

Suivis télémétriques des phoques gris et veaux-marins avant, pendant la construction, pendant l'exploitation du parc éolien en mer de Dieppe – Le Tréport, et suivi des colonies de baie d'Authie et de baie de Somme.

Suivis télémétriques des phoques par balises GPS/GSM : Rapport final sur l'état de référence



Vincent, C., Planque, Y., Caurant, F.

Mars 2023



Suivis télémétriques des phoques gris et veaux-marins avant, pendant la construction, pendant l'exploitation du parc éolien en mer de Dieppe – Le Tréport, et suivi des colonies de baie d'Authie et de baie de Somme.

Suivis télémétriques des phoques par balises GPS/GSM : Rapport final sur l'état de référence

Vincent¹, C., Planque¹, Y., Caurant^{1,2}

¹ CEBC, CNRS/La Rochelle Université

² Pelagis, CNRS/La Rochelle Université

Crédits photos de la page de garde :Cécile Vincent (CEBC)

Citation du document : Vincent, C., Planque, Y., Caurant, F. 2023. Suivis télémétriques des phoques par balises GPS/GSM : Rapport final sur l'état de référence. Rapport CEBC/Picardie Nature/ADN/GDEAM-62 pour EMDT. Mars 2023. 44 PP.

Table des matières

Table des matières	3
Résumé étendu	4
Contexte et objectifs	5
1 – Méthodologie	7
1.1 Capture des phoques	7
1.2 Balises GPS/GSM	9
1.3 Analyses.....	11
2 – Mouvements des phoques en mer.....	12
2.1 Cartes de déplacements des phoques	12
2.2 Distances au projet de parc.....	22
2.3 Domaines vitaux.....	24
3 – Zones et rythmes de repos à terre	27
3.1 Localisations des reposoirs terrestres utilisés par les phoques	27
3.2 Rythmes d'utilisation des reposoirs terrestres	28
4 – Zones et rythmes de chasse	32
4.1 Localisation des zones de chasse	32
4.2 Rythmes de chasse des phoques.....	39
Remerciements	43
Références bibliographiques.....	44

Résumé étendu

Les suivis télémétriques de phoques gris (*Halichoerus grypus*) et veaux-marins (*Phoca vitulina*) réalisés en 2019/2020 ont été analysés afin d'établir l'état de référence de leurs déplacements et notamment leurs zones d'alimentation, avant la phase de construction des éoliennes en mer de Dieppe-Le Tréport. Les analyses ont porté sur les données issues de 15 balises GPS/GSM déployées sur des phoques veaux-marins, et 12 balises sur des phoques gris, à partir de la baie de Somme en mai et octobre 2019. Les suivis ont duré en moyenne 85 ± 34 jours pour les veaux-marins et 132 ± 58 jours pour les phoques gris.

Les phoques veaux-marins sont restés très côtiers dans leurs déplacements, et n'ont pas dépassé le sud de Fécamp au sud et Boulogne-sur-Mer au nord. Leurs zones de chasse se trouvent ainsi dans une large bande côtière entre ces deux localités. Les phoques gris ont montré des comportements plus variés, avec quelques zones de chasse individuelles très côtières se superposant largement à celles des phoques veaux-marins, et d'autres plus éloignées jusqu'au centre de la Manche ou en mer du Nord. Seuls 2 phoques gris et 4 phoques veaux-marins ont traversé la zone du projet de parc éolien EMDT au cours de leur suivi. Le pourcentage de localisations en mer au sein de ce périmètre est de 0.3% et 0.5% respectivement pour les 2 phoques gris, et varie de 0.1% à 1.7% pour les 4 phoques veaux-marins. Les localisations en mer des phoques veaux-marins sont majoritairement localisées à 15-25 km du projet de parc éolien, et la moitié des phoques de cette espèce sont restés dans un périmètre de 35 km autour du futur parc pendant la totalité de leur suivi télémétrique (*cf.* la distance séparant le projet de parc éolien du nord de la baie d'Authie, ou Saint-Valery-en-Caux, au sud). Seuls deux phoques veaux-marins ont passé plus de 10% de leur temps en mer à plus de 50 km du futur parc éolien. Les phoques gris ont inversement passé dans l'ensemble très peu de temps dans les 20 premiers km autour du projet de parc éolien. A l'exception de 3 d'entre eux, tous les autres phoques gris ont passé moins de 20% de leur temps en mer dans un périmètre de 30 km du projet de parc éolien en mer.

Les domaines vitaux individuels des phoques suivis par balises (pendant 1 mois minimum) ont été quantifiés selon différentes méthodes. Les surfaces des MCP (*Minimum Convex Polygon*) sont en moyenne de 706 ± 379 km² pour les phoques veaux-marins, et $20\,252 \pm 25\,267$ km² pour les phoques gris. Lorsqu'ils sont estimés à partir des densités de Kernel à 95% des localisations obtenues en mer, les domaines vitaux individuels des phoques mesurent en moyenne 421 ± 208 km² pour les phoques veaux-marins et $6\,611 \pm 6\,033$ km² pour les phoques gris. Enfin, les zones principales de chasse, estimées à partir des densités de Kernel à 50% des localisations des plongées probables de chasse, ont une surface moyenne de 75 ± 62 km² pour les phoques veaux-marins et 606 ± 425 km² pour les phoques gris.

Les phoques se sont fréquemment alimentés en mer de manière répétée au même endroit, ce qui souligne leur fidélité aux zones de chasse. Une importante variabilité interindividuelle a néanmoins été soulignée, a fortiori chez les phoques gris. La superposition partielle des zones de chasse des phoques gris (pouvant pourtant chasser à très grande distance de la côte) et veaux-marins (plus sédentaires et côtiers) soulève la question d'une potentielle compétition interspécifique pour les ressources dans la zone.

En dehors des périodes de reproduction et de mue, les phoques veaux-marins et les phoques gris passent en moyenne respectivement 20.4% et 21.8% de leur temps à terre. Le cycle des marées joue un rôle important, notamment en baie de Somme où le temps cumulé à sec des phoques des deux espèces se superpose au rythme des marées basses.

Contexte et objectifs

Face aux défis du changement climatique et des enjeux d'indépendance énergétique, la France a mis en place une Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) permettant de détailler les orientations du gouvernement français en matière de politique énergétique. Cette programmation prévoit notamment de porter à 40% la part de production d'électricité issue des énergies renouvelables d'ici 2030¹. Une partie de cette électricité d'origine renouvelable doit provenir de l'éolien en mer : à court terme, les objectifs sont d'atteindre une puissance installée de 2.4 GW en 2023 et 5.2 à 6.2 GW en 2028 (Décret n° 2020-456 du 21 avril 2020 relatif à la PPE). Ces projets de constructions sont accompagnés d'études environnementales sur l'état de référence et le suivi des impacts de ces travaux.

Le parc éolien en mer posé de Dieppe-Le Tréport est issu du deuxième appel d'offres lancé en 2013. Composé de 62 éoliennes installées dans un périmètre de 83 km², il aura une puissance installée totale de 496 MW. Les travaux de construction des éoliennes en mer sont actuellement prévus pour 2024. Le présent projet porte sur l'établissement d'une partie de l'état de référence, qui servira de base à l'évaluation et au suivi des effets et des impacts du projet de parc éolien en mer de Dieppe Le Tréport sur l'environnement. Il n'inclut pas les parties relatives au raccordement au réseau de transport électrique public (géré par RTE) ainsi que les bases d'exploitation et de maintenance.

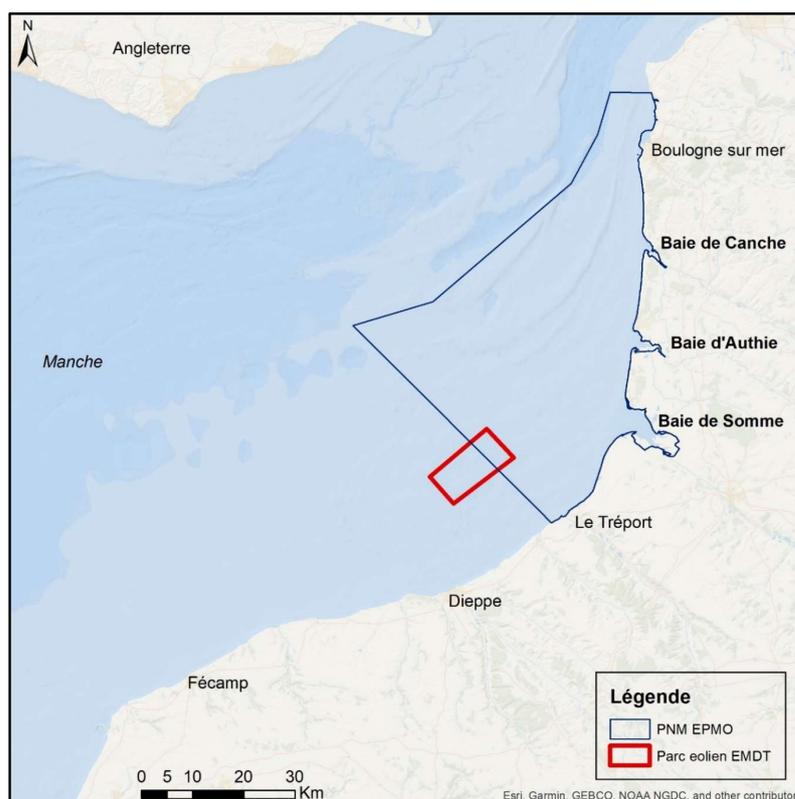


Figure i.1 : Localisation des trois baies (en gras) au sein desquelles les suivis des phoques ont été réalisés. PNM EPMO : Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale. EMDT : Eoliennes en Mer Dieppe – Le Tréport.

¹ <https://www.ecologie.gouv.fr/energies-renouvelables>

Ce rapport relate l'état d'avancement de la mesure de suivi « SE1bis » relative au suivi des colonies de phoques gris (*Halichoerus grypus*) et veaux-marins (*Phoca vitulina*) des baies de Somme, Authie et Canche (Figure i.1) dans le cadre de l'état de référence pour le projet éolien en mer de Dieppe-Le Tréport (EMDT). Les deux premières baies se trouvent dans l'Aire d'Etude Eloignée (AEE) tandis que la troisième se trouve dans l'Aire d'Etude Large (AEL). Ces suivis sont répartis en plusieurs actions, qui sont présentées ici en autant de rapports finaux : 1) les recensements (terrestres et aériens) et la photo-identification des phoques dans les trois baies, 2) le suivi télémétrique des phoques par balises GPS/GSM, 3) le suivi télémétrique des phoques par balises DTags, 4) le suivi du régime alimentaire et de l'écologie trophique des phoques, et 5) le suivi des niveaux de stress des phoques. La combinaison de ces différentes méthodes permet d'obtenir une vision aussi complète que possible de la dynamique des populations, de la mobilité des individus entre colonies (ou de leur fidélité aux sites), de leur écologie en mer (types de ressources exploitées, zones et comportements de chasse) et de leur niveau de stress. Cet état de référence permettra de suivre ultérieurement les potentielles évolutions de ces différents paramètres au cours du futur projet de construction des éoliennes en mer.

Le présent projet porte spécifiquement sur le suivi par balises GPS/GSM de phoques gris et phoques veaux-marins à partir de la baie de Somme. Ces suivis ont été réalisés en 2019/2020, dans le cadre du Programme de Suivi de la DCSMM (Directive Cadre Stratégie Milieu Marin), et financés par l'OFB (Office Français pour la Biodiversité). Compte tenu du peu de temps écoulé entre ce suivi télémétrique et l'état de référence du présent projet (2022), il a été proposé et accepté que les résultats de ces suivis, issus de 15 phoques veaux-marins et 12 phoques gris, soient directement exploités pour établir l'état de référence pour cette action. Ce rapport reprend donc en grande partie les résultats et analyses déjà présentés précédemment Vincent *et al.* (2021).

Les suivis télémétriques constituent une approche privilégiée dans de nombreux cas pour étudier l'impact de développement d'énergies renouvelables en mer sur les déplacements et comportements des phoques en mer. Historiquement, ce furent d'abord des suivis satellitaires, mais ces balises Argos ont rapidement montré les limites de la résolution spatiale et de la fréquence des localisations obtenues, pas toujours adaptées à la fine échelle spatiale nécessaire à de telles études (Tougaard *et al.* 2003). Depuis 2012, la quasi-totalité des suivis télémétriques de phoques réalisés dans le cadre de projets éoliens en mer consistent en un déploiement de balises GPS/GSM (McConnell *et al.* 2012, Russell *et al.* 2014, Kirkwood *et al.* 2015, Hastie *et al.* 2016, Brasseur *et al.* 2017, Whyte *et al.* 2020).

Les objectifs de ce rapport sont donc de décrire les déplacements et comportements des phoques gris et phoques veaux-marins équipés de balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme, avec pour objectif ultime de comparer les différents paramètres présentés à ceux qui seront obtenus pendant la phase de construction des éoliennes en mer, afin de décrire les éventuelles modifications du comportement des phoques.

1 – Méthodologie

1.1 Capture des phoques

Les phoques ont été capturés sur autorisations ministérielles relatives à l'expérimentation animale (ministère en charge de la Recherche) et à la capture d'espèces protégées (ministère en charge de l'Environnement), et après avis conforme favorable du Parc naturel marin des Estuaires Picards et de la mer d'Opale (PNM EPMO). Les captures ont eu lieu en baie de Somme, sur les bancs de sable utilisés à marée basse par les phoques pour se reposer. Elles ont été réalisées grâce à des filets spécialement construits pour ces captures, afin de ne pas blesser les phoques. Une fois capturés, les animaux sont hissés à terre (à distance de la marée montante le cas échéant) et rapidement sédatisés. Le poil du cou à l'arrière est séché et dégraissé puis la balise collée avec une colle époxy à prise rapide (Figure 1.1). Quelques prélèvements biologiques sont également effectués, dont des prélèvements de vibrisses qui permettent les analyses détaillées dans le rapport « Suivi du régime alimentaire et de l'écologie trophique des phoques » du présent projet EMDT. Une bague numérotée est fixée dans la palmure arrière de chaque individu pour sa reconnaissance à long terme, au-delà de la durée du suivi télémétrique (en cas d'échouage principalement).



Figure 1.1 : Phoque gris (à gauche) et veau-marin (à droite) équipés de balises GPS/GSM en baie de Somme en mai 2019.

Les Tableaux 1.1 et 1.2 précisent les dates de capture et caractéristiques des individus suivis dans le cadre de la présente étude, séparément pour chaque espèce. La plupart des phoques ont été capturés dans les mois qui ont suivi la fin de leur mue, de façon à obtenir potentiellement les plus longs temps de suivi possibles. Un plus faible nombre d'individus ont été capturés en dehors de ces périodes « classiques », de façon à documenter les déplacements de chaque espèce à des saisons différentes : ainsi, 4 phoques veaux-marins ont été capturés fin mai 2019 (peu avant leur reproduction et moins de 3 mois avant leur mue) tandis que 2 phoques gris ont été capturés fin octobre 2019 (soit près de 6 mois après leur mue). Par ailleurs, l'un des phoques veaux-marins suivis a été capturé deux fois (en mai et octobre 2019) et a donc reçu deux balises différentes : il porte ainsi deux numéros différents (S14 lors du suivi à partir de mai 2019, et S22 lors du second suivi à partir d'octobre 2019).

Tableau 1.1 : Tableau récapitulatif des caractéristiques individuelles des 14 **phoques veaux-marins** (dont un individu suivi deux fois, portant donc deux numéros différents) capturés en baie de Somme en mai et octobre 2019 et équipés de balises GPS/GSM.

Date capture	Phoque	Sexe	Masse corp. (kg)	Longueur corp. (cm)	Périmètre thoracique (cm)	Numéro bague	Numéro de balise GPS/GSM	Durée (en jours)	Remarques
25/05/2019	S11	M	112	155	121	148 bleu	hg67-15025-19	46	
25/05/2019	S12	M	118	154	125	149 bleu	hg67-15009-19	78	
25/05/2019	S13	F	128	153	126	150 bleu	hg67-15023-19	21	Bague jaune 04209 (NL)
25/05/2019	S14	M	84	149	119	7 blanc	hg67-15012-19	82	trou dans palmure
05/10/2019	S15	M	70	165	103	8 blanc	hg68-15124-19	90	
05/10/2019	S16	M	78	152	112	142 bleu	hg68-15122-19	97	
05/10/2019	S17	M	70	157	108	12 blanc	hg68-15109-19	82	
05/10/2019	S18	M	69	146	101	15 blanc	hg68-15115-19	171	
05/10/2019	S19	M	61	138	111	16 blanc	hg68-15113-19	114	
05/10/2019	S20	M	73	149	108	18 blanc	hg68-15111-19	86	
05/10/2019	S21	M	67	138	108	17 blanc	hg68-15121-19	87	
06/10/2019	S22	M	78	153	102	7 blanc	hg68-15106-19	67	= S14 en mai 2019
06/10/2019	S23	M	79	153	101	19 blanc	hg68-15112-19	118	
06/10/2019	S24	M	77	137	102	32 blanc	hg68-15107-19	63	Nombreuses blessures dans le cou
07/10/2019	S25	M	83	153	104	24 blanc	hg68-15108-19	72	

Tableau 1.2 : Tableau récapitulatif des caractéristiques individuelles des 12 **phoques gris** capturés en baie de Somme en mai et octobre 2019 et équipés de balises GPS/GSM

Date capture	Phoque	Sexe	Masse corp. (kg)	Longueur corp. (cm)	Périmètre thoracique (cm)	Numéro bague	Numéro de balise GPS/GSM	Durée (en jours)	Remarques
23/05/2019	G13	M	92	174	114	140 bleu	hg67-15015-19	144	
23/05/2019	G14	M	60	132	103	139 bleu	hg67-15016-19	172	
23/05/2019	G15	M	84	140	111	3 blanc	hg67-15007-19	137	
23/05/2019	G16	M	142	204	133	4 blanc	hg67-15017-19	17	cécité partielle
24/05/2019	G17	M	108	165	120	5 blanc	hg67-15013-19	180	
24/05/2019	G18	M	62	132	105	144 bleu	hg67-15010-19	19	
24/05/2019	G19	M	122	167	127	147 bleu	hg67-15011-19	172	
24/05/2019	G20	F	58	140	100	145 bleu	hg67-15024-19	189	
24/05/2019	G21	M	52	123	95	146 bleu	hg67-15014-19	130	
25/05/2019	G22	M	134	204	141	2 blanc	hg67-15008-19	165	GPS défaillant
07/10/2019	G23	M	env. 300	210	179	20 blanc	hg68-15114-19	147	
07/10/2019	G24	M	74	154	105	22 blanc	hg68-15110-19	114	

Les 15 phoques veaux-marins ont été suivi en moyenne pendant 85 ± 34 jours : cette durée moyenne de suivi est plus courte que celles généralement enregistrées dans des suivis similaires, notamment en raison des 4 individus équipés de balises fin mai, peu de temps avant la mue. Les phoques gris ont quant à eux été suivis pendant 132 ± 58 jours en moyenne. La Figure 1.2 permet d'illustrer les périodes (mois) et durées de suivi de chacun des individus équipés de balises.

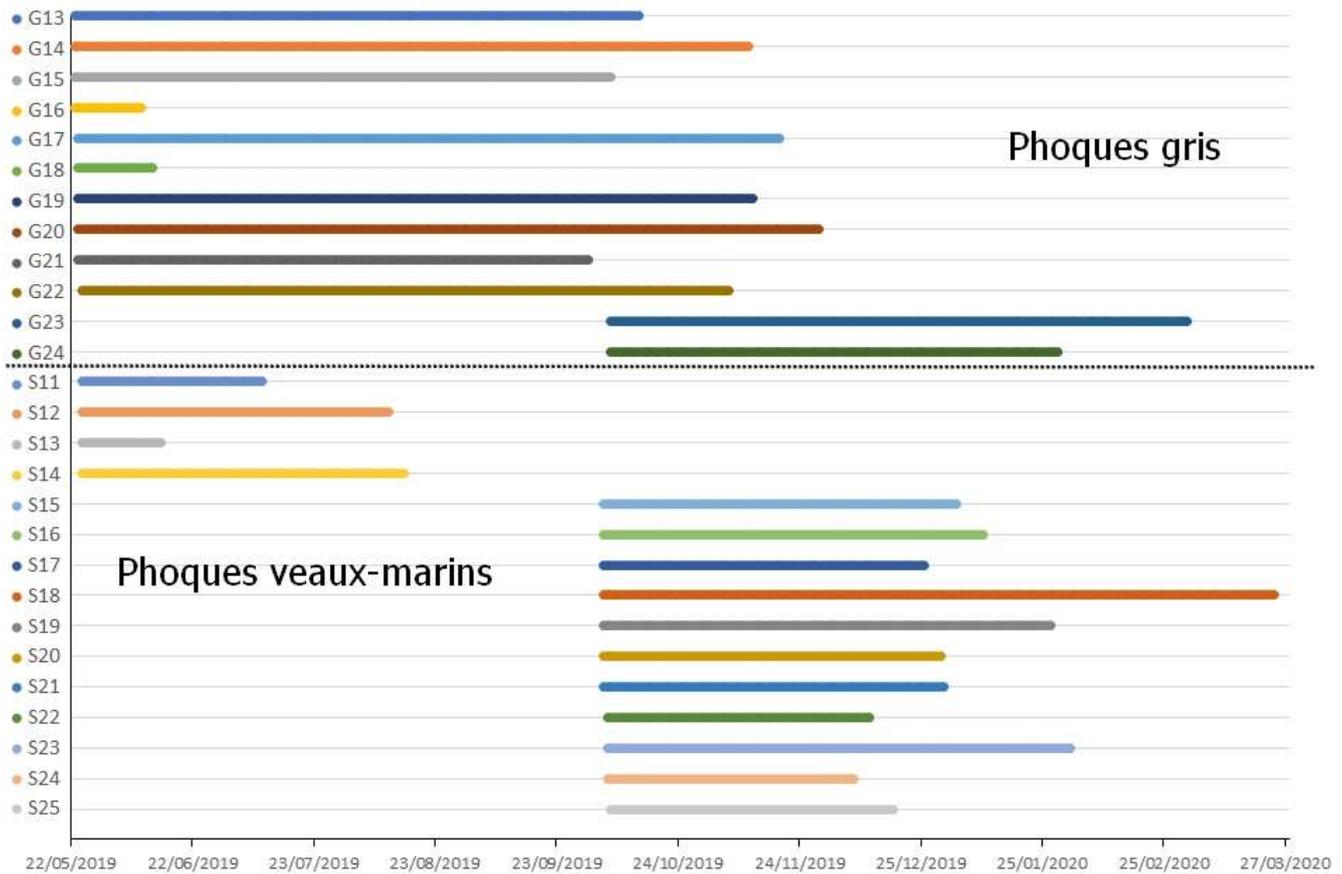


Figure 1.2 : Périodes et durées de suivis télémétriques des 15 phoques veaux-marins et 12 phoques gris équipés de balises pendant la présente étude, de mai 2019 à mars 2020.

1.2 Balises GPS/GSM

Les balises utilisées sont des balises GPS/GSM² développées par le *Sea Mammal Research Unit* (SMRU - Université de St Andrews, Écosse). Elles comprennent un GPS (de type « Fastloc GPS », permettant l'acquisition rapide d'une localisation lorsque la balise émerge succinctement de l'eau), un enregistreur de pression (permettant de connaître la profondeur, la durée et la forme des plongées ; voir Photopoulou *et al.* 2015 pour plus de détails), un accéléromètre 3D, un enregistreur de température et un enregistreur d'événements de repos à sec (Tableau 1.3). Les données enregistrées en continu sont stockées et en partie traitées à bord de la balise, puis transmises lorsque le phoque se trouve en zone de réception GSM (près des côtes).

² <http://www.smru.st-and.ac.uk/Instrumentation/GSPPhoneTag/>

Tableau 1.3 : Principales informations apportées par les balises Fastloc GPS GSM (SMRU) sur les déplacements et le comportement des phoques (hors informations diagnostiques sur la balise).

Paramètre	Détail et unités	Fréquence des enregistrements
Localisation Fastloc GPS	Date, heure (UTC), latitude et longitude (WGS 84)	1 tentative /10 min (si phoque en surface)
Repos à terre	Date et heure (UTC) à partir de laquelle la balise est restée à sec pendant au moins 10 minutes. Fin lorsque retour dans l'eau	Continu
Localisation des repos à terre	Localisation Fastloc GPS obtenue pendant le repos à terre	1 / repos à terre
Début de plongée	Date et heure (UTC) de début de plongée, lorsque la balise descend sous la profondeur seuil de -1.2m	Toutes les 4.5 secondes
Fin de plongée	Date et heure (UTC) de fin de plongée, lorsque la balise revient à la surface	Toutes les 4.5 secondes
Durée de plongée	Durée (en secondes) entre le début et la fin de la plongée	Pour chaque plongée
Profondeur maximale de plongée	Profondeur maximale atteinte lors d'une plongée individuelle (en mètres)	Toutes les 4.5 secondes
5 points d'inflexion par plongée	Date, heure (UTC) et profondeur de plongée de 5 points d'inflexion par plongée déterminés par la méthode "broken sticks" (Photopoulou <i>et al.</i> , 2015)	Toutes les 4.5 secondes
Index TAD	Indice permettant de savoir dans quelle zone de profondeur de la plongée le phoque a concentré son activité (Fedak <i>et al.</i> , 2001)	Pour chaque plongée
Durée de chaque phase de plongée	Durée (en secondes) de chacune des 3 phases (descente, fond et remontée) déterminées par la méthode "broken sticks" (Photopoulou <i>et al.</i> , 2015)	3 valeurs pour chaque plongée
Nombre de tentatives de captures de proies lors de chaque phase de la plongée	Nombre de tentatives de captures de proies identifiées par les accélérations rapides du phoque (accéléromètre 3D) dans chacune des 3 phases identifiées dans la plongée	3 valeurs pour chaque plongée
Valeur d'accélération maximale lors de chaque phase de la plongée	Valeur maximale d'accélération (intégrant les 3 axes) dans chacune des 3 phases identifiées dans la plongée (en g)	3 valeurs pour chaque plongée
Effort de nage lors de chaque phase de la plongée	Effort de nage dans chacune des 3 phases identifiées dans la plongée (en g, pouvant être transformé en m/s ²)	3 valeurs pour chaque plongée
Orientation de l'animal lors de chaque phase de la plongée	Orientation de la tête de l'animal déterminée par l'accéléromètre 3D (vers le haut ou bas) lors de chaque phase de la plongée (en degrés)	3 valeurs pour chaque plongée
Durée en surface	Temps passé en surface (en secondes) avant plongée suivante. Les 1.2m sous la surface de l'eau sont considérés comme "surface" et non en "plongée"	Toutes les 4.5 secondes
Localisation de la plongée	Latitude et longitude. Estimée par interpolation entre la localisation Fastloc GPS précédent et celle suivant la date et heure de plongée	Interpolation entre deux localisations GPS successives
Bilans d'activités	Pourcentage de temps passé à terre, en surface ou en plongée par périodes de 2 heures (Dates et heures UTC)	Toutes les 2 heures

Les données d'accélérométrie sont traitées à bord de la balise afin de calculer 3 paramètres, pour chacune des trois phases de plongée (descente, phase de fond puis remontée) : les accélérations soudaines caractéristiques des tentatives de captures de proies (Ydesen *et al.* 2014), l'effort de nage, et l'orientation de la tête du phoque.

1.3 Analyses

Les zones de chasse probables sont identifiées grâce à l'analyse du comportement en plongée des phoques. Deux méthodes sont utilisées et comparées. Une première méthode de classification des plongées individuelles est basée sur l'indice TAD (*Time Allocation at Depth*, décrivant la forme générale de la plongée, Fedak *et al.* (2001)), les vitesses verticales de nage à la descente et remontée de la plongée, l'effort de nage et l'orientation de la tête pendant les trois phases de la plongée. La méthode est détaillée dans Planque (2021). La majorité des « plongées probables de chasse » ont les caractéristiques suivantes : elles sont en forme de « U » (TAD proche de 1, c'est-à-dire que le phoque passe la majorité du temps de plongée disponible à la profondeur maximale), des vitesses et efforts de nage relativement élevés, une orientation de la tête vers le bas lors de la descente et près du fond, puis vers le haut à la remontée.

La seconde méthode utilise exclusivement les "tentatives de captures de proies" enregistrées par les balises. Un premier filtre consiste à écarter les plongées très courtes et peu profondes (moins de 30 secondes et moins de 3m de profondeur) afin de limiter le risque de confusion entre les interactions entre phoques à proximité de la surface, et les plongées de recherche alimentaire. Dans cette approche, sont considérées comme plongées probables de chasse les plongées au cours desquelles la balise a enregistré au moins 1 "tentative de capture de proie" dans la phase de "fond" de la plongée.

Les domaines vitaux peuvent être mesurés de plusieurs façons à partir des données de localisation obtenues dans les suivis télémétriques, notamment de Phocidés (e.g. Björge *et al.* 2002, Breed *et al.* 2006, Curtice *et al.* 2011, Dietz *et al.* 2013, Oksanen *et al.* 2014). Les méthodes les plus couramment utilisées sont le calcul des densités de Kernel à 95% des localisations des phoques, ou le calcul de la surface du *Minimum Convex Polygon* (MCP). Par ailleurs, les zones centrales de chasse (« *core area* ») sont classiquement identifiées et leur surface mesurée à partir des densités de Kernel à 50%. Dans la présente étude, nous avons choisi de présenter ces différentes mesures (MCP à partir de toutes les localisations, densités de Kernel à 95% à partir des localisations en mer, et densité de Kernel à 50% à partir des localisations des plongées probables de chasse), de façon à ce qu'elles puissent être comparées aux différentes données disponibles dans la littérature sur les phoques veaux-marins, et comparées aux domaines vitaux et zones de chasse préférentielle des phoques en baie de Somme pendant la phase de travaux. Pour les MCP, les surfaces superposées à des zones terrestres ont été soustraites des surfaces calculées, puisque logiquement non accessibles aux phoques. Cette distinction est surtout importante pour les phoques gris. Enfin, parce que la durée de suivi télémétrique et donc le nombre de localisations disponible peuvent influencer les tailles des domaines vitaux estimés (Laver & Kelly 2008), nous n'avons calculé ces domaines vitaux que pour les phoques dont la durée de suivi était d'au moins un mois.

2 – Mouvements des phoques en mer

2.1 Cartes de déplacements des phoques

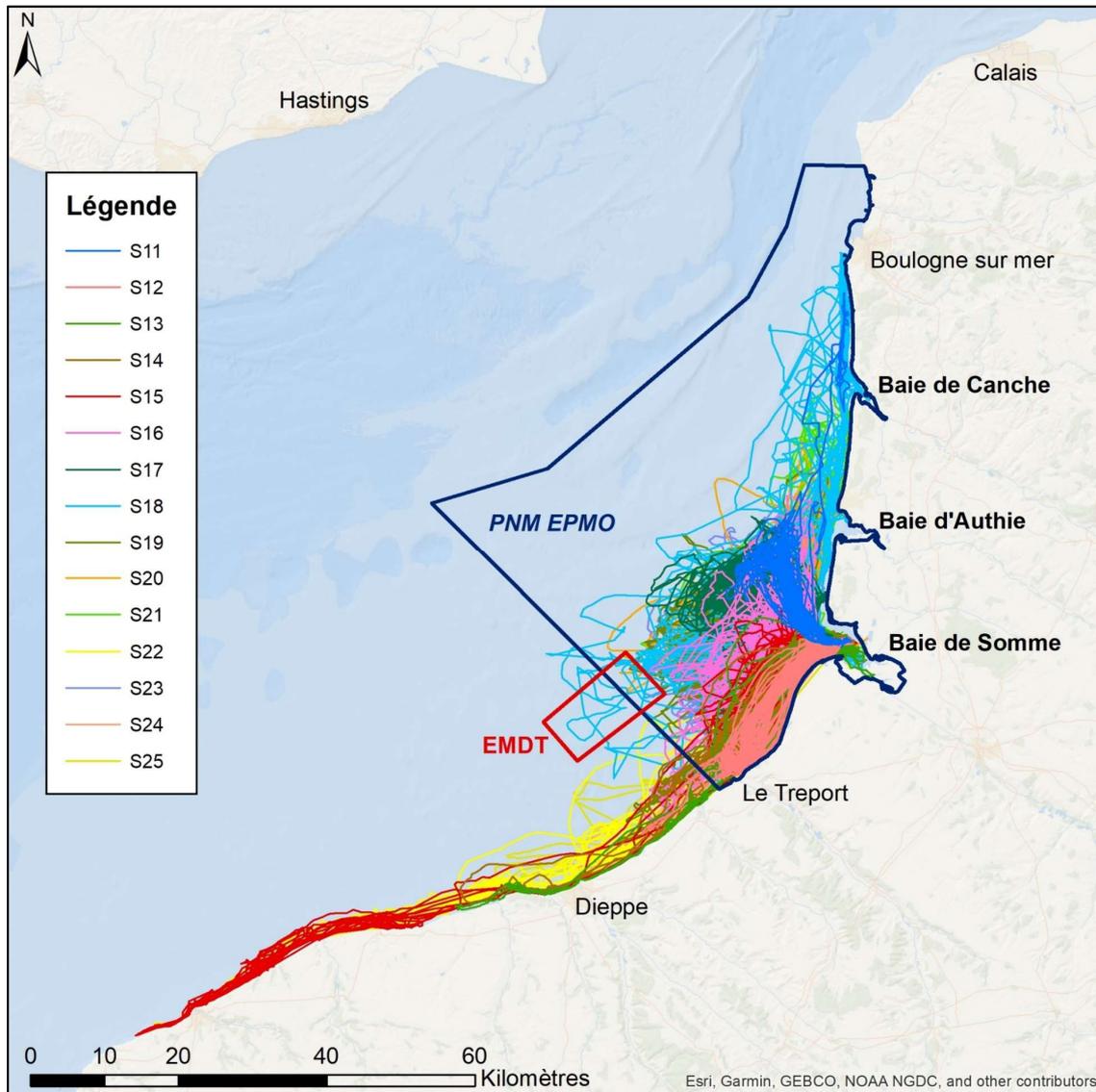


Figure 2.1 : Carte des déplacements des 14 phoques veaux-marins suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019/2020 (dont 1 individu suivi à deux périodes différentes, donc portant deux numéros différents : S14 et S22). Chaque couleur représente un individu différent. Les durées individuelles de suivi sont précisées dans le Tableau 3.1.

Les suivis des 15 phoques veaux-marins ont duré en moyenne 85 ± 34 jours (Tableau 1.1). Cette durée moyenne est inférieure à celle des phoques gris, en partie car une plus grande proportion d'individus a été suivie peu avant la mue (4 sur 15 contre 2 sur 12), mais également en raison de la perte prématurée de plusieurs balises (dont la femelle S13 retrouvée échouée après un choc violent 3 semaines après la pose de la balise). Les déplacements en mer de ces phoques veaux-marins étaient côtiers voire très côtiers, à l'exception des boucles en mer à l'ouest de la baie de Somme, qui pouvaient

être un peu plus éloignées de la côte (jusqu'à environ une trentaine de kilomètres). Tous les phoques veaux-marins équipés de balises ont passé la majorité de leur temps en baie de Somme. Les déplacements vers la baie d'Authie ou la baie de Canche étaient moins nombreux que ceux vers la côte Sud (Le Tréport, Dieppe) puisque seuls trois phoques sont allés régulièrement en baie d'Authie (3 autres sont passés très succinctement au large) et deux phoques (un 3^{ème} tout proche) sont remontés jusqu'en baie de Canche (Figure 2.2). Par ailleurs, la plupart des phoques suivis ont montré une importante fidélité aux zones côtières et marines visitées, ce qui suggère une forte répétabilité de leurs trajets en mer, notamment pour l'alimentation (Figure 2.2).

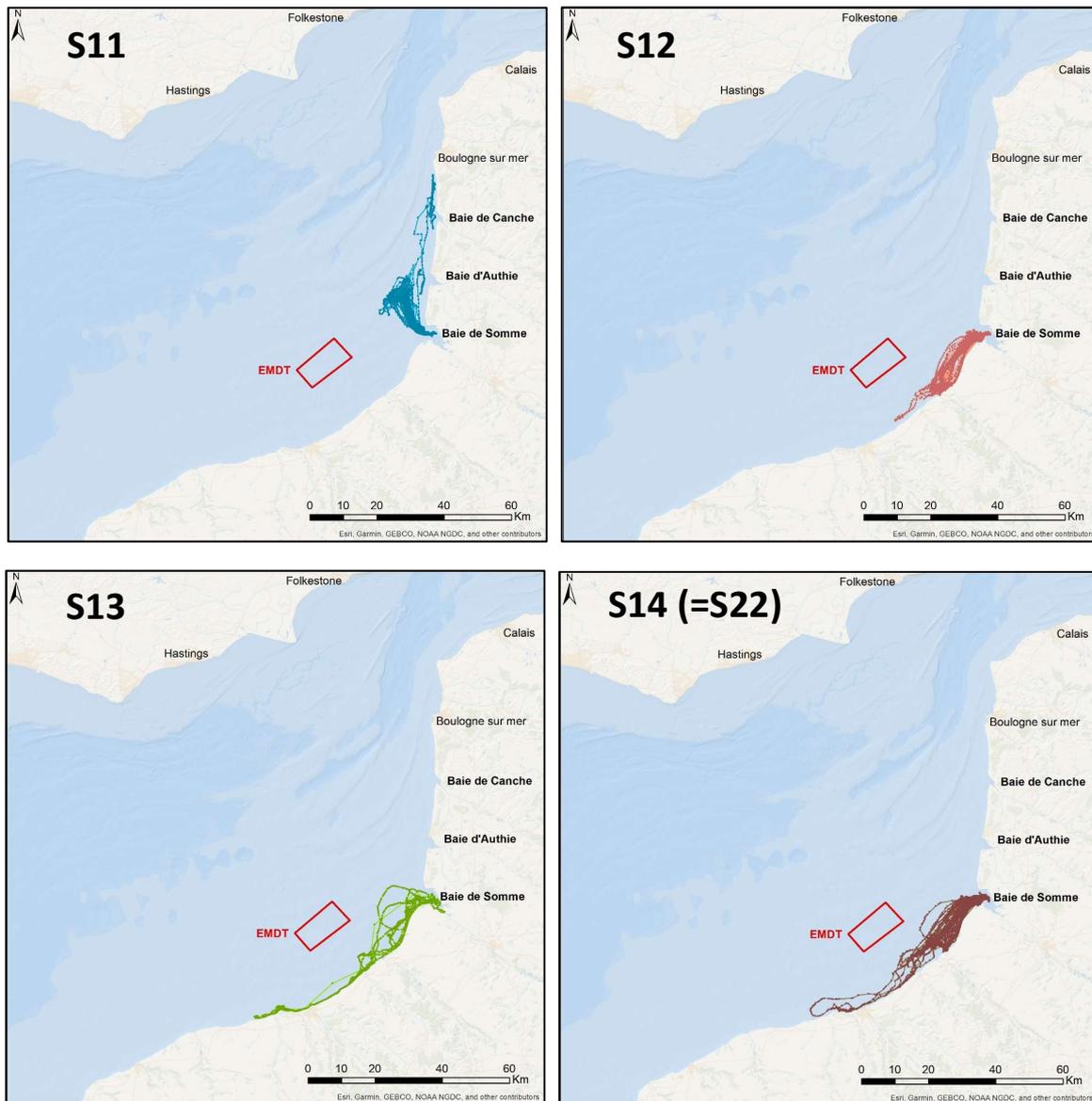


Figure 2.2 : Cartes individuelles des déplacements des 14 phoques veaux-marins suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019/2020. Les durées individuelles de suivi sont précisées dans le Tableau 3.1.

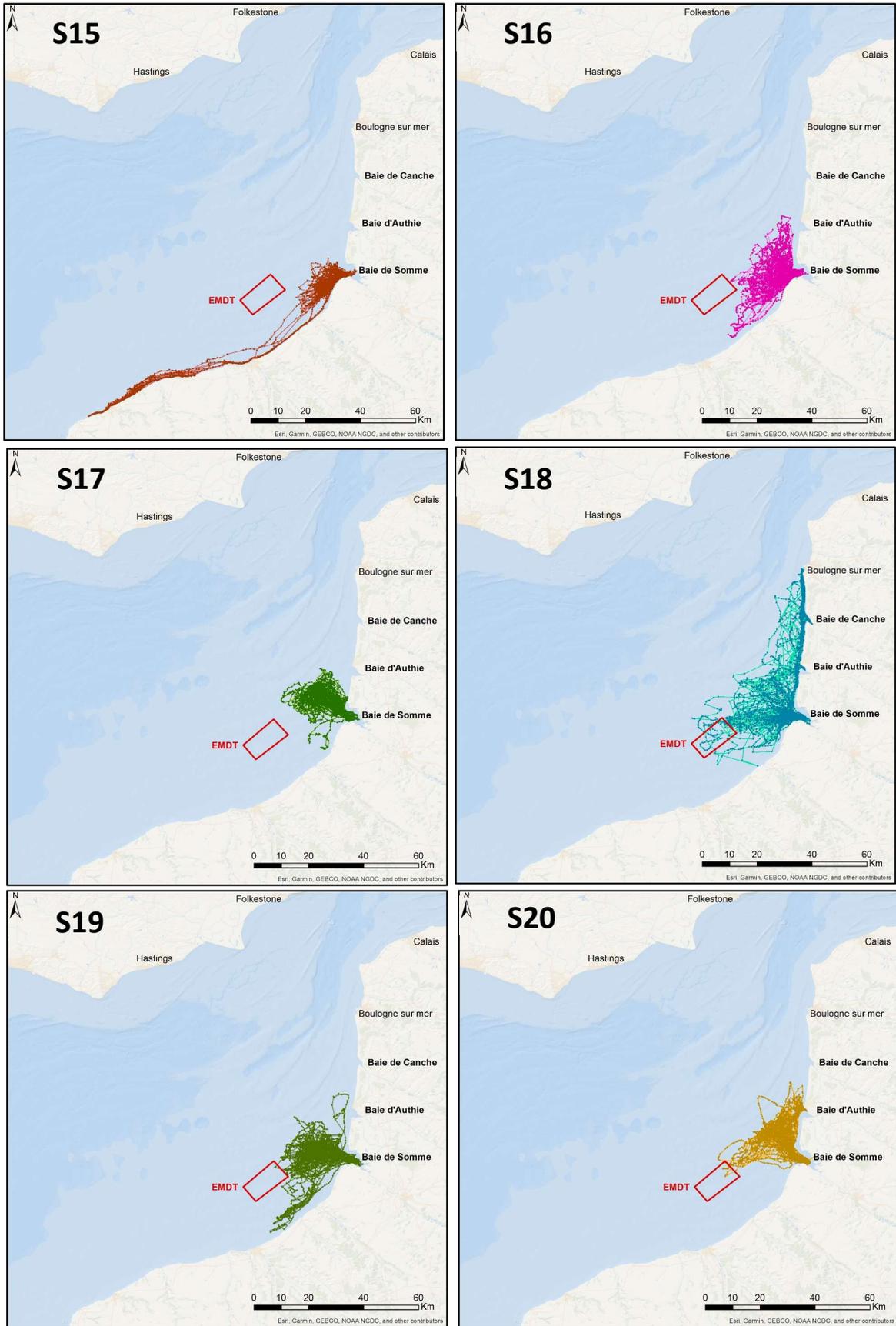


Figure 2.2 (suite)

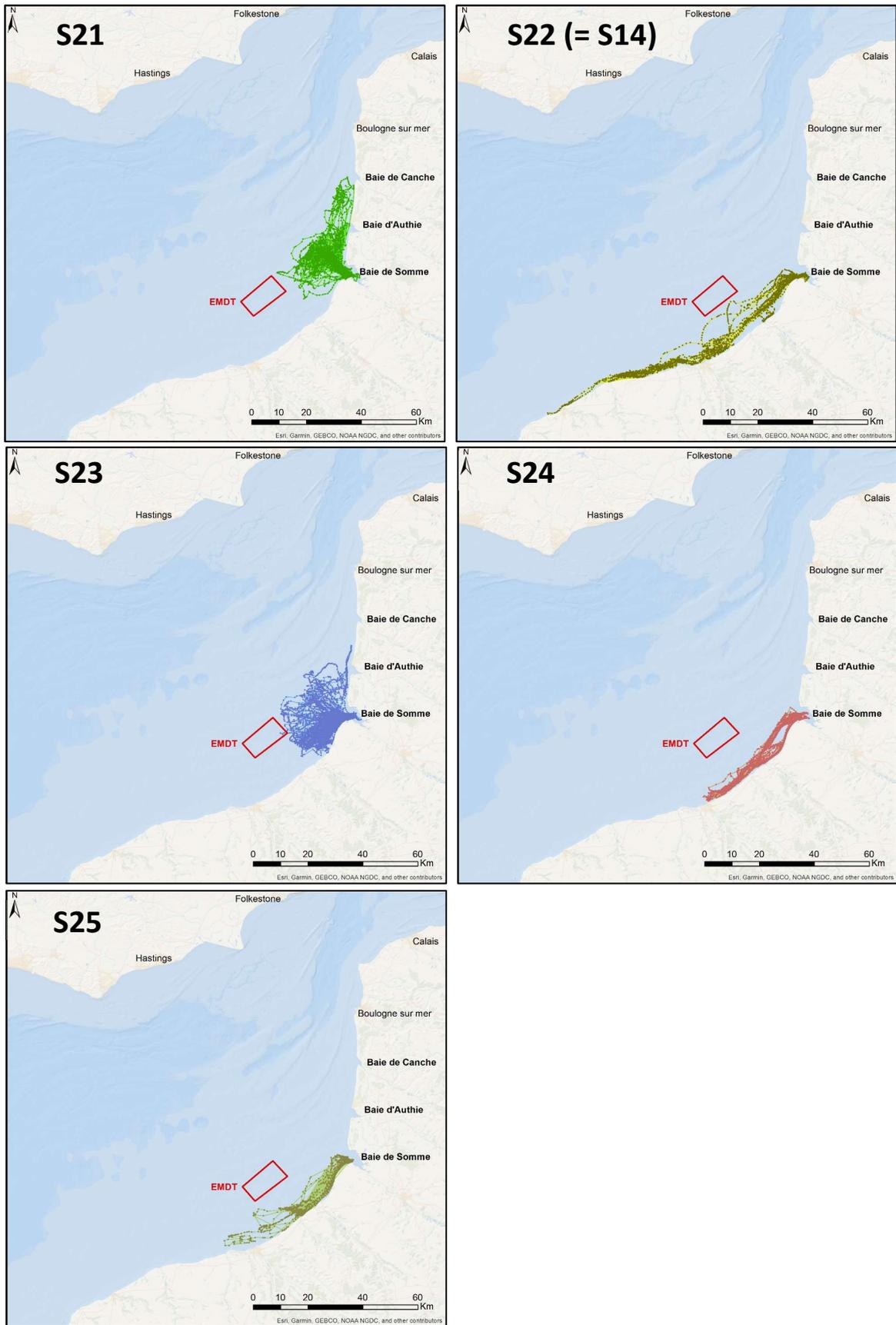


Figure 2.2 (fin)

Les 12 phoques gris ont été suivis sur une durée moyenne de 132 ± 58 jours (Tableau 1.2). Sans surprise, leur mobilité a été globalement beaucoup plus importante que celle des phoques veaux-marins, à la fois en Manche Est et jusqu'en mer du Nord (Figures 2.3 et 2.4). Chez cette espèce la variabilité des zones fréquentées est également plus forte. Quatre individus n'ont pas quitté la Manche Est pendant leur suivi (Figure 2.5) : deux d'entre eux, G16 et G18 n'ont été suivis que 17 et 19 jours respectivement (les deux suivis les plus courts, les seuls de moins de 100 jours), mais deux autres, G22 et G24, ont été suivis 165 et 114 jours respectivement. La plus faible mobilité de ces individus ne s'explique donc pas forcément par une plus courte durée de suivi. Tous les autres se sont déplacés au minimum au sud de la mer du Nord, cinq d'entre eux ont longé les côtes anglaises (le mâle G23 est même allé jusqu'en Écosse) et deux d'entre eux (G13 et G17) se sont déplacés plutôt à l'est de la mer du Nord, jusqu'aux Pays-Bas, où ils ont d'ailleurs passé la majorité de leur temps de repos à terre (Figure 2.5).

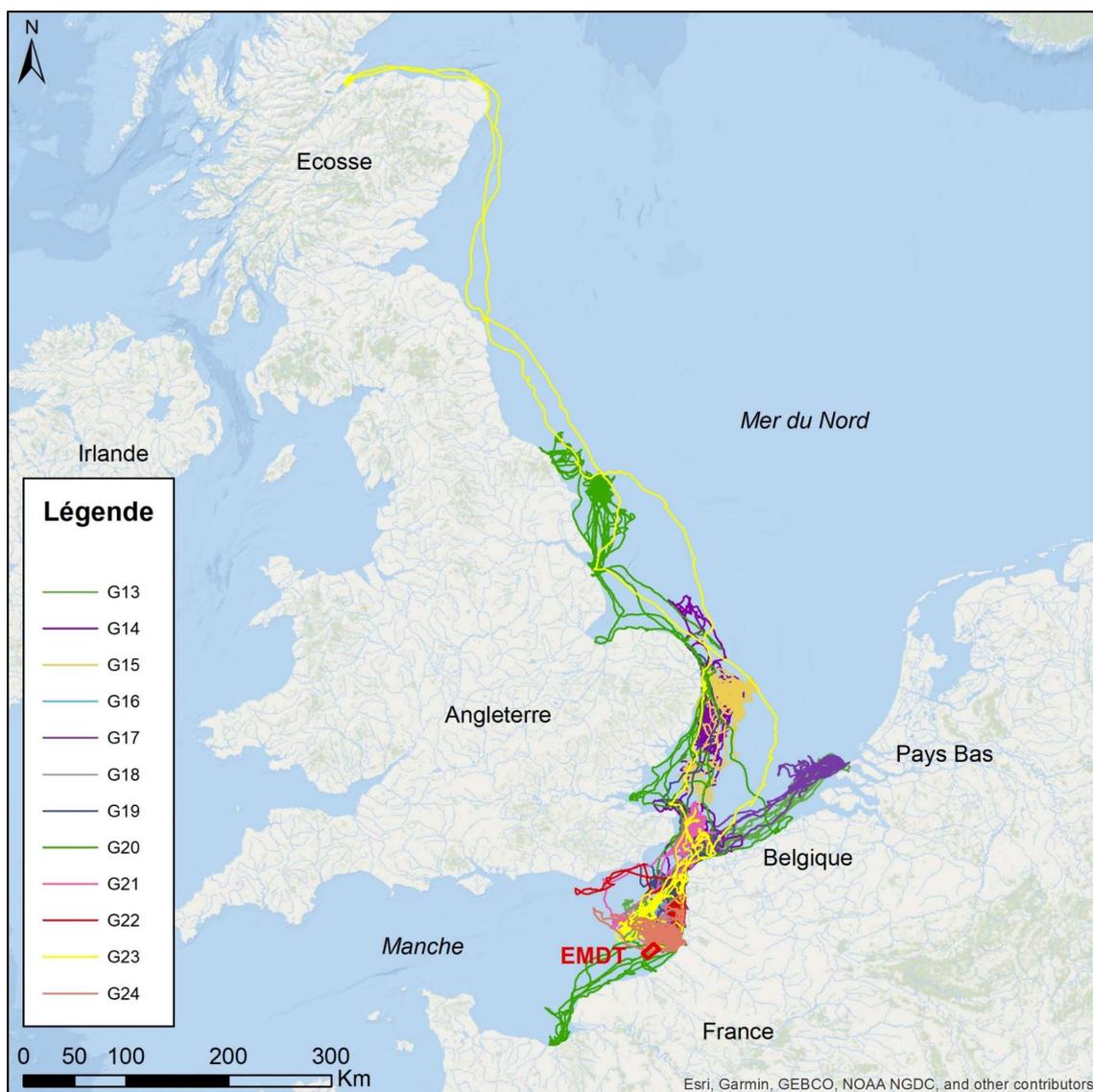


Figure 2.3 : Carte des déplacements des 12 phoques gris suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019/2020. Chaque couleur représente un individu différent. Les durées individuelles de suivi sont précisées dans le Tableau 1.2. La figure 2.4 (ci-après) présente un zoom de cette carte dans la région de la Manche Est.

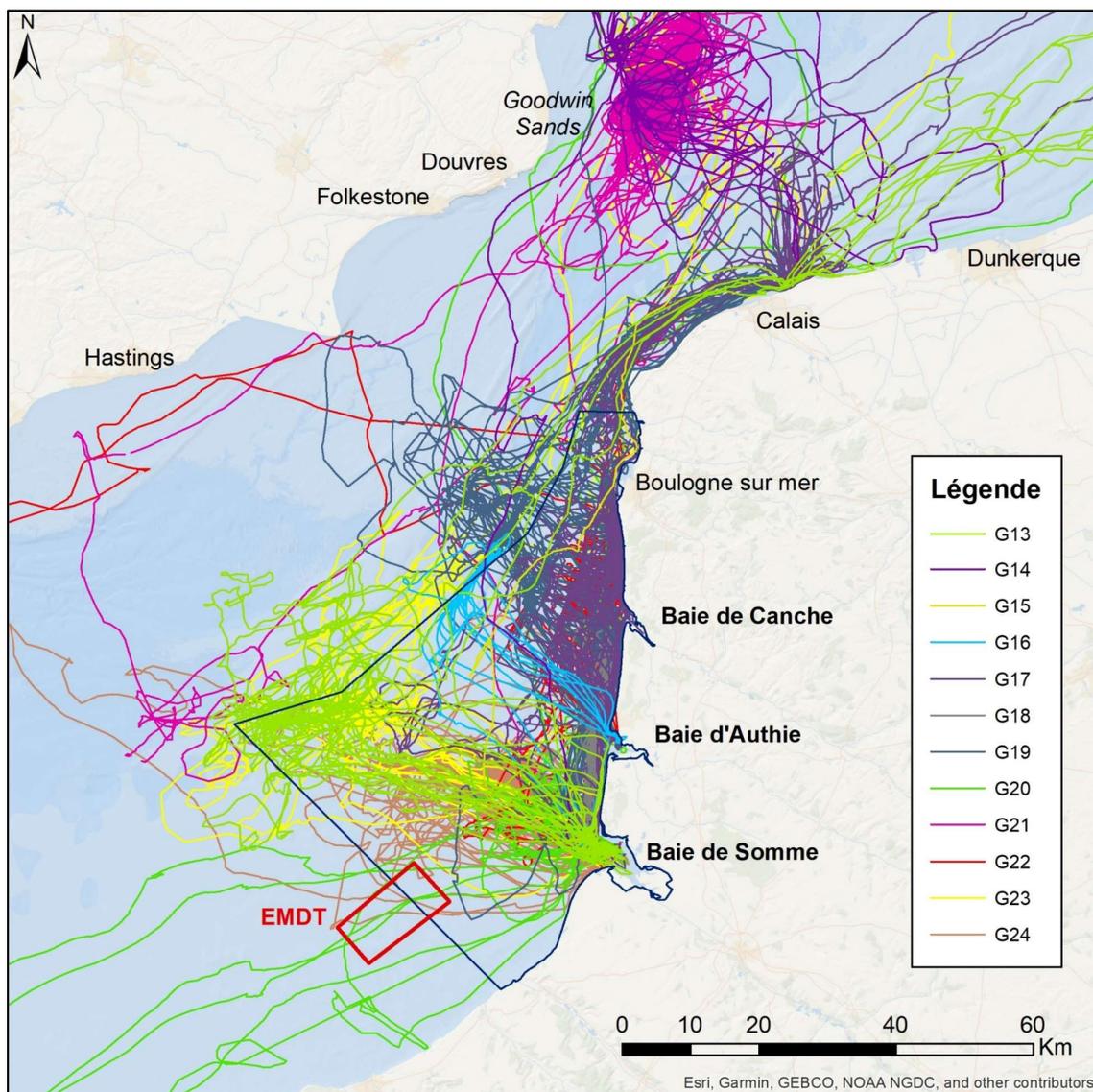


Figure 2.4 : Carte des déplacements des 12 phoques gris suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019/2020, agrandie dans la région de la Manche Est. Chaque couleur représente un individu différent. Les durées individuelles de suivi sont précisées dans le Tableau 1.2. La figure 2.3 présente l'ensemble des trajets réalisés par ces mêmes phoques.

Il est possible de distinguer sur ces différentes cartes (Figure 2.5) les voyages répétés de plusieurs individus sur les mêmes zones en mer, en Manche ou en mer du Nord, soulignant l'aspect routinier d'une partie au moins de leurs voyages en boucle à partir des reposoirs terrestres. Les périmètres des projets (existants ou à venir) de parcs éoliens offshore en France et en Europe sont également indiqués, soulignant l'importance de la prise en compte des effets cumulés de ces structures offshore, et non des impacts isolés localement pour cette espèce très mobile.

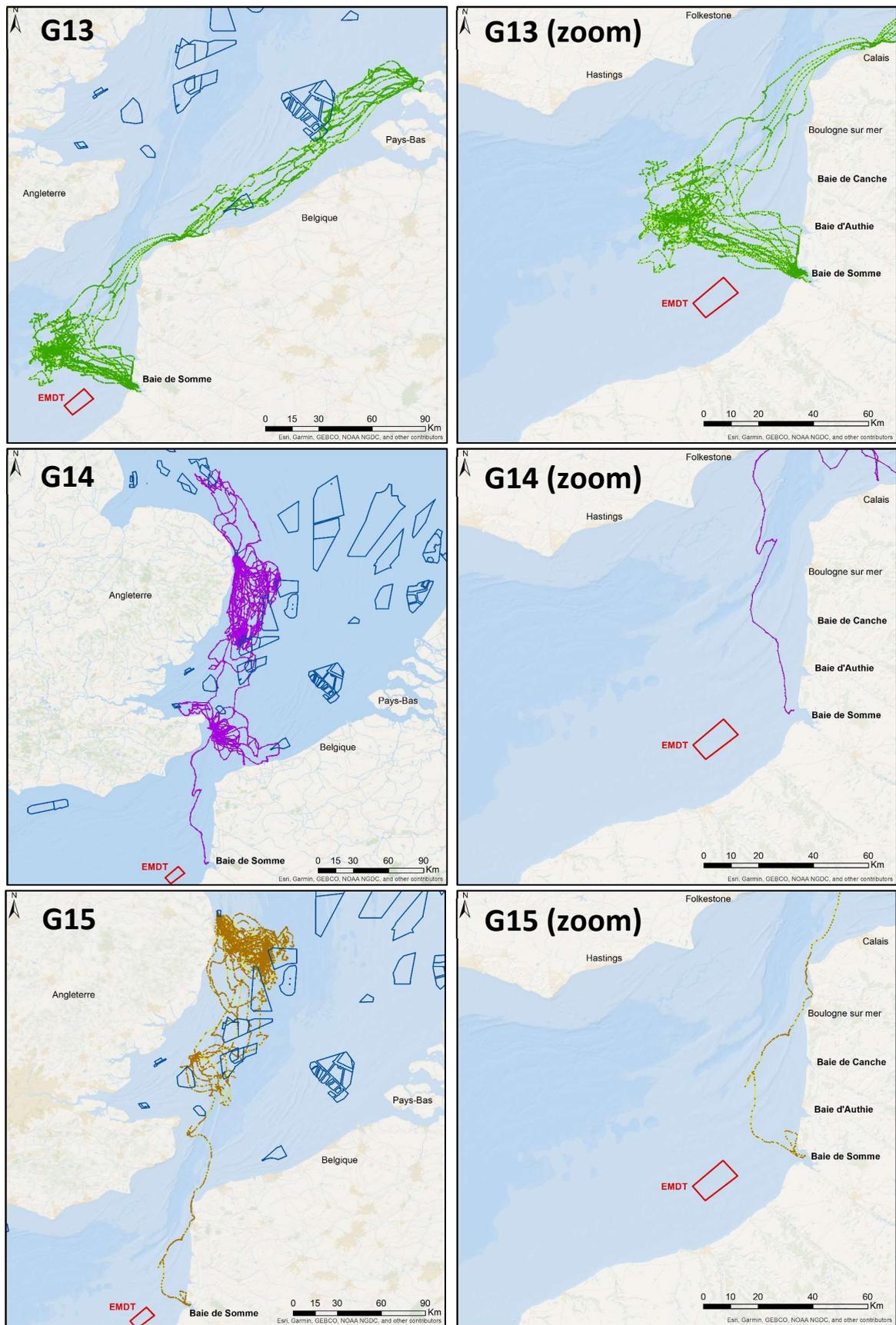


Figure 2.5 : Cartes individuelles des déplacements des 12 phoques gris suivis par balises GPS/GSM. La carte de gauche présente l'ensemble du suivi, celle de droite zoome sur la zone d'étude (le cas échéant). Les polygones bleus indiquent les parcs éoliens offshore, en plus du parc EMDT (rouge).

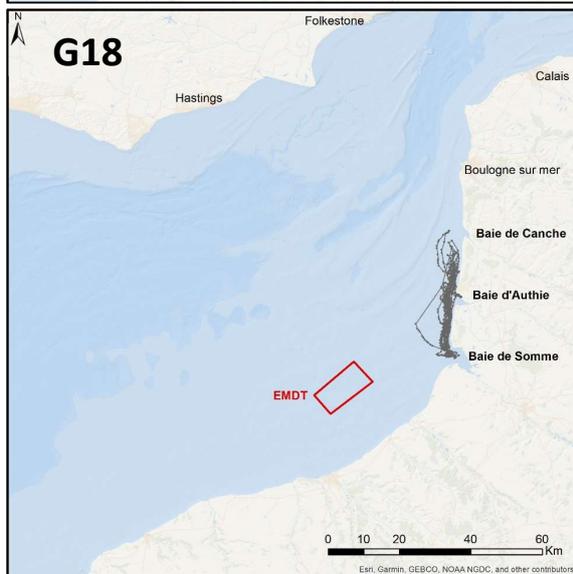
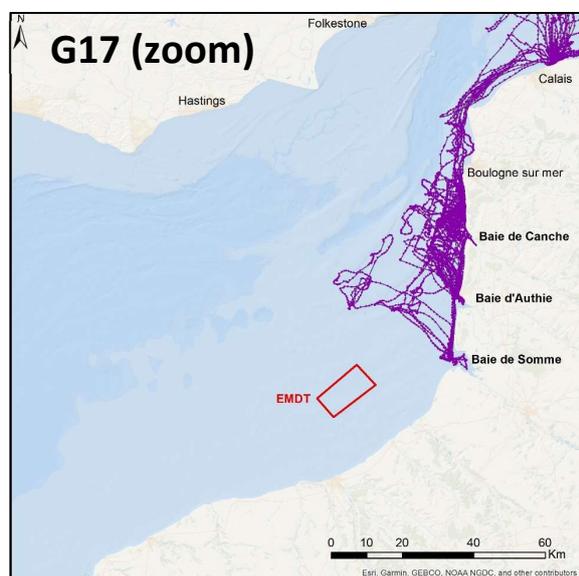
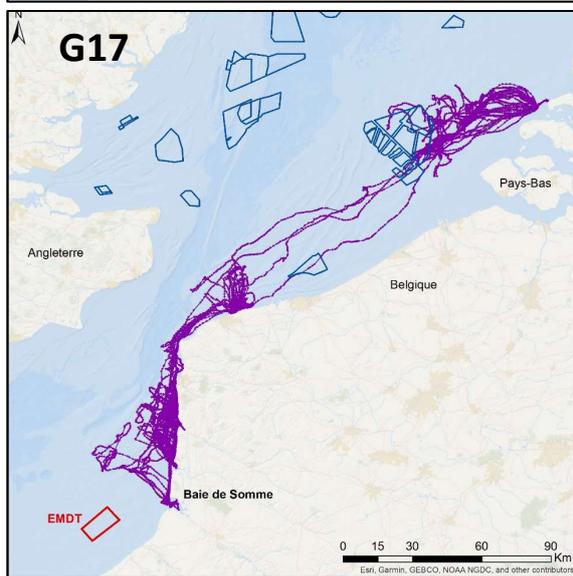
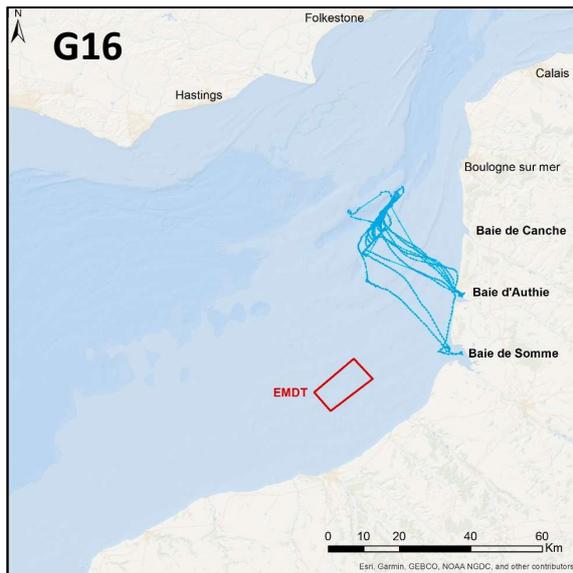


Figure 2.5 (suite)

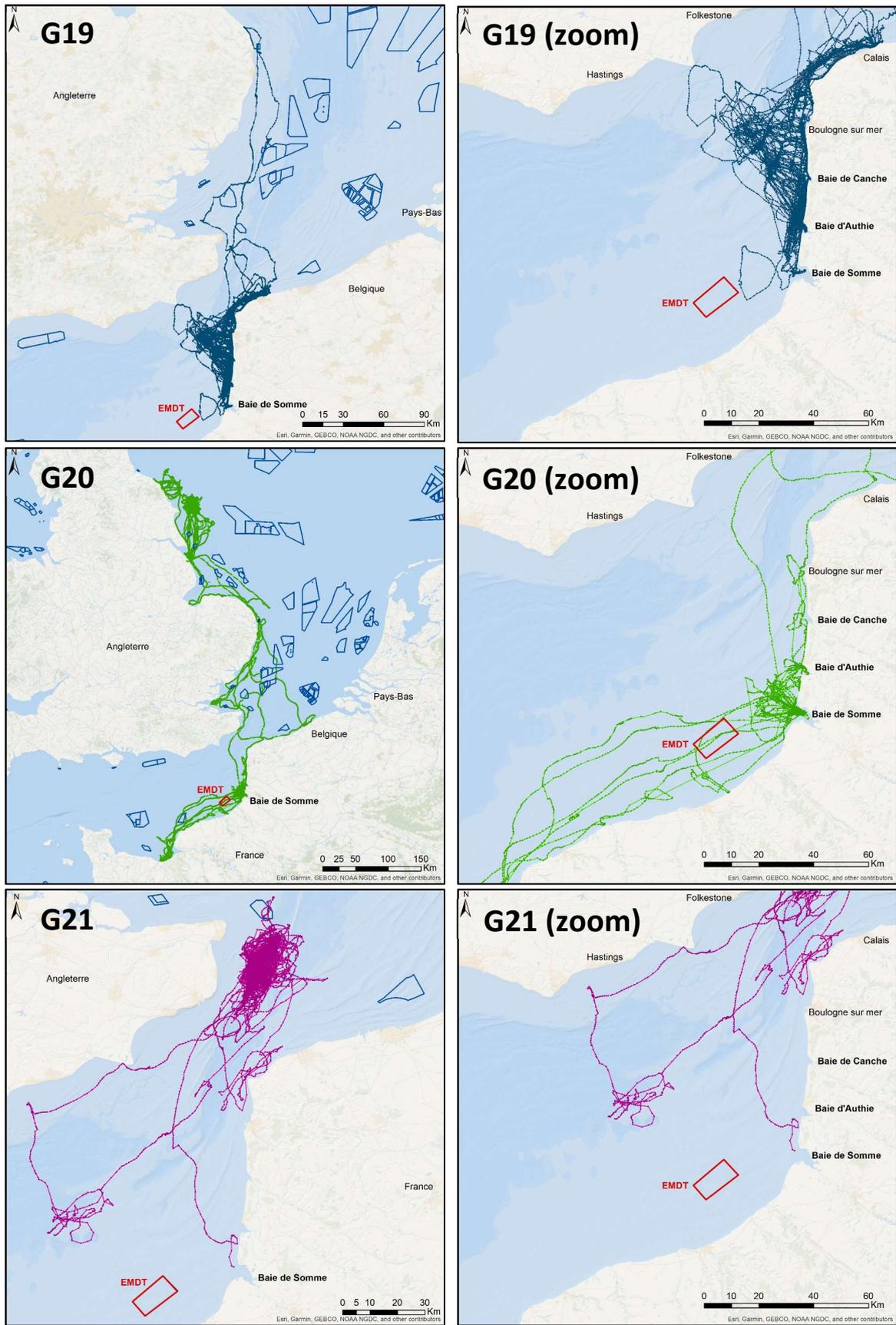


Figure 2.5 (suite)

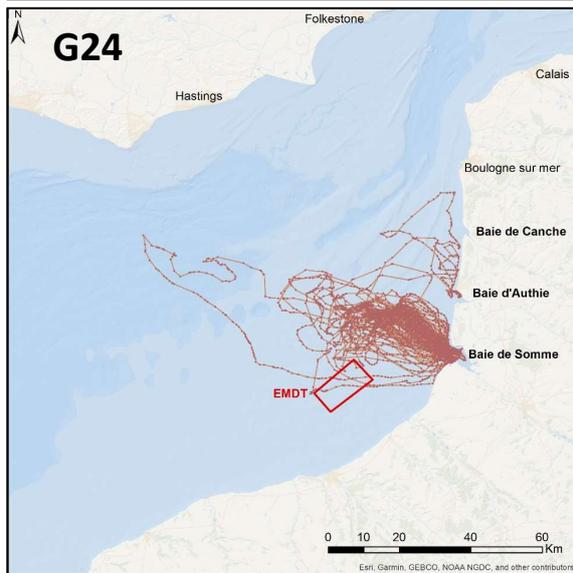
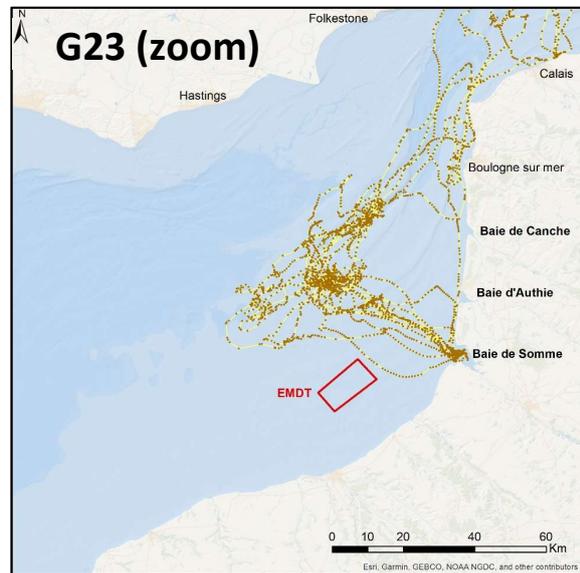
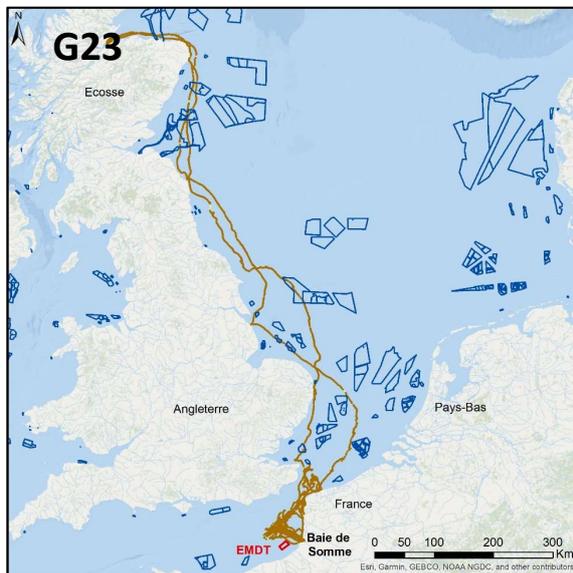
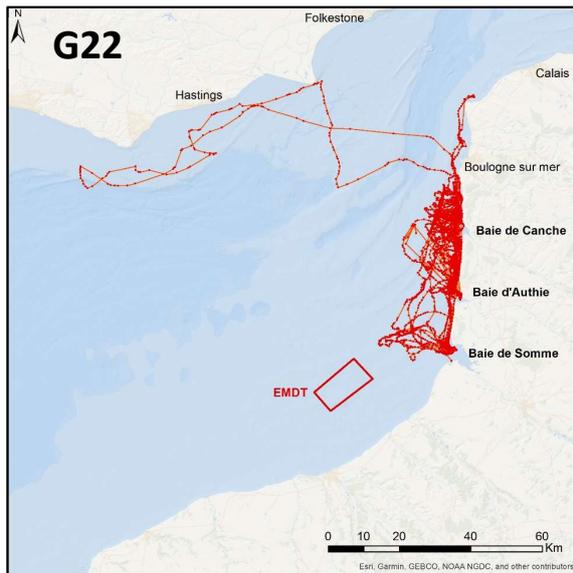


Figure 2.5 (suite et fin)

2.2 Distances au projet de parc

Deux phoques gris (G20 et G24) et 4 phoques veaux-marins (S18, S19, S20 et S23) ont traversé la zone du projet de parc éolien EMDT au cours de leur suivi télémétrique (Figures 2.2 et 2.5). Le pourcentage de localisations en mer au sein de ce périmètre est de 0.3 et 0.5% respectivement pour ces deux phoques gris, et varie de 0.1% à 1.7% pour les quatre phoques veaux-marins (le maximum étant pour le phoque S18).

La majorité des localisations en mer des phoques veaux-marins sont localisées à 15-25 km du projet de parc éolien, et la moitié des phoques de cette espèce sont restés dans un périmètre de 35 km autour du futur parc éolien pendant la totalité de leur suivi télémétrique (Figure 2.6). Ce dernier chiffre correspond à peu près à la distance qui sépare le projet de parc éolien du nord de la baie d'Authie (ou Saint-Valery-en-Caux, au sud). Pour l'autre moitié des individus suivis, seuls deux individus (S15 et S18) ont passé plus de 10% de leur temps en mer à plus de 50 km du futur parc éolien.

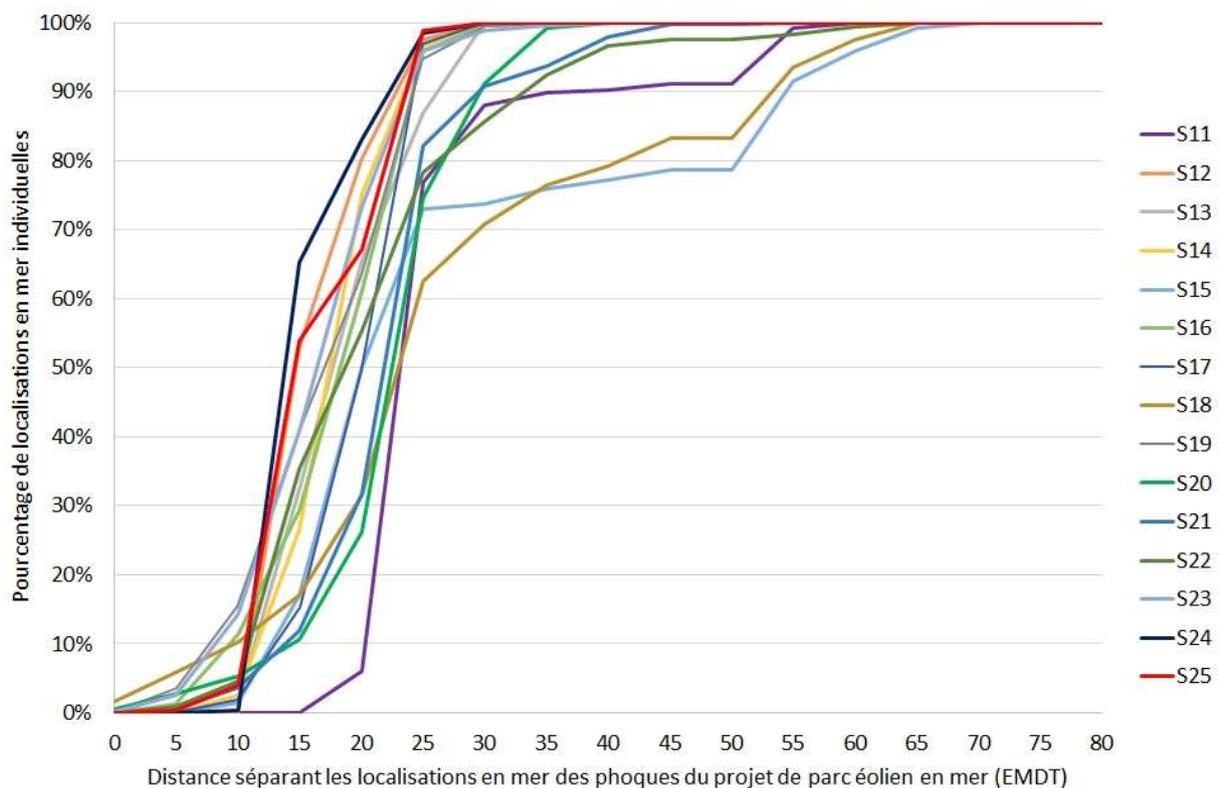


Figure 2.6 : Pourcentage cumulé de localisations GPS individuelles en mer des phoques veaux-marins, situées à une distance croissante du périmètre du projet de parc éolien en mer EMDT (distance la plus proche, par classes de 5 km). La classe « 0 km » correspond au pourcentage de localisations situées à l'intérieur du futur parc éolien.

Les phoques gris ont inversement passé dans l'ensemble très peu de temps dans les 20 premiers km autour du projet de parc éolien (Figure 2.7). A l'exception des phoques G13, G18 et surtout G24, tous les autres ont passé moins de 20% de leur temps en mer dans un périmètre de 30 km du projet de parc éolien en mer. La moitié des phoques gris suivis ont passé plus de 60% de leur

temps à plus de 70 km. Néanmoins, certains individus sont restés plus « sédentaires » (au moins saisonnièrement), similairement aux phoques veaux-marins.

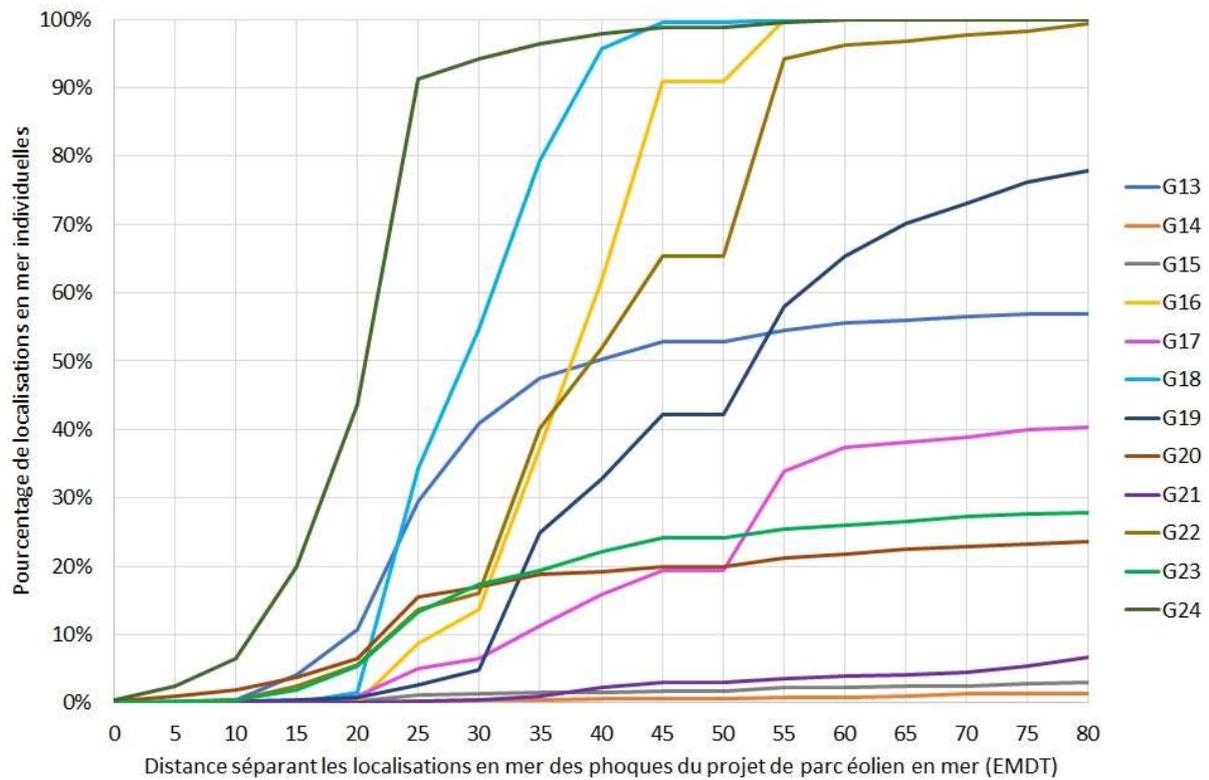


Figure 2.7 : Pourcentage cumulé de localisations GPS individuelles en mer des phoques gris, situées à une distance croissante du périmètre du projet de parc éolien en mer EMDT (distance la plus proche, par classes de 5 km). La classe « 0 km » correspond au pourcentage de localisations situées à l’intérieur du futur parc éolien. Seules les distances de 80 km ou moins sont présentées.

La distance séparant les phoques du site de construction et donc de la source de nuisance sonore est en effet un paramètre clé pour estimer l’impact de ce bruit sur le comportement ou même l’intégrité physique des phoques. Selon sa puissance et durée, le bruit reçu par l’animal peut provoquer une perte d’audition temporaire (*TTS, Temporary auditory Threshold Shift*) ou permanente (*PTS, Permanent auditory Threshold Shift*), et il est primordial d’estimer les distances auxquelles les phoques risquent de percevoir de tels niveaux sonores (Kastelein *et al.* 2017). Edrén *et al.* (2004) ont par exemple montré que lors d’une construction d’éoliennes en mer au Danemark, la moitié des phoques veaux-marins suivis par balises à partir d’une colonie proche avaient perçu du bruit à un niveau excédant le TTS. Thomsen *et al.* (2006) ont estimé la zone d’audibilité du battage de pieux pour les phoques veaux-marins (et les marsouins) à plus de 80 km (voire peut-être plusieurs centaines de kilomètres), distance à laquelle un phénomène de masquage pouvait potentiellement avoir lieu. Ils ont estimé que des changements comportementaux des phoques pouvaient être provoqués à plusieurs kilomètres de la source sonore, peut-être à plus de 20 km, tandis que des risques de perte d’audition pourrait être encourus dans un rayon de 400 m (Thomsen *et al.* 2006). Russell *et al.* (2016) ont montré une baisse significative (de 19 à 83%) du temps passé par des phoques veaux-marins équipés de balises GPS/GSM en Angleterre (dans le Wash) dans un périmètre de 25 km autour du périmètre du parc éolien pendant la phase de construction (battage de pieu). Le retour à la normale était observé 2h après émission du bruit. Whyte *et al.* (2020) ont estimé que 13 à 50% de ces mêmes phoques veaux-

marins avaient perçu des sons (issus de la construction d'éoliennes en mer) excédant le seuil de TTS, et que 0-17% d'entre eux avaient perçus des sons excédant le seuil PTS. Les niveaux sonores de sons impulsionnels ou non impulsionnels, dans l'air ou dans l'eau, correspondants aux seuils TTS et PTS respectivement ont été estimés par Southall *et al.* (2019) notamment pour les pinnipèdes tels que les phoques veaux-marins. Le présent suivi télémétrique a montré une forte proportion de localisations en mer des phoques veaux-marins dans un périmètre de moins de 20-25 km, au sein duquel le bruit généré par la future construction des éoliennes en mer pourrait impacter le comportement des animaux. La distance exacte de réaction dépendra des méthodes de construction d'une part, et de mitigation des impacts sonores d'autre part : ces derniers pourraient s'avérer importants pour les phoques veaux-marins, qui non seulement passent une majorité de leur temps à ces distances du parc mais y chassent également (cf. parties suivantes). Pour les phoques gris, il est probable que leur plus grande mobilité leur permette d'être moins affectés localement, mais nous avons vu qu'il existait une forte variabilité inter-individuelle : pour une partie des phoques gris fréquentant la zone, l'impact des potentielles nuisances sonores générées par les travaux de construction sera également à prendre en compte, au même titre que les phoques veaux-marins.

2.3 Domaines vitaux

Les domaines vitaux individuels des phoques suivis par balises (pendant 1 mois minimum) ont été quantifiés selon les méthodes des MCP et des densités de Kernel (Tableau 2.1). Les surfaces des MCP (dont les surfaces terrestres ont été soustraites) sont en moyenne de $706 \pm 379 \text{ km}^2$ pour les phoques veaux-marins, et $20\,252 \pm 25\,267 \text{ km}^2$ pour les phoques gris. Lorsqu'ils sont estimés à partir des densités de Kernel à 95% des localisations obtenues en mer, les domaines vitaux individuels des phoques mesurent en moyenne $421 \pm 208 \text{ km}^2$ pour les phoques veaux-marins et $6\,611 \pm 6\,033 \text{ km}^2$ pour les phoques gris. Enfin, les zones principales de chasse, estimées à partir des densités de Kernel à 50% des localisations des plongées probables de chasse, ont une surface moyenne de $75 \pm 62 \text{ km}^2$ pour les phoques veaux-marins et $606 \pm 425 \text{ km}^2$ pour les phoques gris. L'ensemble de ces valeurs montre l'extrême variabilité inter-individuelle des domaines vitaux des phoques, tout en confirmant et quantifiant la différence interspécifique, les phoques gris utilisant un domaine vital et des zones préférentielles de chasse beaucoup plus étendus que les phoques veaux-marins.

Le nombre de localisations utilisées pour ces calculs a un effet significatif sur la surface de MCP chez les phoques veaux-marins (Test de corrélation de Kendall, $p=0.047$) mais pas pour les autres domaines vitaux (densités de Kernels) ni pour aucun des calculs de surface effectués pour les phoques gris. Le résultat du test est proche du seuil de significativité.

La masse corporelle des phoques veaux-marins et les surfaces des domaines vitaux (MCP et Kernels à 95% des localisations en mer) comme des zones préférentielles de chasse (Kernels à 50% des plongées de chasse) sont significativement corrélées (Test Kendall, $p<0.02$). Ce résultat est néanmoins fortement lié à la masse corporelle des deux phoques adultes S11 et S12, 112 et 118 kg respectivement, capturés fin mai juste avant la saison de reproduction : il est ainsi fortement probable que ces domaines vitaux de surface plus restreinte soient liés à la saison du suivi télémétrique, certaines études ayant déjà montré que les phoques veaux-marins réduisent leur alimentation et la distance de leurs voyages de chasse pendant la saison de reproduction (Thompson 1993, Thompson *et al.* 1994, Boness *et al.* 2006). Les adultes capturés en octobre 2019 étaient tous largement plus légers (70 à 83 kg), bien que de taille similaire, et il est effectivement attendu que les phoques veaux-marins adultes perdent de la masse corporelle pendant les saisons de reproduction et mue, en été (Muelbert & Bowen 1993, Coltman *et al.* 1997).

Chez les phoques gris, aucune corrélation n'a été détectée entre le nombre de localisations utilisées pour les calculs, et les surfaces de domaines vitaux (Test Kendall, $p > 0.15$). Une corrélation significative est identifiée entre la masse corporelle des phoques et leur domaine vital estimé par MCP (uniquement), mais ce résultat n'est lié qu'au seul individu G23, pesant plus de 300 kg et s'étant rendu en Écosse pendant son suivi télémétrique (Test de Kendall, $p = 0.019$).

Tableau 2.1 : Surfaces des domaines vitaux et zones préférentielles de chasse, en km², selon les différentes approches retenues (cf. texte) : *Minimum Convex Polygone* (MCP) sur la totalité des localisations obtenues, mais en soustrayant les surfaces recouvrant la terre ; densités de Kernel à 95% des localisations obtenues en mer ; densités de Kernel à 50% des plongées probables de chasse. Les domaines vitaux des individus suivis moins de 1 mois n'ont pas été calculés ("NA").

Phoque	MCP toutes localisations* (à terre et en mer)	Kernels 95% toutes plongées	Kernel 50% plongées probables de chasse
S11	399	248	32
S12	189	136	12
S13	NA	NA	NA
S14	590	245	16
S15	1130	448	46
S16	660	455	96
S17	485	322	66
S18	1698	1003	250
S19	941	518	108
S20	742	425	85
S21	691	434	93
S22	847	583	119
S23	711	479	79
S24	313	287	41
S25	485	311	13
G13	8841	5804	1122
G14	16269	7458	1192
G15	11015	5174	581
G16	NA	NA	NA
G17	8357	4282	468
G18	NA	NA	NA
G19	11032	3726	438
G20	48041	18235	1142
G21	7712	2150	147
G22	5325	996	100
G23	82360	16592	709
G24	3570	1692	158

Les domaines vitaux (densités de Kernel à 95% des localisations en mer) des phoques veaux-marins ont été comparés deux par deux entre paires d'individus, pour toutes les paires incluant S14 ou S22. Ces deux numéros représentent le même phoque, mais suivi à deux périodes différentes (de fin mai à mi-août puis de début octobre à mi-décembre). Le chevauchement entre les domaines vitaux a été quantifié en pourcentage de l'une puis l'autre surface de domaine vital de chacun des deux individus comparés. Les résultats sont présentés comparant le chevauchement de domaine vital de S14 aux autres phoques, y compris S22, puis le chevauchement de domaine vital de S22 aux autres phoques (Figure 2.8). Les distributions obtenues soulignent combien les domaines vitaux de S14 et S22 se chevauchent plus nettement que toutes les autres paires de phoques différents entre eux. Ce

chevauchement indique clairement une importante fidélité saisonnière des phoques à leurs zones de déplacement et de chasse en mer, alors même que l'ensemble des veaux-marins restent dans une zone relativement restreinte, par rapport aux phoques gris.

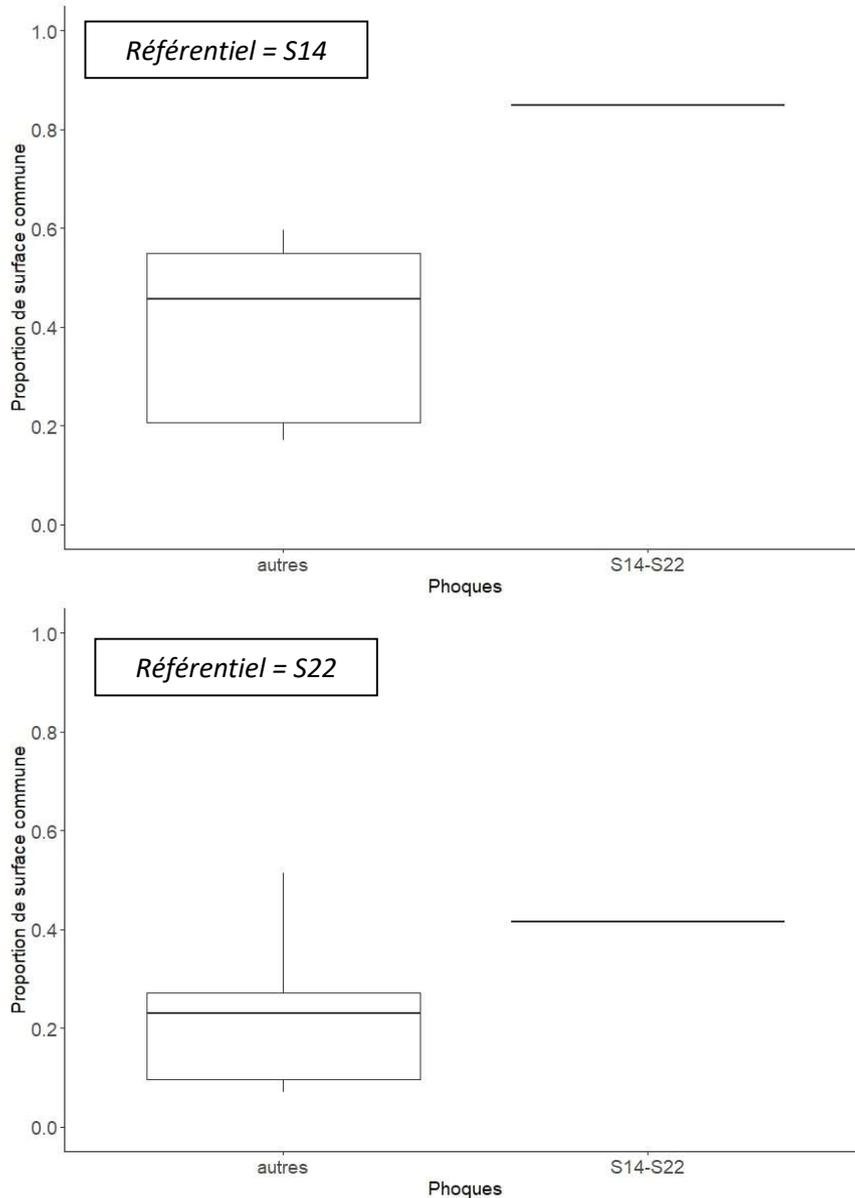


Figure 2.8 : Distribution des proportions de recouvrement entre les surfaces de domaines vitaux (estimés à partir des densités de Kernel à 95% des localisations en mer) des paires de phoques veaux-marins suivis par balises (phoques suivis au moins 1 mois). Le graphique du haut utilise la surface de domaine vital de S14 pour quantifier la proportion de recouvrement, celui du bas utilise celle du domaine vital de S22.

3 – Zones et rythmes de repos à terre

Bien que les phoques passent la majorité de leur temps dans l'eau, étudier leur comportement à terre est primordial car ils y effectuent certaines étapes clés de leur cycle biologique (tout particulièrement la reproduction et la mue), et sont sensibles au dérangement humain lorsqu'ils sont à terre (où ils sont beaucoup moins mobiles que dans l'eau).

3.1 Localisations des repositers terrestres utilisés par les phoques

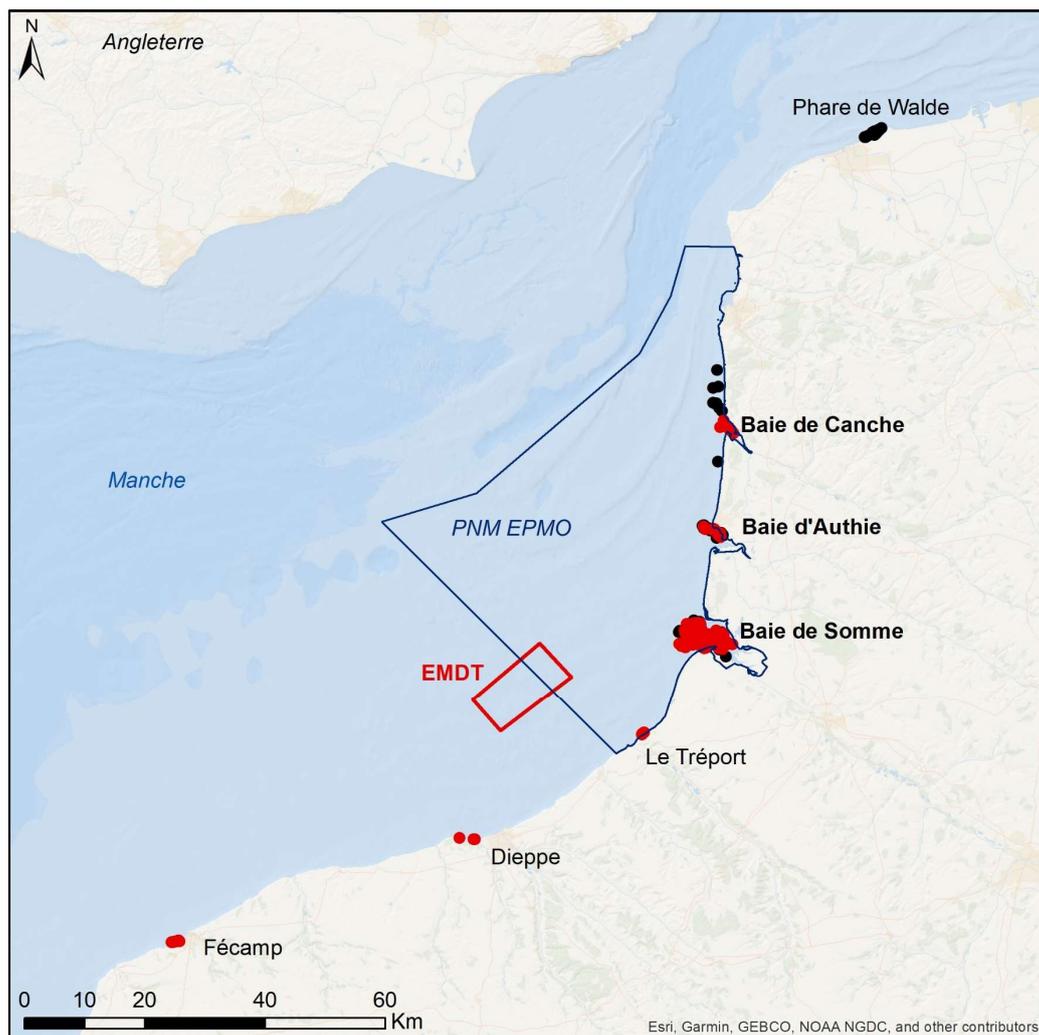


Figure 3.1 : Localisation des zones de repos à terre utilisées par les phoques gris (points noirs) et phoques veaux-marins (points rouges) suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019, en Manche Est (les zones de repos à terre des phoques gris en Mer du Nord ne sont pas représentées).

L'ensemble des zones de repos à sec utilisées par les phoques veaux-marins sont localisées le long du littoral français en Manche Est, du sud de Fécamp à la baie de Canche (Figure 3.1). Les zones de repos à terre des phoques gris sont en revanche plus nombreuses et plus dispersées. En Manche

Est, ils se sont posés en baies de Somme, Authie et Canche, au nord de cette dernière le long du littoral et sur le banc de sable du phare de Walde, à proximité de Calais (Figure 3.1). Mais près de la moitié des phoques suivis ont également utilisé des reposoirs terrestres situés en Grande-Bretagne et aux Pays-Bas. Il s'agit la plupart du temps de zones de repos de phoques gris très connues, dont d'importantes colonies de reproduction. Dans le présent suivi, seul le mâle G23 a montré un comportement typique de reproduction, en décembre 2019, à Donna Nook. Mais les sites de Blakeney Point, Horsey ou les îles Farne notamment sont également des colonies de reproduction de phoques gris régulièrement suivies. Par ailleurs l'une de ces zones de reposoirs est localisée dans un champ d'éoliennes en mer (Scroby Sands).

A proximité de la zone d'étude du projet éolien EMDT, les localisations à terre à proximité du Tréport sont celles du phoque veau-marin S12, qui s'est posé à trois reprises au pied des falaises entre Mers-les-bains et Ault. Plus à l'ouest vers Dieppe, c'est la femelle veau-marin S13 qui s'est posée sur l'estran à trois reprises à l'ouest de Pourville-sur-mer (Figure 3.1).

3.2 Rythmes d'utilisation des reposoirs terrestres

Globalement, sur la totalité des suivis télémétriques, les phoques veaux-marins et les phoques gris ont passé respectivement 20.7% et 22.0% de leur temps à sec, en moyenne. Si les quelques données acquises pendant la reproduction ou la mue sont exclues de ce calcul, nous obtenons 20.4% du temps à sec pour les phoques veaux-marins et 21.8% du temps à sec pour les phoques gris. Si ces chiffres sont relativement constants d'un individu à un autre chez les veaux-marins (min 18.3%, max 23.3%), les variations inter-individuelles sont plus importantes chez les phoques gris (min 11.4%, max 30.2% ; Figure 3.2).

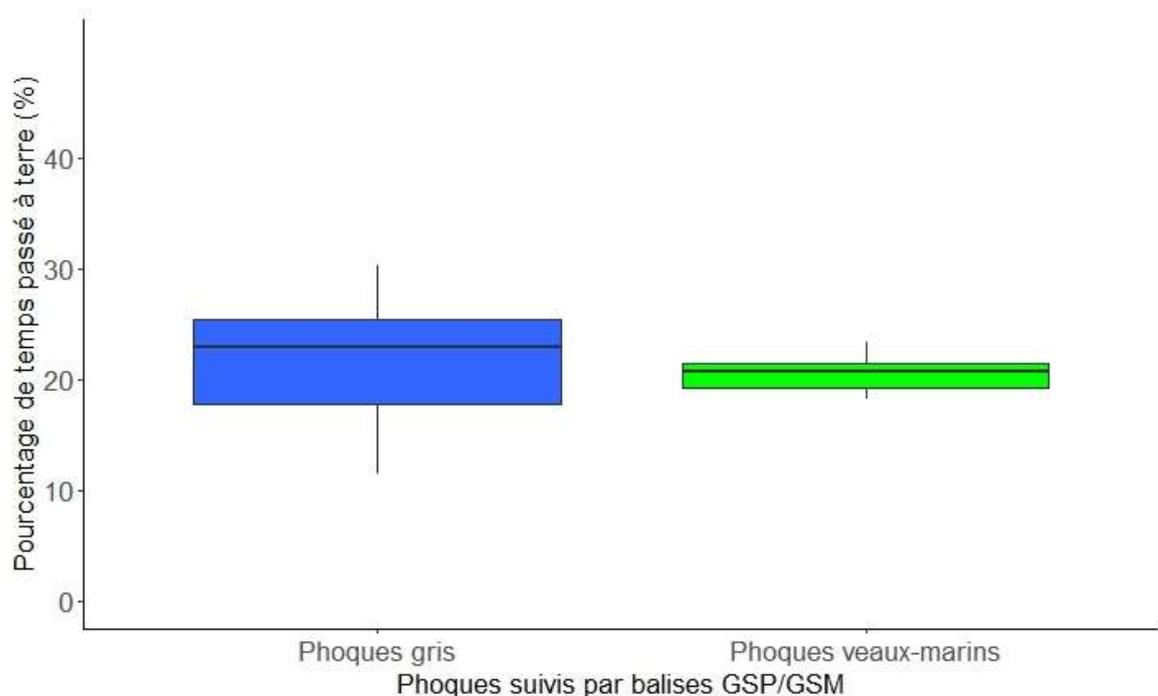


Figure 3.2 : Proportion du temps de suivi télémétrique passé à sec par les phoques gris (en bleu) et des phoques veaux-marins (en vert), en dehors de la saison de reproduction.

Les rythmes de repos à sec des phoques suivis par balises ont été analysés en fonction des cycles nycthémeraux (heure de la journée ou de la nuit) et tidaux (marée), lorsque les phoques se posent à sec dans la baie de Somme ou la baie d'Authie. Les autres repos à terre dans la zone d'étude (Manche Est) ne sont pas assez nombreux pour des analyses similaires, et les rythmes d'activité des phoques gris en mer du Nord sortent du cadre de cette étude. Par ailleurs, les données acquises pendant les saisons de reproduction et de mue (peu nombreuses) n'ont pas été incluses dans ces analyses.

Pour tous les phoques (gris et veaux-marins) suivis en baie de Somme, l'influence du rythme tidal sur les repos à terre est très visible (Figures 3.3 et 3.4). Elle était attendue, puisque les phoques utilisent principalement des reposoirs émergés à marée basse pour se reposer. Pour les phoques veaux-marins, le pic maximal de temps cumulé à terre se situe entre basse mer et basse mer + 1h, mais la proportion de temps passé à terre est déjà très importante 1h30 avant la basse mer (Figure 3.3). Les données sont plus éparses pour les phoques gris ; pour ces individus le temps passé à terre est majoritairement distribué entre 2h30 avant la basse mer et 1h après (Figure 3.4). Des variations inter-individuelles sont observées, comme par exemple entre le phoque G22 qui se pose à terre plus tôt à marée descendante ou le phoque G24 qui a plutôt passé plus de temps à terre après la marée basse, chacun des deux ayant plus de 2 mois et demi de données sur la zone.

Une telle influence du rythme de marée sur les repos à terre des phoques (notamment veaux-marins) est courante lorsqu'ils fréquentent des écosystèmes tidaux (Hamilton *et al.* 2014, Pauli & Terhune 1987, Granquist & Hauksson 2016), néanmoins selon les sites, l'affluence maximale des phoques sur les reposoirs peut se situer avant ou après l'heure de basse mer (Hayward *et al.* 2005).

Cette préférence peut combiner cycle de marée et cycle journalier : ainsi par exemple les phoques veaux-marins peuvent préférer les basses mer de l'après-midi (Pauli & Terhune 1987). Cette préférence pour les repos à sec dans l'après-midi est en effet visible ici à l'échelle de l'ensemble des phoques veaux-marins suivis par balise en 2019/2020, mais des exceptions individuelles existent (Figure 3.5). Globalement, les variations inter-individuelles de l'influence du rythme journalier sur le rythme de repos à terre sont plus importantes que celles liées au cycle des marées, pour les phoques veaux-marins comme pour les phoques gris (Figure 3.5 et 3.6). Pour les quelques phoques gris pour lesquels des données sont disponibles en baie de Somme sur ce suivi télémétrique, il est difficile de distinguer une influence spécifique de cette heure de la journée (Figure 3.6). Ceci peut entre autres s'expliquer par la plus grande proportion de voyages en mer longs (plusieurs jours) chez les phoques gris (*cf.* Figure 4.9).

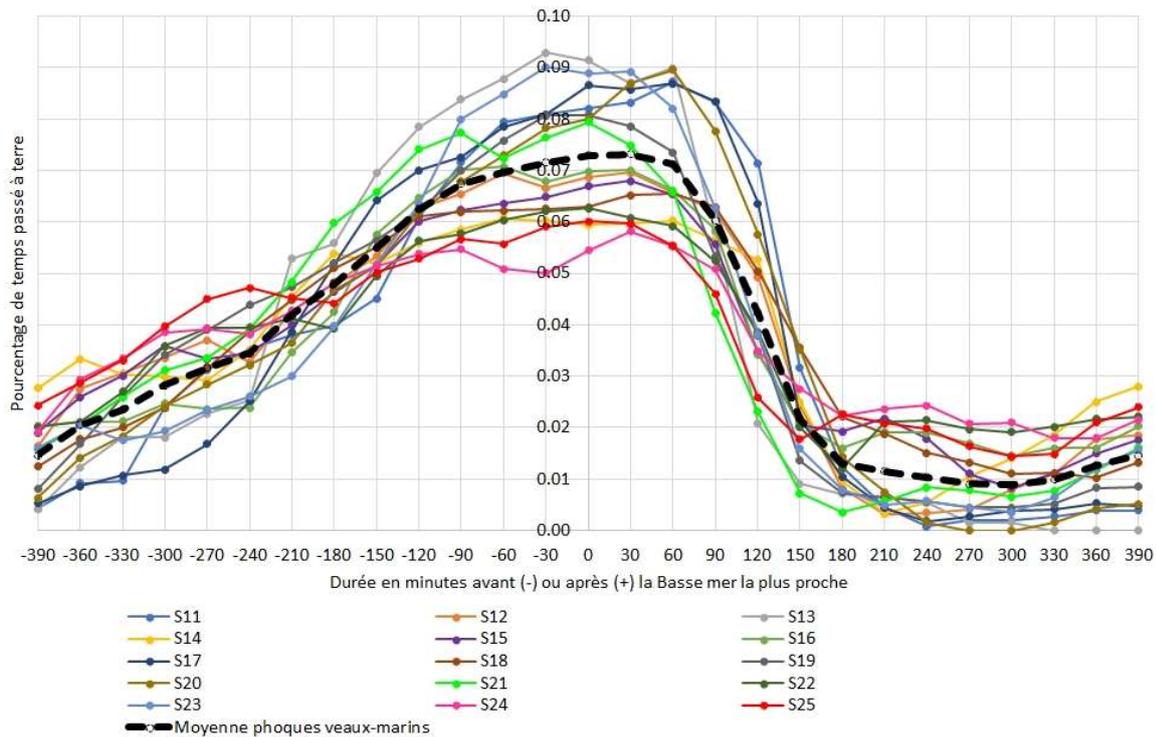


Figure 3.3 : Répartition, demi-heure par demi-heure, du temps cumulé de repos à terre des phoques veaux marins suivis par balises GPS/GSM en baie de Somme, en dehors de la période de reproduction, en fonction du cycle de marée.

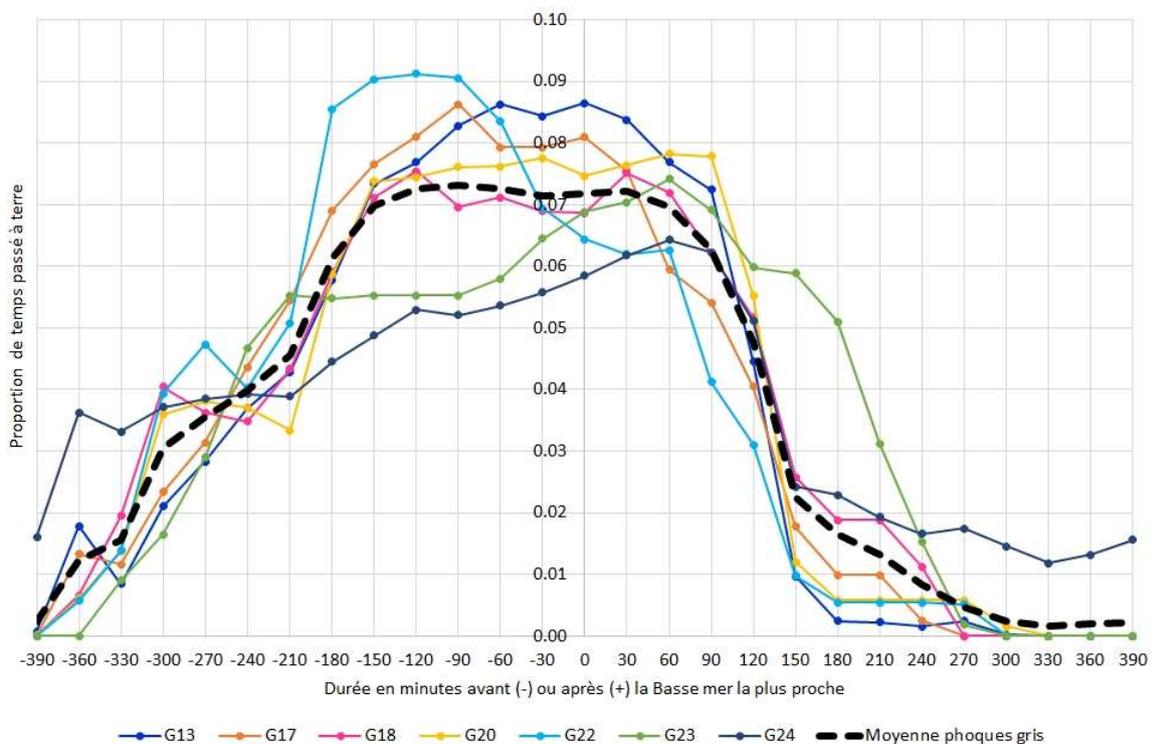


Figure 3.4 : Répartition, demi-heure par demi-heure, du temps cumulé de repos à terre des phoques gris suivis par balises GPS/GSM en baie de Somme, en dehors de la période de reproduction, en fonction du cycle de marée.

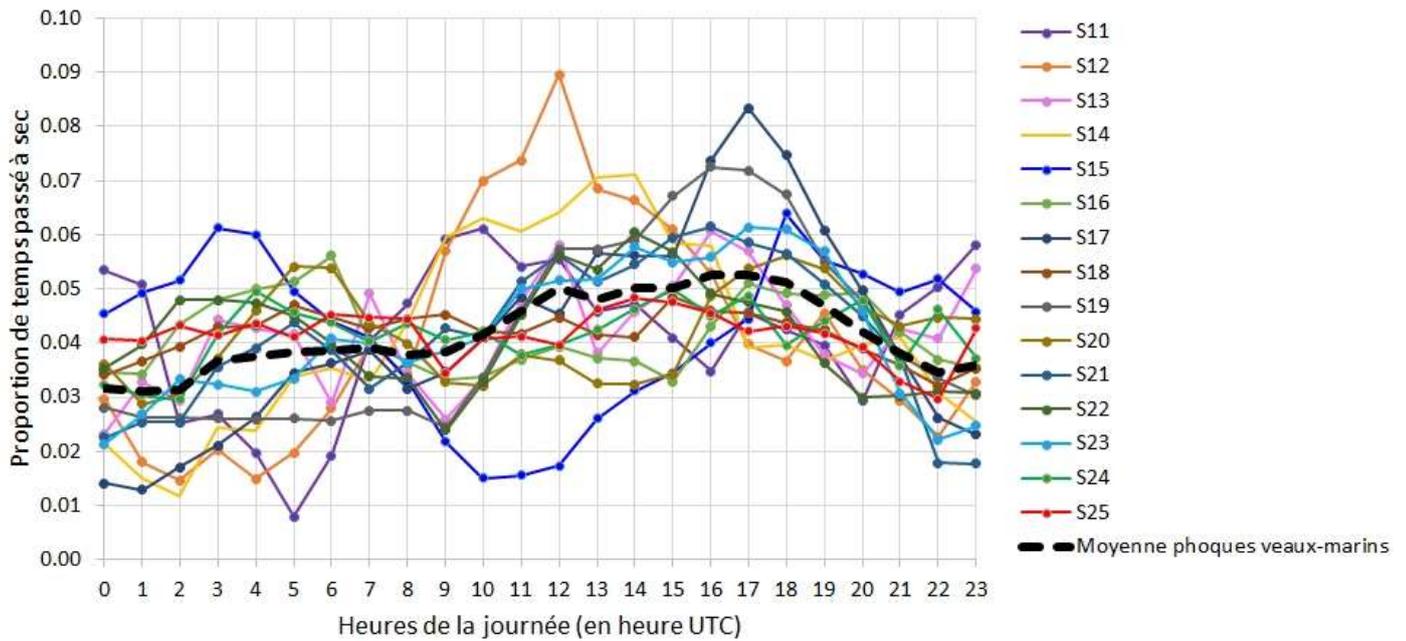


Figure 3.5 : Répartition, heure par heure, du temps cumulé de repos à terre des phoques veaux-marins suivis par balises GPS/GSM en baie de Somme, en dehors de la période de reproduction, en fonction de l'heure de la journée (en heure UTC 0, soit 1 à 2h avant l'heure légale selon la saison).

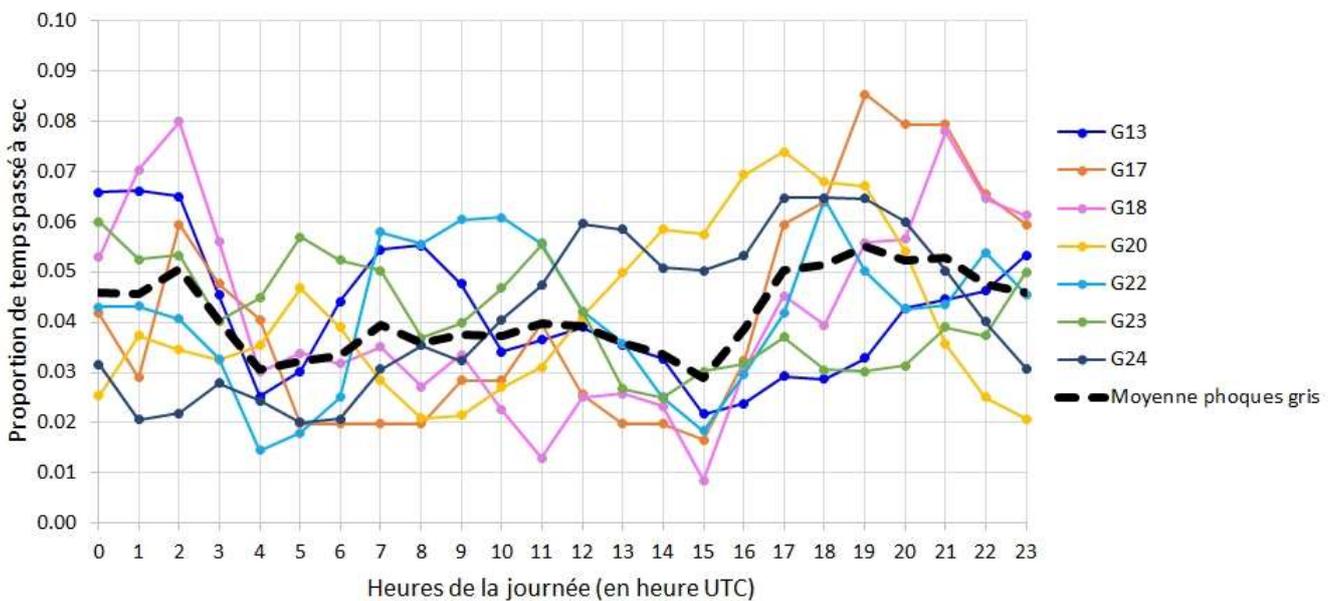


Figure 3.6 : Répartition, heure par heure, du temps cumulé de repos à terre des phoques gris suivis par balises GPS/GSM en baie de Somme, en dehors de la période de reproduction, en fonction de l'heure de la journée (en heure UTC 0, soit 1 à 2h avant l'heure légale selon la saison).

4 – Zones et rythmes de chasse

Les zones et rythmes d'activité d'alimentation des phoques sont sans doute les paramètres pour lesquels l'impact potentiel du projet de parc éolien offshore est le plus anticipé, car sa construction peut entraîner des nuisances sonores entravant le comportement des phoques, tandis qu'après la construction, la possible modification des habitats (et la création de nouveaux substrats, pouvant entraîner un "effet récif") peut entraîner en cascade des conséquences sur les proies des phoques (Russell *et al.* 2014, Degraer *et al.* 2021, Fernandez-Betelu *et al.* 2022).

4.1 Localisation des zones de chasse

Bien qu'elles n'aient pas été comparées quantitativement ici, les deux méthodes d'analyse des zones de chasse probable des phoques permettent d'obtenir des résultats fortement similaires (Figures 4.1 et 4.3). Les mêmes zones préférentielles ressortent à partir de ces deux méthodes, soulignant la concordance des approches pour l'identification du comportement alimentaire des phoques en plongée.

Lorsque toutes les plongées individuelles sont combinées pour obtenir une vision globale des zones de chasse préférentielles à l'échelle de l'espèce, les zones de chasse probable des phoques veaux-marins sont principalement situées au large de la baie de Somme et de Quend/Fort Mahon, ainsi que le long d'une bande côtière au sud de cette baie, jusqu'au Tréport voire Dieppe, et plus au nord jusqu'à Boulogne-sur-Mer (Figure 4.1).

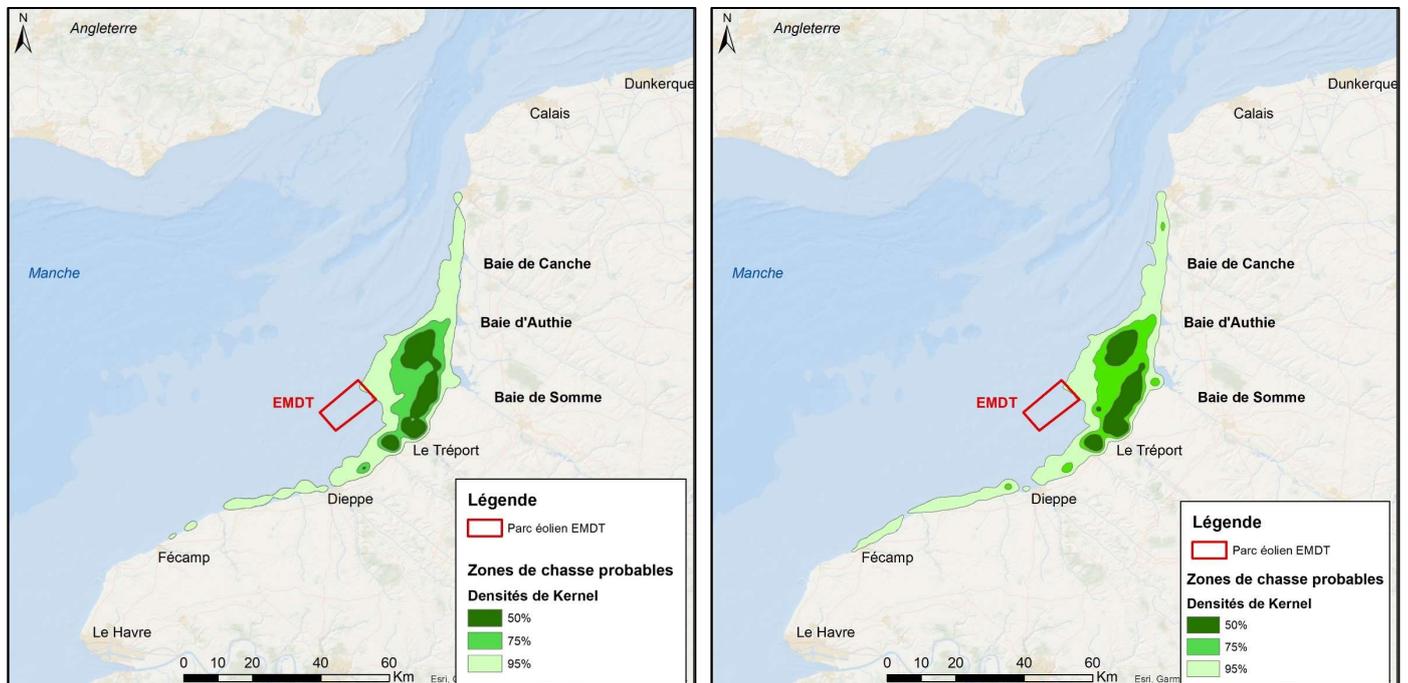


Figure 4.1 : Zones de chasse probables de l'ensemble des phoques veaux-marins équipés de balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019. A gauche, les résultats obtenus à partir de la méthode détaillée dans Planque (2021). A droite, les résultats issus de la prise en compte des tentatives de captures de proies enregistrées dans les plongées. Les zones d'importances sont indiquées par les densités de Kernels (les densités les plus élevées sont celles de couleur plus foncée).

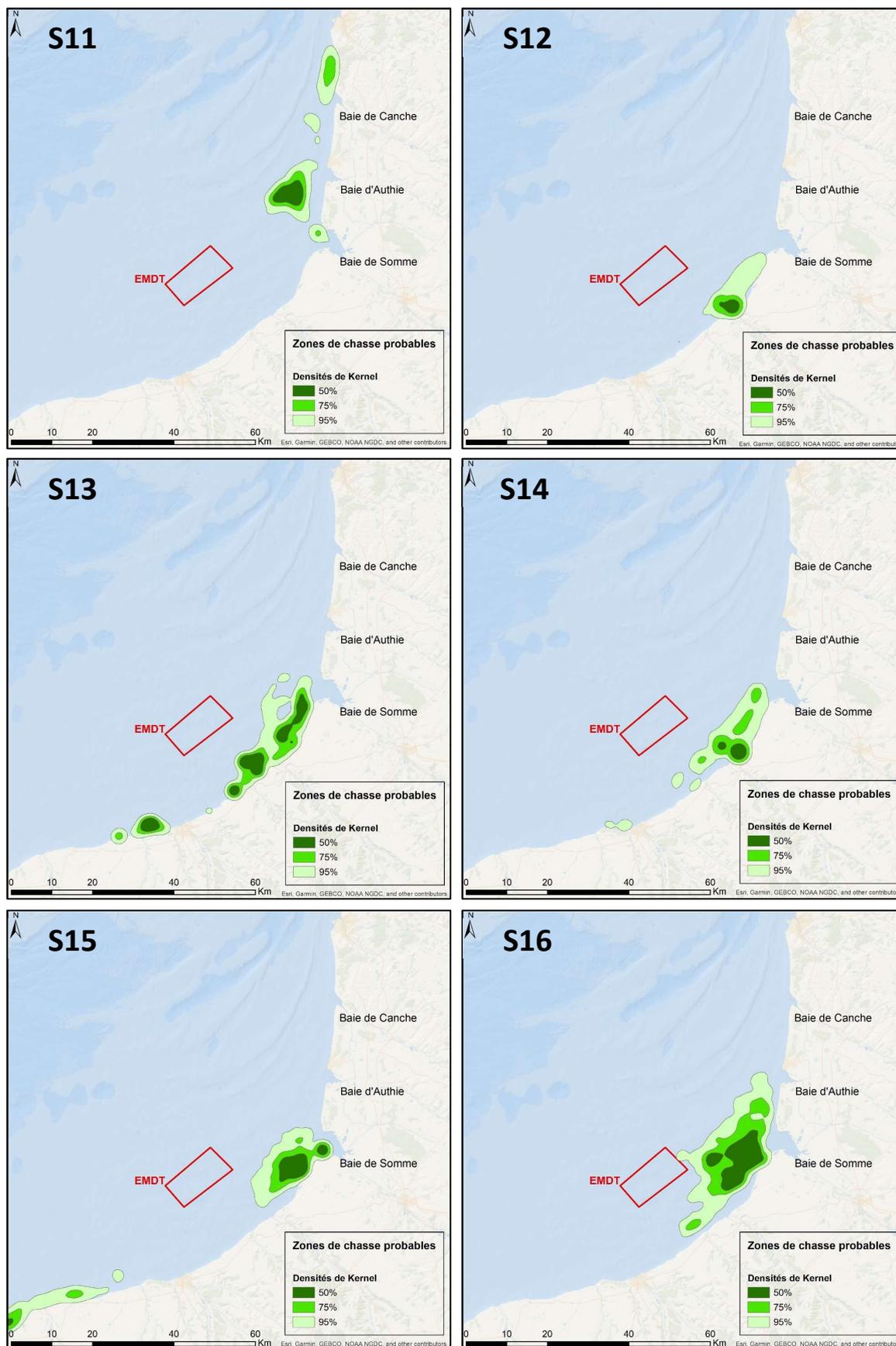


Figure 4.2 : Zones individuelles de chasse probables des poques vieux-marins équipés de balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019 (à partir des tentatives de captures de proies).

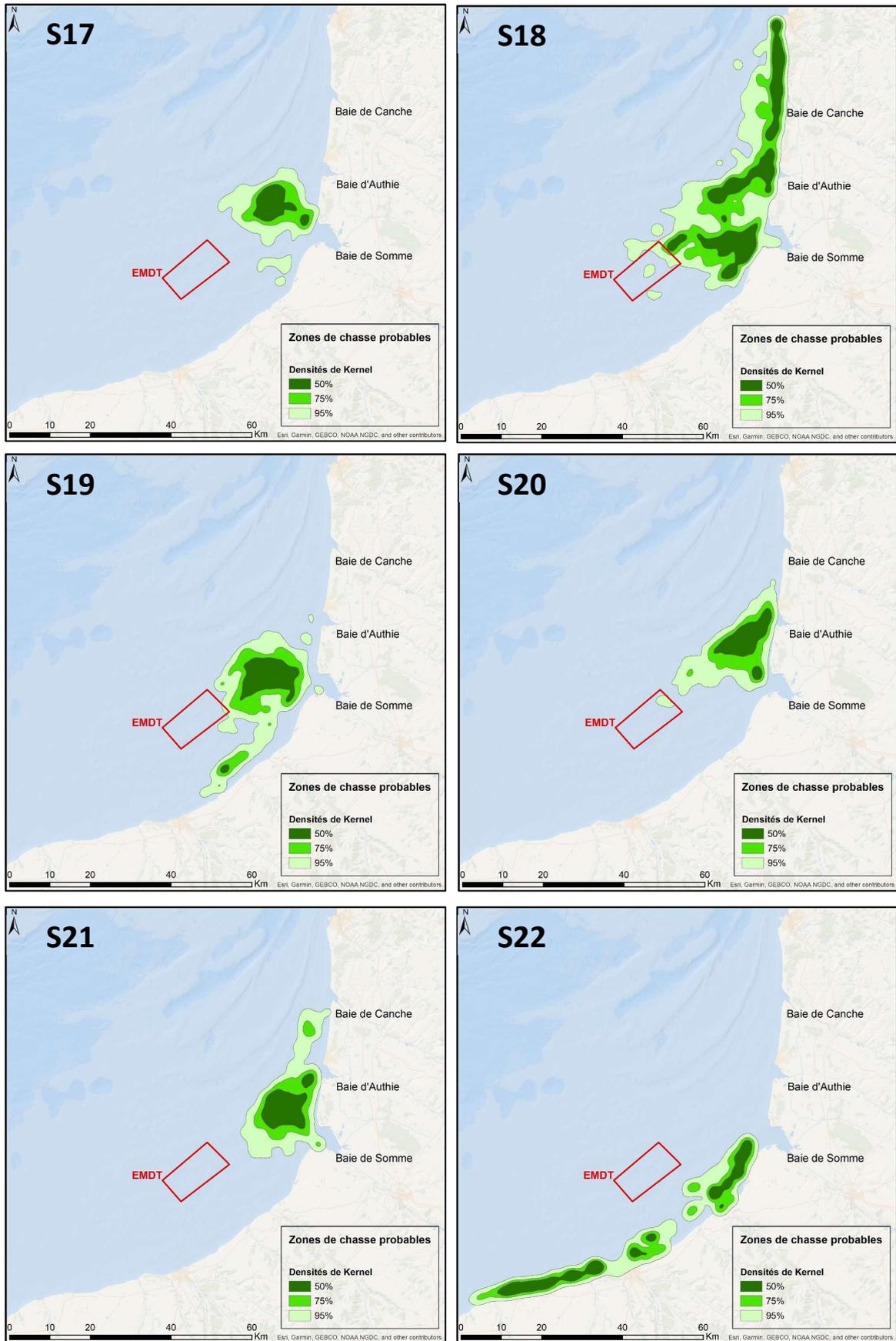


Figure 4.2 : Zones (suite)

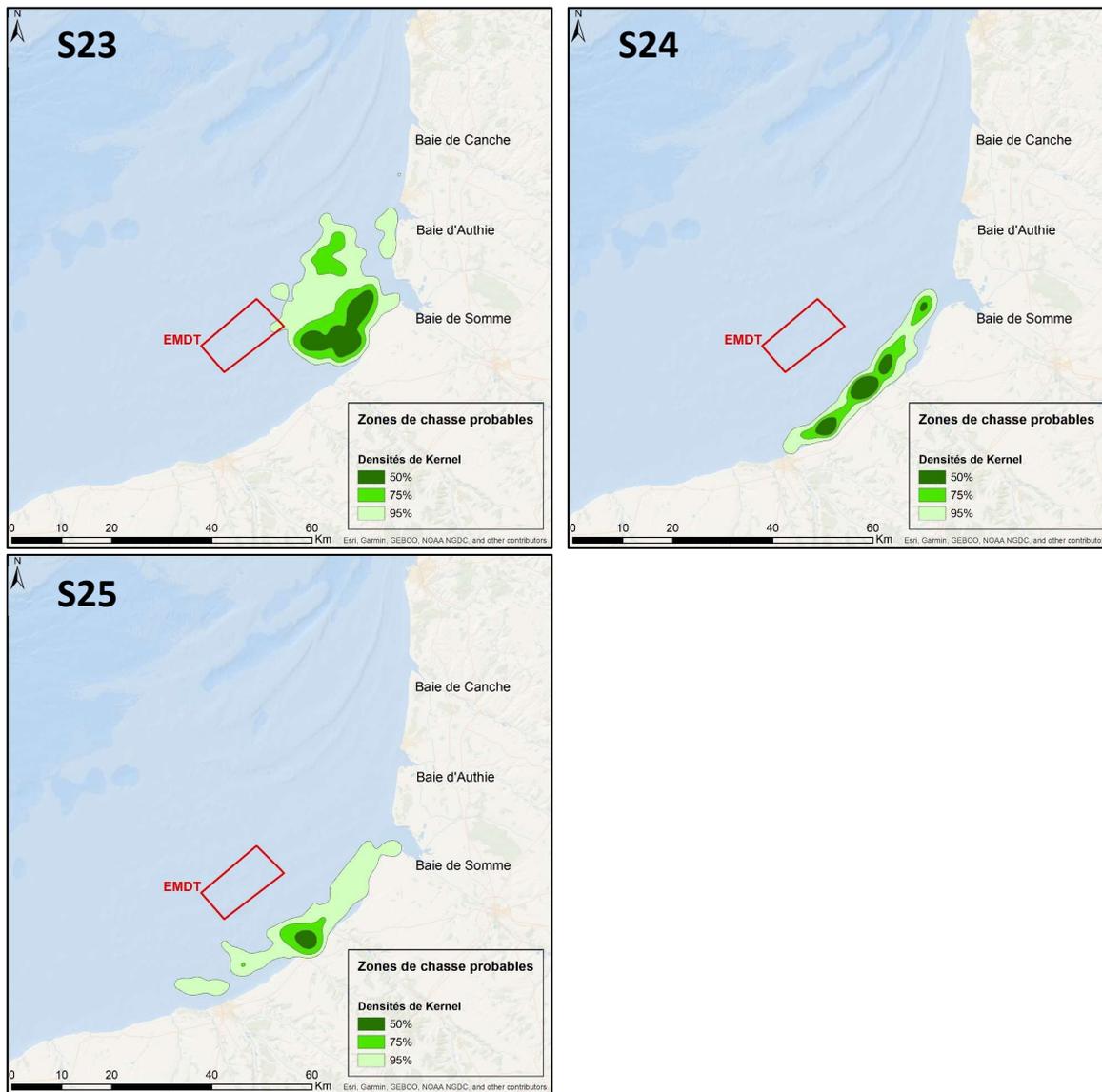


Figure 4.2 : Zones (suite et fin)

L'analyse des zones individuelles de chasse des veaux-marins indique que la plupart du temps, les individus suivis par balise sont très fidèles à leurs zones de chasse préférentielles et y retournent de façon répétée (Figure 4.2). A quelques exceptions près (ex. S18) les zones préférentielles de chasse des phoques veaux-marins ne sont pas très étendues (cf. Tableau 2.1) et il est possible d'identifier une unique zone préférentielle de chasse, même lorsque les individus ont été suivis de longs mois. Bien que la fidélité au site de chasse soit peu documentée chez cette espèce, Smeele *et al.* (2019) ont montré le rôle possible de la mémoire chez cette espèce, ainsi que d'autres pinnipèdes, dans la recherche alimentaire.

Pour cinq individus, les zones de chasse frôlent le périmètre du projet de parc éolien en mer EMDT, ou sont inclus dans ce périmètre (S16, S18, S19, S20 et S25, Figure 4.2). La plupart des autres sont localisées à 10 ou 20 km de cette zone. Il sera particulièrement important et pertinent de suivre le comportement de chasse des phoques veaux-marins, relativement sédentaires, pendant la phase de construction des éoliennes en mer des éoliennes, compte tenu du potentiel impact du bruit à ces distances du parc éolien (Thomsen *et al.* 2006, Russell *et al.* 2016).

Les zones de chasse probables des phoques gris sont logiquement plus étendues, comme pouvaient le suggérer leurs déplacements à plus large échelle. En Manche Est, elles restent néanmoins en grande partie côtières, de la baie de Somme au phare de Walde, mais peuvent s'étendre jusqu'en centre Manche (Figure 4.3). Plusieurs individus ont également chassé en baie de Seine, et la densité des plongées probables de chasse est forte autour des bancs de Sable de Goodwin Sands, au nord-ouest du Pas-de-Calais (Figures 4.3 et 4.4). Les zones de chasse des phoques gris en mer du Nord ne figurent pas sur ces cartes, focalisées sur la zone d'étude. Bien que les zones les plus densément exploitées pour l'alimentation soient situées en dehors du périmètre de parc éolien en mer de Dieppe-Le Tréport, certains phoques gris (G20, G24) y ont concentré une partie de leurs plongées de recherche de proies (Figure 4.4).

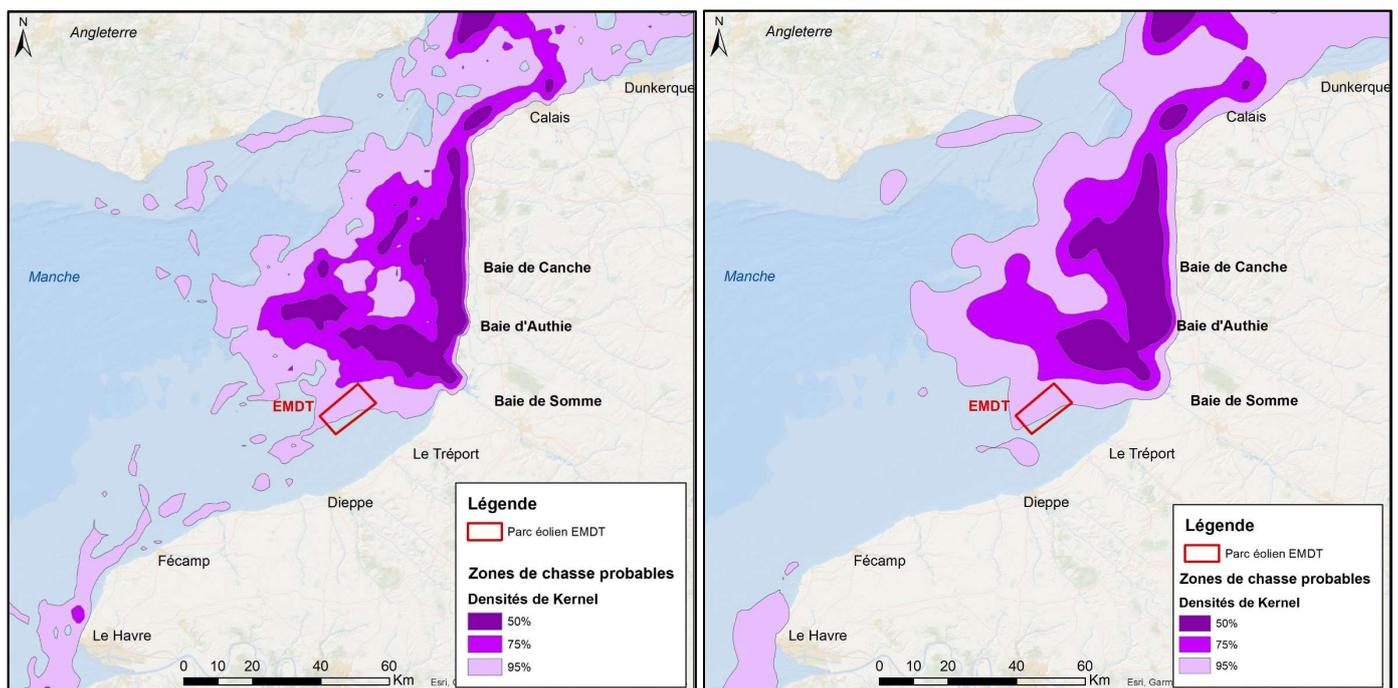


Figure 4.3 : Zones de chasse probables des phoques gris équipés de balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019. A gauche, les résultats obtenus à partir de la méthode détaillée dans Planque (2021). A droite, les résultats issus de la prise en compte des tentatives de captures de proies enregistrées dans les plongées. Les zones d'importances sont indiquées par les densités de Kernel (les densités les plus élevées sont celles de couleur plus foncée).

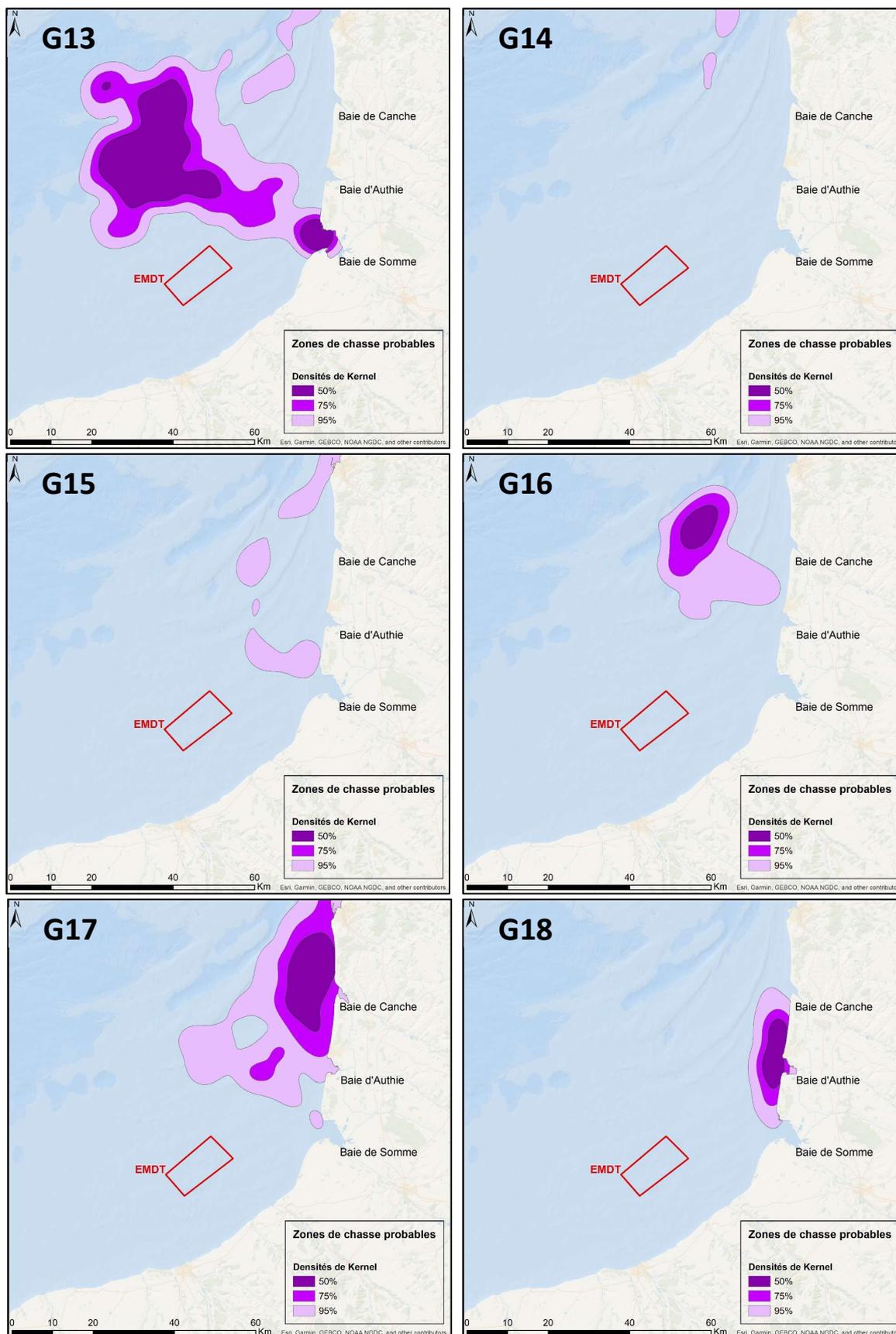


Figure 4.4 : Zones individuelles de chasse probables des phoques gris équipés de balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019 (à partir des tentatives de captures de proies).

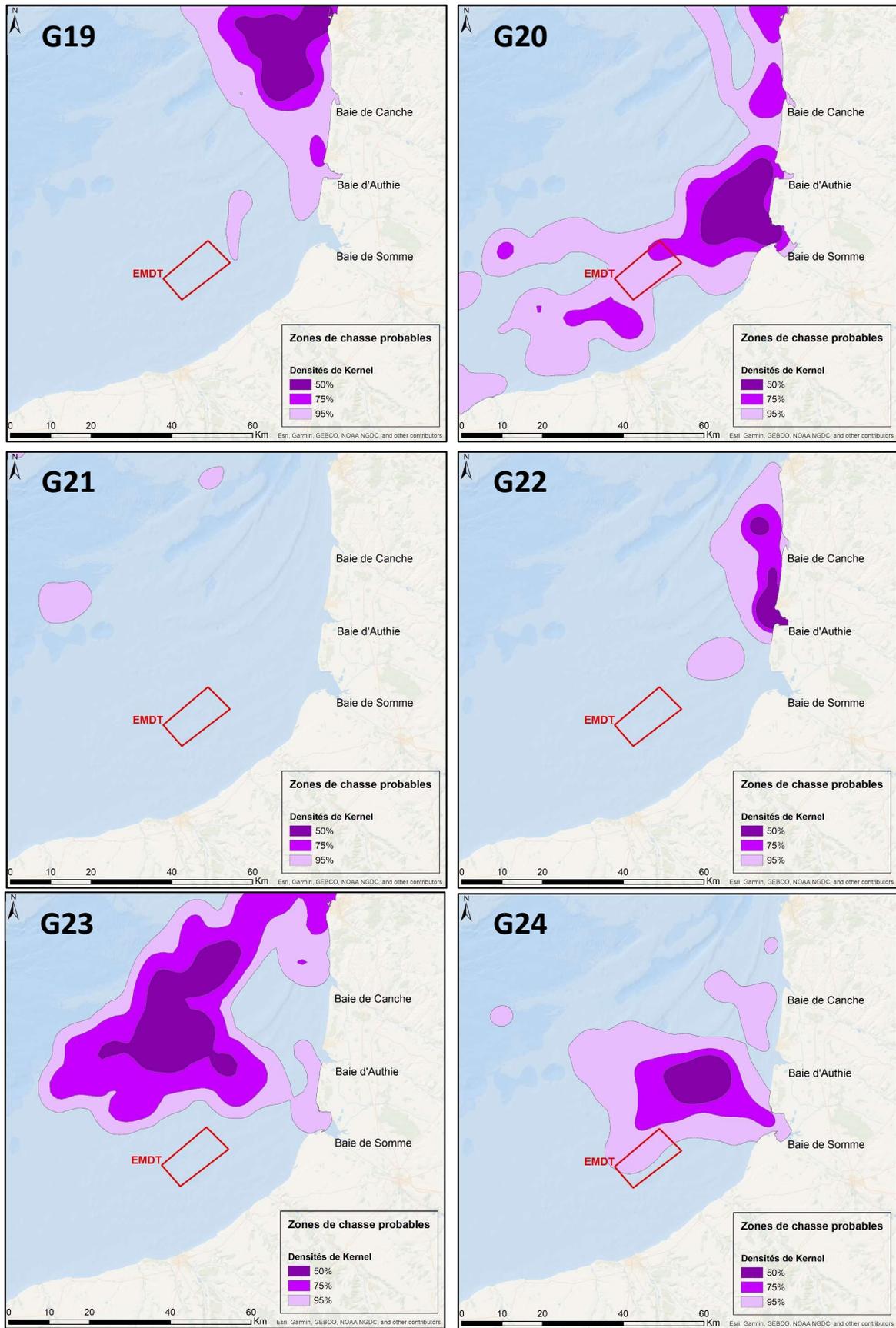


Figure 4.4 (suite)

4.2 Rythmes de chasse des phoques

Les rythmes des plongées de chasse ont été étudiés dans la zone de « Manche Est » (jusqu'au Cap Gris-Nez environ), afin d'identifier une éventuelle périodicité (nycthémérale ou tidale) dans la recherche des proies par les phoques. Les rythmes de chasse des individus (phoques gris) s'étant déplacés en mer du Nord ne sont pas détaillés ici. Les données relatives aux heures de marées ont été acquises via le SHOM³, en heures UTC, à l'entrée de la baie de Somme (AT-SO).

La Manche est un écosystème fortement tidal, et le rythme des marées a déjà été identifié comme pouvant dicter le rythme de recherche de proies chez les phoques (Zamon 2003). Ce paramètre a donc été étudié ici, mais il ne semble influencer que faiblement le rythme des plongées de chasse des phoques veaux-marins (Figure 4.5) et n'a a priori aucune influence sur le rythme de chasse des phoques gris en Manche Est (Figure 4.6). Il est probable que la légère décroissance de la proportion de plongées de chasse observée chez les phoques veaux-marins autour de la marée basse soit principalement liée au fait qu'ils se posent à sec sur des bancs de sable ou autres reposoirs découverts à marée basse uniquement.

Selon les régions du monde, les phoques gris et phoques veaux-marins peuvent avoir un rythme de chasse marqué par l'alternance du jour et de la nuit (Wright *et al.* 2007, Masubuchi *et al.* 2019). Les données obtenues ici ne permettent pas d'identifier un rythme préférentiel fort partagé par tous les individus (Figures 4.7 et 4.8). La variabilité inter-individuelle est assez importante chez les deux espèces. Chez les phoques veaux-marins, il est possible de distinguer une légère inflexion du nombre de plongées de chasse en fin de journée (vers 18-19h UTC, Figure 4.7), qui coïncide avec une augmentation de la proportion de temps passé à terre aux mêmes heures (Figure 3.5). Chez les phoques gris, la courbe moyenne subit deux légères inflexions du nombre de plongées de chasse en milieu de journée et la nuit (10-12h UTC puis 22h UTC, Figure 4.8), mais cette moyenne cache des disparités individuelles importantes (cf. par exemple le phoque G17 qui chasse plus de nuit que de jour). Les phoques gris G16 et G18 ayant été suivis peu de temps, les données acquises pour ces deux individus sont à interpréter avec précaution.

Globalement, ni le rythme des marées ni les heures du jour ou de la nuit ne semblent influencer fortement la majorité des phoques chassant à partir de la baie de Somme, chez aucune des deux espèces.

³ <https://maree.shom.fr/>

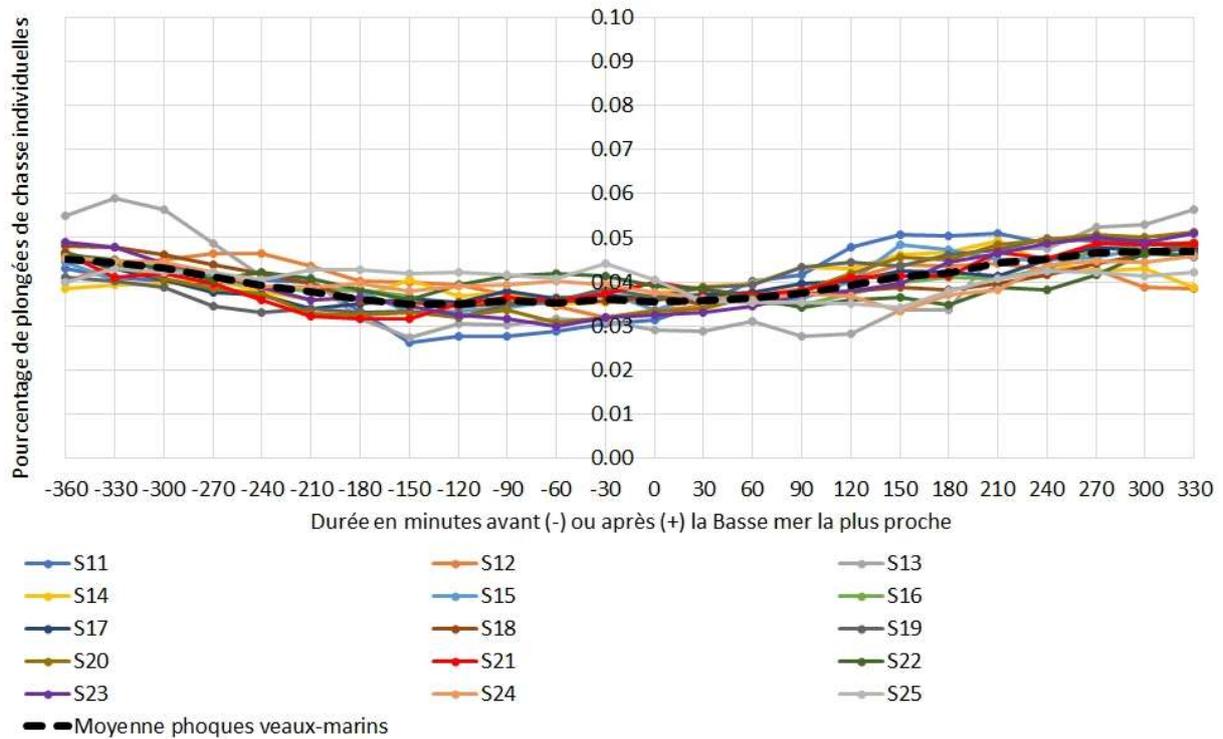


Figure 4.5 : Répartition, demi-heure par demi-heure, de la proportion de plongées de chasse des phoques veaux-marins suivis par balises GPS/GSM en Manche Est, en fonction du cycle de marée.

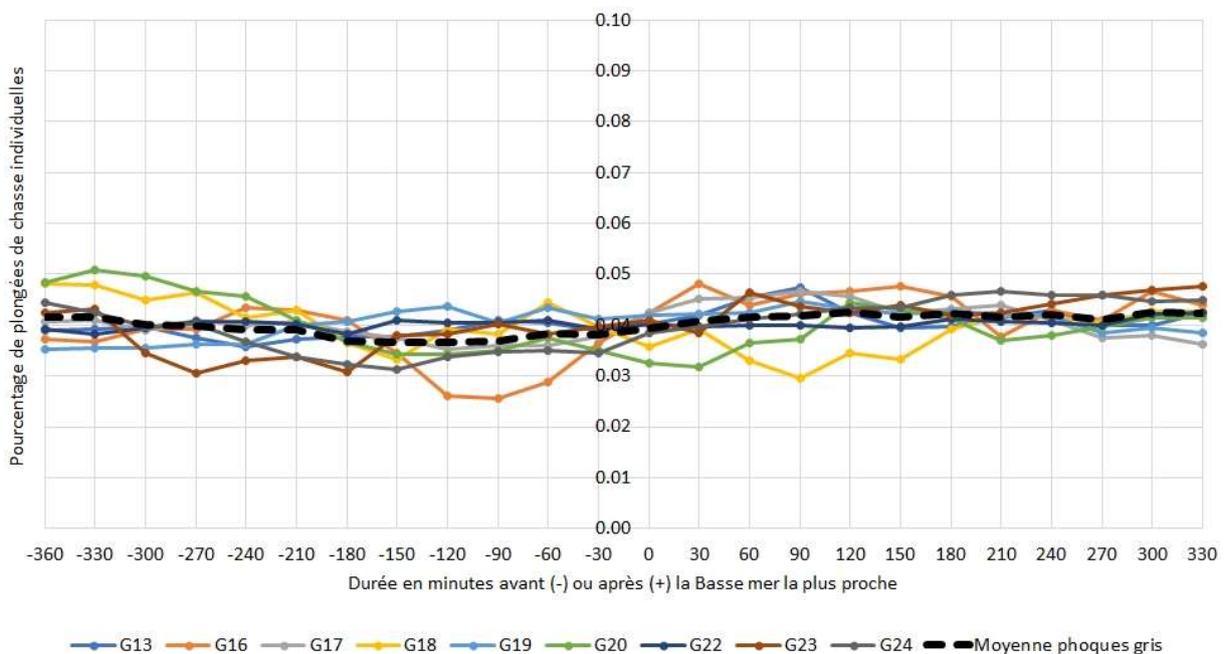


Figure 4.6 : Répartition, demi-heure par demi-heure, de la proportion de plongées de chasse des phoques gris suivis par balises GPS/GSM en Manche Est, en fonction du cycle de marée.

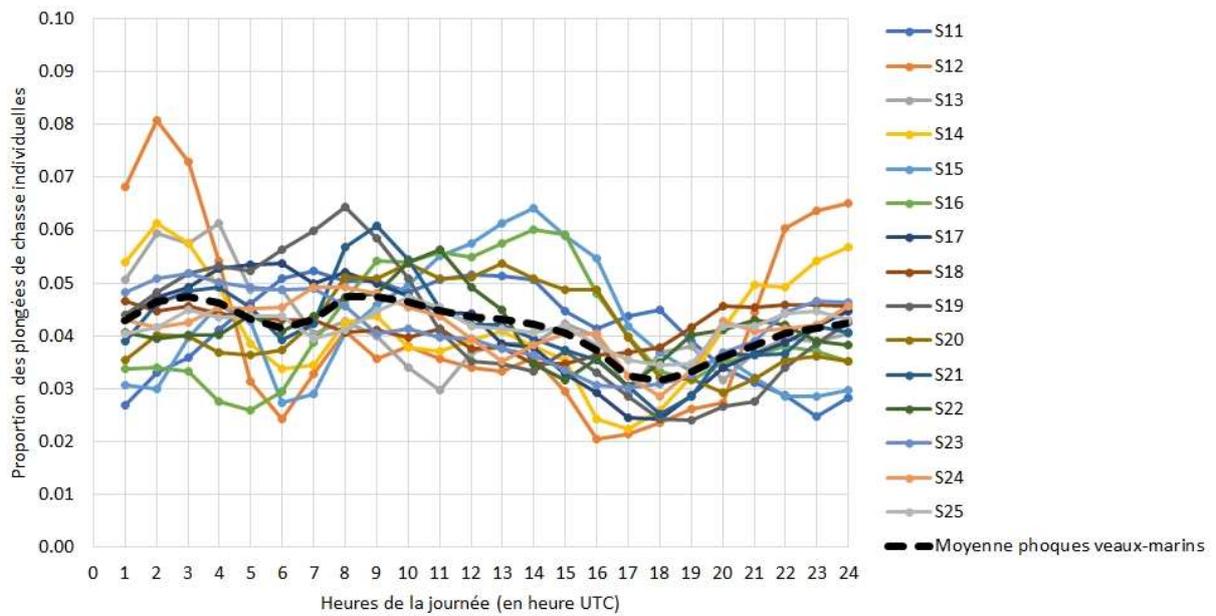


Figure 4.7 : Répartition, heure par heure, de la proportion de plongées de chasse des phoques veaux-marins suivis par balises GPS/GSM en Manche Est, en fonction de l'heure du jour (en heure UTC 0, soit 1 à 2h avant l'heure légale selon la saison).

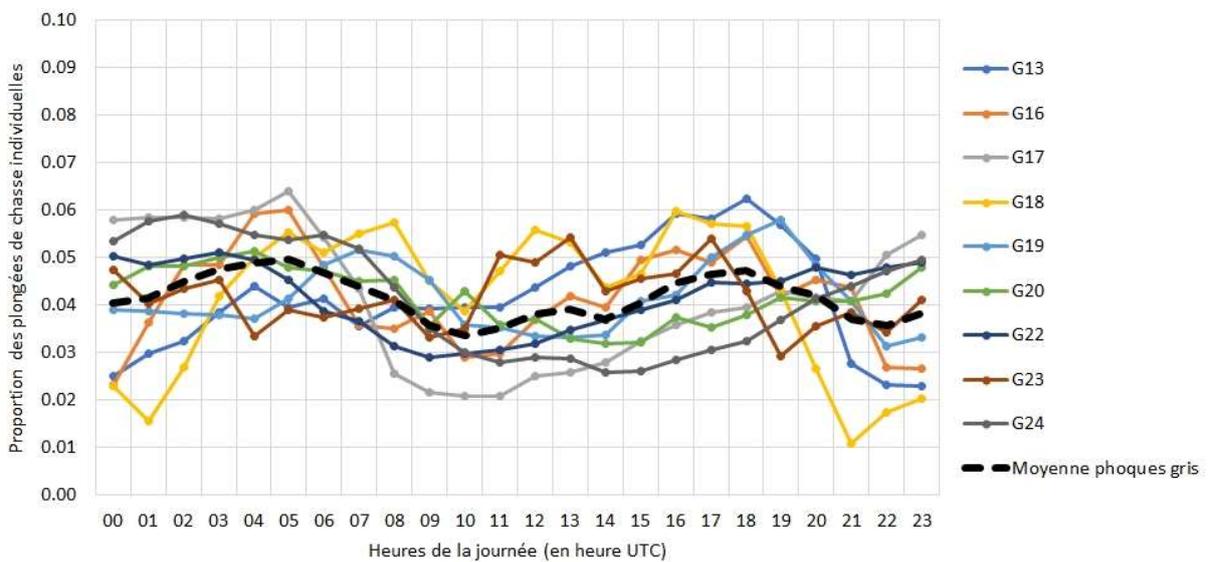


Figure 4.8 : Répartition, heure par heure, de la proportion de plongées de chasse des phoques gris suivis par balises GPS/GSM en Manche Est, en fonction de l'heure du jour (en heure UTC 0, soit 1 à 2h avant l'heure légale selon la saison).

Les « voyages en mer » des phoques sont définis comme tout déplacement dans l'eau entre deux repos à terre successifs. La durée et la fréquence de ces voyages en mer peuvent également renseigner sur les rythmes d'activité des phoques, en complément de la distribution temporelle des plongées de chasse. Ils sont analysés ici uniquement en Manche Est. En 2019, 43% de ces voyages en mer des phoques veaux-marins suivis par balises duraient moins d'une heure, contre 27% chez les phoques gris (Figure 4.9). Ces pourcentages de courts voyages en mer sont en augmentation pour chacune des deux espèces, puisqu'en 2008 seuls 26% des voyages en mer duraient moins d'une heure, et 19% de ceux des phoques gris en 2012 (Vincent et al. 2021). Les différences sont significatives pour les deux espèces (Chi deux de Pearson, $p < 0.0001$). Compte tenu de la faible durée de ces déplacements entre deux repos à sec successifs (sur des reposoirs identiques ou différents), ce résultat pourrait être le signe d'un dérangement plus important des phoques sur leurs reposoirs. Une telle hypothèse devrait néanmoins être testée avec des analyses supplémentaires.

Outre la forte proportion de très courts voyages en mer, il est possible d'observer un pic de voyages en mer d'une durée de 6 heures environ, puis un pic secondaire autour d'une vingtaine d'heures, et d'autres pics plus modérés toutes les 10-12h : compte tenu de l'influence du cycle des marées sur le rythme de repos à terre des phoques de ces deux espèces dans la zone, il est suggéré que ces durées de voyages en mer correspondent au temps disponible (hors temps passé à sec avant puis après la basse mer) entre deux marées successives (premier pic à 6h) ou entre des marées plus espacées, pour les voyages en mer durant une ou plusieurs journées (Figure 4.9).

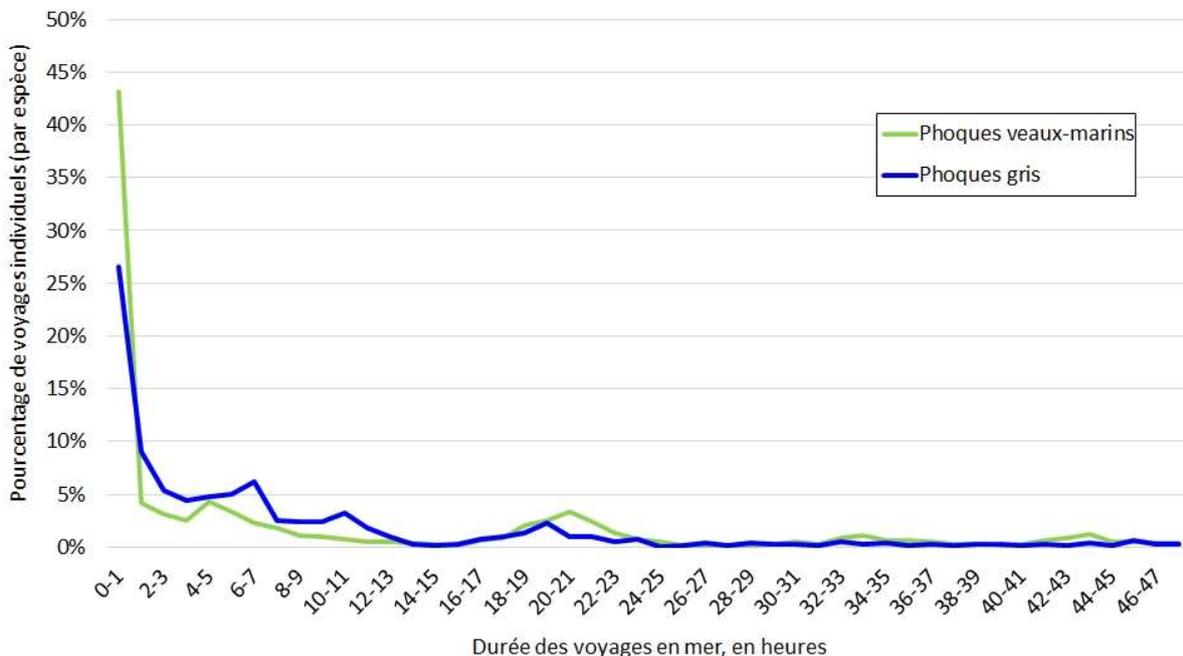


Figure 4.9 : Distribution des durées de « voyages en mer » des **phoques veaux-marins** (en vert) et **phoques gris** (en bleu). Seuls les voyages de moins de 48 heures sont indiqués.

Remerciements

Merci à l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et à la Région Nouvelle Aquitaine qui ont financé ces suivis, respectivement dans le cadre de la DCSMM, et du projet Multistress porté par le CEBC (2017-1R110).

Nous remercions vivement toutes les personnes qui ont participé activement aux opérations de capture sur le terrain, venant de La Rochelle Université (CEBC et PELAGIS), Picardie Nature, OFB (Brest, Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale, Brigades mobile d'intervention et Service Départemental 80) et ADN. Ces opérations nécessitent beaucoup de participants et d'équipement, et nous sommes particulièrement reconnaissants auprès des agents et bénévoles pour leur implication, et tout auprès des organismes et individus qui ont mis à disposition leurs moyens nautiques.

Merci à Julie Charrier, pour son travail réalisé sur l'analyse des données de plongée issue des suivis télémétriques de 2019 (classification des plongées pour détecter celles associées à un comportement de chasse), dans le cadre de son stage de Master 1.

Merci à Karine Gautier, Karen Laudy et Marie-Chrystel Gobin (La Rochelle Université) pour leur aide précieuse dans la gestion financière du projet.

Références bibliographiques

- Björge, A., T. Bekkby and E. Bryant. 2002. Summer home range and habitat selection of harbor seal (*Phoca vitulina*) pups. *Marine Mammal Science* 18:438-454.
- Boness, D., W. Bowen, B. Buhleier and G. Marshall. 2006. Mating tactics and mating system of an aquatic-mating pinniped: the harbor seal, *Phoca vitulina*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61:119-130.
- Brasseur, S., R. Kirkwood and G. Aarts. 2017. Seal monitoring and evaluation for the Gemini offshore windfarm: Tconstruction - 2015 report IMARES. 65 pp.
- Breed, G., D. Bowen, J. Mcmillan and M. Leonard. 2006. Sexual segregation of seasonal foraging habitats in a non-migratory marine mammal. *Proceedings of the Royal Society of London B* 273:2319-2326.
- Coltman, D., D. Bowen, D. Boness and S. Iverson. 1997. Balancing foraging and reproduction in the male harbour seal, an aquatically mating pinniped. *Animal Behavior* 54:663-678.
- Curtice, C., R. Schick, D. Dunn and P. Halpin. 2011. Home range analysis of hawaiian monk seals (*Monachus schauinslandi*) based on colony, age, and sex. *Aquatic Mammals* 37:360-371.
- Degraer, S., R. Brabant, B. Rumes and L. Vigin. 2021. Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Attraction, avoidance and habitat use at various spatial scales. 104 pp.
- Dietz, R., J. Teilmann, S. Andersen, F. Rigét and M. Olsen. 2013. Movements and site fidelity of harbour seals (*Phoca vitulina*) in Kattegat, Denmark, with implications for the epidemiology of the phocine distemper virus. *ICES Journal of Marine Science* 70:186-195.
- Edrén, S., J. Teilmann, R. Dietz and J. Carstensen. 2004. Effect from the construction of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rødsand seal sanctuary based on remote video monitoring. 33 pp.
- Fedak, M., P. Lovell and S. Grant. 2001. Two approaches to compressing and interpreting time-depth information as collected by time-depth recorders and satellite-linked data recorders. *Marine Mammal Science* 17:94-110.
- Fernandez-Betelu, O., I. M. Graham and P. M. Thompson. 2022. Reef effect of offshore structures on the occurrence and foraging activity of harbour porpoises. *Frontiers in Marine Science* 9.
- Granquist, S. and E. Hauksson. 2016. Seasonal, meteorological, tidal and diurnal effects on haul-out patterns of harbour seals (*Phoca vitulina*) in Iceland. *Polar Biology*.
- Hamilton, C., C. Lydersen, R. Ims and K. Kovacs. 2014. Haul-out behaviour of the world's northernmost population of harbour seals (*Phoca vitulina*) throughout the year. *Plos One* 9:e86055.
- Hastie, G., D. Russell, B. Mcconnell, D. Thompson and V. Janik. 2016. Multiple-pulse sounds and seals: Results of a harbor seal (*Phoca vitulina*) telemetry study during wind farm construction. in A. Popper and A. Hawkins eds. *The effects of noise on aquatic life II, Advances in Experimental Medicine and Biology* 875. Springer, New York.
- Hayward, J., S. Henson, C. Logan, C. Parris, M. Meyer and B. Dennis. 2005. Predicting numbers of hauled-out harbour seals: a mathematical model. *Journal of Applied Ecology* 42:108-117.
- Kastelein, R., M. Horvers, L. Helder-Hoek, S. Van De Voorde, R. Ter Hofstede and H. Van Der Meij. 2017. Behavioral response of harbor seals (*Phoca vitulina*) to FaunaGuard seal module sounds at two background noise levels. *Aquatic Mammals* 43:347-363.
- Kirkwood, R., G. Aarts and S. Brasseur. 2015. Seal monitoring and evaluation for the *Luchterduinen* offshore wind farm: 2. Tconstruction – 2014 report. IMARES. 65 pp.
- Laver, P. N. and M. J. Kelly. 2008. A Critical Review of Home Range Studies. *The Journal of Wildlife Management* 72:290-298.
- Masubuchi, T., M. Kobayashi, K. Ohno, A. Ishikawa and Y. Kuramoto. 2019. Dependency of Japanese harbor seals (*Phoca vitulina*) on salmon set nets at Cape Erimo, Hokkaido, Japan. *Marine Mammal Science* 35:58-71.

- McConnell, B., M. Lonergan and R. Dietz. 2012. Interactions between seals and offshore wind farms. 41 pp.
- Muelbert, M. and W. Bowen. 1993. Duration of lactation and postweaning changes in mass and body composition of harbour seal, *Phoca vitulina*, pups. Canadian Journal of Zoology 71:1405-1414.
- Oksanen, S., M. Ahola, E. Lehtonen and M. Kunnasranta. 2014. Using movement data of Baltic grey seals to examine foraging-site fidelity: implications for seal–fishery conflict mitigation. Marine Ecological Progress Series 507:297-308.
- Pauli, B. and J. Terhune. 1987. Tidal and temporal interaction on harbour seal haul-out patterns. Aquatic Mammals 13:93-95.
- Photopoulou, T., P. Lovell, M. Fedak, L. Thomas and J. Matthiopoulos. 2015. Efficient abstracting of dive profiles using a broken-stick model. Methods in Ecology & Evolution 6:278-288.
- Planque, Y. 2021. Ecologie trophique de deux espèces sympatriques de phoques en périphérie de leur aire de répartition. Thèse de Doctorat, La Rochelle Université, 368 pp.
- Russell, D., S. Brasseur, D. Thompson, G. Hastie, V. Janik, G. Aarts, B. McClintock, J. Matthiopoulos, S. Moss and B. McConnell. 2014. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. Current Biology 24:R638.
- Russell, D., G. Hastie, D. Thompson, V. Janik, P. Hammond, L. Scott-Hayward, J. Matthiopoulos, E. Jones and B. McConnell. 2016. Avoidance of wind farms by harbour seals is limited to pile driving activities. Journal of Applied Ecology doi:10.1111/1365-2664.12678.
- Smeele, S., K. Hansen, S. Ortiz, F. Johansson, J. Kristensen, J. Larsson, U. Siebert and M. Wahlberg. 2019. Memory from own behaviour in pinnipeds. Animal Cognition 22:947–958.
- Southall, B., J. Finneran, C. Reichmuth, P. Nachtigall, D. Ketten, A. Bowles, W. Ellison, D. Nowacek and P. Tyack. 2019. Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. Aquatic Mammals 45:125-232.
- Thompson, P. 1993. Harbour seal movement patterns. Symposium of the Zoological Society of London 66:225-239.
- Thompson, P., D. Miller, R. Cooper and P. Hammond. 1994. Changes in the distribution and activity of female harbour seals during the breeding season: implications for their lactation strategy and mating patterns. Journal of Animal Ecology 63:24-30.
- Thomsen, F., K. Lüdemann, R. Kafemann and W. Piper. 2006. Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. 62 pp.
- Tougaard, J., I. Ebbesen, S. Tougaard, T. Jensen and J. Teilmann. 2003. Satellite tracking of Harbour Seals on Horns Reef - Use of the Horns Reef wind farm area and the North Sea. 42 pp.
- Vincent, C., Y. Planque, M. Huon and F. Caurant. 2021. Suivis télémétriques de phoques gris et phoques veaux-marins à partir de la baie de Somme - Rapport final (juillet 2021). La Rochelle Université. 80 pp.
- Whyte, K. F., D. J. F. Russell, C. E. Sparling, B. Binnerts and G. D. Hastie. 2020. Estimating the effects of pile driving sounds on seals: Pitfalls and possibilities. The Journal of the Acoustical Society of America 147:3948-3958.
- Wright, B. E., S. D. Riemer, R. F. Brown, A. M. Ougzin and K. A. Bucklin. 2007. Assessment of harbor seal predation on adult salmonids in a Pacific Northwest estuary. Ecological Applications 17:338-351.
- Ydesen, K., D. Wisniewska, J. Hansen, K. Beedholm, M. Johnson and P. Madsen. 2014. What a jerk: prey engulfment revealed by high-rate, super-cranial accelerometry on a harbour seal (*Phoca vitulina*). The Journal of Experimental Biology 217:2239-2243.
- Zamon, J. 2003. Mixed species aggregations feeding upon herring and sandlance schools in a nearshore archipelago depend on flooding tidal currents. Marine Ecological Progress Series 261:243-255.