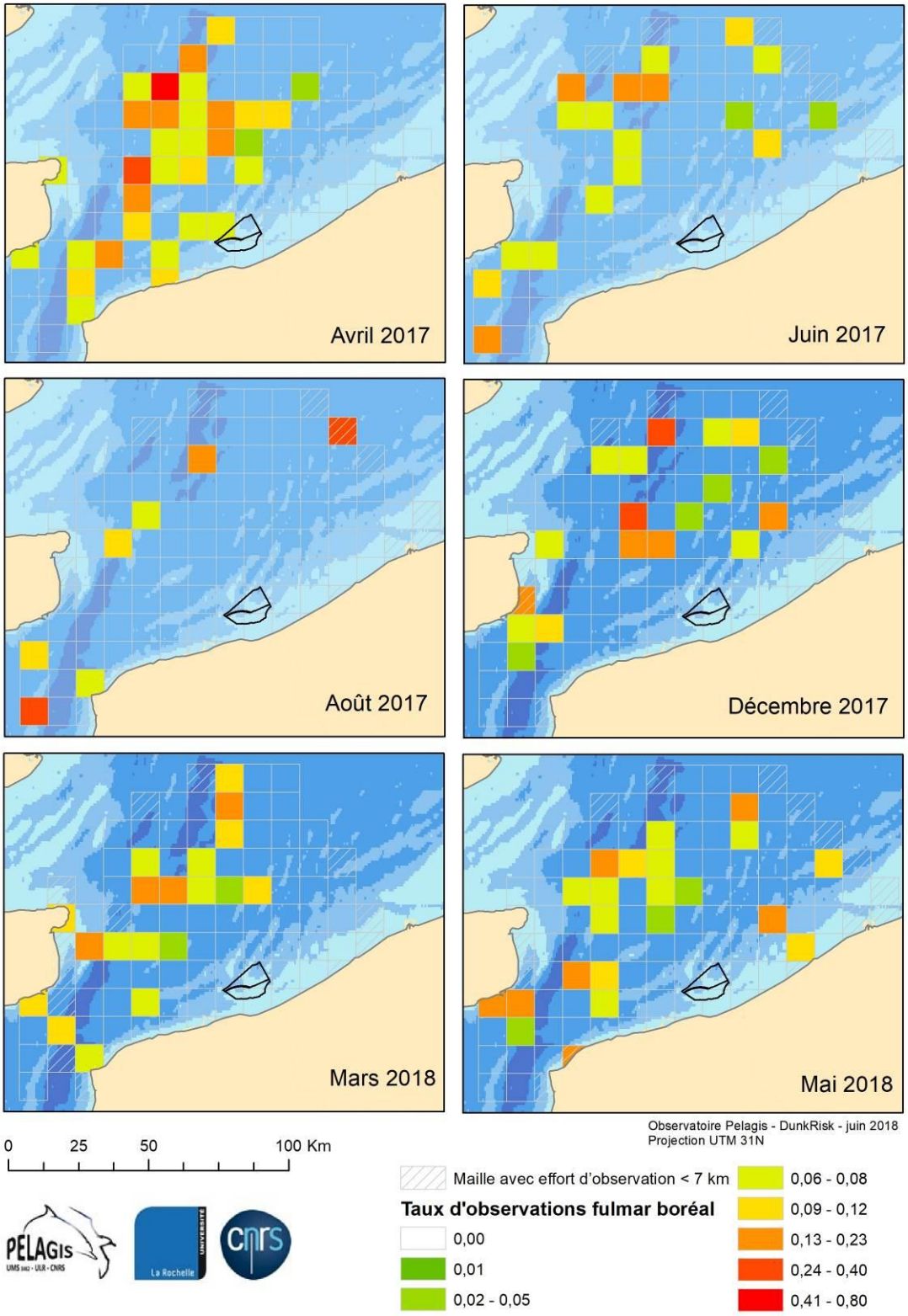
Observations de mammifères marins (toutes sessions, et présentant les espèces autres que le marsouin commun).



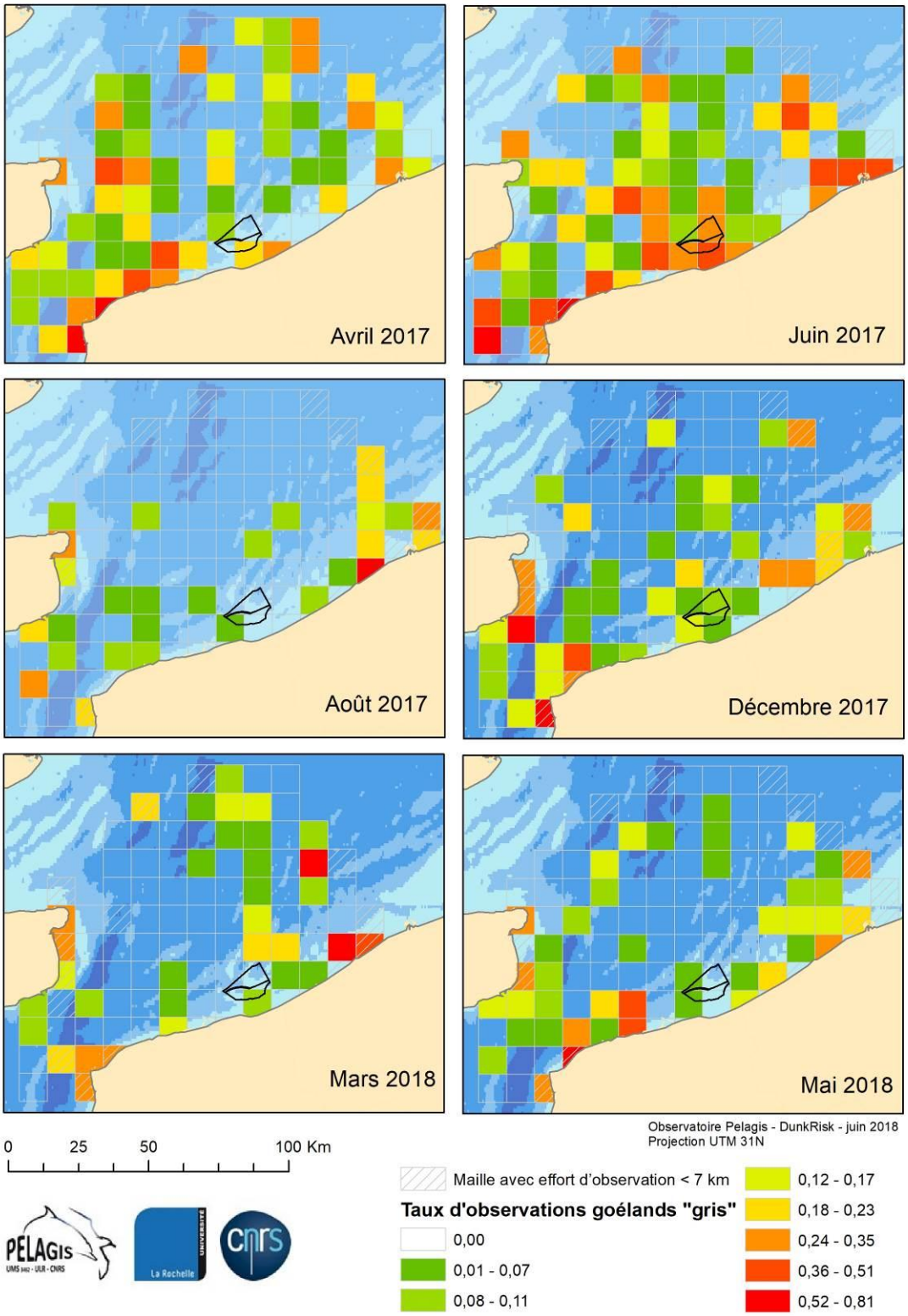
Observations d'oiseaux marins (toutes session, et présentant les espèces autres que fou de Bassan, la mouette tridactyle, les alcidés, les sternes, les goélands, le fulmar boréal, les cormorans et les laridés indéterminés).



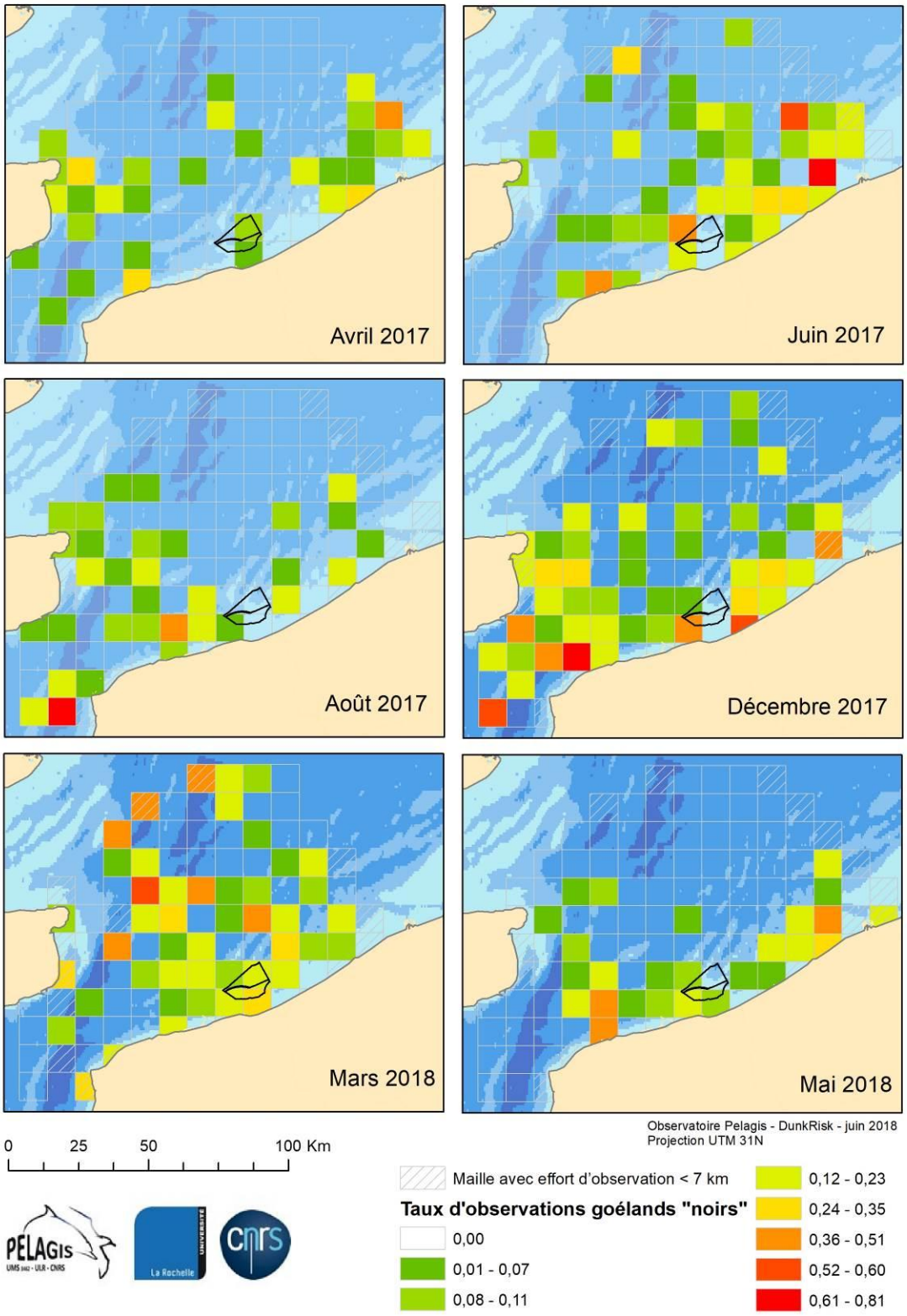
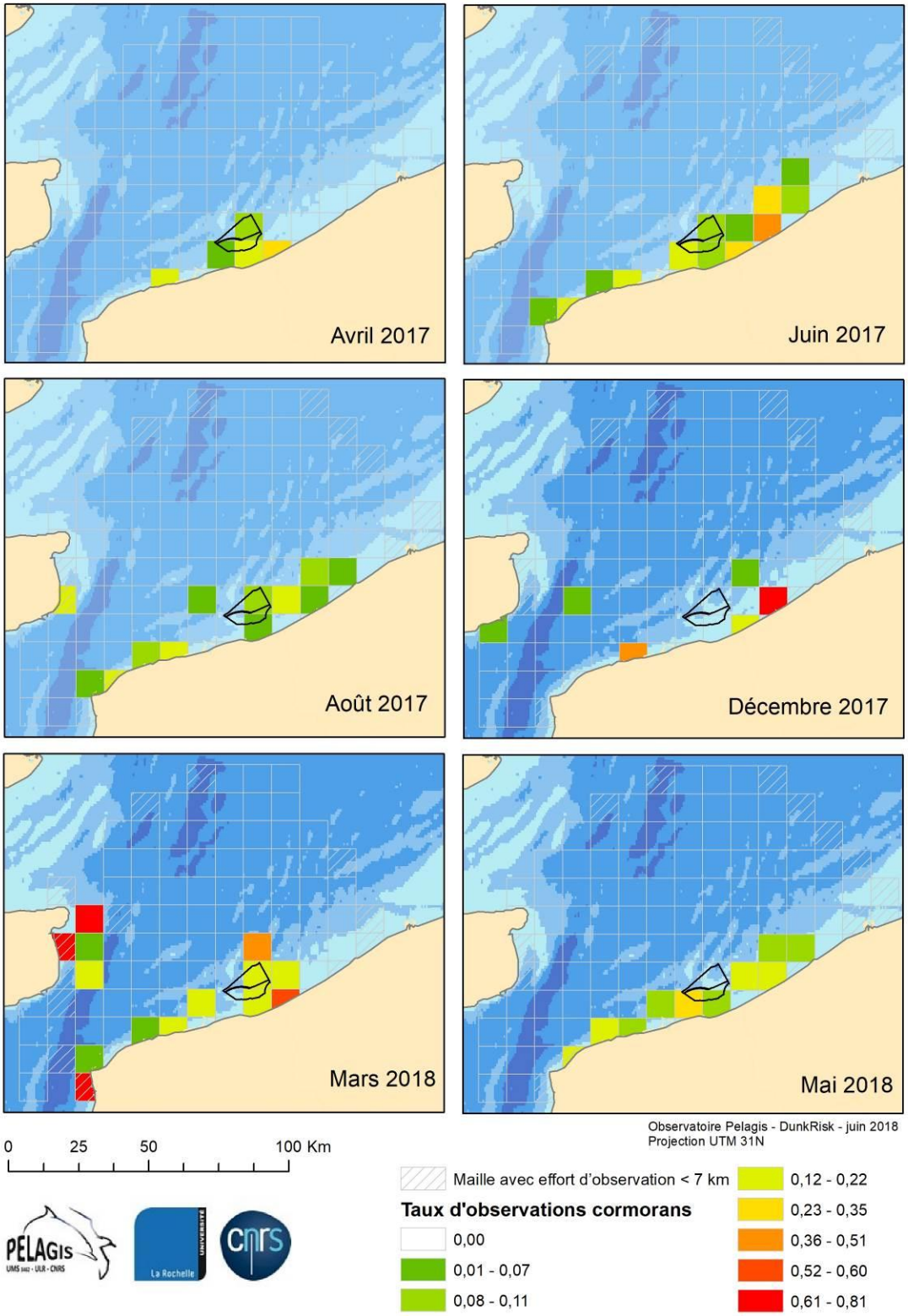
Cartes des taux d'observations de fulmar boréal relevées au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans une maille de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.



Cartes des taux d'observations de goélands « gris » relevées au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans une maille de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.



Cartes des taux d'observations de goélands « noirs » relevées au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans une maille de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.



Cartes des taux d'observations de cormorans relevées au cours des six sessions (nombre d'observations par km dans une maille de 10x10 km). Les cellules hachurées représentent moins de 7 km en effort d'observation.