

Suivis télémétriques de phoques gris et phoques veaux-marins à partir de la baie de Somme (2019-2020)

Rapport final



Cecile Vincent, Yann Planque,
Mathilde Huon, Florence Caurant

CEBC

Juillet 2021

Suivis télémétriques de phoques gris et phoques veaux-marins à partir de la baie de Somme - Rapport final (juillet 2021)

Cécile Vincent¹, Yann Planque¹, Mathilde Huon², Florence Caurant^{1,2}

¹ Centre d'Études Biologiques de Chizé (CEBC), UMR 7372 CNRS/La Rochelle Université, 5 Allée de l'Océan, 17000 La Rochelle, France.

² Observatoire Pelagis, UMS 3462 CNRS/La Rochelle Université, 5 Allée de l'Océan, 17 000 La Rochelle, France

Citation du document :

Vincent, C., Planque, Y., Huon, M., Caurant, F. 2021. Suivis télémétriques de phoques gris et phoques veaux-marins à partir de la baie de Somme - Rapport final. Rapport La Rochelle Université, AFB/2019/48. Juillet 2021. 80 PP.

Table des matières

Résumé.....	3
Abstract	4
Remerciements.....	5
Abréviations.....	5
Contexte et objectifs	6
Capture des phoques et pose des balises	7
Cartes générales de déplacement des phoques	9
Temps passé dans le parc marin	13
Localisation des zones de chasse	14
Impact du nombre de balises déployées	19
Modélisation des habitats préférentiels.....	21
Rythmes de chasse des phoques	27
Zones et rythmes de repos à terre, facteurs de correction des recensements	32
Conclusion et perspectives	40
Références bibliographiques	42
Annexes.....	45
Annexe 1 : cartes individuelles de déplacements des phoques	45
Annexe 2 : Distribution des durées de voyages en mer de 2008 à 2019	75
Annexe 3 : Courbes de tendance issues de la modélisation des habitats préférentiels.....	76

Résumé

Le programme de surveillance des mammifères marins de la Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) prévoit le suivi télémétrique de phoques gris (*Halichoerus grypus*) et veaux-marins (*Phoca vitulina*) afin de connaître leurs déplacements et notamment sur leurs zones d'alimentation. Le présent projet a consisté en la pose de 15 balises GPS/GSM 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. Le pourcentage de temps passé par les individus au sein du Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale (PNM EPMO) pendant leur suivi télémétrique a été en moyenne de $88 \pm 16\%$ du temps pour les phoques veaux-marins, contre $41 \pm 38\%$ du temps 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, avec 84.5% de leurs plongées de chasse localisées au sein du PNM EPMO. 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. Seules 35.3% des plongées de chasse des phoques gris ont été enregistrées dans le périmètre du PNM EPMO. La superposition partielle des zones de chasse des phoques gris et veaux-marins soulève la question d'une potentielle compétition interspécifique pour les ressources dans la zone. Pour les deux espèces, les pourcentages de plongées de chasse au sein de l'Aire Marine Protégées sont très proches de ceux mesurés lors de précédents suivis télémétriques en 2008 et 2012. Par ailleurs, et même si plusieurs zones peuvent être exploitées alternativement au fil des semaines, les voyages alimentaires de chaque individu sont fréquemment réalisés de manière répétée au même endroit, soulignant la fidélité des phoques à leurs zones de chasse. Une forte variabilité interindividuelle a néanmoins été soulignée chez les phoques gris, et l'analyse de l'impact du nombre de balises posées sur la connaissance des zones de chasse de cette espèce dans la région souligne la nécessité d'équiper un plus grand nombre d'individus pour une meilleure connaissance de l'ensemble des zones marines exploitées par les phoques gris. La connectivité entre colonies (zones de repos à terre) a été documentée pour les deux espèces, à l'échelle régionale pour le phoque veau-marin et à l'échelle internationale pour le phoque gris. Peu de suivis de reproduction ont été réalisés au cours de cette étude, le principal comportement reproducteur ayant été enregistré pour un mâle adulte à Donna Nook en Angleterre. 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. Ces repos à terre ne sont pas uniformément répartis dans le temps : certains jours ils ne se posent pas du tout à sec (42% des jours pour les veaux-marins, 51% pour les phoques gris), et le cycle des marées a 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. Pendant les créneaux potentiels de recensements aériens des colonies des baies de Somme, Authie et Canche, ce sont environ 42% des phoques veaux-marins et 28% des phoques gris présents dans la zone qui sont réellement présents à sec dans les colonies prospectées. Ces suivis ont permis de documenter les rythmes et zones de repos à terre des phoques, où ils sont particulièrement sensibles au dérangement, tandis que la description de leurs zones d'alimentation et de déplacements en mer permettra une meilleure gestion de leurs interactions avec les activités humaines en mer.

Mots clés : phoques gris, phoques veaux-marins, suivis télémétriques, comportement, connectivité, zones d'alimentation, DCSMM, Manche-mer du Nord.

Abstract

The French Marine Mammals monitoring program of the Marine Strategy Framework Directive (MSFD) includes the telemetry tracking of grey seals (*Halichoerus grypus*) and harbour seals (*Phoca vitulina*) in order to document their movements and foraging areas. During this project we deployed 15 GPS/GSM tags on harbour seals and 12 on grey seals, from Baie de Somme in May and October 2019. Individual tracking durations were on average 85 ± 34 days for harbour seals and 132 ± 58 days for grey seals. Grey and harbour seals spent $41\pm 38\%$ and $88\pm 16\%$ of their tracking time respectively within the boundaries of the Marine National park: Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale (PNM EPMO). Harbour seals remained very coastal, from southern Fécamp to Boulogne-sur-mer for the northerst. Their foraging areas were therefore also very costal between these two locations and 84.5% of all their foraging dives were located within the PNM EPMO. Grey seals showed more variation in their movements and foraging behaviour, with some individuals performing coastal foraging dives similar to those observed in harbour seals, while other grey seals foraged in the central English Channel or North Sea. Only 35.3% of their foraging dives were located within the PNM EPMO. The partial overlap between grey and harbour seal foraging areas rises the question of a potential trophic competition between the two species in the area. For both species, the percentages of foraging dives identified in the marine protected area were very similar to those estimated from previous telemetry studies on those species from the same capture site in 2008 and 2012. While many seals (grey seals especially) moved to different areas during their tracking time, most of them returned repeatedly to the same foraging areas from their haulout sites, showing a strong foraging site fidelity. A high interindividual variation was observed in grey seals, and we quantified the impact of the number of tags deployed on the overall mapping of grey seal foraging areas, which suggested that this number of tags should be increased for a better understanding of the species' marine habitat use in the region. The connectivity between colonies or haulout sites was documented for both species, at a local scale for harbour seals and international scale for grey seals. The data did not highlight many breeding behaviours among all tracked seals, but one adult male did probably breed in Donna Nook (England) during its tracking. Outside the breeding and moulting periods, harbour and grey seals spent on average 20.4% and 21.8% of their tracking time hauled out, respectively. Those haulout were not regular, with a large proportion of tracking days without any haulout (42% of days for harbour seals, 51% for grey seals), and the tidal cycle played a key role in Baie de Somme where the cumulative time spent hauled out by both species was highly concentrated around low tide. During potential aerial survey windows in baie de Somme, baie d'Authie and baie de Canche, 42% of all harbour seals present in the Eastern Channel were actually hauled out in those surveyed bays, versus 28% for grey seals. This study allowed a detailed description of the haulout behaviour and distribution of the seals, where they are particularly sensitive to human disturbance, as well as the identification of their at-sea movements and foraging areas, for a better management of potential interactions between seals and human activities.

Keywords : grey seals, harbour seals, telemetry, behaviour, connectivity, foraging areas, MSFD, English Channel-North Sea.

Remerciements

Ces suivis télémétriques ont pu être réalisés grâce au financement de l'Office Français de la Biodiversité (OFB, alors AFB au début du projet) et au co-financement de la Région Nouvelle Aquitaine dans le cadre 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.

Abréviations

AMP : Aire Marine Protégée

BEE : Bon Etat Ecologique

DCSMM : Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin

OFB : Office Français pour la Biodiversité

PAMM : Plan d'Action pour le Milieu Marine (de la DCSMM)

PDS : Programme de Surveillance (de la DCSMM)

PNM EPMO : Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale

SRM : Sous-Régions Marines

Contexte et objectifs

La Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) est la directive 2008/56/CE du Parlement européen. Elle vise à maintenir ou restaurer un bon fonctionnement des écosystèmes marins tout en permettant le développement durable des activités humaines (« usages ») en mer. En France, la directive s'applique dans quatre Sous-Régions Marines (SRM) - la Manche-Mer du Nord, les Mers celtiques, le Golfe de Gascogne et la Méditerranée occidentale - au sein desquels un Plan d'Action pour le Milieu Marin (PAMM) est élaboré et mis en œuvre. Le PAMM est composé de cinq éléments : une évaluation initiale des eaux marines, la définition du bon état écologique, la définition d'objectifs environnementaux et d'indicateurs associés (en vue de parvenir au bon état écologique), un programme de surveillance, et un programme de mesures. Le présent projet s'inscrit dans le cadre du Programme de Surveillance (PdS). Chaque PdS est organisé en programmes thématiques : pour le Descripteur 1 « Biodiversité », la surveillance est organisée par compartiment/composante de l'écosystème, dont celui relatif aux « Mammifères marins et tortues marines ». L'Office Français pour la Biodiversité (OFB) est chargé des actions de surveillance des mammifères marins.

En Manche-Mer du Nord et Mers Celtiques, ces programmes de surveillance des mammifères marins prévoient dans leur sous-programme « Populations côtières de phoques » la réalisation de campagnes de suivi télémétriques dans les principales colonies de phoques gris (*Halichoerus grypus*) et veaux-marins (*Phoca vitulina*) afin de connaître les déplacements des animaux, notamment sur leurs zones d'alimentation. L'OFB est également gestionnaire de huit Parcs naturels marins (PNM), dont le Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale (PNM EPMO, en Manche-Mer du Nord) qui abrite certaines des plus importantes colonies de phoques du littoral métropolitain. Ce parc marin inclut en effet les baies de Somme, Authie et Canche (du sud au nord), fréquentées par les deux espèces de phoques (Figure 1).

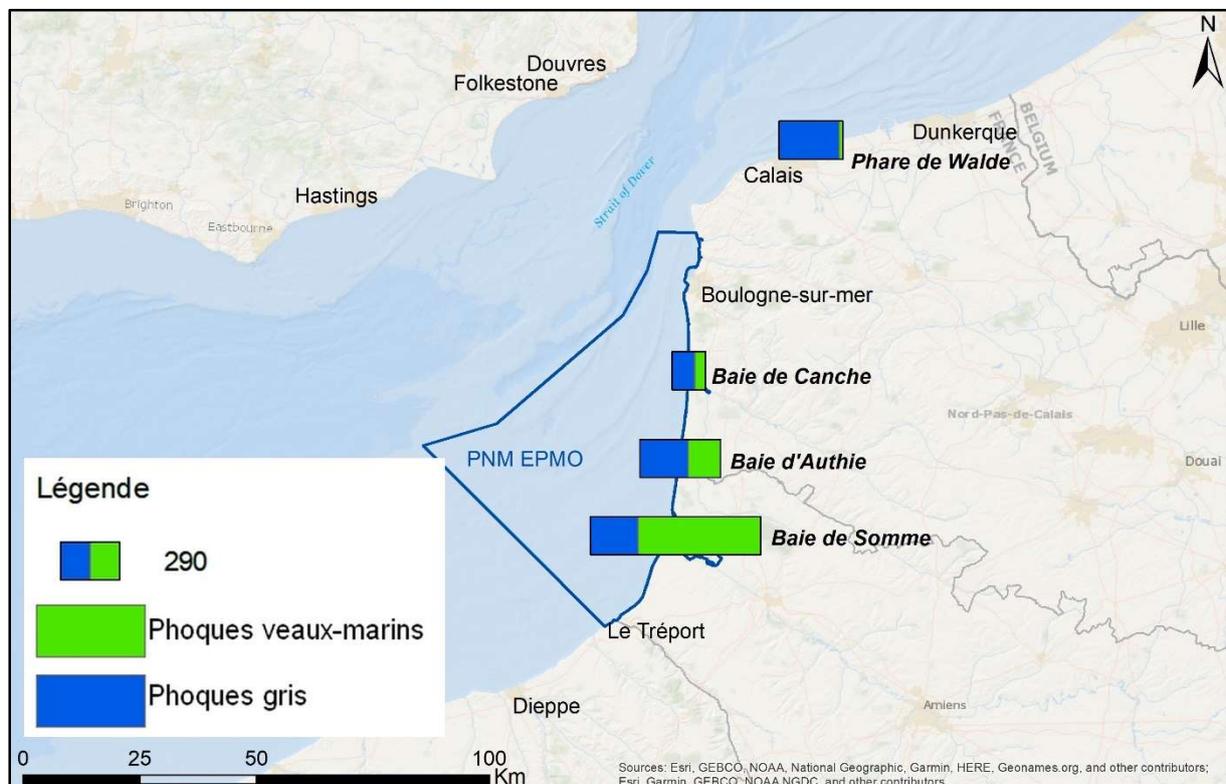


Figure 1 : Répartition des effectifs de phoques annuels maxima (en 2019) dans la zone d'étude (Poncet *et al.* 2021). Les phoques équipés de balises ont été capturés en baie de Somme.

La baie de Somme abrite la plus importante colonie de phoques veaux-marins en France métropolitaine (Vincent *et al.* 2017, Delcourt *et al.* 2021) ; en baie d'Authie, le nombre maximal de phoques gris recensés à terre excède à présent celui des phoques veaux-marins (Fremau & Leviez 2021). Dans les trois baies, le nombre de phoques (des deux espèces) recensés à terre est maximal en été.

Les objectifs de la présente étude sont ainsi de décrire, à partir du suivi télémétrique d'une douzaine d'individus par espèce, la présence et répartition des phoques gris et phoques veaux-marins en mer à partir de la baie de Somme, principale colonie au sein du PNM EP MO, les zones d'alimentation de ces phoques et les déplacements des populations entre colonies. Une partie des résultats sera comparée aux suivis télémétriques de phoques veaux-marins réalisés en 2008 (Vincent *et al.* 2010) et ceux de phoques gris réalisés en 2012 (Vincent *et al.* 2018).

Capture des phoques et pose des balises

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). Les captures ont eu lieu en baie de Somme, sur les bancs de sables utilisés par les phoques pour leur repos, ou dans les chenaux à proximité immédiate de ces reposoirs, à l'aide de filets développés spécifiquement pour la capture de ces mammifères marins. Une fois pris dans les filets, les phoques sont ramenés à terre et rapidement sédatés. Le poil du cou à l'arrière est séché et dégraissé puis la balise collée avec une colle époxy à prise rapide. Quelques prélèvements biologiques sont également effectués dans la mesure du possible, dont des prélèvements de sang, de vibrisses, de poil et de lard. Une bague numérotée est fixée dans la palmure arrière de chaque individu pour sa reconnaissance ultérieure (en cas d'échouage principalement).

Les balises utilisées sont des balises GPS/GSM¹ développées par le *Sea Mammal Research Unit* (Université de St Andrews, Ecosse). 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 enregistreur de température et un enregistreur d'événements de repos à sec. 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).

Les Tableaux 1 et 2 précisent les dates de suivi 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 mois 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).

¹ <http://www.smru.st-and.ac.uk/Instrumentation/GPSPhoneTag/>

Tableau 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	Date du début de suivi	Date de fin de suivi	Durée (en jours)	Remarques
25/05/2019	S11	M	112	155	121	148 bleu	hg67-15025-19	25/05/2019 06:41	10/07/2019 14:26	46	
25/05/2019	S12	M	118	154	125	149 bleu	hg67-15009-19	25/05/2019 07:03	11/08/2019 12:08	78	
25/05/2019	S13	F	128	153	126	150 bleu	hg67-15023-19	25/05/2019 08:54	14/06/2019 23:14	21	Bague jaune 04209 (NL)
25/05/2019	S14	M	84	149	119	7 blanc	hg67-15012-19	25/05/2019 11:15	15/08/2019 11:01	82	trou dans palmure
05/10/2019	S15	M	70	165	103	8 blanc	hg68-15124-19	05/10/2019 09:51	03/01/2020 05:56	90	
05/10/2019	S16	M	78	152	112	142 bleu	hg68-15122-19	05/10/2019 10:01	10/01/2020 18:09	97	
05/10/2019	S17	M	70	157	108	12 blanc	hg68-15109-19	05/10/2019 10:38	26/12/2019 18:08	82	
05/10/2019	S18	M	69	146	101	15 blanc	hg68-15115-19	05/10/2019 11:01	24/03/2020 04:37	171	
05/10/2019	S19	M	61	138	111	16 blanc	hg68-15113-19	05/10/2019 12:43	27/01/2020 15:47	114	
05/10/2019	S20	M	73	149	108	18 blanc	hg68-15111-19	05/10/2019 12:55	30/12/2019 05:46	86	
05/10/2019	S21	M	67	138	108	17 blanc	hg68-15121-19	05/10/2019 13:31	31/12/2019 06:04	87	
06/10/2019	S22	M	78	153	102	7 blanc	hg68-15106-19	06/10/2019 09:12	12/12/2019 17:57	67	= S14 en mai 2019
06/10/2019	S23	M	79	153	101	19 blanc	hg68-15112-19	06/10/2019 09:27	01/02/2020 18:02	118	
06/10/2019	S24	M	77	137	102	32 blanc	hg68-15107-19	06/10/2019 10:15	08/12/2019 06:56	63	Nombreuses blessures dans le cou
07/10/2019	S25	M	83	153	104	24 blanc	hg68-15108-19	07/10/2019 18:01	18/12/2019 18:13	72	

Tableau 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	Date du début de suivi	Date de fin de suivi	Durée (en jours)	Remarques
23/05/2019	G13	M	92	174	114	140 bleu	hg67-15015-19	23/05/2019 09:34	14/10/2019 18:14	144	
23/05/2019	G14	M	60	132	103	139 bleu	hg67-15016-19	23/05/2019 09:07	11/11/2019 14:35	172	
23/05/2019	G15	M	84	140	111	3 blanc	hg67-15007-19	23/05/2019 10:01	07/10/2019 15:27	137	
23/05/2019	G16	M	142	204	133	4 blanc	hg67-15017-19	23/05/2019 11:36	09/06/2019 04:30	17	cécité partielle
24/05/2019	G17	M	108	165	120	5 blanc	hg67-15013-19	24/05/2019 09:05	19/11/2019 22:59	180	
24/05/2019	G18	M	62	132	105	144 bleu	hg67-15010-19	24/05/2019 09:23	12/06/2019 19:29	19	
24/05/2019	G19	M	122	167	127	147 bleu	hg67-15011-19	24/05/2019 12:13	12/11/2019 18:05	172	
24/05/2019	G20	F	58	140	100	145 bleu	hg67-15024-19	24/05/2019 09:57	29/11/2019 16:17	189	
24/05/2019	G21	M	52	123	95	146 bleu	hg67-15014-19	24/05/2019 11:00	01/10/2019 17:35	130	
25/05/2019	G22	M	134	204	141	2 blanc	hg67-15008-19	25/05/2019 10:17	06/11/2019 02:37	165	GPS défaillant
07/10/2019	G23	M	env. 300	210	179	20 blanc	hg68-15114-19	07/10/2019 10:39	02/03/2020 21:39	147	
07/10/2019	G24	M	74	154	105	22 blanc	hg68-15110-19	07/10/2019 10:57	29/01/2020 01:57	114	

Cartes générales de déplacement des phoques

Les déplacements individuels de chacun des 14 phoques veaux-marins et 12 phoques gris et le détail historique des zones fréquentées du premier au dernier jour de leur suivi sont décrits en [Annexe 1](#). Les cartes ci-dessous récapitulent les trajets effectués par l'ensemble des phoques d'une même espèce.

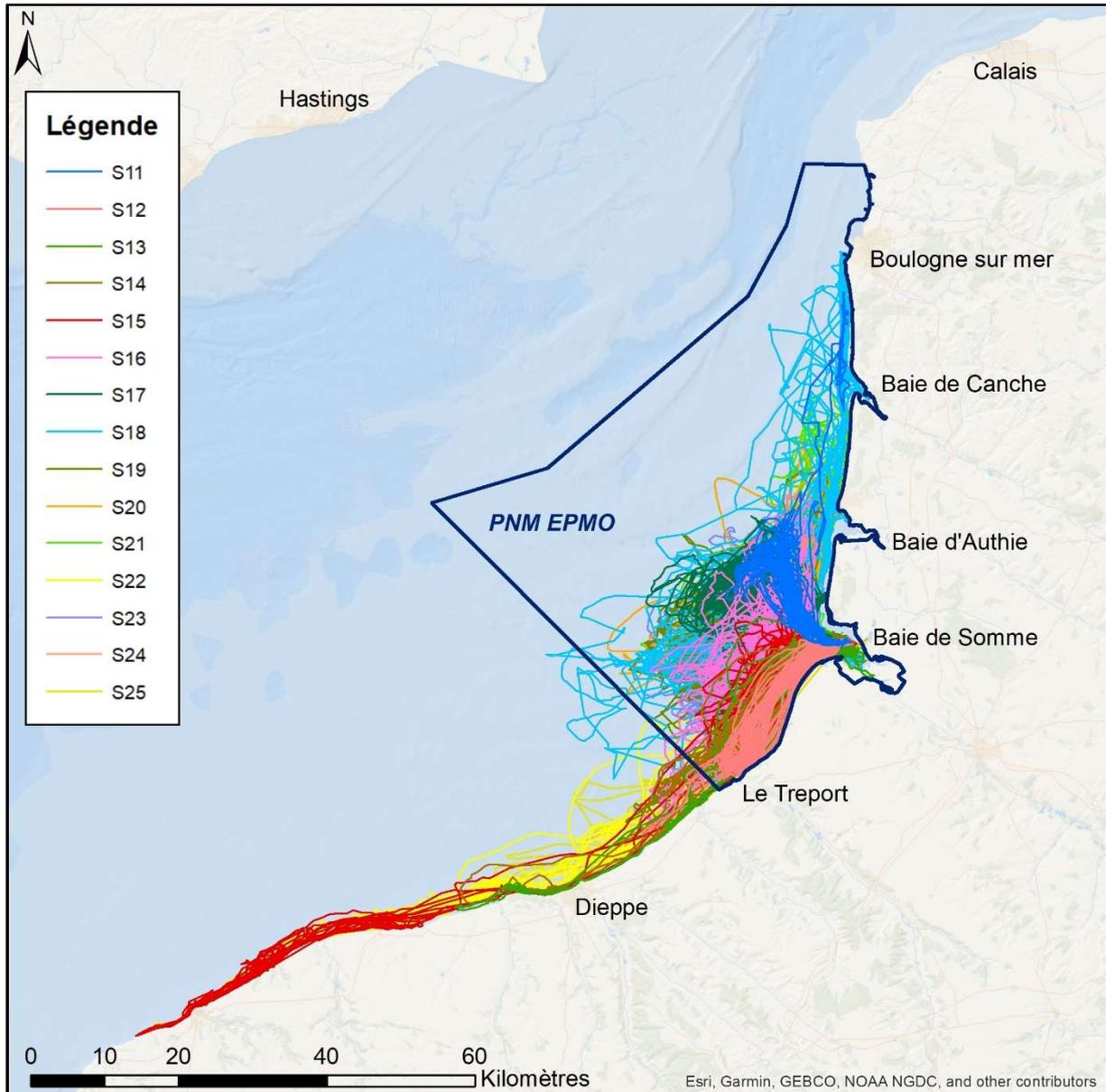


Figure 2 : Carte des déplacements des 14 **phoques veaux-marins** suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019/2020 (dont 1 individu suivi à deux périodes différentes, donc portant deux numéros différents : S14 et S22). Chaque couleur représente un individu différent. Les durées individuelles de suivi sont précisées dans le Tableau 1.

Les 15 suivis veaux-marins ont duré en moyenne 85 ± 34 jours (Tableau 1). Cette durée moyenne de suivi télémétrique 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 (mort brutale de la femelle S13, cf. [Annexe 1](#), ou motifs inconnus pour les autres phoques).

Un peu plus de la moitié des individus suivis (8) ont passé la totalité de leur temps de suivi télémétrique au sein du Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale (PNM EP MO ; Figure 2). Les 7 autres phoques veaux marins (6 dont un suivi sur deux saisons) y ont passé la majorité de leur temps (à terre comme en mer) mais ont également effectué des déplacements côtiers vers le Sud, jusqu'à Fécamp pour les plus lointains (S15). Pour l'ensemble des individus suivis, les déplacements en mer 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).

Les 12 phoques gris ont été suivis sur une durée moyenne de 132 ± 58 jours (Tableau 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 3 et 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 : 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 (cf. [Annexe 1](#) pour les trajets individuels détaillés). 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 Ecosse) 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.

Il est possible de distinguer sur ces Figures 3 et 4 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.

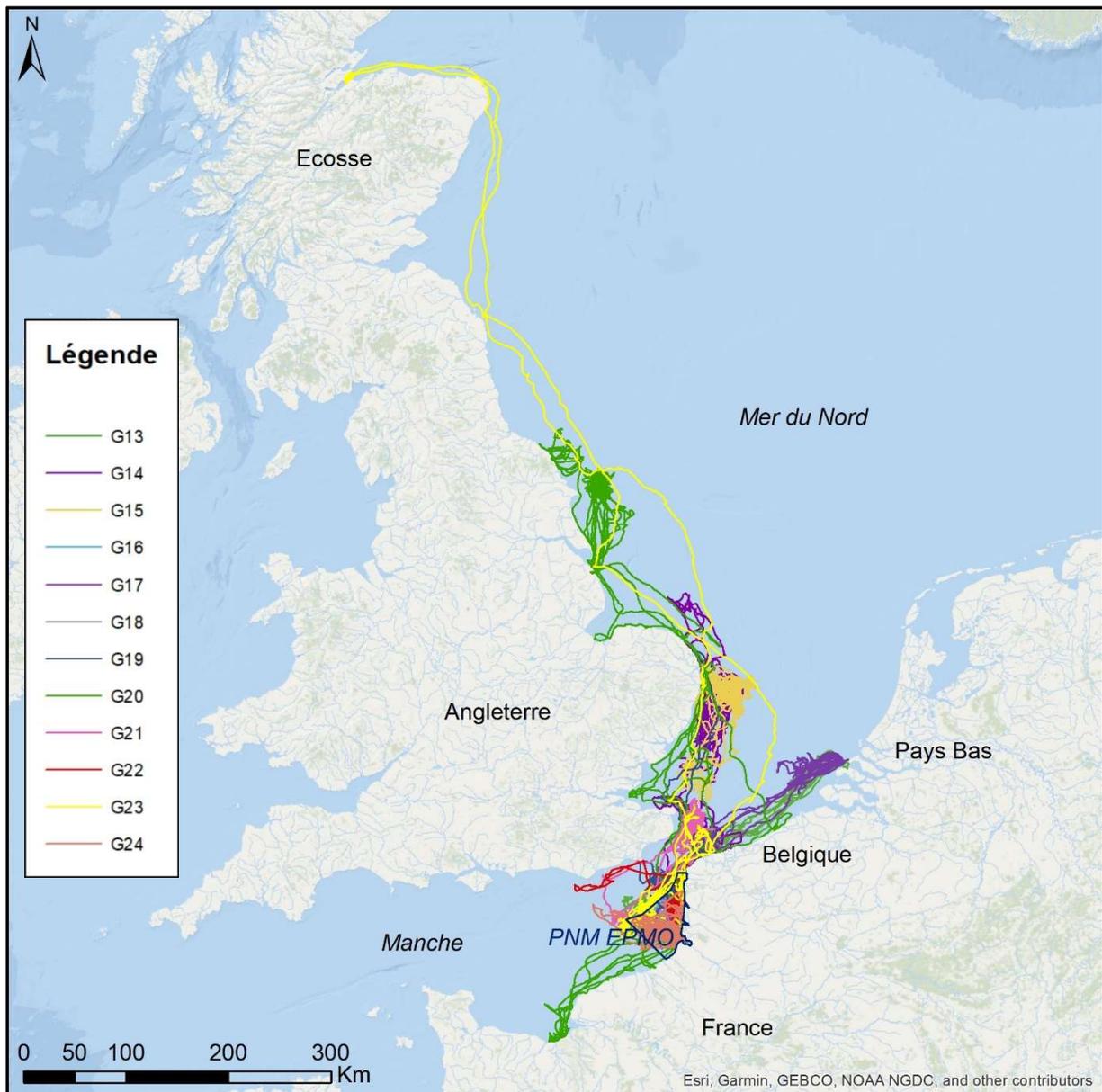


Figure 3 : Carte des déplacements des 12 **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019/2020. Chaque couleur représente un individu différent. Les durées individuelles de suivi sont précisées dans le Tableau 2. La figure 4 présente un zoom de cette carte dans la région de la Manche Est.

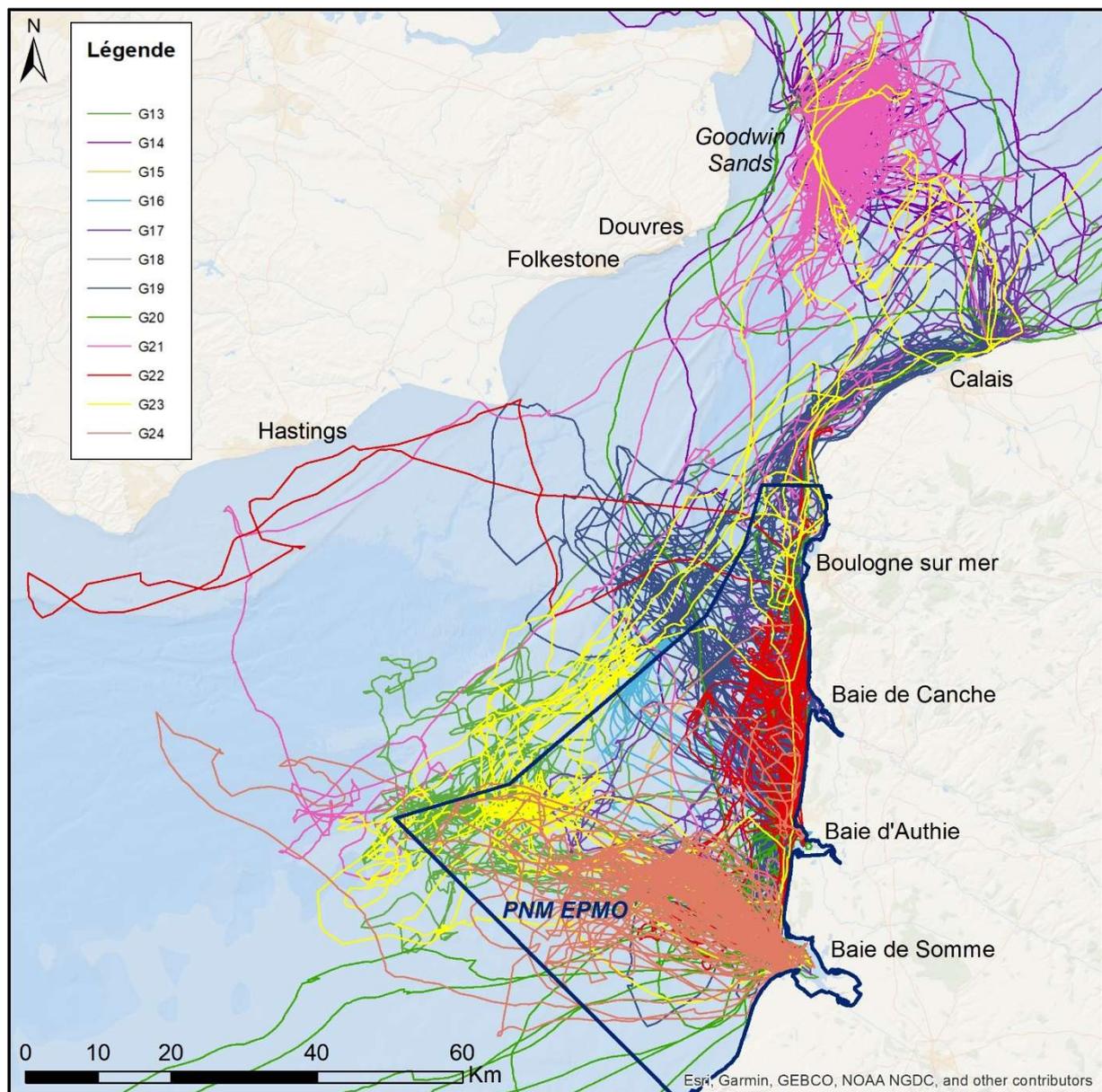


Figure 4 : Carte des déplacements des 12 **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019/2020, agrandie dans la région du PNM EPMO. Chaque couleur représente un individu différent. Les durées individuelles de suivi sont précisées dans le Tableau 2. La figure 3 présente l'ensemble des trajets réalisés par ces mêmes phoques.

Temps passé dans le parc marin

Le pourcentage de temps passé (sur les reposoirs comme en mer) par les phoques au sein du PNM EPMO, pendant leur suivi télémétrique, était en moyenne de $88 \pm 16\%$ du temps pour les phoques veaux-marins en 2019, contre $41 \pm 38\%$ du temps pour les phoques gris. Comme les figures précédentes le démontraient clairement, les deux espèces ont une fidélité au site et une mobilité à longue distance très différentes. En 2008 et 2012, ces pourcentages étaient respectivement de $95 \pm 7\%$ pour les phoques veaux-marins et $38 \pm 37\%$ pour les phoques gris, soit relativement similaires. La Figure 4 représente la distribution de ces pourcentages de temps (individuels) passés au sein du PNM EPMO par les deux espèces au cours du temps : les temps médians restent remarquablement similaires entre les années de suivi pour une même espèce, mais les suivis télémétriques 2019 ont souligné une plus grande variabilité inter-individuelle dans ces valeurs individuelles, particulièrement chez les phoques veaux-marins. Chez cette espèce, cette plus forte variabilité s'explique par un plus fort pourcentage de temps passé au sud des limites du PNM pour 6 phoques, sur 14 suivis par balises.

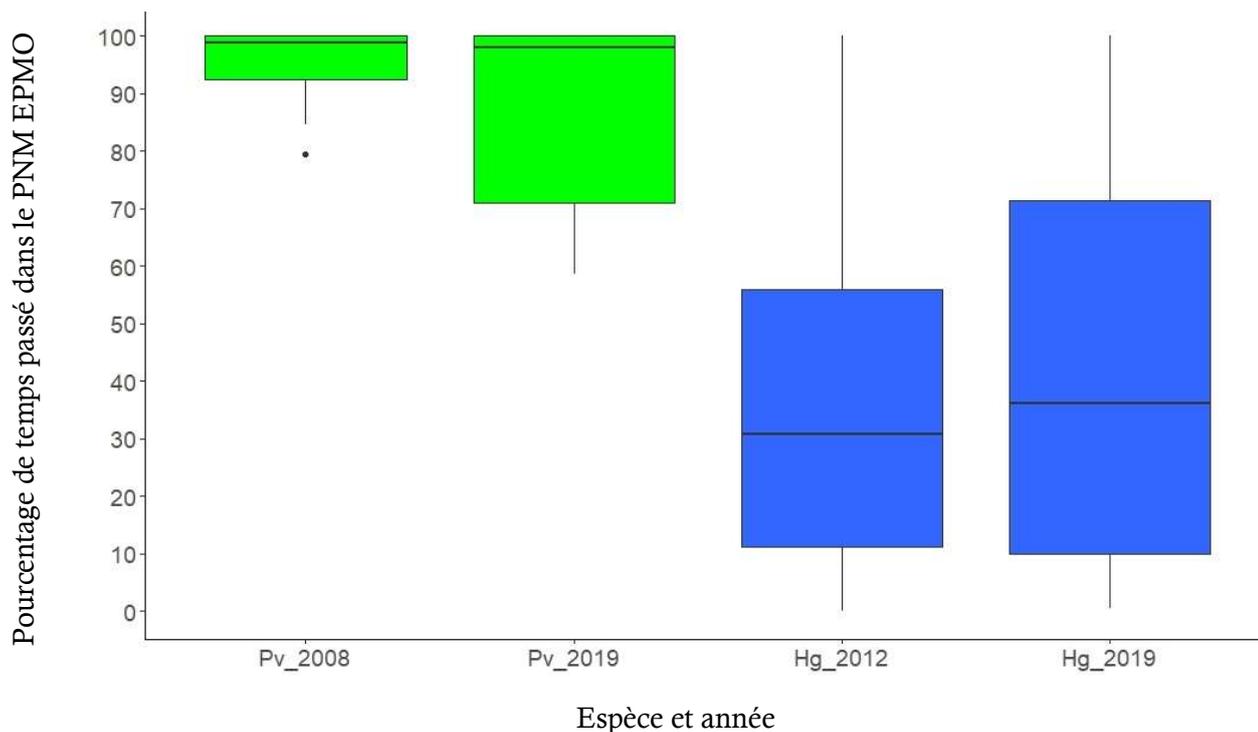


Figure 5 : Distribution des pourcentages individuels de temps passé dans le périmètre du PNM EPMO par les **phoques veaux-marins** (« Pv », en vert) et **phoques gris** (« Hg », en bleu) suivis par balises GPS/GSM en **2008, 2012 et 2019** respectivement. Les boxplots représentent la médiane des valeurs individuelles (trait épais dans chaque boîte), les 1^{er} et 3^{ème} quartile (bas et haut des « boîtes ») et les « moustaches » (traits verticaux) représentent 1.5 fois la valeur de l'écart interquartile. Les points représentent les valeurs extrêmes éventuelles.

Localisation des zones de chasse

Les zones de chasse ont été identifiées grâce à l'analyse du comportement en plongée des phoques. Outre les données de durée totale, profondeur maximale, profondeurs intermédiaires et forme de chaque plongée individuelle réalisée par les phoques (Planque *et al.* 2020), la nouvelle génération de balises GPS/GSM du SMRU inclut un accéléromètre 3D. Comme son nom l'indique, ce capteur enregistre les accélérations de la balise (et donc de l'animal sur lequel elle est collée) dans trois directions (avant/arrière, haut/bas, et côté gauche/droit). A partir des données brutes d'accélération, l'algorithme de la balise calcule l'effort de nage du phoque, l'orientation de sa tête, et les « tentatives de captures de proies », lorsque l'accélération de la tête de l'animal excède un certain seuil (Ydesen *et al.* 2014). Les données brutes étant trop volumineuses pour être transmises via le GSM, ces trois paramètres sont transmis pour chacune des trois phases des plongées individuelles : la phase de descente, la phase de « fond », et la phase de remontée (Cox *et al.* 2017).

Les plongées probables de chasse ont été identifiées grâce à une méthode de classification des plongées individuelles sur la base de l'indice TAD (*Time Allocation at Depth*, décrivant la forme générale de la plongée, Fedak *et al.* 2001), les vitesses 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. L'exercice de classification a permis d'obtenir 5 classes de plongées, et la distribution des tentatives de captures de proies enregistrées parmi les plongées de ces 5 classes a permis d'identifier que 3 d'entre elles incluaient des plongées typiques de chasse. Les détails méthodologiques de la méthode sont disponibles dans la thèse de Yann Planque (fin 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. Les résultats présentés ci-dessous représentent la distribution de ces « plongées probables de chasse », à l'échelle individuelle ou spécifique.

Globalement, 84.5% des plongées de chasse des phoques veaux-marins suivis par balise en 2019 sont localisées dans le périmètre du parc marin (PNM EPMO), contre 35.3% des plongées de chasse des phoques gris suivis la même année. Bien que les méthodes d'estimation des zones de chasse soient différentes entre les années, ces chiffres sont remarquablement similaires à ceux obtenus pour les jeux de données de 2008 et 2012, puisque les phoques veaux-marins et phoques gris suivis par balises ces années-là ont réalisé respectivement 82.8% et 35.6% de leurs plongées de chasse au sein du PNM EPMO.

Les zones de chasse individuelles des phoques veaux-marins équipés de balises en 2019 situées exclusivement à l'embouchure de la baie de Somme pour les phoques S16 et S17, ou plus au sud le long de la côte jusqu'à Dieppe ou Fécamp pour les phoques S12, S13, S14=S22, S24 et S25 (Figure 6). Les phoques S15, S19 et S23 ont des zones de chasse réparties entre ces deux zones (la baie de Somme et la côte plus au sud), tandis que les phoques S11, S18, S20 et S21 ont chassé préférentiellement le long des trois estuaires (baies de Somme, d'Authie et de Canche), jusqu'au Cap Griz-Nez pour S18 (Figure 6).

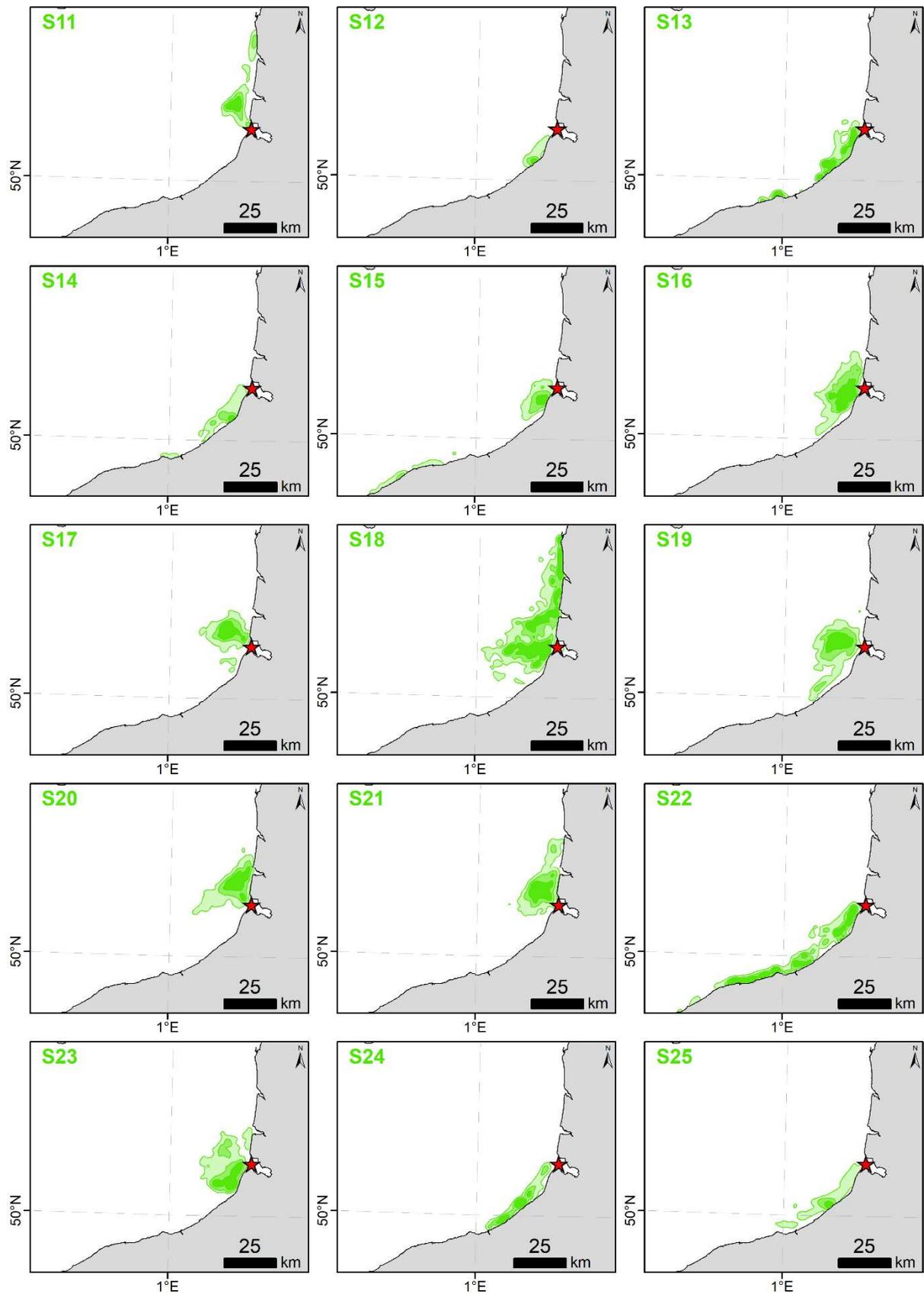


Figure 6 : Zones individuelles de chasse des **phoques veaux-marins** suivis par balises (densités de Kernel à 50, 75 et 95% des plongées typiques de chasse, du vert foncé au vert clair respectivement).

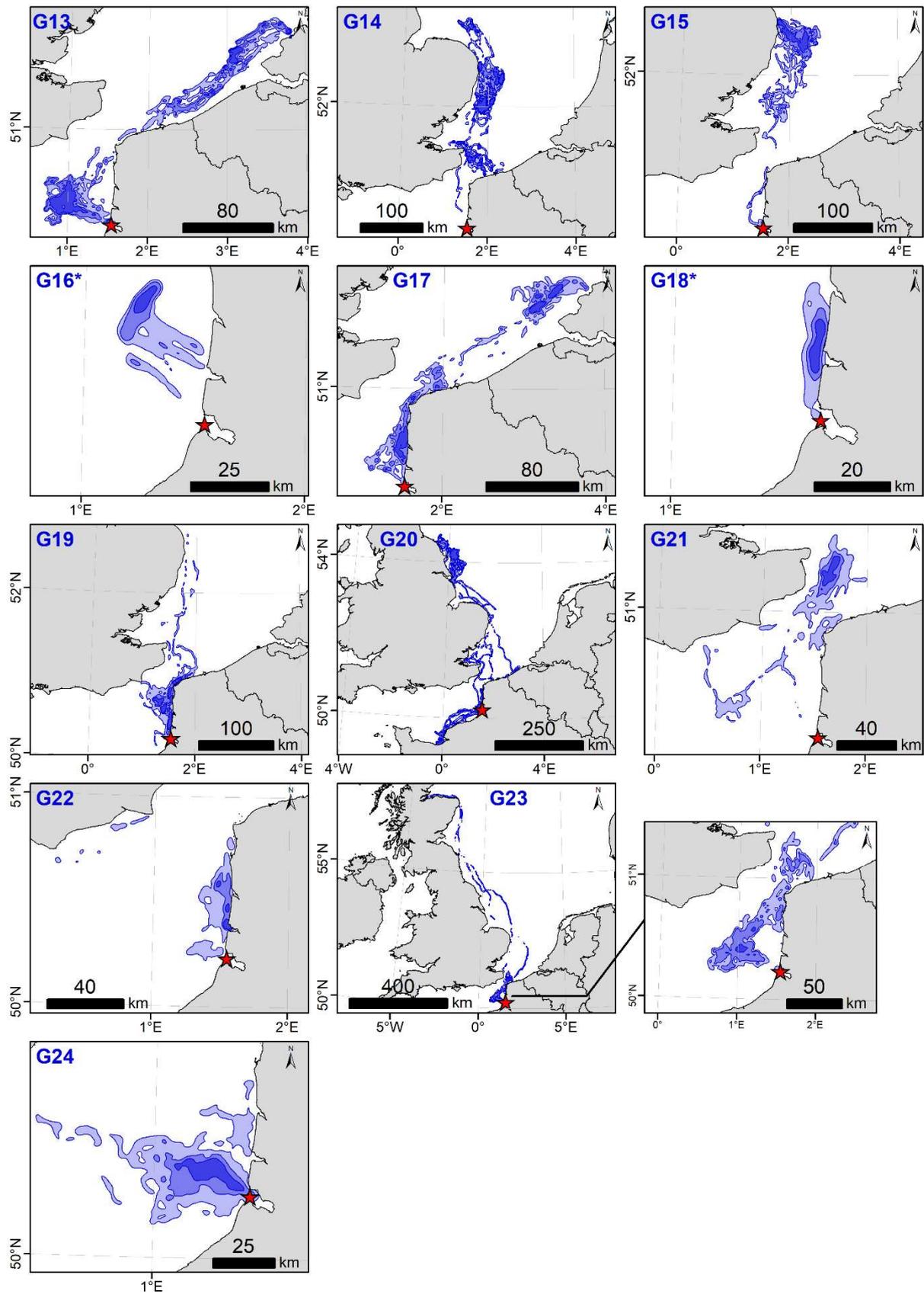


Figure 7 : Zones individuelles de chasse des **phoques gris** suivis par balises (densités de Kernel à 50, 75 et 95% des plongées typiques de chasse, du bleu foncé au bleu clair respectivement). *Les phoques G16 et G18 n'ont été suivis par balise que pendant 17 et 19 jours respectivement.

Les zones de chasse probables des phoques gris sont globalement plus étendues que celles des phoques veaux-marins (Figure 7). Les zones de chasse des phoques G16 et G18, suivis pendant moins de trois semaines, sont logiquement peu étendues, à proximité de la baie de Somme où ils ont été capturés (à une trentaine de km au large ou le long de la côte, respectivement). Les phoques G22 et G24 ont également chassé à proximité dans la région pendant plusieurs mois, principalement en face de la baie de Somme pour G24 et le long du littoral de la baie de Somme au Cap Gris-Nez pour G22. Certains phoques gris n'ont quasiment pas chassé en Manche pendant leur suivi, concentrant leurs plongées de recherche alimentaire en mer du Nord (G14, G15 et dans une moindre mesure G21), tandis que d'autres ont alternativement chassé dans les deux régions marines (G13, G17, G20, G23 ; Figure 7). Contrairement aux phoques veaux-marins, tous les phoques gris chassant en Manche Est ne concentrent pas nécessairement leur activité le long des côtes, il existe une plus grande variabilité inter-individuelle dans les zones exploitées.

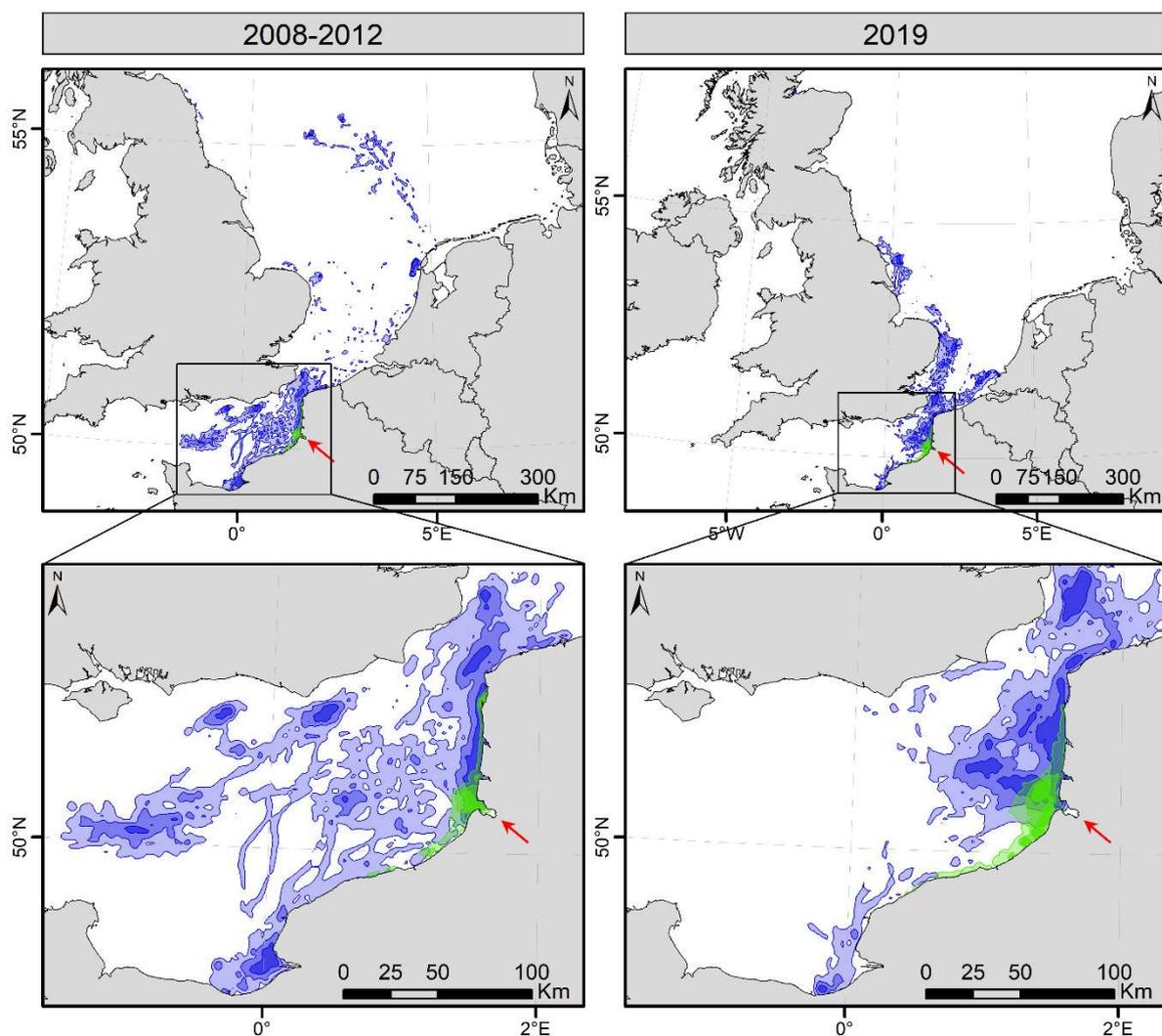


Figure 8 : Zones de chasse des **phoques veaux-marins** (en vert) et **phoques gris** (en gris) suivis par balises en **2008** et **2012** respectivement (à gauche) puis **2019** (à droite). La densité des plongées individuelles de chasse sont les densités de Kernels à 50, 75 et 95%, du plus foncé au plus clair respectivement. Les cartes du haut représentent l'ensemble des zones couvertes par les phoques (gris en particulier), les cartes du bas zooment sur la Manche Est. La flèche rouge indique la baie de Somme, site de capture des phoques.

Les zones de chasse globales (rassemblant l'ensemble des plongées de chasse de tous les individus de la même espèce) obtenues pour les phoques veaux-marins et les phoques gris en 2019 sont comparées à celles obtenues en 2008 et 2012 (Planque *et al.* 2018), à l'échelle de la mer du Nord et Manche Est (Figure 8). Ces cartes soulignent d'une part la différence interspécifique de répartition des plongées de chasse entre les deux espèces de phoques, et d'autre part les différences observées entre les différentes périodes de suivis télémétriques – particulièrement pour les phoques gris entre 2012 et 2019. Plus qu'une différence temporelle, ces différences de répartition spatiale des zones globales de chasse proviennent très probablement d'une forte variabilité inter-individuelle de comportement chez les phoques gris, qu'une potentielle évolution temporelle à l'échelle de la population. Cette dernière serait en tout cas impossible à détecter à partir du nombre de balises posées à ce jour (voir chapitre suivant). Ces différences spatiales peuvent être quantifiées grâce à l'IDSP (*Index of Difference in Spatial pattern*, Cronin *et al.* 2012), mesurant le degré de chevauchement entre deux répartitions spatiales. L'indice tend vers 0 lorsque les répartitions spatiales sont identiques, et vers 1 lorsqu'aucune localisation de chasse entre les deux groupes étudiés ne se superposent (chevauchement nul). En calculant cet indice IDSP entre les zones de chasse de paires d'individus au sein d'une même espèce et d'une même année, on observe un chevauchement plus important entre les zones de chasse de phoques veaux-marins qu'entre celles de phoques gris (Figure 9). La distribution des IDSP est à peu près similaire entre 2012 et 2019 pour les phoques gris (Test Wilcoxon, $p=0.1023$), en revanche il existe une différence significative entre celle des phoques veaux-marins de 2008 et 2019 ($p<0.0001$). La différence est également significative entre phoques veaux marins et phoques gris en 2019 ($p<0.0001$).

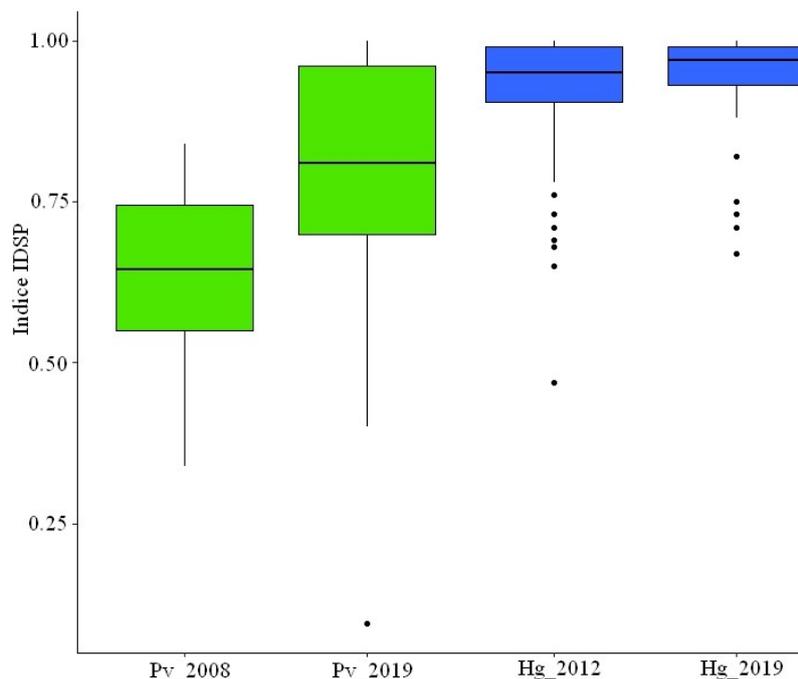


Figure 9 : Distribution des indices IDSP (*Index of Difference in Spatial pattern*) entre individus d'une même espèce et suivis une même année, pour la comparaison (deux par deux) des répartitions des zones de chasse individuelles identifiées selon la méthode « verticale » de (Planque *et al.* 2020). Toutes les paires possibles ont été analysées. Les boxplots représentent la médiane des valeurs individuelles (trait épais dans chaque boîte), les 1^{er} et 3^{ème} quartile (bas et haut des « boîtes ») et les « moustaches » (traits verticaux) représentent 1.5 fois la valeur de l'écart interquartile. Les points représentent les valeurs extrêmes éventuelles.

Impact du nombre de balises déployées

Les suivis télémétriques, de façon générale et dans le cas particulier qui nous concerne ici, sont réalisés sur un nombre limité d'individus, censés être représentatifs de la population ou du groupe étudié. De nombreux facteurs (techniques, financiers, éthiques) limitent le nombre total d'animaux qui peuvent être ainsi suivis, et leur durée totale de suivi. Il est donc important d'estimer la confiance qui peut être portée aux informations fournies par ces suivis télémétriques. Pour cela, nous avons essayé de quantifier l'impact du nombre de balises déployées sur un paramètre écologique important, l'identification des zones de chasse des phoques. Le paramètre quantifié ici est la surface totale des zones de chasse identifiées, mais de potentielles variations auraient également des conséquences sur d'autres caractéristiques de ces zones de chasse, tels les habitats préférentiels...

Les zones de chasse individuelles des phoques veaux-marins (N=24) et gris (N=23) suivis par balises GPS/GSM de 2008 à 2019 à partir de la baie de Somme ont été successivement jointes spatialement, de façon à estimer étape par étape (avec un nombre croissant d'individus) la surface totale des zones de chasse « collectives ». Ce calcul a été effectué 1000 fois par espèce, par itération de bootstrap en rééchantillonnant et réordonnant aléatoirement tous les individus de cette espèce sans remise. La valeur moyenne issue de ces 1000 itérations permet de déterminer la courbe de découverte moyenne. Un modèle non-linéaire asymptotique de Hill a été ajusté à ces valeurs moyennes (voir détails méthodologiques dans la thèse de Y. Planque). Ces modèles ont été tracés jusqu'à 100 individus, à titre informatif, afin d'illustrer la tendance du modèle (Figure 10). Cet exercice n'est cependant pas prédictif, car il est impossible de prévoir si un nouvel individu suivi par balise en complément de ceux dont nous disposons déjà des données aurait le même type de comportement que certains d'entre eux, ou aurait un comportement et une zone de chasse complètement différente.

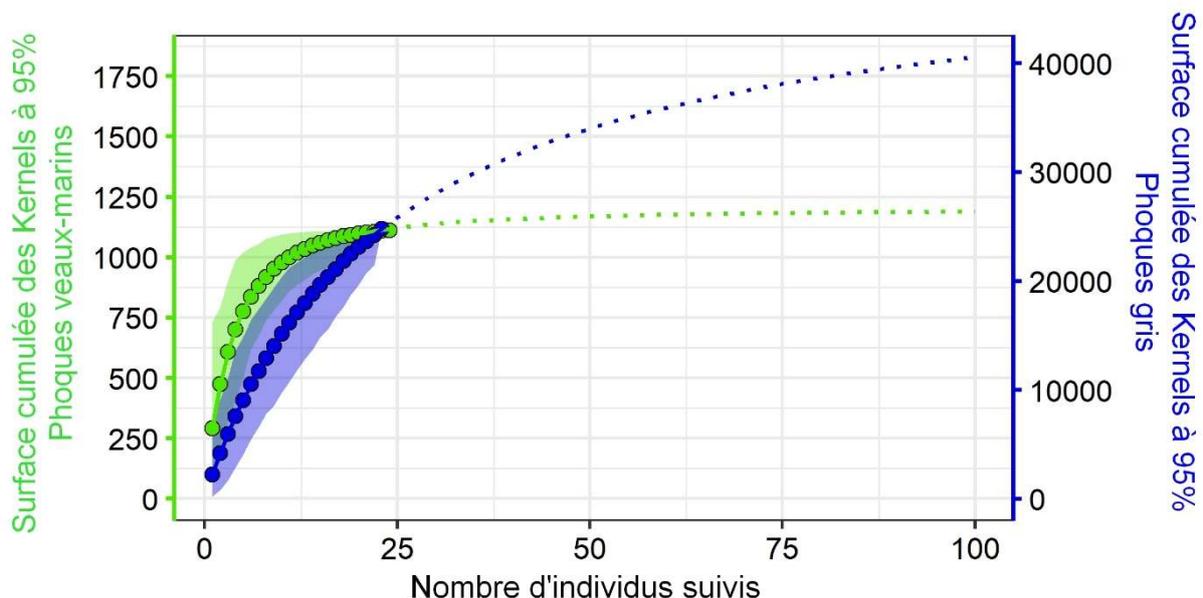


Figure 10 : Superficie cumulée (km²) couverte par l'ensemble des zones de chasse individuelles de **phoques veaux-marins** (en vert) ou **phoques gris** (en bleu), déterminées par densités de Kernels à 95% des plongées de chasse probable, en fonction du nombre d'individus échantillonnés.

Nous constatons que la surface totale de zones de chasse des veaux marins se rapproche d'un plateau autour d'une vingtaine de suivis individuels (Figure 10) : le modèle suggère que l'apport de nouveaux suivis individuels ne devrait pas augmenter fortement la zone totale de chasse identifiée pour cette espèce, si les phoques ne changent globalement pas de comportement. Cependant, si des interactions compétitives entre les congénères de phoques veaux-marins et/ou avec des phoques gris se mettent en place (ou s'accroissent) à l'avenir, pour accéder à une ressource limitée, il est possible que les zones de phoques veaux-marins puissent évoluer (Planque *et al.*, 2021). Dans ce cas, les individus devraient potentiellement élargir leur aire de chasse pour s'alimenter. Étudier le comportement de nouveaux individus dans les années à venir pourrait alors s'avérer intéressant pour voir si l'écologie de cette espèce évolue sur le moyen et long terme. Pour les phoques gris, la surface totale des zones de chasse individuelles additionnée augmente encore fortement à 23 individus (nombre de suivis actuellement disponibles), et ne semble approcher du plateau qu'autour d'une centaine de suivis individuels au moins... Ceci suggère que la variabilité inter-individuelle est donc beaucoup plus forte chez les phoques gris, et que le suivi télémétrique de plusieurs dizaines de nouveaux phoques gris pourrait apporter des informations toujours nouvelles sur les zones qu'ils prospectent pour la chasse.

Cet exercice ne présage pas d'autres paramètres tels que la durée des périodes de chasse par exemple (qui pourraient être rallongées sans que la surface de la zone de chasse ne soit modifiée).

Modélisation des habitats préférentiels

A partir des localisations des plongées de chasse identifiées précédemment, il est possible d'étudier les habitats préférentiels des phoques, c'est-à-dire de modéliser leurs préférences en identifiant les zones plus utilisées que celles qui seraient fréquentées « au hasard » si les plongées de chasse étaient réparties aléatoirement dans le domaine vital des phoques. L'exercice a ici été réalisé uniquement en Manche Est (cf. SRM française « Manche-mer du Nord ») mais cette modélisation a également été effectuée dans d'autres régions du Nord-Est Atlantique par (Huon *et al.* in press).

Les différents paramètres testés dans le modèle de type GAMM *Generalized Additive Mixed Models* sont : la bathymétrie (source: SHOM), les courants de marée (source : PREVIMER, (Lecornu & De Roeck 2009), le type sédimentaire (source : MESH), la distance des localisations de chasse (cf. chapitre précédent) au dernier reposoir, et la distance de ces mêmes localisations de chasse à la côte. Le détail de la méthode est disponible dans la thèse de Mathilde Huon² ou dans les articles de Huon *et al.* (2015) ou Huon *et al.* (in press).

Les habitats préférentiels identifiés à partir des données télémétriques obtenues en 2019 sur les phoques veaux-marins sont situés dans une large bande relativement côtière allant de la baie d'Authie au nord de Dieppe (Figure 11). Ces prédictions sont relativement similaires à celles obtenues à partir des données télémétriques de 2008 sur la même espèce, même si elles étaient alors plus concentrées en embouchure de baie de Somme jusqu'au Tréport (Figure 12).

La différence entre les deux modèles a été quantifiée spatialement, afin de faire ressortir les zones préférentielles identifiées à partir des données de 2008 mais non ou moins identifiées à partir des données 2019 (en violet, Figure 13), ou inversement les zones géographiques identifiées comme préférentielles en 2019 qui ne l'étaient pas ou moins précédemment (en kaki, Figure 13). Cela permet de souligner plus distinctement que la baie de Somme et le sud de Boulogne représentent des habitats moins sélectionnés en 2019 qu'en 2008, tandis qu'une zone étendue un peu plus au large de la baie d'Authie, baie de Somme, du Tréport et jusqu'au nord de Dieppe représente un nouvel habitat préférentiel de chasse pour les phoques veaux-marins en 2019 par rapport à 2008.

La modélisation des habitats préférentiels de chasse des phoques veaux marins a montré que sur chacune des deux périodes d'étude (2008 et 2019), le paramètre primordial était la distance à la côte (67% de déviance expliquée – DE - du modèle pour les données 2008 contre 56% de la DE pour les données 2019 ; Figure 14), confirmant le caractère très côtier des déplacements et zones de chasse de cette espèce. Le second paramètre est la distance aux reposoirs (27 et 28% de la DE respectivement pour les données 2008 et 2019). La bathymétrie semble jouer un rôle modeste avec 14% de la DE pour le jeu de données 2019, tandis que tous les autres paramètres, bien que significatifs, sont minoritaires dans la déviance expliquée par le modèle (Figure 14). Les prédictions sur les préférences d'habitat de chasse sont représentées graphiquement pour les principaux paramètres significatifs du modèle en [Annexe 3](#).

² <http://www.theses.fr/2017LAROS028>

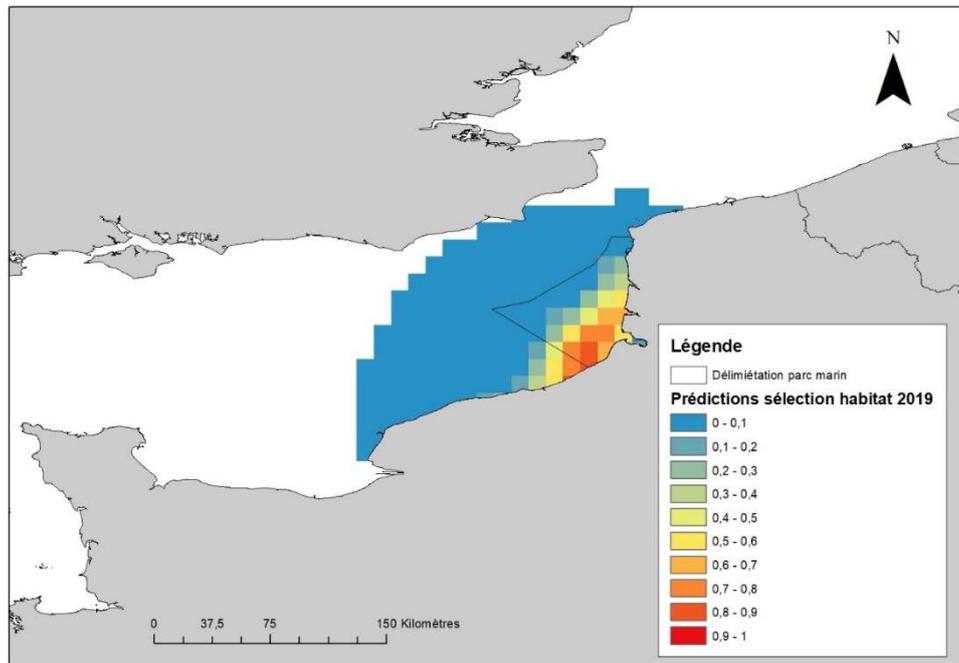


Figure 11 : Sélection de l'habitat préférentiel de chasse par les **phoques veaux-marins**, estimée à partir des suivis télémétriques réalisés en **2019** à partir de la baie de Somme. Les valeurs, estimées au sein de mailles de 0.1 degré de côté, varient de 0 pour l'absence de sélection à 1 pour la plus forte sélection des habitats de chasse prédite par le modèle. Les délimitations du PNM EPMO sont également indiquées.

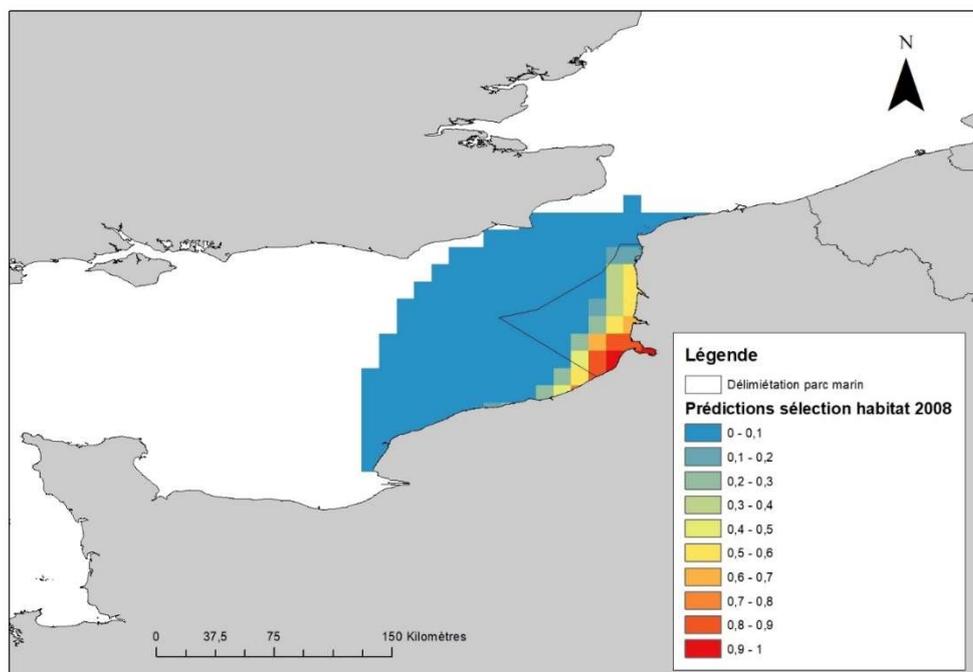


Figure 12 : Sélection de l'habitat préférentiel de chasse par les **phoques veaux-marins**, estimée à partir des suivis télémétriques réalisés en **2008** à partir de la baie de Somme. Les valeurs, estimées au sein de mailles de 0.1 degré de côté, varient de 0 pour l'absence de sélection à 1 pour la plus forte sélection des habitats de chasse prédite par le modèle. Les délimitations du PNM EPMO sont également indiquées.

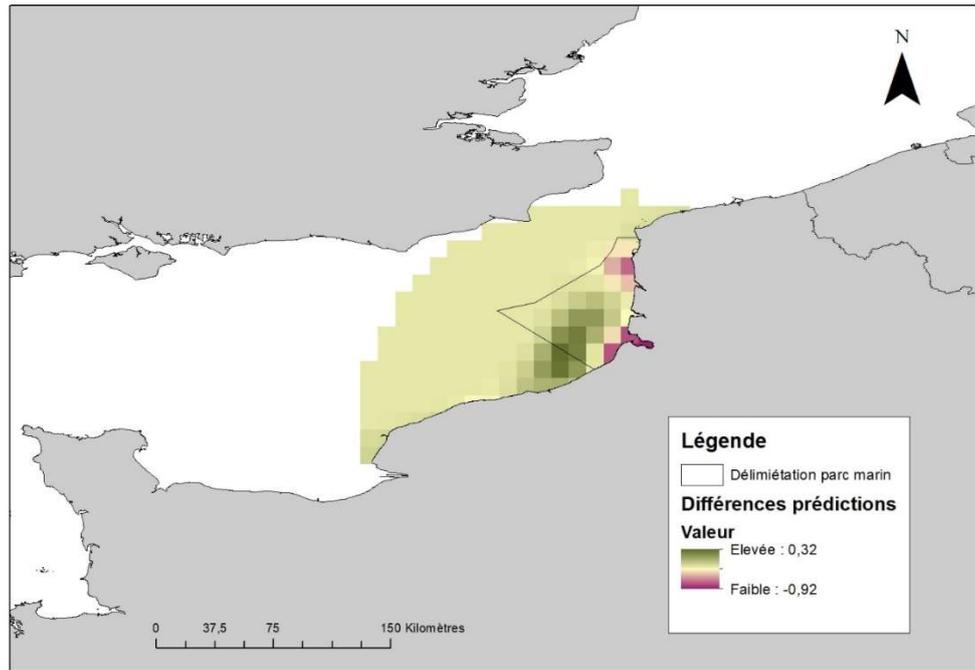


Figure 13 : Différence entre les zones de chasse préférentielles de **phoques veaux-marins** modélisées à partir des données télémétriques de **2019** et celles de **2008**. Les valeurs élevées (en kaki) indiquent les zones non prédites par le modèle des données 2008 mais prédites par celui des données 2019, tandis que les valeurs faibles (violet) indiquent les zones prédites par le modèle des données 2008 mais non prédites par le modèle des données 2019. Les valeurs moyennes (crème) indiquent les zones pour lesquelles les prédictions sont restées stables entre les deux modèles.

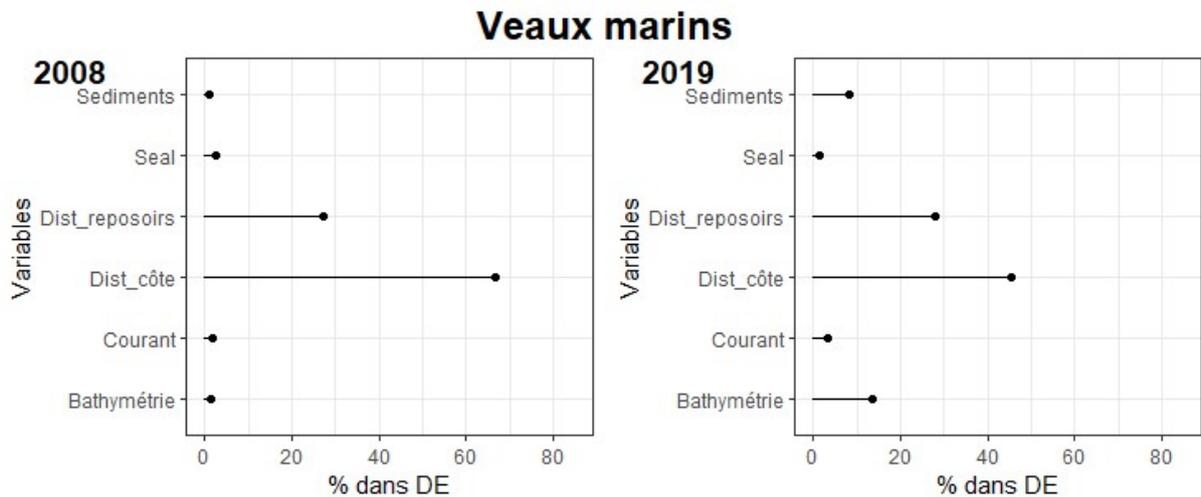


Figure 14 : Pourcentage de Déviance Expliquée (DE) pour les différents paramètres des modèles retenus (GAMM) lors de la modélisation d'habitats préférentiels de chasse des **phoques veaux-marins** suivis par balises GPS/GSM en **2008** (à gauche) et **2019** (à droite). Les paramètres sont, de haut en bas : le type de sédiments, l'individu (phoque), la distance au reposoir, la distance à la côte, le courant de marée et la bathymétrie.

Les habitats préférentiels de chasse des phoques gris modélisés à partir des données télémétriques 2019 sont largement inclus dans le PNM EP MO (débordant un peu au sud de ses délimitations), et dans une moindre mesure autour de Goodwin Sands, dans le détroit du pas de Calais (Figure 15). Les habitats modélisés à partir des données 2012, présentés pour mémoire (Planque et al. 2018), étaient également en partie concentrés dans le périmètre du PNM, en particulier à l'embouchure de la baie de Somme, mais également en baie de Seine, le long des côtes sud de l'Angleterre, dans l'estuaire de la Tamise ou au centre de la Manche (Figure 16). A l'exception du PNM et de la baie de Somme, toutes ces zones précédemment identifiées en 2012 ressortent comme moins utilisées en 2019, tandis que la partie Ouest et Sud-Ouest du PNM est identifiée comme significativement plus sélectionnées en 2019 qu'en 2012 (Figure 17). Comme indiqué précédemment, il est fort probable que ces différences d'habitats préférentiels, conséquences des zones de chasse différentes entre 2012 et 2019 (cf. Figure 8), soient plus le reflet de fortes variations interindividuelles de comportement de chasse chez les phoques gris (et donc du caractère aléatoire des captures lors des suivis télémétriques) que de réelles tendances temporelles, même si dernières ne peuvent pas être formellement exclues.

Bien que cela puisse paraître surprenant pour un prédateur marin très mobile comme le phoque gris, le paramètre expliquant la plus large part de Déviance Expliquée (DE) dans la modélisation des habitats préférentiels de chasse en 2019 est la distance au dernier reposoir (83%, Figure 18). Ce résultat souligne l'importance de la proximité (même relative) de reposoirs autour des zones d'alimentation chez ce prédateur à place centrale (*central place foragers*, Matthiopoulos 2003). Les autres paramètres influençant cette sélection d'habitat de chasse chez les phoques gris incluent la distance à la côte (5.5% de la DE, Figure 18), l'individu, le courant de marée, la bathymétrie ou le type de sédiment (moins de 5% de la DE pour chaque paramètre, Figure 18). Les prédictions pour chacun de ces paramètres du modèle sont disponibles en [Annexe 3](#).

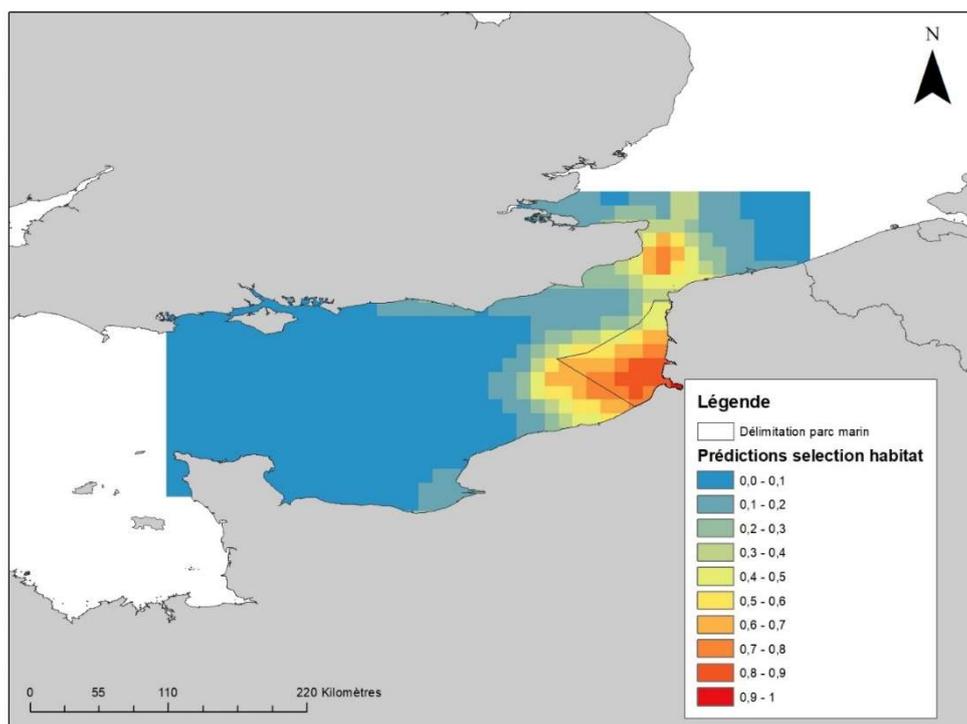


Figure 15 : Sélection de l'habitat préférentiel de chasse par les **phoques gris**, estimée à partir des suivis télémétriques réalisés en **2019** à partir de la baie de Somme. Les valeurs, estimées au sein de mailles de 0.1 degré de côté, varient de 0 pour l'absence de sélection à 1 pour la plus forte sélection des habitats de chasse prédite par le modèle. Les délimitations du PNM EP MO sont également indiquées.

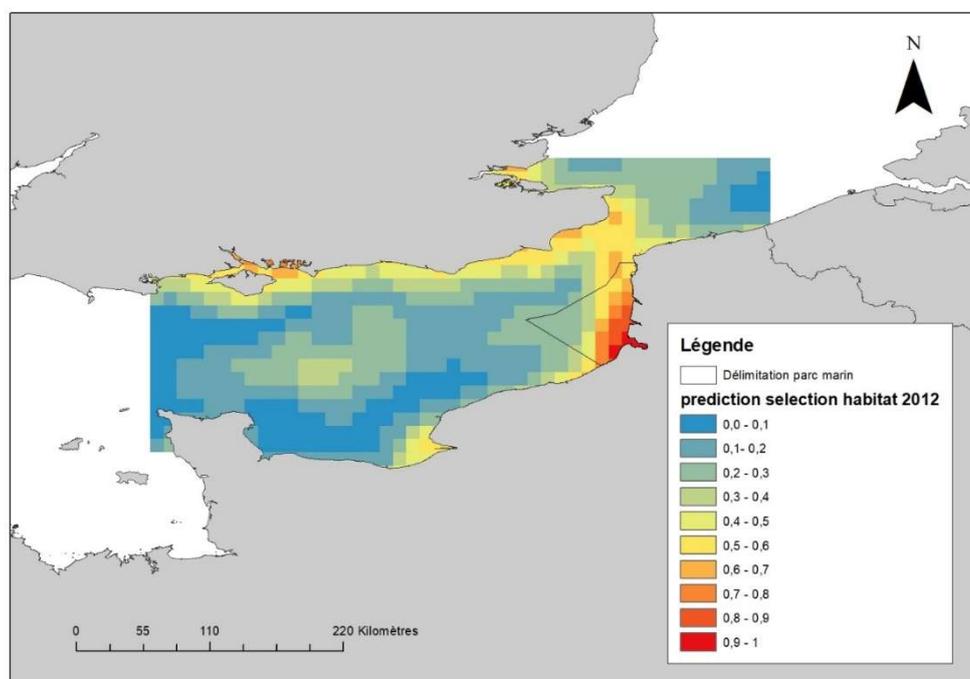


Figure 16 : Sélection de l'habitat préférentiel de chasse par les **phoques gris**, estimée à partir des suivis télémétriques réalisés en **2012** à partir de la baie de Somme. Les valeurs, estimées au sein de mailles de 0.1 degré de côté, varient de 0 pour l'absence de sélection à 1 pour la plus forte sélection des habitats de chasse prédite par le modèle. Les délimitations du PNM EP MO sont également indiquées.

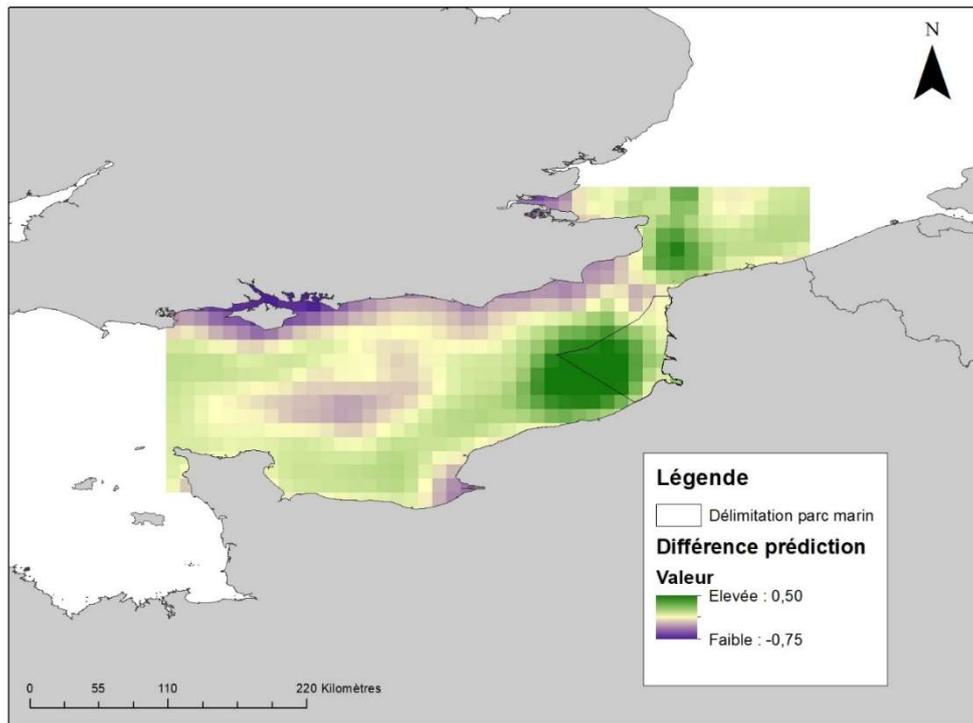


Figure 17 : Différence entre les zones de chasse préférentielles de **phoques gris** modélisées à partir des données télémétriques de **2019** et celles de **2012**. Les valeurs élevées (en kaki) indiquent les zones non prédites par le modèle des données 2012 mais prédites par celui des données 2019, tandis que les valeurs faibles (violet) indiquent les zones prédites par le modèle des données 2012 mais non prédites par le modèle des données 2019. Les valeurs moyennes (crème) indiquent les zones pour lesquelles les prédictions sont restées stables entre les deux modèles.

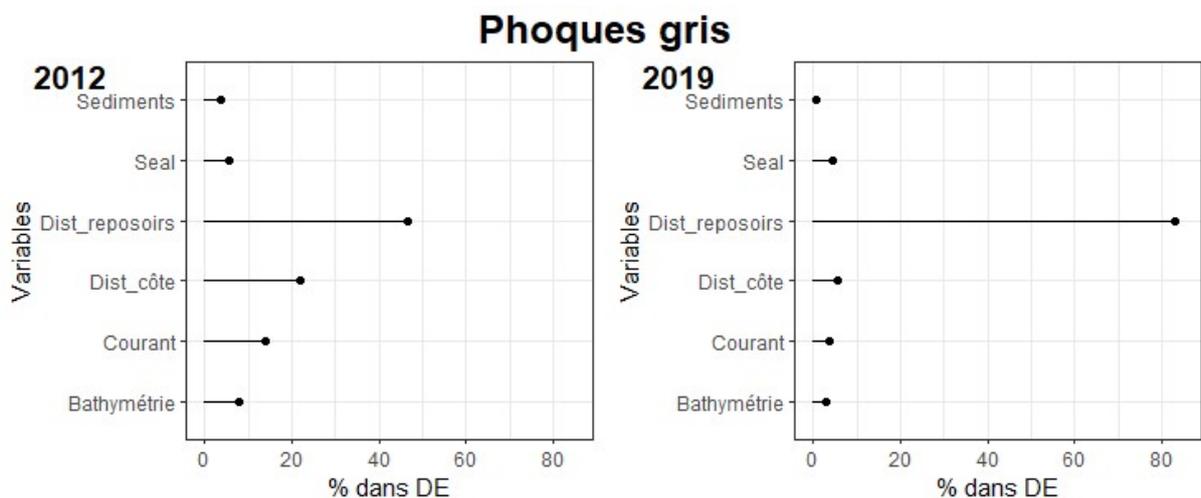


Figure 18 : Pourcentage de Déviance Expliquée (DE) pour les différents paramètres des modèles retenus (GAMM) lors de la modélisation d'habitats préférentiels de chasse des **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM en **2012** (à gauche) et **2019** (à droite). Les paramètres sont, de haut en bas : le type de sédiments, l'individu (phoque), la distance au reposoir, la distance à la côte, le courant de marée et la bathymétrie.

Rythmes de chasse des phoques

Les rythmes des plongées de chasse (lors des suivis télémétriques 2019/2020) 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 19) et n'a a priori aucune influence sur le rythme de chasse des phoques gris en Manche Est (Figure 20). 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, car ce rythme tidal est beaucoup plus marqué pour le rythme des repos à terre qu'il ne l'est pour ces plongées de chasse (*cf.* chapitre suivant – les unités des axes des abscisses et ordonnées sont identiques sur les Figures 19, 20, 28 et 29 afin de faciliter la comparaison).

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. Les données obtenues lors des suivis télémétriques de phoques gris et veaux-marins en Manche Est en 2019 ne permettent pas d'identifier un rythme préférentiel fort partagé par tous les individus (Figures 21 et 22). 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 21), qui coïncide avec une augmentation de la proportion de temps passé à terre aux mêmes heures (Figure 30). 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 22), 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, chez aucune des deux espèces.

³ <https://maree.shom.fr/>

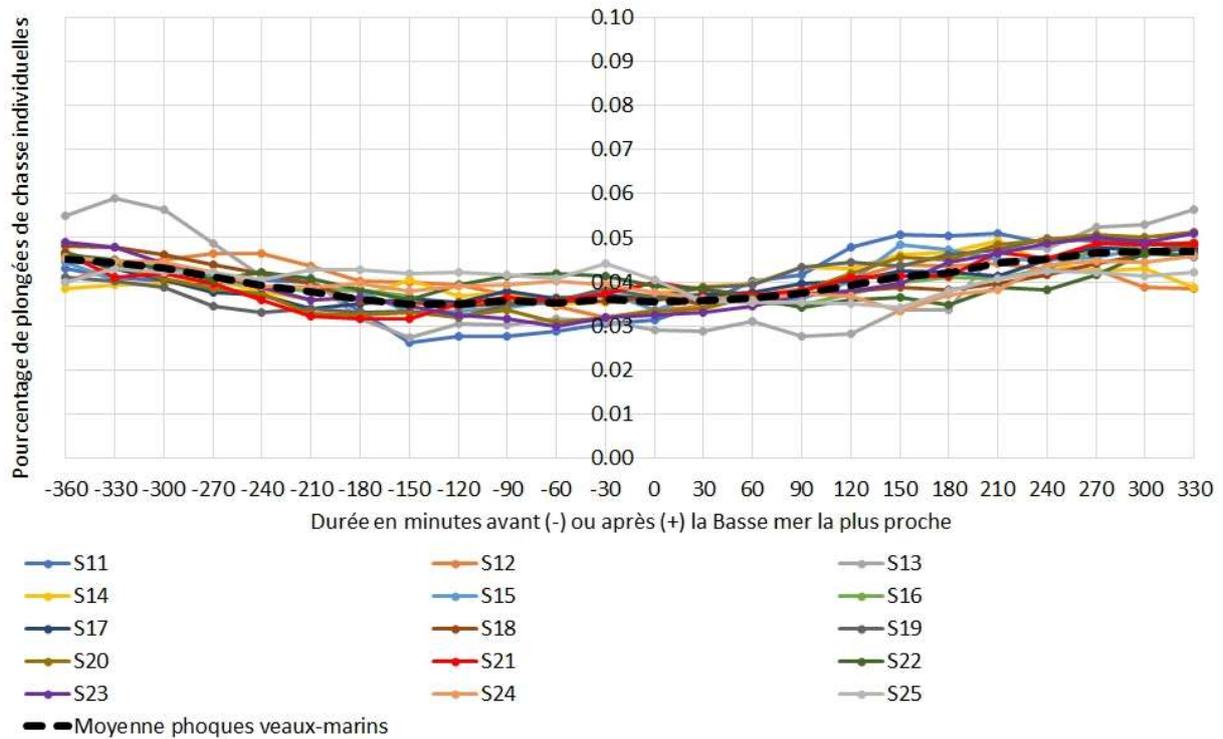


Figure 19 : Répartition, demi-heure par demi-heure, de la proportion de plongées de chasse des **phoques veaux marins** suivis par balises GPS/GSM en Manche Est, en fonction du **cycle de marée**.

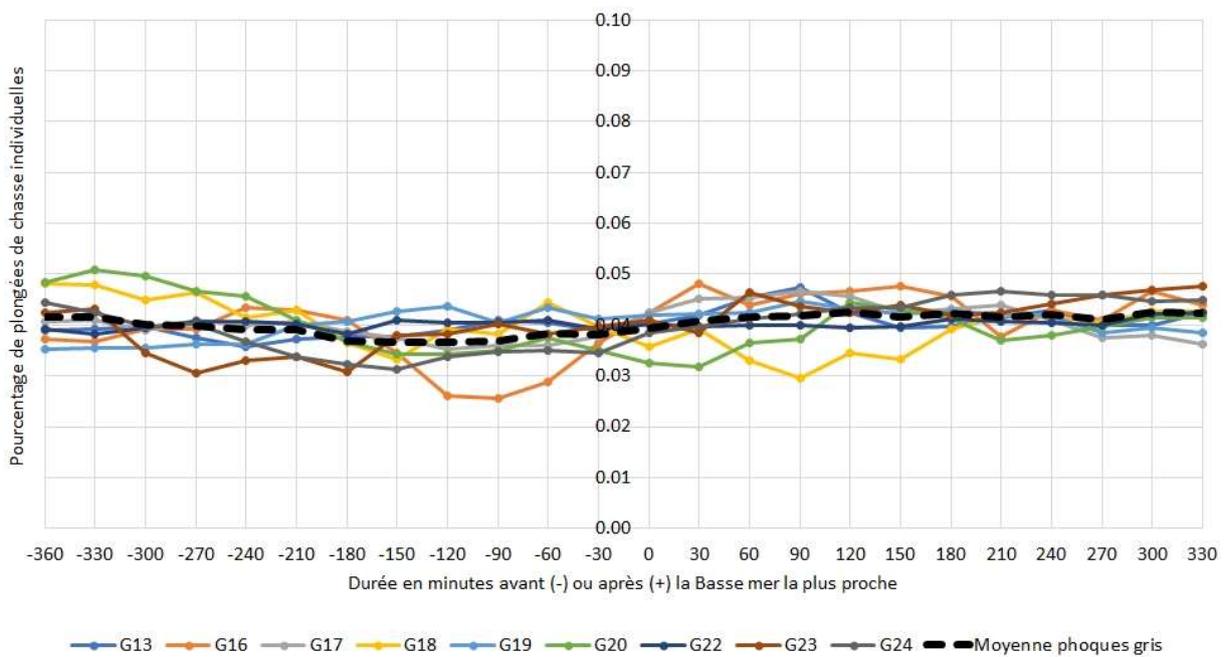


Figure 20 : Répartition, demi-heure par demi-heure, de la proportion de plongées de chasse des **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM en Manche Est, en fonction du **cycle de marée**.

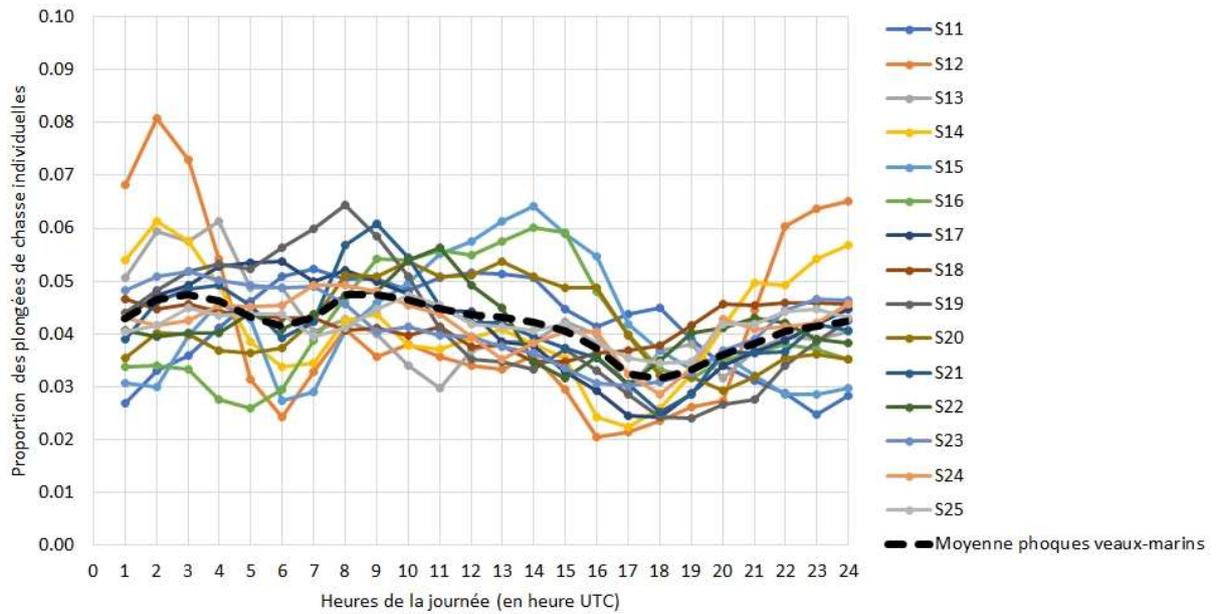


Figure 21 : Répartition, heure par heure, de la proportion de plongées de chasse des **phoques veaux marins** suivis par balises GPS/GSM en Manche Est, en fonction du **l'heure du jour** (en heure UTC 0, soit 1 à 2h avant l'heure légale selon la saison).

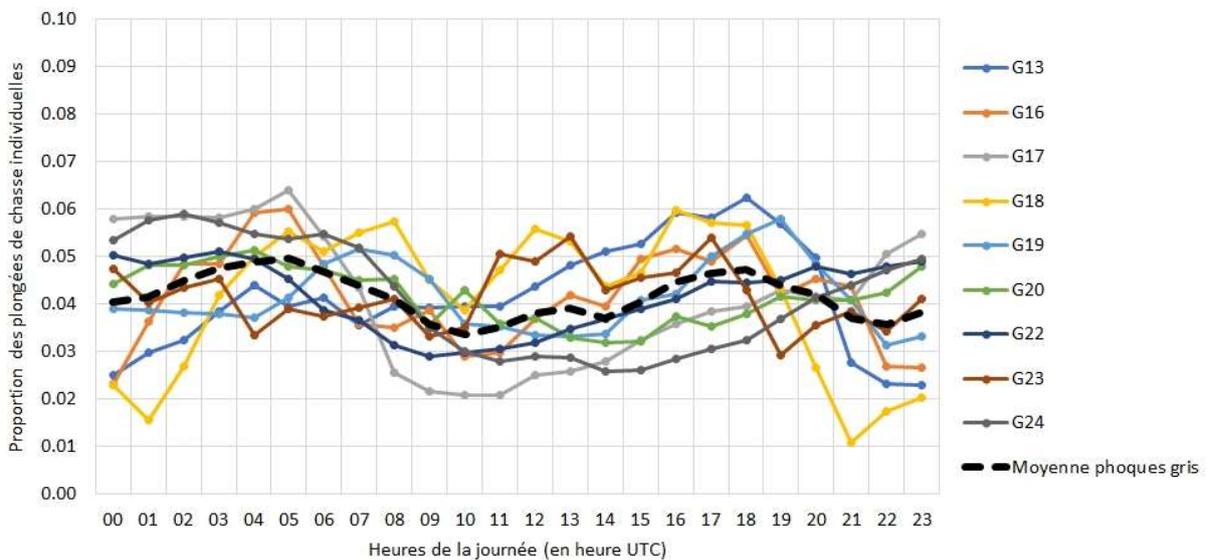


Figure 22 : Répartition, heure par heure, de la proportion de plongées de chasse des **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM en Manche Est, en fonction du **l'heure du jour** (en heure UTC 0, soit 1 à 2h avant l'heure légale selon la saison).

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 23). 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. 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 23). Ces pics sont néanmoins moins marqués en 2019 qu'ils ne l'étaient en 2008 ou 2012 pour les phoques veaux-marins et phoques gris respectivement.

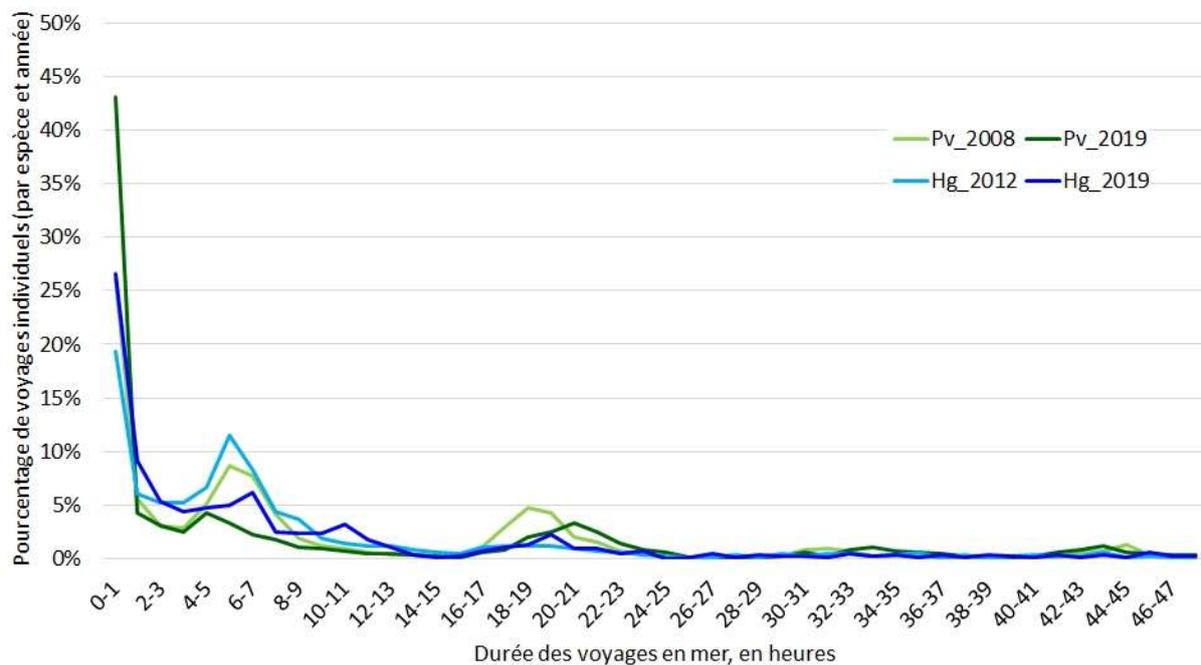


Figure 23 : Distribution des durées de « voyages en mer » des **phoques veaux-marins** (en vert) et **phoques gris** (en bleu) lors des différentes périodes de suivis télémétriques (**2008, 2012 et 2019**). Seuls les voyages de moins de 48 heures sont indiqués, le graphique complet est disponible en [Annexe 2](#).

La distribution globale des durées de voyages en mer individuels des phoques suivis par balises est indiquée en Figure 28. Il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les durées de voyages en mer (en Manche Est) des phoques veaux-marins suivis en 2008 ou 2019 (Student, $p=0.432$) ni des phoques gris suivis en 2012 et 2019 ($p=0.133$), en revanche la différence est significative entre les durées de voyages en mer de phoques veaux-marins et de phoques gris suivis en 2019/2020 ($p=0.005$). Cette différence s'explique en grande partie par la plus forte proportion de courts voyages en mer chez les phoques veaux-marins que chez les phoques gris (43% versus 27% de voyages de moins d'une heure).

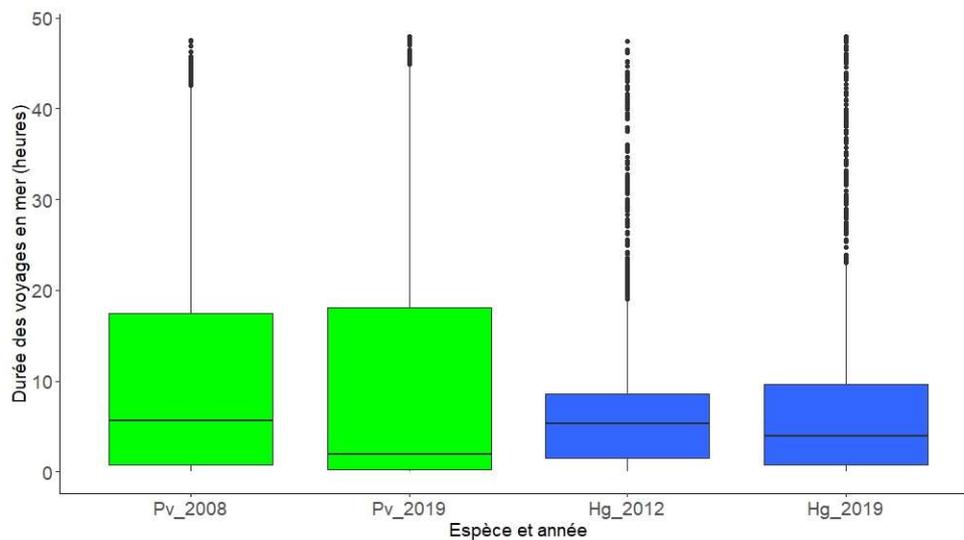


Figure 24 : Boxplot des durées individuelles de voyages en mer des **phoques veaux-marins** (« Pv », en vert) et **phoques gris** (« Hg », en bleu) suivis par balises GPS/GSM en **2008, 2012 et 2019** respectivement. L'axe des ordonnées est coupé à 48h, la représentation graphique complète est disponible en [Annexe 2](#). Les boxplots représentent la médiane des valeurs individuelles (trait épais dans chaque boîte), les 1^{er} et 3^{ème} quartile (bas et haut des « boîtes ») et les « moustaches » (traits verticaux) représentent 1.5 fois la valeur de l'écart interquartile. Les points représentent les valeurs extrêmes éventuelles.

Zones et rythmes de repos à terre, facteurs de correction des recensements

Les balises GPS/GSM dont les phoques ont été équipés disposent d'un capteur de milieu permettant de déterminer quand le phoque est dans l'eau ou hors de l'eau, sur un reposoir « terrestre » (généralement localisé sur la zone d'estran). La balise enregistre les dates et heures de début et fin de chaque « repos à sec », à partir du moment où la balise est à sec pendant au moins 10 minutes consécutives, jusqu'à ce qu'elle soit de nouveau dans l'eau.

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).

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 18.2%, max 23.3%), les variations inter-individuelles sont plus importantes chez les phoques gris (min 11.4%, max 30.2% ; Figure 25). Elles l'étaient déjà chez la même espèce en 2012 (Figure 25).

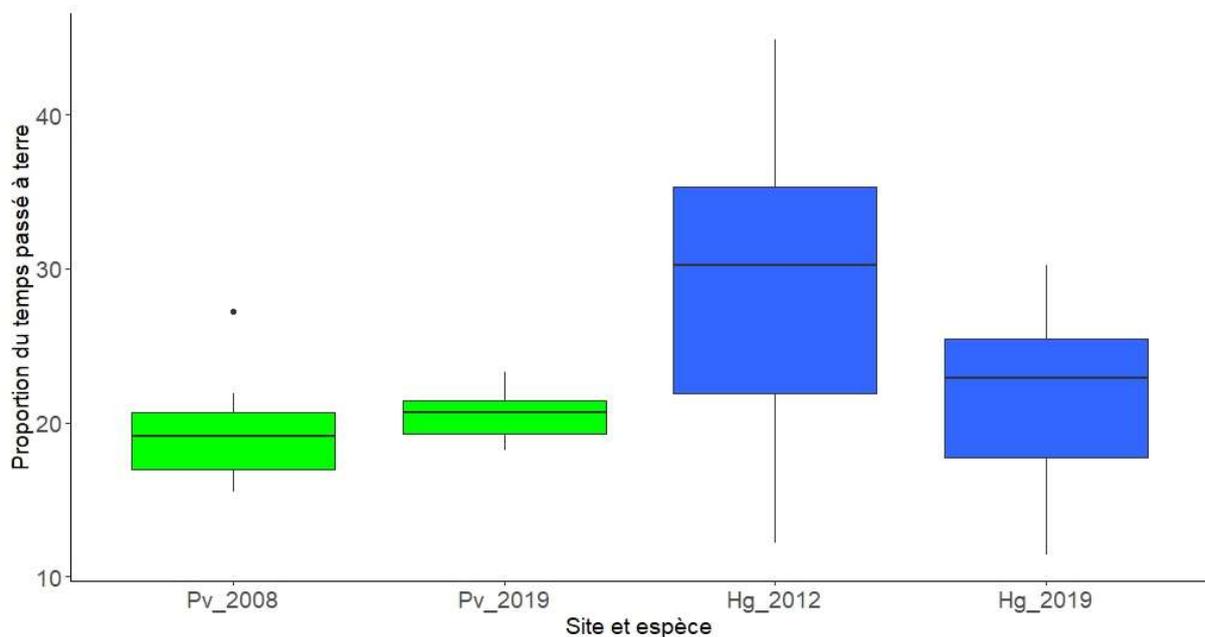


Figure 25 : Proportion du temps de suivi télémétrique passé à sec par les phoques veaux-marins (en vert) et les phoques gris (en bleu), par année de suivi, en dehors de la saison de reproduction.

Ces pourcentages de temps total passé à terre ne sont pas statistiquement différents entre 2008 et 2019 pour les phoques veaux-marins (Student, $p=0.544$), mais la différence entre les valeurs

obtenues en 2012 et 2019 est proche du seuil de significativité pour les phoques gris ($p=0.054$). Ils ne sont pas significativement différents entre phoques veaux-marins et phoques gris en 2019 ($p=0.416$). Par ailleurs, la proportion de journées sans repos à terre est de 42% pour les phoques veaux-marins suivis en 2019 (elle était de 30% en 2008), et de 51% pour les phoques gris suivis en 2019 (elle était de 46% en 2012). Ces différences peuvent être les conséquences directes de la variabilité inter-individuelle, mais elles peuvent aussi résulter d'un effort accru en mer.

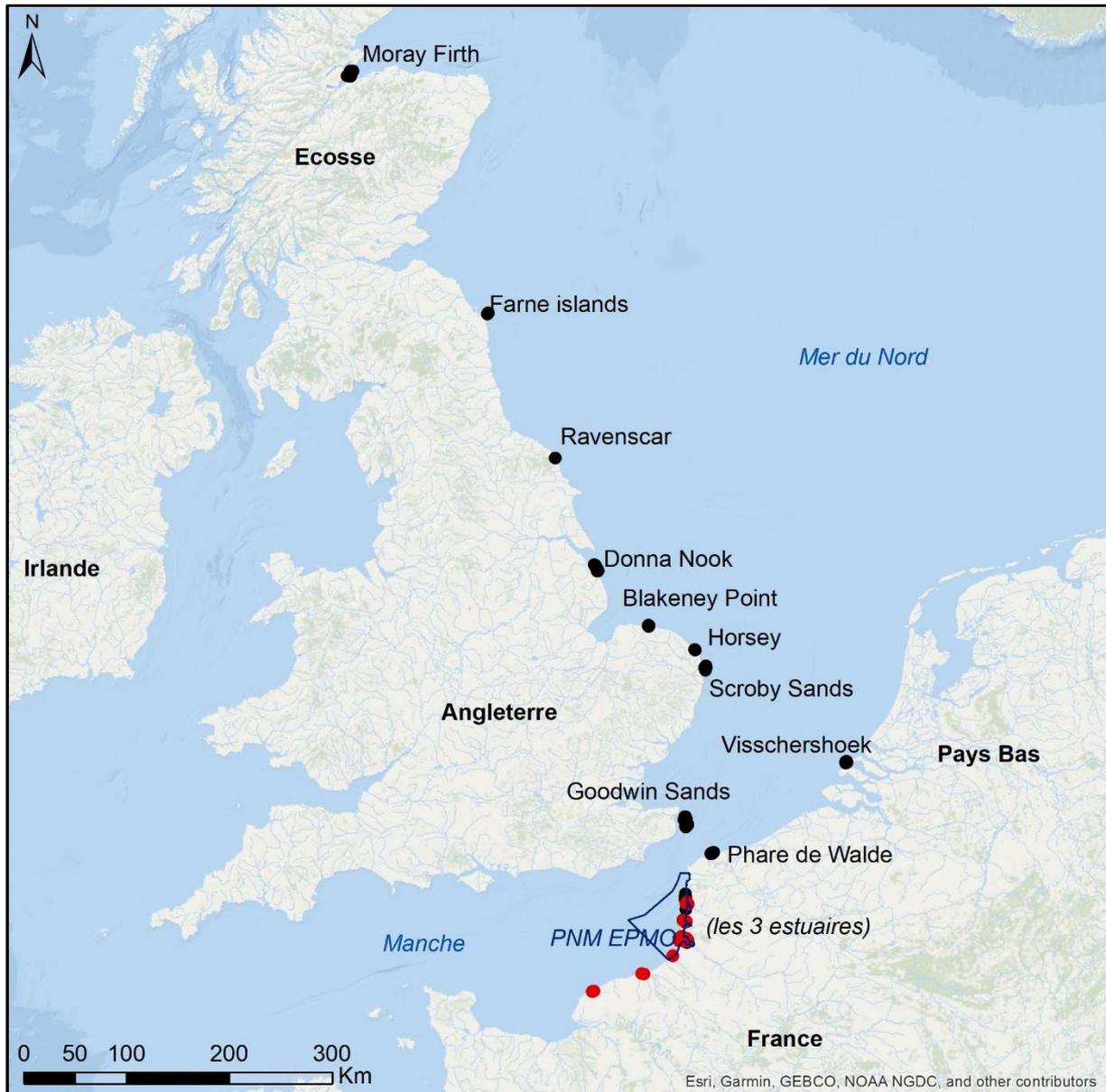


Figure 26 : Zones de repos à terre utilisées par les **phoques gris** (points noirs) et **phoques veaux-marins** (points rouges) suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019. Le détail de la zone du PNM EPMO est disponible en Figure 27.

L'ensemble des zones de repos à sec utilisées par les phoques veaux-marins suivis par balise sont localisées le long du littoral français en Manche Est, du sud de Fécamp à la baie de Canche (Figure 26). La grande majorité d'entre eux sont dans le périmètre du PNM EPMO. Les zones de

repos à terre des phoques gris sont en revanche plus nombreux et plus dispersés. 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 27). Mais près de la moitié des phoques suivis ont également utilisé des reposoirs terrestres situés en Grande Bretagne et aux Pays Bas (Figure 26). 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 localisées dans un champ d'éoliennes en mer (Scroby Sands).

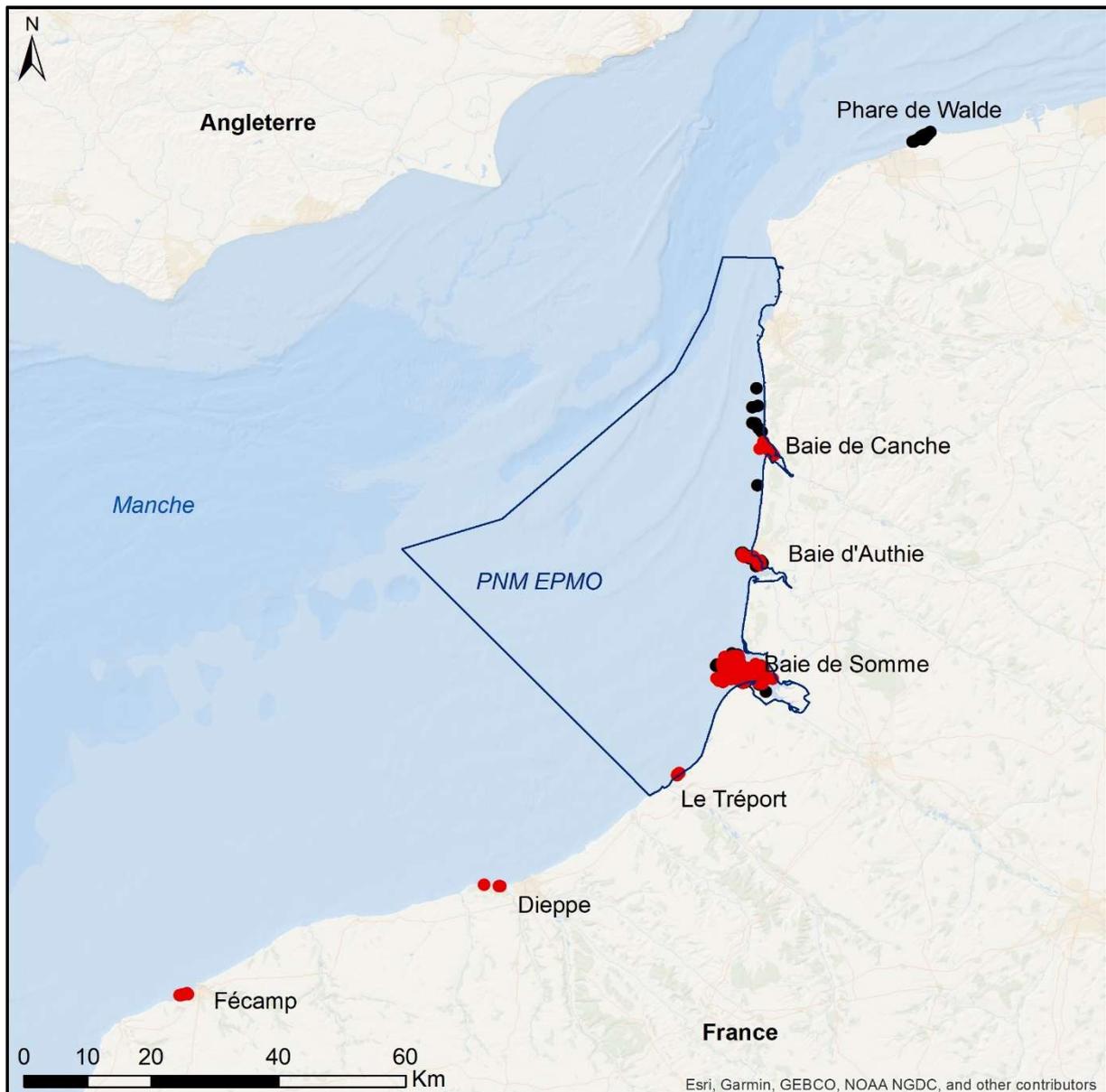


Figure 27 : Zoom sur les zones de repos à terre utilisées par les **phoques gris** (points noirs) et **phoques veaux-marins** (points rouges) suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019, en Manche Est (voir Figure 26 pour la carte complète).

Les pourcentages de temps passé à terre par chaque individu dans les différentes zones identifiées en Figures 26 et 27 sont indiqués dans le Tableau 3 pour les phoques veaux-marins et le Tableau 4 pour les phoques gris.

Tableau 3 : Pourcentage de temps passé dans les différentes colonies et zones de repos à terre par les **phoques veaux-marins** lors de leurs suivis télémétriques à partir de la baie de Somme en **2019**. La légende des couleurs est disponible sous le tableau.

Zone de repos	Phoques														
	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25
Baie de Somme	99.5%	99.8%	98.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	92.4%	100.0%	89.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Baie d'Authie	-	-	-	-	-	-	-	2.7%	-	10.2%	-	-	-	-	-
Baie de Canche	0.5%	-	-	-	-	-	-	4.9%	-	-	-	-	-	-	-
Le Treport	-	0.2%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dieppe	-	-	1.5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Légende :

0.1-5%
5-25%
25-50%
50-75%
75-99%
100%

Tableau 4 : Pourcentage de temps passé dans les différentes colonies et zones de repos à terre par les **phoques gris** lors de leurs suivis télémétriques à partir de la baie de Somme en **2019**. La légende des couleurs est indiquée ci-dessus.

Zone de repos		Phoques											
		G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24
France	Baie de Somme	25.0%	-	1.4%	2.0%	5.1%	96.5%	2.4%	18.0%	-	15.7%	21.6%	96.9%
	Baie d'Authie	-	-	-	98.0%	9.8%	3.5%	63.1%	2.9%	-	83.1%	-	3.1%
	Baie de Canche	-	-	-	-	0.3%	-	-	-	-	1.1%	-	-
	Sud Canche	-	-	-	-	0.2%	-	-	-	-	0.1%	-	-
	Phare de Walde	3.4%	-	-	-	24.8%	-	25.7%	-	-	-	11.9%	-
Angleterre	Goodwin Sands	-	14.6%	0.7%	-	-	-	0.9%	0.1%	100.0%	-	3.8%	-
	Thames Estuary	-	3.9%	2.7%	-	-	-	1.3%	2.4%	-	-	3.8%	-
	Scroby Sands	-	80.9%	95.3%	-	-	-	5.2%	7.5%	-	-	8.7%	-
	Horsey	-	0.6%	-	-	-	-	1.4%	-	-	-	-	-
	Blakeney Point	-	-	-	-	-	-	-	10.0%	-	-	-	-
	Donna Nook	-	-	-	-	-	-	-	57.7%	-	-	14.8%	-
	Ravenscar	-	-	-	-	-	-	-	1.4%	-	-	-	-
Farne Islands	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.7%	-	
Ecosse	Moray Firth	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.5%	-
Pays Bas	Visschershoek	71.6%	-	-	-	59.8%	-	-	-	-	-	0.2%	-

A l'exception du phoque veau-marin S20 qui a passé 10% de son temps à terre en baie d'Authie et 90% en baie de Somme, tous les autres individus ont passé plus de 90% de leur temps à sec en baie de Somme et moins de 5% sur d'autres sites (Tableau 3). Des suivis par photo-identification, notamment étudiés au cours du projet Eco-Phoques (Brévar *et al.* 2018), ont démontré des échanges individuels entre les baies, mais ces échanges restent mineurs et n'ont que peu été identifiés dans ces suivis télémétriques.

La situation est très différente chez les phoques gris. Abstraction faite des phoques G16 et G18 qui n'ont été suivis que sur une très courte période, seuls les phoques G19, G22 et G24 ont passé la majorité de leur temps à terre le long des côtes françaises, majoritairement en baie de Somme et baie d'Authie. Seul le phoque G21 ne s'est posé que sur un seul site au cours de ses 130 jours de suivi – il s'agit de Goodwin Sands. Les autres se sont posés alternativement sur des sites le long du littoral français, britannique et/ou néerlandais, avec 4 phoques passant la majorité de leurs repos à sec en Grande Bretagne et 2 autres aux Pays Bas.

Comme pour les rythmes de chasse, l'influence du cycle nyctéméral et du cycle tidal sur les rythmes de repos à terre a été étudiée en baie de Somme, où sont situés la majorité de ces repos à sec pour les deux espèces. 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 28 et 29). Il était attendu, puisque les phoques utilisent principalement des reposoirs émergés à marée basse pour se reposer. Pour les phoques veaux-marins suivis par balise, 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 28). Les données sont plus éparpillées 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 29). 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 dans 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 28). 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 28 et 29). 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 29). Ceci peut entre autres s'expliquer par la plus grande proportion de voyages en mer long (plusieurs jours) chez les phoques gris.

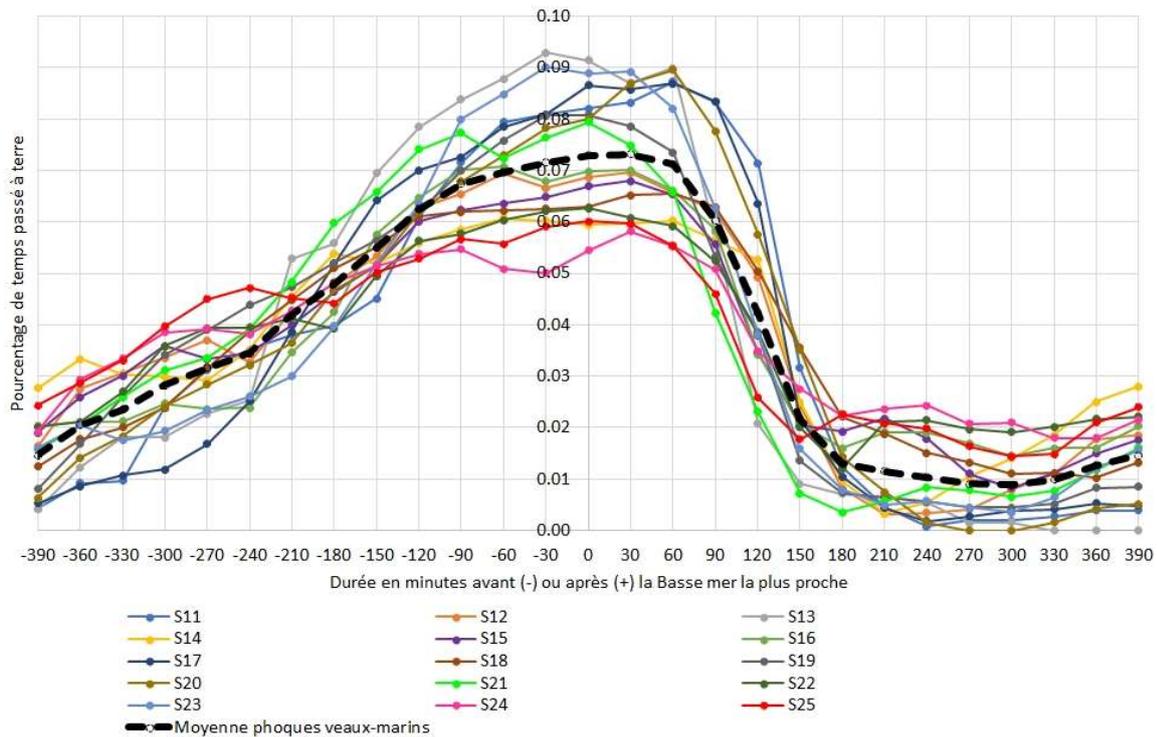


Figure 28 : Répartition, demi-heure par demi-heure, du temps cumulé de repos à terre des **phoques veaux marins** suivis par balises GPS/GSM en baie de Somme, en dehors de la période de reproduction, en fonction du **cycle de marée**.

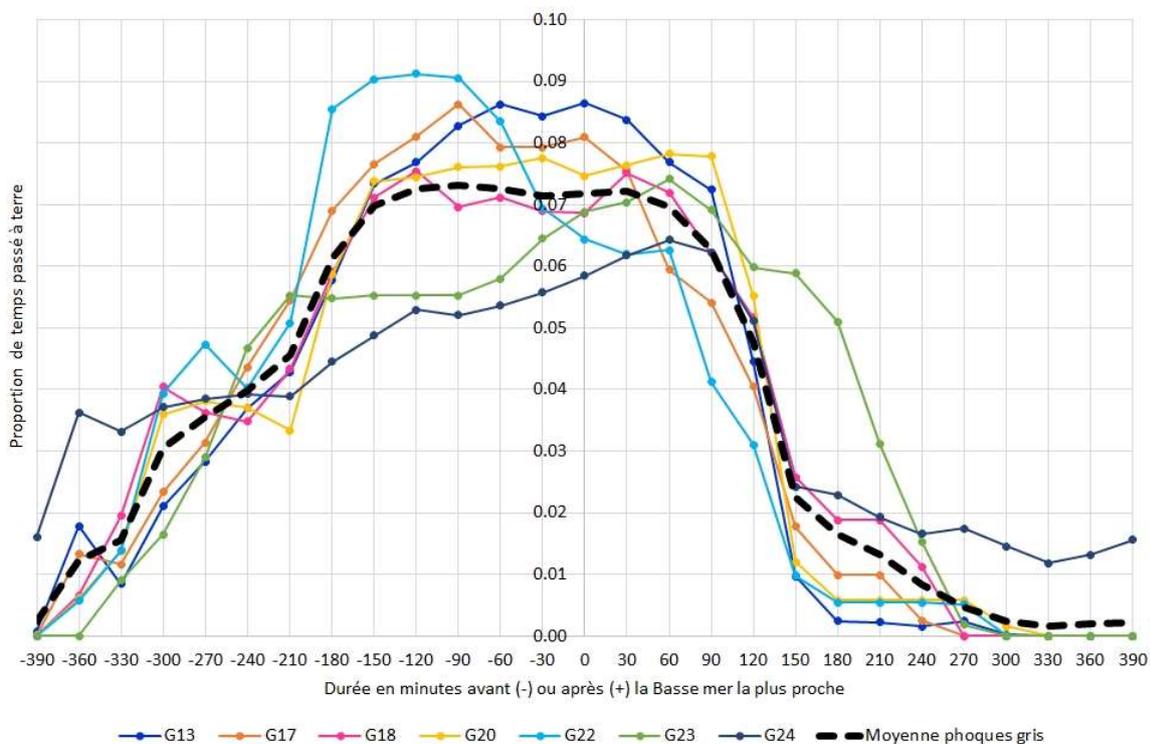


Figure 29 : Répartition, demi-heure par demi-heure, du temps cumulé de repos à terre des **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM en baie de Somme, en dehors de la période de reproduction, en fonction du **cycle de marée**.

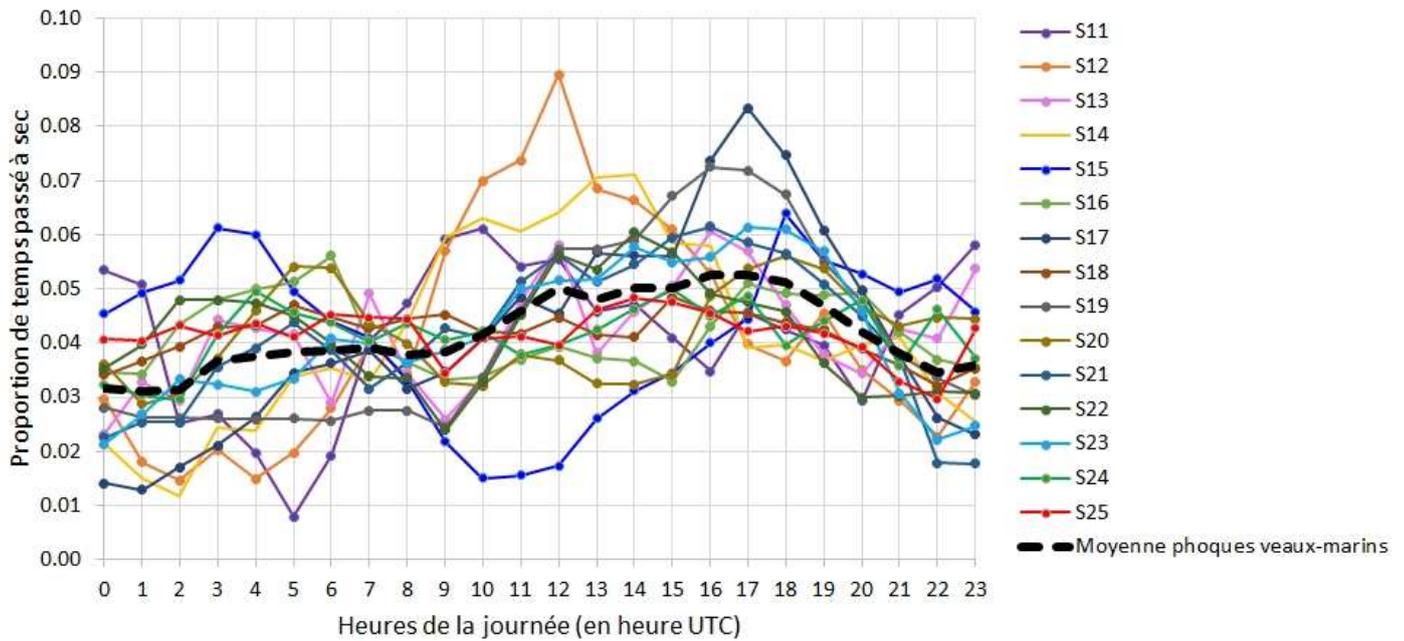


Figure 30 : Répartition, heure par heure, du temps cumulé de repos à terre des **phoques veaux-marins** suivis par balises GPS/GSM en baie de Somme, en dehors de la période de reproduction, en fonction de l'heure de la journée (en heure UTC 0, soit 1 à 2h avant l'heure légale selon la saison).

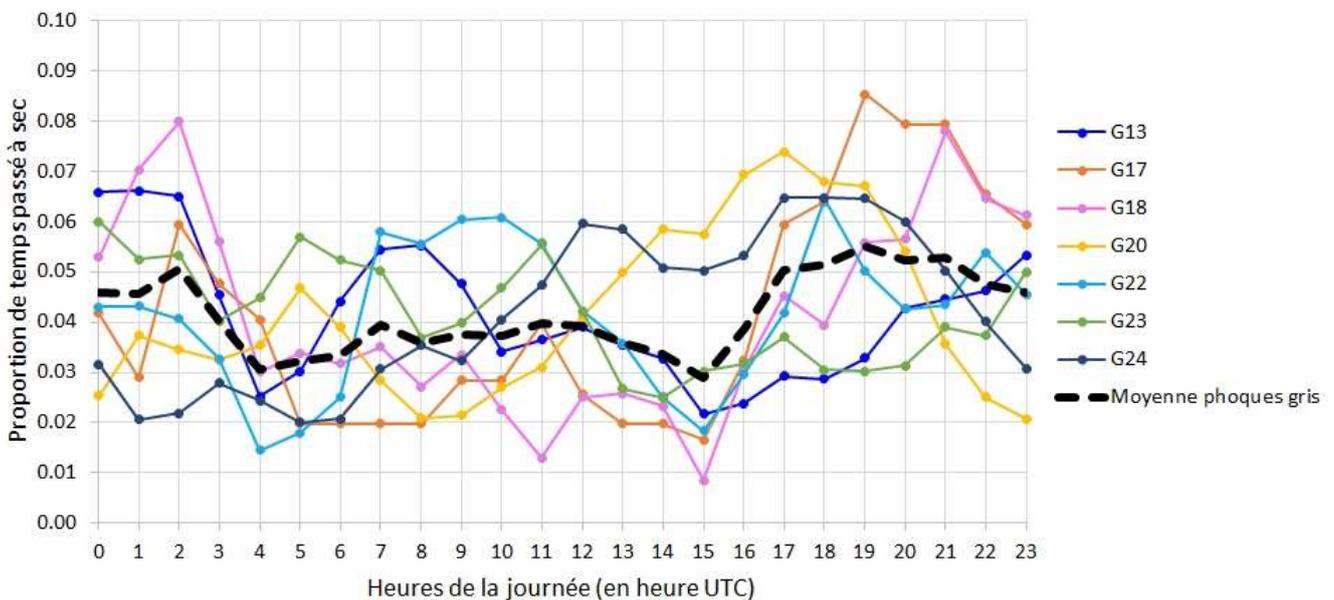


Figure 31 : Répartition, heure par heure, du temps cumulé de repos à terre des **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM en baie de Somme, en dehors de la période de reproduction, en fonction de l'heure de la journée (en heure UTC 0, soit 1 à 2h avant l'heure légale selon la saison).

Enfin, les données de repos à terre en Baie de Somme ont été utilisées pour calculer des facteurs de correction des recensements à terre (Sharples *et al.* 2009, Lonergan *et al.* 2011). Il s'agit d'estimer la proportion de phoques réellement présents à terre sur les sites recensés, au moment des comptages. Pour chaque journée où la marée basse a lieu entre 13h30 et 17h30 UTC, nous avons observé si les phoques équipés de balise étaient à terre en baie de Somme, baie d'Authie ou baie de Canche au moment du recensement, c'est-à-dire ici 1h30 avant l'heure de basse mer (Brévert *et al.* 2018). Tous les créneaux potentiels de recensement ont été analysés, et non uniquement ceux pour lesquels un recensement était effectivement réalisé. Les phoques pour lesquels, à cette heure-là, les localisations étaient en mer en Manche Est (au sud du Cap Gris-Nez) ou à terre en dehors des trois baies recensées simultanément (par exemple entre Le Tréport et le sud de Fécamp) ont été considérés comme étant « présents dans la zone », donc faisant partie des effectifs du groupe de phoque étudié, mais non recensés. Concrètement, cela représente 100% des phoques veaux-marins, mais déduit des effectifs estimés tous les phoques gris lorsqu'ils se déplacent en mer du Nord (ou dans le détroit du Pas-de-Calais, puisqu'ils sont alors proches d'un autre reposoir, comme par exemple celui du Phare de Walde).

Ainsi, les phoques veaux-marins suivis par balise étaient en moyenne présent à terre dans l'une des trois baies recensées pendant 42% du temps, ce qui signifie que lors des comptages, 58.4% des phoques faisant pourtant partie des effectifs de ces « colonies » au sens large ne sont pas présents à terre lors des comptages (ils sont soit en mer, soit à terre sur des zones non ciblées par les recensements). Ce pourcentage avait été estimé à 52% à partir des données 2008 pour le projet Eco-Phoques (Vincent *et al.* 2018), mais la méthode de calcul était un peu différente et basée uniquement sur la baie de Somme. Le résultat de 42% obtenu ici signifie que, pour obtenir la taille totale de la « colonie » à partir des effectifs recensés par moyens aériens lors de protocoles cités ci-dessus, il faut en moyenne multiplier le nombre de phoques veaux-marins recensés par 42 et le diviser par 100.

Le facteur de correction estimé pour les phoques gris est basé sur un plus petit nombre d'individus suivis par balises en 2019, et des individus n'ayant pas tous passé beaucoup de temps dans la zone. Ce chiffre est donc à prendre avec plus de précaution que pour les veaux-marins. Globalement, 28% des phoques gris présents dans la zone de Manche Est (au sud du Cap Gris-Nez) étaient présents à terre dans l'une des trois baies à l'heure des recensements aériens. Ce pourcentage avait été estimé à 34% à partir des données 2012 pour le projet Eco-Phoques (Vincent *et al.* 2018), mais encore une fois la méthode de calcul était un peu différente et basée uniquement sur la baie de Somme. Le chiffre obtenu pour les données 2019 reste cependant similaire aux 31% de phoques gris présents à terre pendant les recensements estivaux estimés en Bretagne ou en Ecosse (Lonergan *et al.* 2011, Vincent *et al.* 2015). Cet ordre de grandeur paraît donc réaliste pour l'espèce.

Ces facteurs de correction doivent bien être considérés comme des ordres de grandeur et non comme des valeurs absolues très précises, car ils sont basés sur quelques individus suivis par balises, et non sur un très grand nombre d'individus de la colonie étudiée, et ne tiennent pas compte des facteurs météorologiques ou de dérangement humain qui peuvent également influencer les effectifs à terre (Blundell & Pendleton 2015, Schneider & Payne 1983). Ces facteurs de correction ne sont valables qu'en dehors des saisons de reproduction et de mue. Malgré ces limites ils permettent d'estimer la taille totale des colonies présentes, au-delà des seuls effectifs relatifs recensés à terre lors des comptages.

Conclusion et perspectives

L'un des principaux objectifs de ces suivis télémétriques était de déterminer les zones de chasse des phoques veaux-marins et phoques gris fréquentant les reposoirs de la baie de Somme. Ces zones de chasse ont été identifiées et les habitats préférentiels des deux espèces modélisées. Les phoques veaux-marins ont des zones de chasse très côtières entre Dieppe et Boulogne-sur-mer : ils recherchent leurs proies majoritairement au sein du PNM EPMO (84.5% des plongées de chasse) mais également un peu plus au sud. Les phoques gris ont un comportement plus variable, certains individus étant également très côtiers, quand d'autres exploitent des zones de chasse situées plus au large dans la Manche. Les phoques ont effectué en moyenne 35.3% de leurs plongées de chasse au sein du PNM EPMO. Ils chassent également en mer du Nord, qu'ils fréquentent alternativement avec la Manche Est. La reproduction des phoques gris étant quasi inexistante en Manche Est (le long du littoral français comme du littoral anglais), ces individus proviennent de colonies de reproduction situées en mer du nord, soit côté britannique (SCOS 2020) soit côté néerlandais (Brasseur *et al.* 2015). Après la reproduction et la mue, les phoques gris se dispersent en mer et certains d'entre eux descendent donc le long des côtes françaises. Mais il n'est pas impossible que certains individus non reproducteurs restent également en hiver, puisque des phoques gris sont observés sur le littoral français en Manche Est à toute saison... Le plus grand nombre est néanmoins présent saisonnièrement, en été (Brévar *et al.* 2018), pendant la période de reconstitution des réserves corporelles avant la prochaine reproduction (Beck *et al.* 2003b). Les effectifs de phoques gris augmentent exponentiellement dans la région (Vincent *et al.* 2017, Poncet *et al.* 2021), et la question d'une possible compétition trophique avec les phoques veaux-marins, a priori moins mobiles et donc plus dépendants des ressources locales, se pose au regard du chevauchement partiel des zones de chasse (notamment proches des côtes). Cette question dépasse le cadre de la présente étude (Planque *et al.* 2021) mais elle est au cœur de la thèse de doctorat de Yann Planque (disponible fin 2021).

Les résultats obtenus au cours de ces suivis télémétriques ont été en partie comparés à ceux réalisés sur les mêmes espèces en 2008 et 2012, mais des précautions sont de mise pour la comparaison stricte des zones de chasse, car le matériel utilisé (GPS/GSM) évolue, intégrant des capteurs de plus en plus précis et pertinents, et les méthodes d'analyse de ces données évoluent également (Planque *et al.* 2020). Les résultats obtenus suggèrent néanmoins que la variabilité interindividuelle du comportement de chasse des phoque gris est telle qu'il est nécessaire d'équiper un plus grand nombre d'individus pour avoir une vision plus exhaustive et globale de l'utilisation des habitats et des ressources par cette espèce dans la région. Pour les phoques veaux-marins en revanche, les résultats obtenus devraient être plus représentatifs de la colonie dans son ensemble. Un suivi pluriannuel reste néanmoins nécessaire afin d'identifier d'éventuelles variations temporelles des schémas d'exploitation des ressources, qui pourraient être liées à l'augmentation des effectifs de phoques veaux-marins, à l'augmentation de celle de l'espèce sympatrique des phoques gris (Poncet *et al.* 2021), à une possible raréfaction des ressources (Auber *et al.* 2017) ou à des interactions croissantes avec les activités humaines (telles que le trafic maritime - Trigg *et al.* 2020 - ou la construction d'éoliennes en mer, Skeate *et al.* 2012). Deux projets de constructions éoliennes existent en particulier dans la zone, au large du Tréport⁴ et au large de Fécamp⁵. Nous avons vu que des déplacements des phoques des deux espèces peuvent atteindre ces zones, et certaines zones de chasse individuelles se trouvent à proximité des zones de construction. Si des suivis exhaustifs des deux espèces de phoques sont prévus dans le cadre du Projet de parc éolien en mer Dieppe - Le Tréport, c'est moins le cas pour le parc éolien en mer de Fécamp.

⁴ <https://dieppe-le-treport.eoliennes-mer.fr/>

⁵ <https://parc-eolien-en-mer-de-fecamp.fr/>

Le second objectif de ce suivi télémétrique était de documenter la connectivité entre les colonies. Déjà documentée par photo-identification (Brévar *et al.* 2018), la connectivité entre les trois baies au sein du PNM EPMO a été confirmée par plusieurs déplacements de phoques gris et veaux-marins entre elles (se posant ou non à terre pour s’y reposer), mais d’autres zones de reposoirs utilisées plus individuellement par certains phoques (veaux-marins) au sud de cette zone ont également été mises en évidence. Des observations directes ponctuelles y sont déjà effectuées régulièrement, et ces suivis télémétriques ne font que confirmer la connectivité entre les zones, même si elles ne sont pas systématiquement recensées et ne rassemblent pas simultanément autant de phoques qu’en baies de Somme, Authie et Canche. Pour les phoques gris, la connectivité s’étend bien au-delà de cette portion de littoral. Quatre des douze phoques gris suivis (dix si l’on fait abstraction de ceux suivis moins de 3 semaines) se sont posés plus ou moins longuement sur le banc de sable du phare de Walde, à Calais. De l’autre côté du Pas-de-Calais, ils sont également six à s’être posés au moins une fois au sec sur les bancs de sable de Goodwin Sands, en Angleterre : ce reposoir semble un point d’étape fréquemment utilisé par les phoques gris entre la mer du Nord et la Manche Est. Plusieurs colonies de phoques gris bien connues et suivies en Grande Bretagne (SCOS 2020) ont été rejointes par un ou plusieurs phoques gris suivis par balise, et ces déplacements soulignent encore une fois la nécessaire coopération internationale à l’échelle de la Manche et de la mer du Nord pour une gestion efficace de l’espèce. L’OSPAR considère en effet une seule population de phoque gris comme unité de gestion⁶ à l’échelle de la Manche, la mer du Nord, le pourtour des îles britanniques et le Skagerrak et Kattegat (à l’exclusion de la mer Baltique, donc).

Les analyses des suivis télémétriques existants ont souligné la nécessité d’augmenter notamment le nombre de phoques gris équipés, de façon à mieux tenir compte de la forte variabilité inter-individuelle chez cette espèce. Des études portant sur les deux espèces de phoques ont également montré que la catégorie d’âge et le sexe des animaux suivis peuvent entraîner des différences dans les rythmes et zones prospectées par ces individus (Thompson *et al.* 1998, Baechler *et al.* 2002, Beck *et al.* 2003a, Breed *et al.* 2006, Russell *et al.* 2015), ce qui peut entraîner des différences dans les interactions entre pêcheries et phoques selon leur sexe (Kauhala *et al.* 2015). Il existe un fort biais dans le sexe ratio des phoques capturés pour la présente étude, en faveur des mâles. Pour les captures de phoques gris, ce biais est en partie lié à un réel déséquilibre dans le sexe-ratio des groupes de phoques gris fréquentant la baie de Somme (Brévar *et al.* 2018), mais il est peu probable qu’un tel déséquilibre soit également présent dans la population de phoques veaux-marins. L’explication de ce biais vient plus probablement des techniques de capture et de la plus grande prudence des femelles qui se mettent à l’eau plus rapidement lors de l’approche des équipes de capture. De tels biais ne sont pas propres à la baie de Somme mais ont également été rencontrés sur d’autres sites de capture en France (Vincent *et al.* 2015). Ils pourraient être réduits avec l’augmentation de la taille des populations (et donc des probabilités de capture), ou avec une prolongation des opérations de capture afin de parvenir à équiper un plus grand nombre de femelles.

⁶ <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/intermediate-assessment-2017/biodiversity-status/marine-mammals/seal-abundance-and-distribution/>

Références bibliographiques

- Auber, A., F. Gohin, N. Goascoz and I. Schlaich. 2017. Decline of cold-water fish species in the Bay of Somme (English Channel, France) in response to ocean warming. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 189:189-202.
- Baechler, J., C. Beck and W. Bowen. 2002. Dive shapes reveal temporal changes in the foraging behaviour of different age and sex classes of harbour seals (*Phoca vitulina*). *Canadian Journal of Zoology* 80:1569-1577.
- Beck, C., D. Bowen, J. Mcmillan and S. Iverson. 2003a. Sex differences in diving at multiple temporal scales in a size-dimorphic capital breeder. *Journal of Animal Ecology* 72:979-993.
- Beck, C., W. Bowen and S. Iverson. 2003b. Sex differences in the seasonal patterns of energy storage and expenditure in a phocid seal. *Journal of Animal Ecology* 72:280-291.
- Blundell, G. and G. Pendleton. 2015. Factors affecting haul-out behavior of harbor seals (*Phoca vitulina*) in tidewater glacier inlets in Alaska: Can tourism vessels and seals coexist? *Plos One* 10:e0125486.
- Brasseur, S., T. Van Polanen Petel, T. Gerrodette, E. Meesters, P. Reijnders and G. Aarts. 2015. Rapid recovery of Dutch gray seal colonies fueled by immigration. *Marine Mammal Science* 31:405-426.
- 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.
- Brévert, C., F. Leviez, Y. Planque, M. Anglade, J. Karpouzopoulos, M.-H. Fremau, L. Dupuis, S. Monnet, M. Decomble, J. Mestre, D. Lemaire, C. Varin, R. Delcourt, A. Everard, A. Lamour, P. Lamour, D. Gosselin, M. Dehove, M. Hochard, P. Thiery, J.-L. Bourgain, A. Dubois, C. Noël, C. Rault, C. Brabant, J. Mahieux, J. Savoie, A. Magniez, A. Decroix, J. Gobillot, J. Devos, C. Pillerel, E. Lahaye, K. Wimez, F. Kerouedan and C. Vincent. 2018. Distribution et abondance des phoques. Pages 11-40 in C. Vincent, Y. Planque, C. Brévert, F. Leviez, J. Karpouzopoulos, S. Monnet, L. Dupuis, M.-H. Fremau, T. Ruellet, M. Decomble, F. Caurant and J. Spitz eds. *Eco-Phoques - Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est*. Rapport final pour la région Hauts-de-France et l'AFB.
- Cox, S., F. Orgeret, M. Gesta, C. Rodde, I. Heizer, H. Weimerskirch and C. Guinet. 2017. Processing of acceleration and dive data on-board satellite relay tags to investigate diving and foraging behaviour in free-ranging marine predators. *Methods in Ecology & Evolution* 2017:1-14.
- Cronin, M., H. Gerritsen and D. Reid. 2012. Evidence of low spatial overlap between grey seals and a specific whitefish fishery off the west coast of Ireland. *Biological Conservation* 150:136-142.
- Delcourt, R., E. Hugentobler, S. Maillier, C. Martin, F. Meranger, S. Monnet, J.-M. Thiery, S. Thiery and C. Varin. 2021. Bilan annuel 2019 - Etude et protection des phoques. 66 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.
- Fremau, M.-H. and F. Leviez. 2021. Suivi des effectifs de phoques veaux-marins, *Phoca vitulina* et de phoques gris, *Halichoerus grypus* en baie d'Authie - Rapport 2020 : Abondance, distribution, reproduction. 24 pp.
- 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.

- 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.
- Huon, M., E. Jones, J. Matthiopoulos, B. McConnell, F. Caurant and C. Vincent. 2015. Habitat selection of gray seals (*Halichoerus grypus*) in a Marine Protected Area in France. *The Journal of Wildlife Management* 79:1091-1100.
- Huon, M., Y. Planque, M. Jessop, M. Cronin, F. Caurant and C. Vincent. in press. Fine scale foraging habitat selection by two diving central place foragers in the Northeast Atlantic. *Ecology and Evolution* 0:000-000.
- Kauhala, K., M. Kurkilahti, M. Ahola, A. Herrero, O. Karlsson, M. Kunnasranta, R. Tiilikainen and M. Vetemaa. 2015. Age, sex and body condition of Baltic grey seals: Are problem seals a random sample of the population? *Ann. Zool. Fennici* 52:103-114.
- Lecornu, F. and Y.-H. De Roeck. 2009. PREVIMER - Coastal observations and forecasts. *La Houille Blanche* 95:60-63.
- Lonergan, M., C. Duck, D. Thompson, S. Moss and B. McConnell. 2011. British grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance in 2008: an assessment based on aerial counts and satellite telemetry. *ICES Journal of Marine Science* 68:2201-2209.
- Matthiopoulos, J. 2003. The use of space by animals as a function of accessibility and preference. *Ecological Modelling* 159:239-268.
- 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., M. Huon, F. Caurant, M.-H. Picard, M. Beaudet, K. Besson, A. Blanchard, M. Dubois, A. Riti, M. Tykarska, M. Windstein, C. Vincent and J. Spitz. 2018. Ecologie alimentaire des phoques. Pages 41-80 in C. Vincent, Y. Planque, C. Brévert, F. Leviez, J. Karpouzopoulos, S. Monnet, L. Dupuis, M.-H. Fremau, T. Ruellet, M. Decomble, F. Caurant and J. Spitz eds. *Eco-Phoques - Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est*. Rapport final pour la région Hauts-de-France et l'AFB.
- Planque, Y., M. Huon, F. Caurant, D. Pinaud and C. Vincent. 2020. Comparing the horizontal and vertical approaches used to identify foraging areas of two diving marine predators. *Marine Biology* 167.
- Planque, Y., J. Spitz, M. Authier, G. Guillou, C. Vincent and F. Caurant. 2021. Trophic niche overlap between sympatric harbour seals (*Phoca vitulina*) and grey seals (*Halichoerus grypus*) at the southern limit of their European range (Eastern English Channel). *Ecology and Evolution* 11:10004-10025.
- Poncet, S., M. Sicard, M. Le Baron, M. Francou, A. Hemon, M.-H. Fréreau, J.-F. Elder, C. Gicquel, S. Monnet, C. Rault, J. Karpouzopoulos, T. Lecarpentier, J. Lefebvre, A. Everard, F. Colomb, M. Diard Combot, P. Provost, A. Deniau, F. Urtizbera, D. Koelsch, B. Letournel and C. Vincent. 2021. Recensement des colonies et reposoirs de phoques en France en 2019. 50 pp.
- Russell, D., B. McClintock, J. Matthiopoulos, P. Thompson, D. Thompson, P. Hammond, E. Jones, M. Mackenzie, S. Moss and B. McConnell. 2015. Intrinsic and extrinsic drivers of activity budgets in sympatric grey and harbour seals. *Oikos* in press:001-011.
- Schneider, D. and P. Payne. 1983. Factors affecting haul-out of harbor seals at a site in southeastern Massachusetts. *Journal of Mammalogy* 64:518-520.
- Scos. 2020. Scientific advice on matters related to the management of seal populations: 2020. 223 pp. <http://www.smru.st-andrews.ac.uk/files/2021/06/SCOS-2020.pdf>
- Sharples, R., M. Mackenzie and P. Hammond. 2009. Estimating seasonal abundance of a central place forager using counts and telemetry data. *Marine Ecological Progress Series* 378:289-298.

- Skeate, E., M. Perrow and J. Gilroy. 2012. Likely effects of construction of Scroby Sands offshore wind farm on a mixed population of harbour *Phoca vitulina* and grey *Halichoerus grypus* seals. *Marine Pollution Bulletin* 64:872-881.
- Thompson, P., A. Mackay, D. Tollit, S. Enderby and P. Hammond. 1998. The influence of body size and sex on the characteristics of harbour seal foraging trips. *Canadian Journal of Zoology* 76:1044-1053.
- Trigg, L. E., F. Chen, G. I. Shapiro, S. N. Ingram, C. Vincent, D. Thompson, D. J. F. Russell, M. I. D. Carter and C. B. Embling. 2020. Predicting the exposure of diving grey seals to shipping noise. *The Journal of the Acoustical Society of America* 148:1014-1029.
- Vincent, C., M. Huon and F. Caurant. 2015. Suivis télémétriques de phoques gris dans le Parc naturel marin d'Iroise (2010-2014). 123 pp.
- Vincent, C., M. Huon, F. Caurant, W. Dabin, A. Deniau, S. Dixneuf, L. Dupuis, J.-F. Elder, M.-H. Fremau, S. Hassani, A. Hemon, J. Karpouzopoulos, C. Lefeuvre, B. J. Mcconnell, S. E. W. Moss, P. Provost, J. Spitz, Y. Turpin and V. Ridoux. 2017. Grey and harbour seals in France: Distribution at sea, connectivity and trends in abundance at haulout sites. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 141:294-305.
- Vincent, C., B. Mcconnell, W. Dabin, M. Roussel, L. Dupuis and V. Ridoux. 2010. Suivis télémétriques 2008 de phoques veaux en Baie de Somme réalisés dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du projet de parc éolien en mer des Deux Côtes. Université de La Rochelle. 70 pp.
- Vincent, C., Y. Planque, C. Brévar, F. Leviez, J. Karpouzopoulos, S. Monnet, L. Dupuis, M.-H. Fremau, T. Ruellet, M. Decomble, F. Caurant and J. Spitz. 2018. Eco-Phoques - Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est. 127 pp.
- 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.

Annexes

Annexe 1 : cartes individuelles de déplacements des phoques

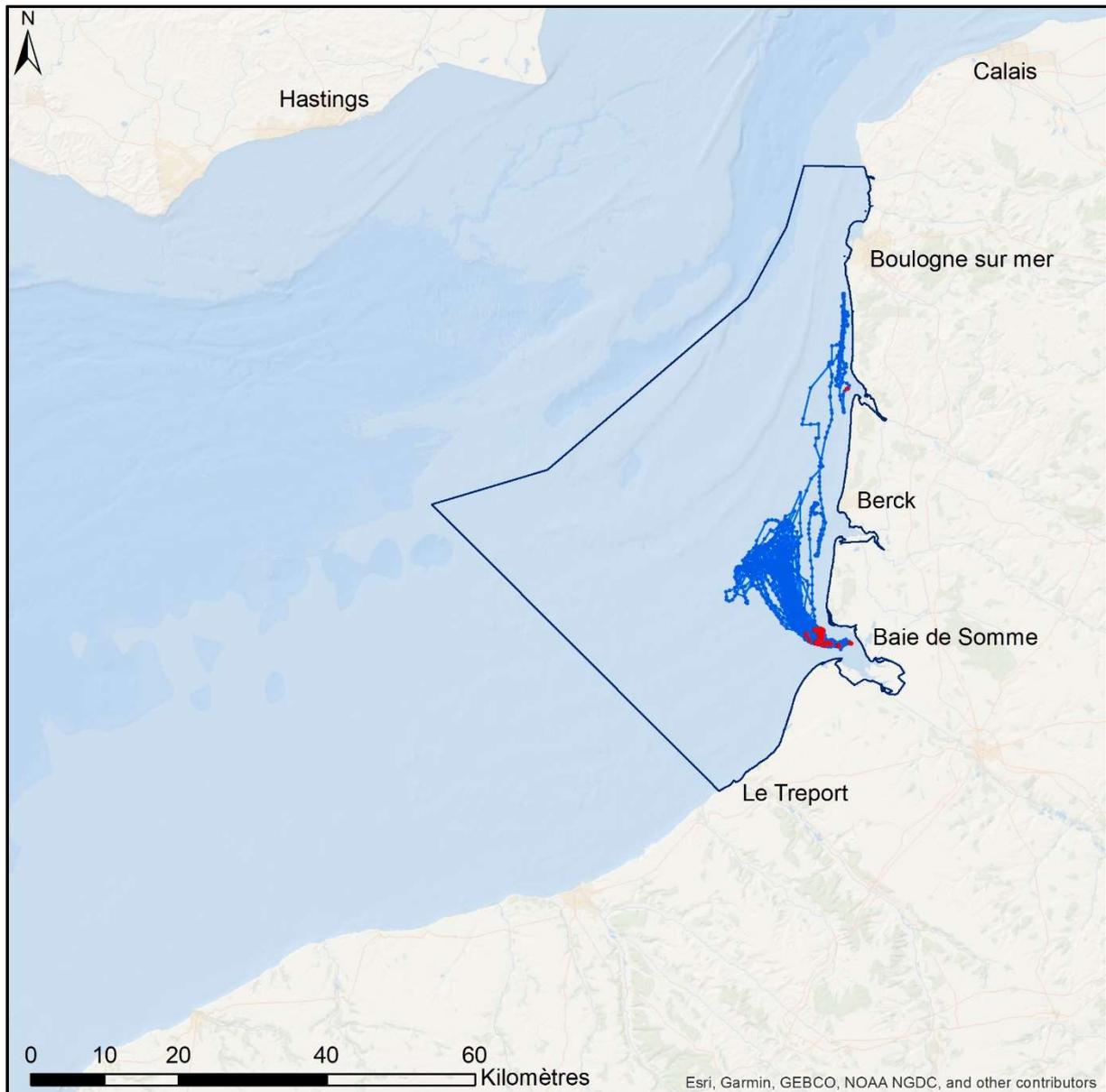


Figure A01 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S11** (25/05/2019-10/07/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte a passé la majeure partie des 46 jours de suivi en baie de Somme, avec une zone dense de localisations en mer principalement au large de Fort-Mahon-Plage. Il a réalisé une courte visite en baie de Canche du 3 au 7 juin 2019 et nagé succinctement en face de la baie d'Authie le 7-8 juin, avant de revenir en baie de Somme jusqu'à la perte de sa balise. En dehors d'un repos à terre en baie de Canche le 5 juin 2019, tous les autres repos à terre ont été enregistrés en baie de Somme.

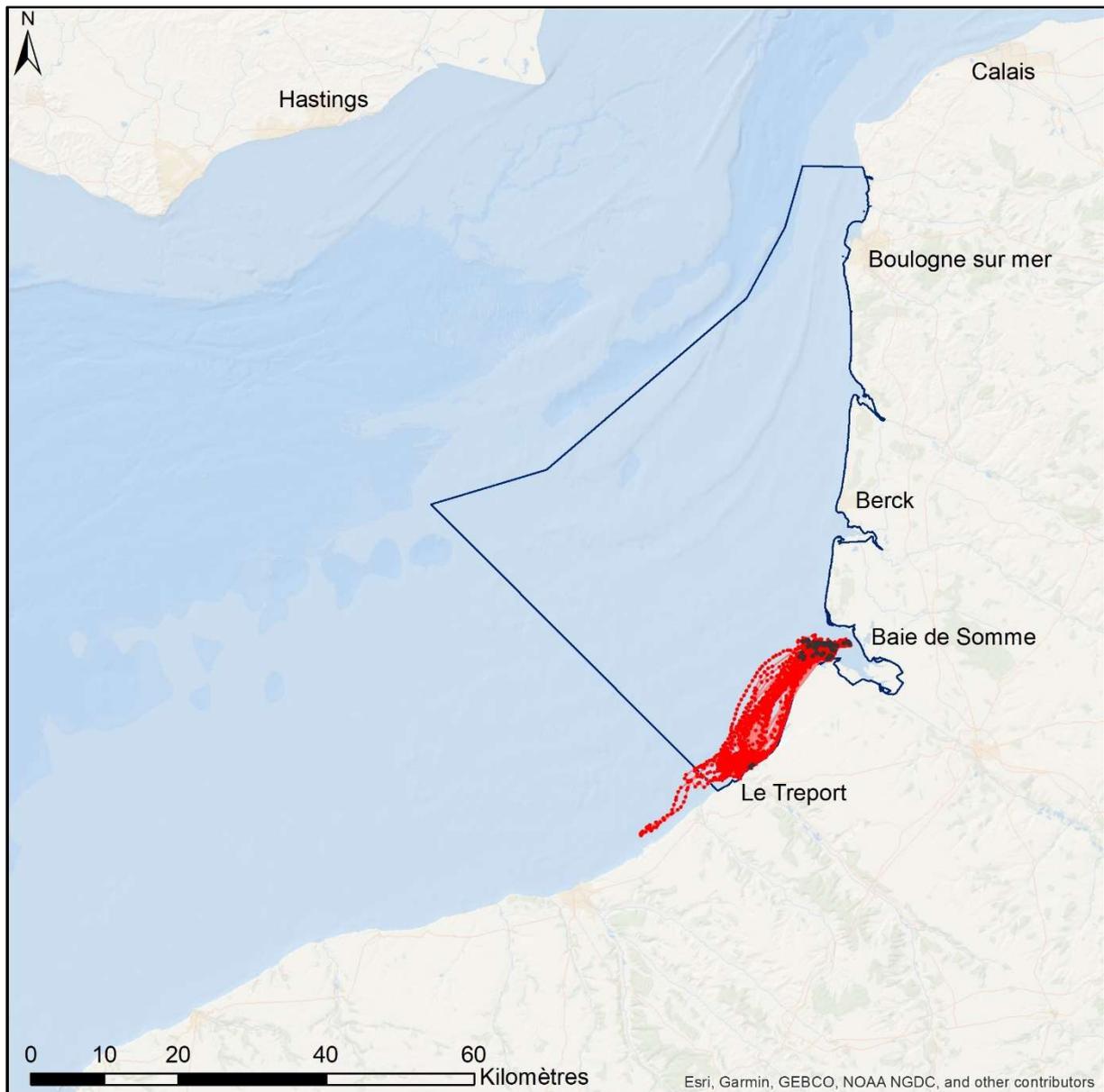


Figure A02 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S12** (25/05/2019-11/08/2019). Les repos à terre sont indiqués en noir.

Ce mâle adulte a réalisé de fréquents trajets entre la baie de Somme et Le Treport, passant une grande partie de son temps au large des falaises au Nord de Mers-les-Bains. Bien qu'il se soit reposé à sec au pied des falaises à trois reprises, ses repos à sec étaient surtout localisés en baie de Somme où il revenait régulièrement.

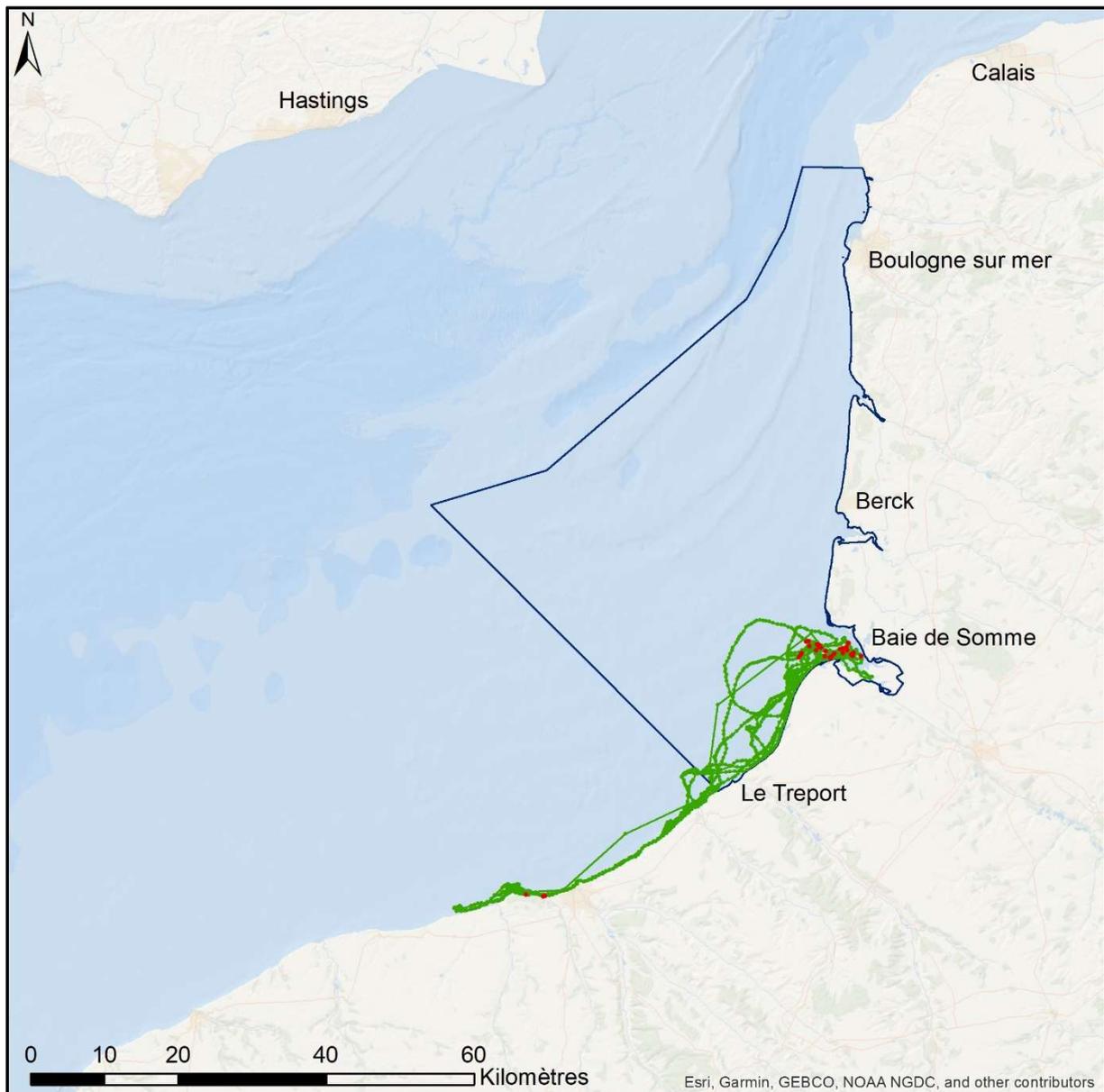


Figure A03 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S13** (25/05/2019-14/06/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Cette femelle adulte était déjà équipée d'une bague jaune numérotée 04209 lors de sa capture, indiquant un passage préalable en centre de soins aux Pays Bas. Elle était gestante au moment de sa capture. Elle a alterné son temps de suivi entre la baie de Somme et la côte Sud, restant très côtière au Sud du Tréport et se posant à sec à trois reprises au pied des falaises le 29 mai 2019, à l'ouest de Pourville-sur-Mer. Les autres repos à sec sont localisés en baie de Somme. La transmission de la balise s'arrête brutalement le matin du 15 juin 2019, et la femelle est retrouvée échouée agonisante le jour même (sans balise, arrachée), le long de la côte en face d'un spot de kite-surf. L'autopsie révélera des traces d'un choc violent sur le côté gauche, et un fœtus quasiment arrivé à son terme (ayant effectué la mue in-utero). La cause exacte de la mort ne peut pas être affirmée avec certitude, mais un choc violent avec un kite-surf est l'hypothèse la plus vraisemblable compte tenu des circonstances, de la localisation et de la date de l'échouage (un dimanche matin).

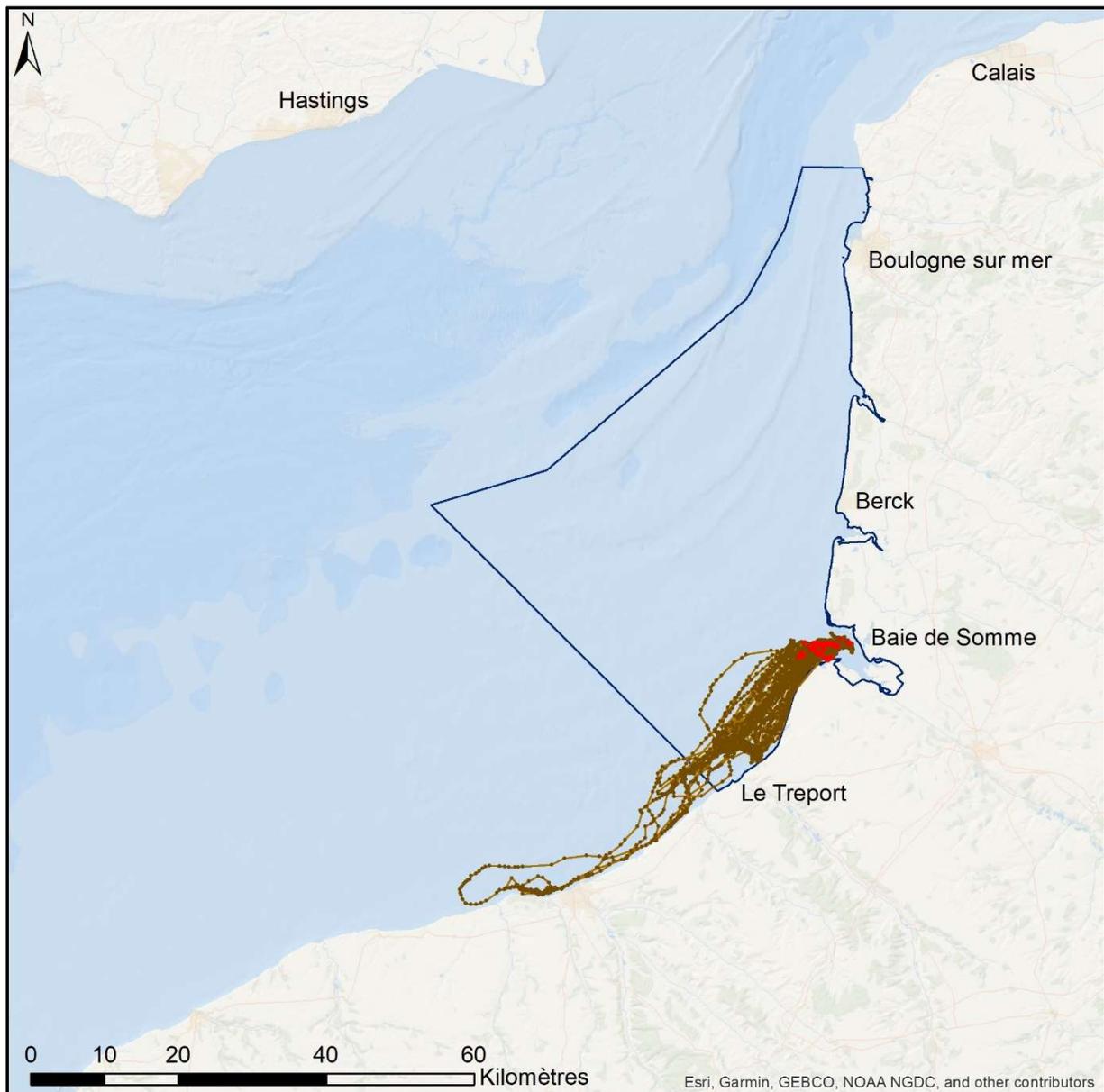


Figure A04 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S14** (25/05/2019-15/08/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte a réalisé de fréquents voyages au sud de la baie de Somme, longeant la côte Sud, mais est toujours revenu se reposer à sec dans la baie de Somme. De nombreuses localisations en mer sont concentrées devant la plage du Bois de Cise, au sud-ouest de Ault, ou un peu plus au large au nord-ouest ou à l'ouest du Tréport. Plus épisodiquement, il a effectué deux voyages plus au sud de Dieppe jusqu'à Quiberville. Sa balise est tombée assez tardivement pendant la période de mue des veaux-marins. Un trou dans sa palmure gauche suggère qu'il avait préalablement été bagué, sans que son identité ne soit connue (passage possible en centre de soins).

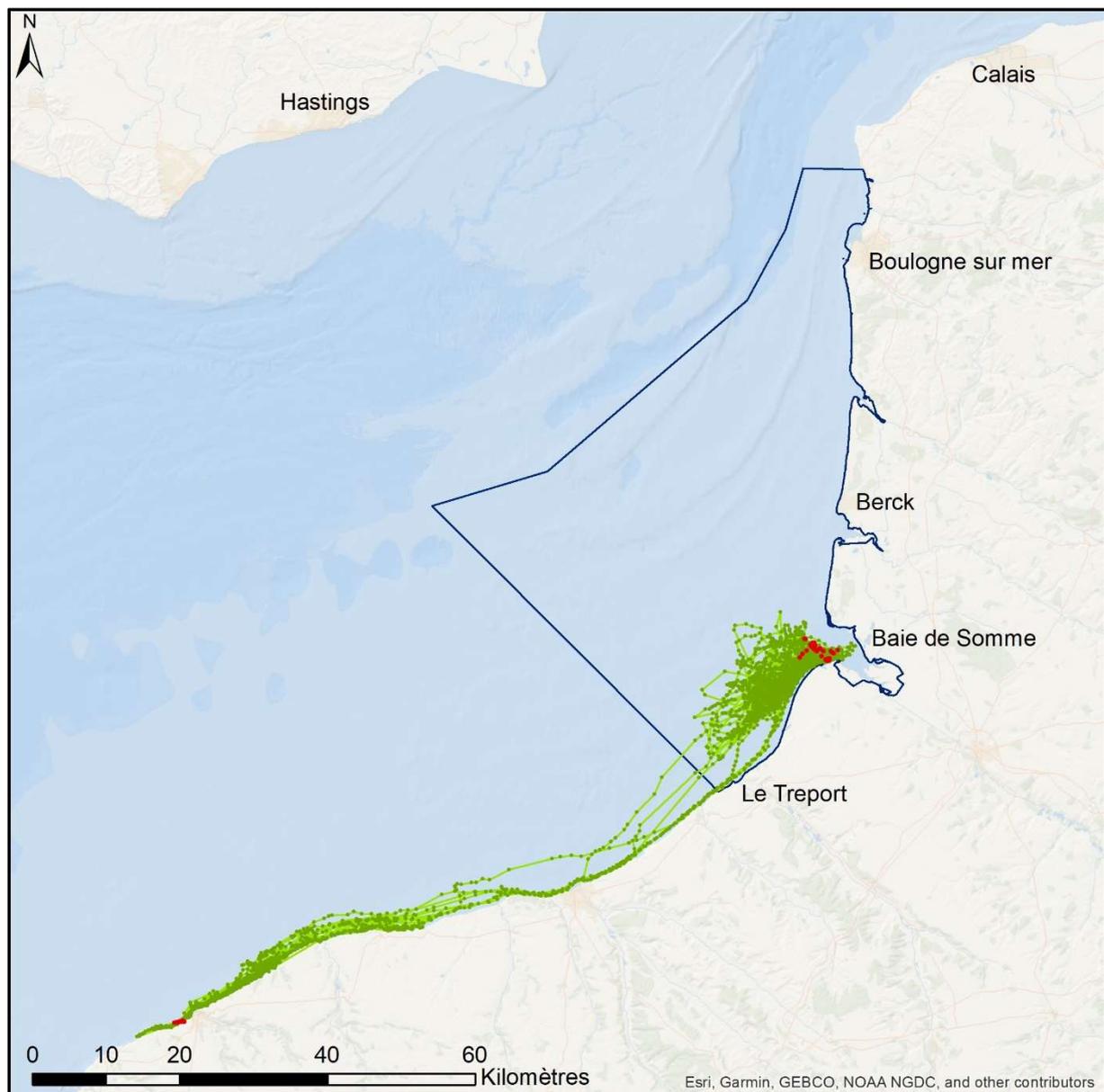


Figure A05 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S15** (05/10/2019-03/01/2020). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte a principalement alterné son temps de suivi entre la baie de Somme et le littoral de Cayeux-sur-mer, revenant systématiquement en baie de Somme pour se reposer à sec. Il a par ailleurs réalisé 4 voyages en mer plus longs vers le sud, en se déplaçant de façon très côtière jusqu'à Fécamp. La balise tombe au Sud de Fécamp début janvier 2020.

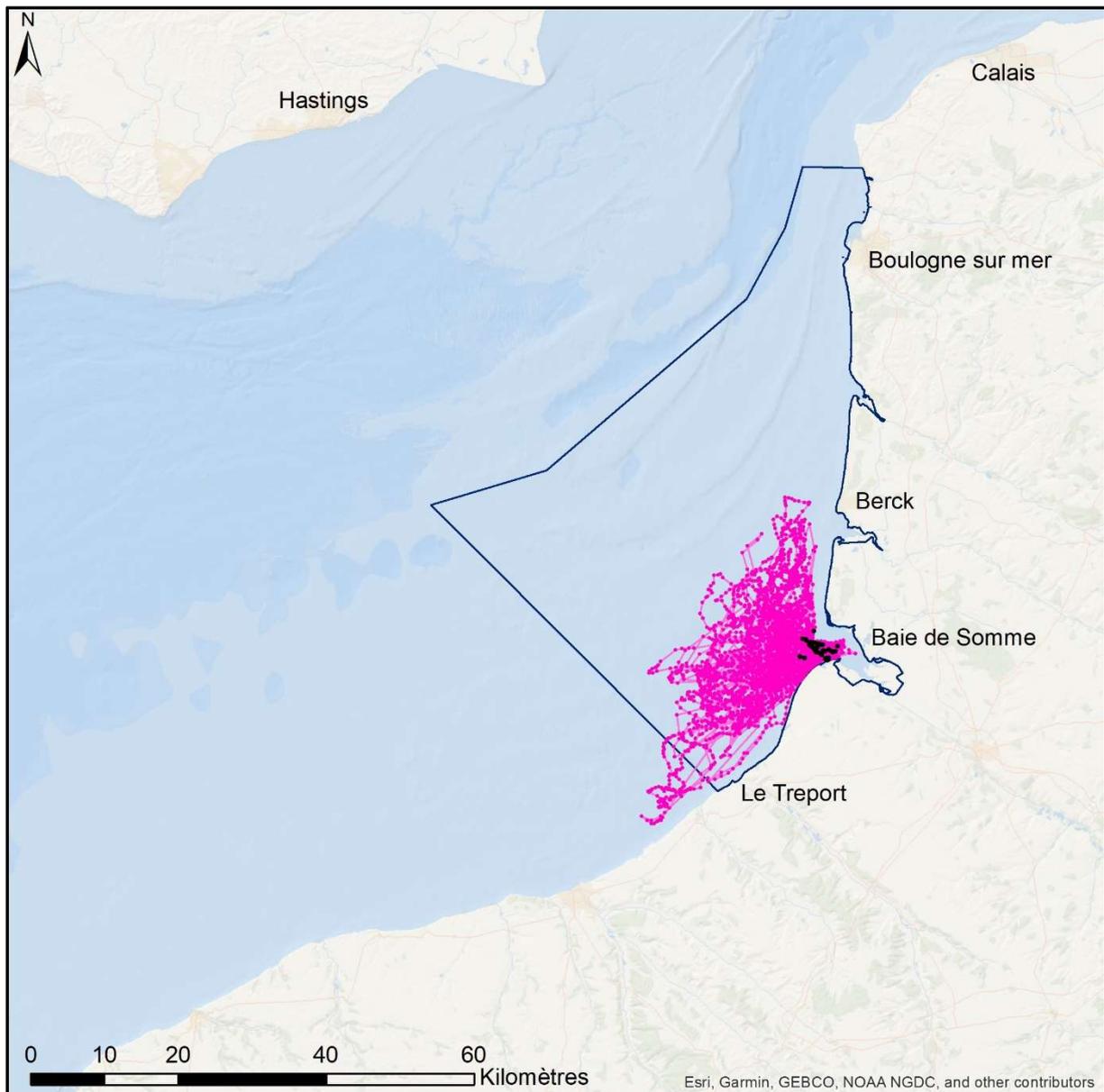


Figure A06 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S16** (05/10/2019-10/01/2020). Les repos à terre sont indiqués en noir.

Ce mâle adulte n'a réalisé que des trajets en boucle à partir de la baie de Somme, ne se posant pas à terre sur d'autres reposoirs pendant son suivi. Ses voyages en mer restent proches de la baie de Somme, jusqu'à 25 km au large ou jusqu'à 35 km au sud de la baie (et 22 km au nord). Il passe également beaucoup de temps le long de l'estran entre Cayeux-sur-mer et Le Hourdel, où sont localisés une bonne partie de ses repos à sec.

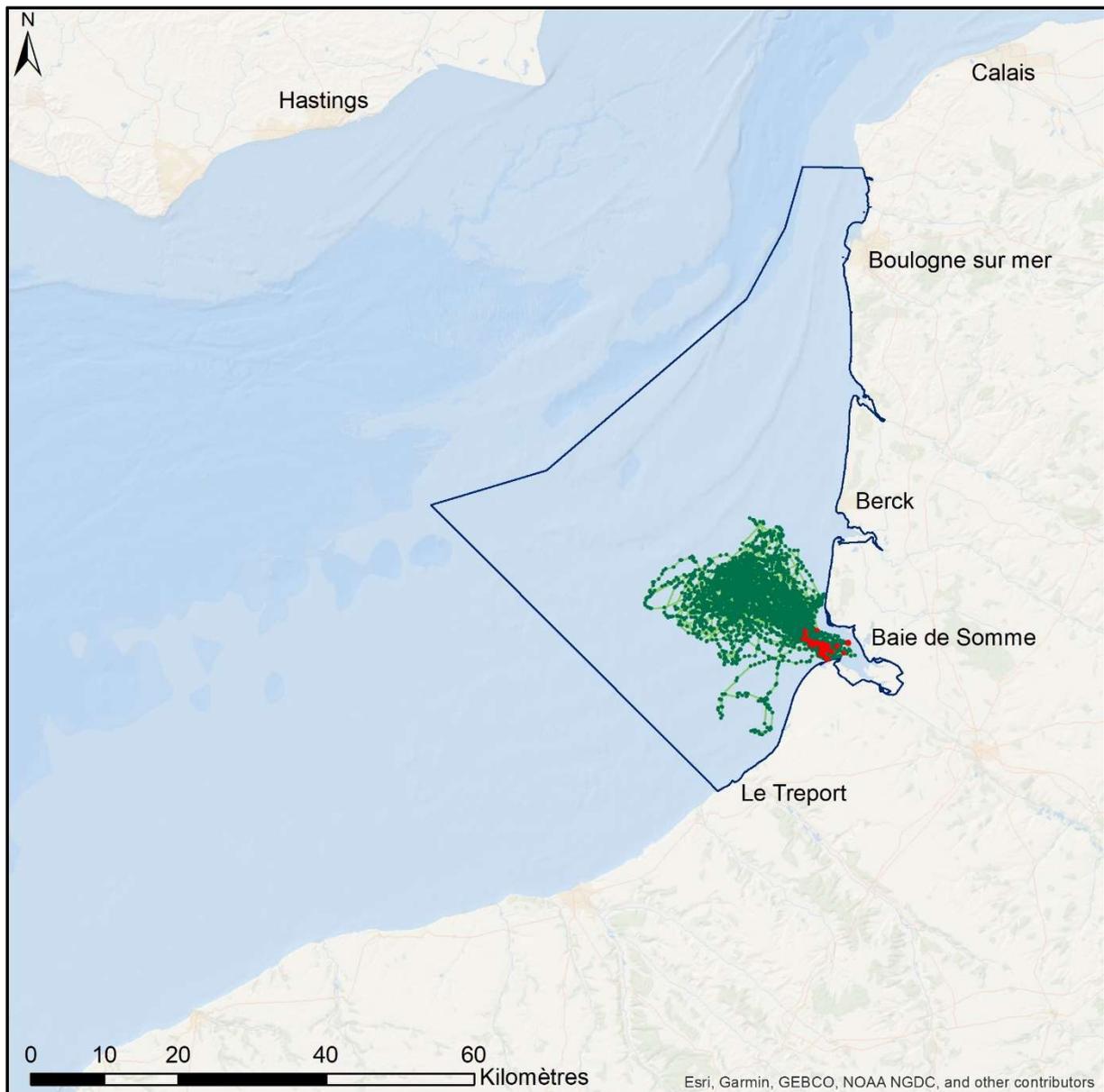


Figure A07 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S17** (05/10/2019-26/12/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Comme S16, ce mâle adulte n'a effectué que des voyages en boucle à partir de la baie de Somme, où il revenait régulièrement pour se reposer à sec. Ses trajets en mer, à une quinzaine des reposeurs, sont principalement situés à l'ouest/nord-ouest de la baie, et une zone de forte concentration de localisations en mer est également située le long de l'estran juste au nord de l'estuaire.

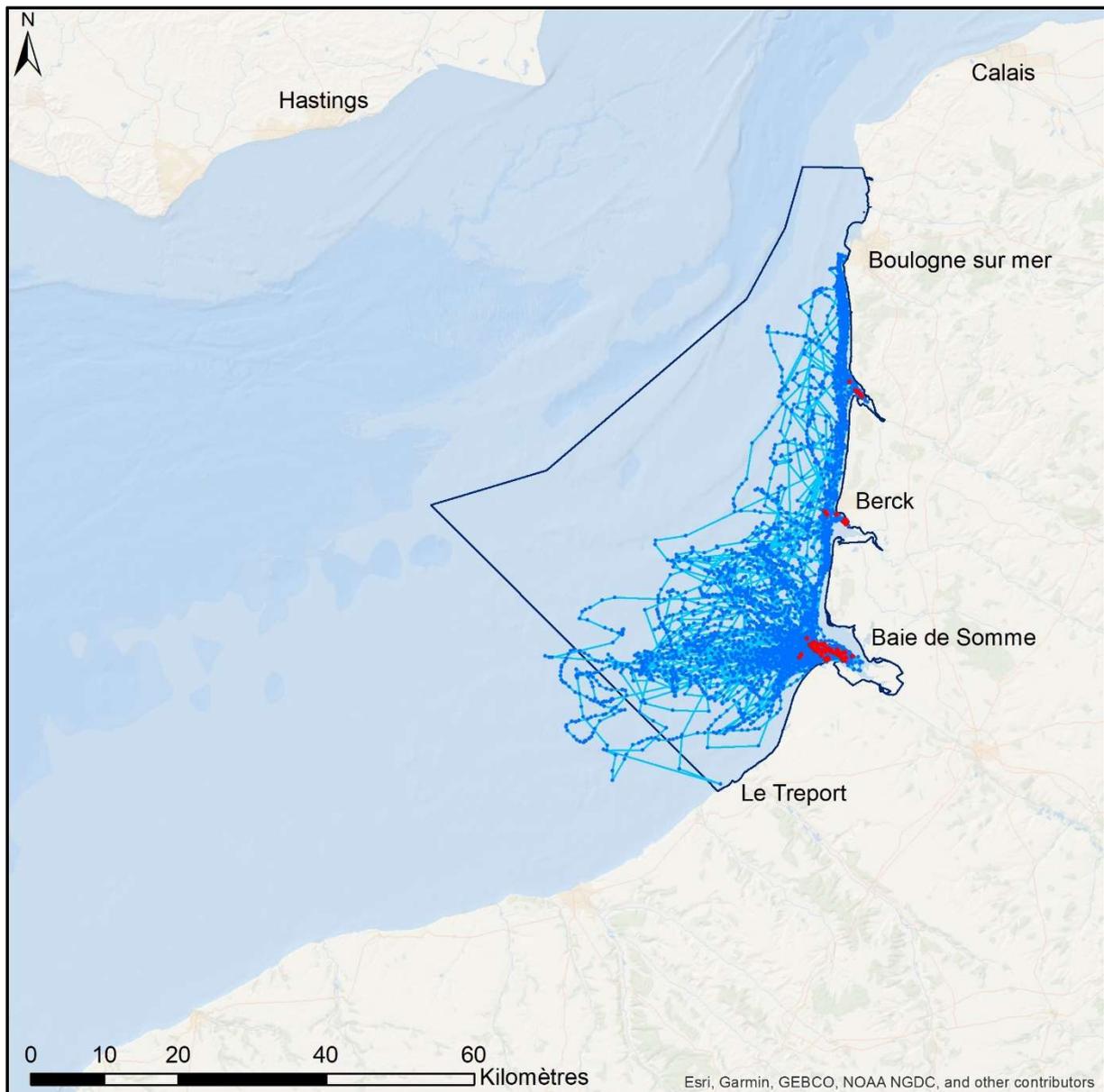


Figure A08 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S18** (05/10/2019-24/03/2020). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte a alterné de nombreux voyages en mer à partir de la baie de Somme, et des voyages côtiers vers le nord, vers les baies d'Authie et de Canche, à partir desquels il a effectué d'autres voyages en mer plus ou moins côtiers, venant se reposer à sec dans ces baies avant de revenir vers la baie de Somme. Ses déplacements en mer pouvaient atteindre 35 km à l'ouest de la baie de Somme, mais la plupart des déplacements, notamment au nord jusqu'au Fort de l'Heurt (Boulogne), étaient très côtiers (dans la zone d'estran).

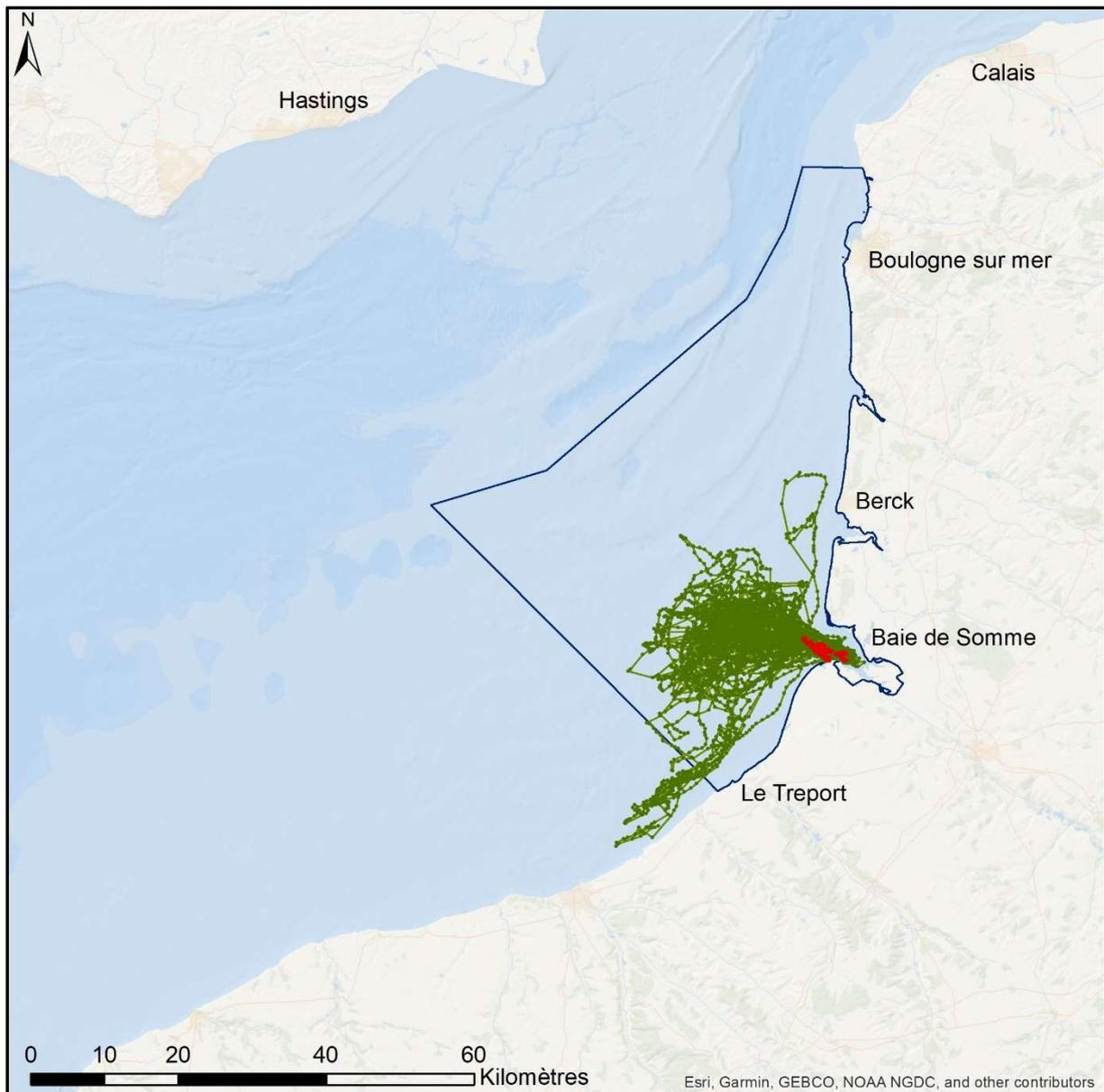


Figure A09 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S19** (05/10/2019-27/01/2020). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce jeune mâle sub-adulte ne s'est posé à sec qu'en baie de Somme, à partir de laquelle la majorité de ses voyages en mer partaient vers l'ouest, à 15-20 km des repaires. A quelques reprises (4), ses déplacements l'ont mené plus au sud, en face du Tréport ou jusqu'au large de la centrale électrique de Penly. Un autre voyage en mer l'a conduit plus au nord, pour une boucle de 24h à l'ouest de Berck et de la baie d'Authie.

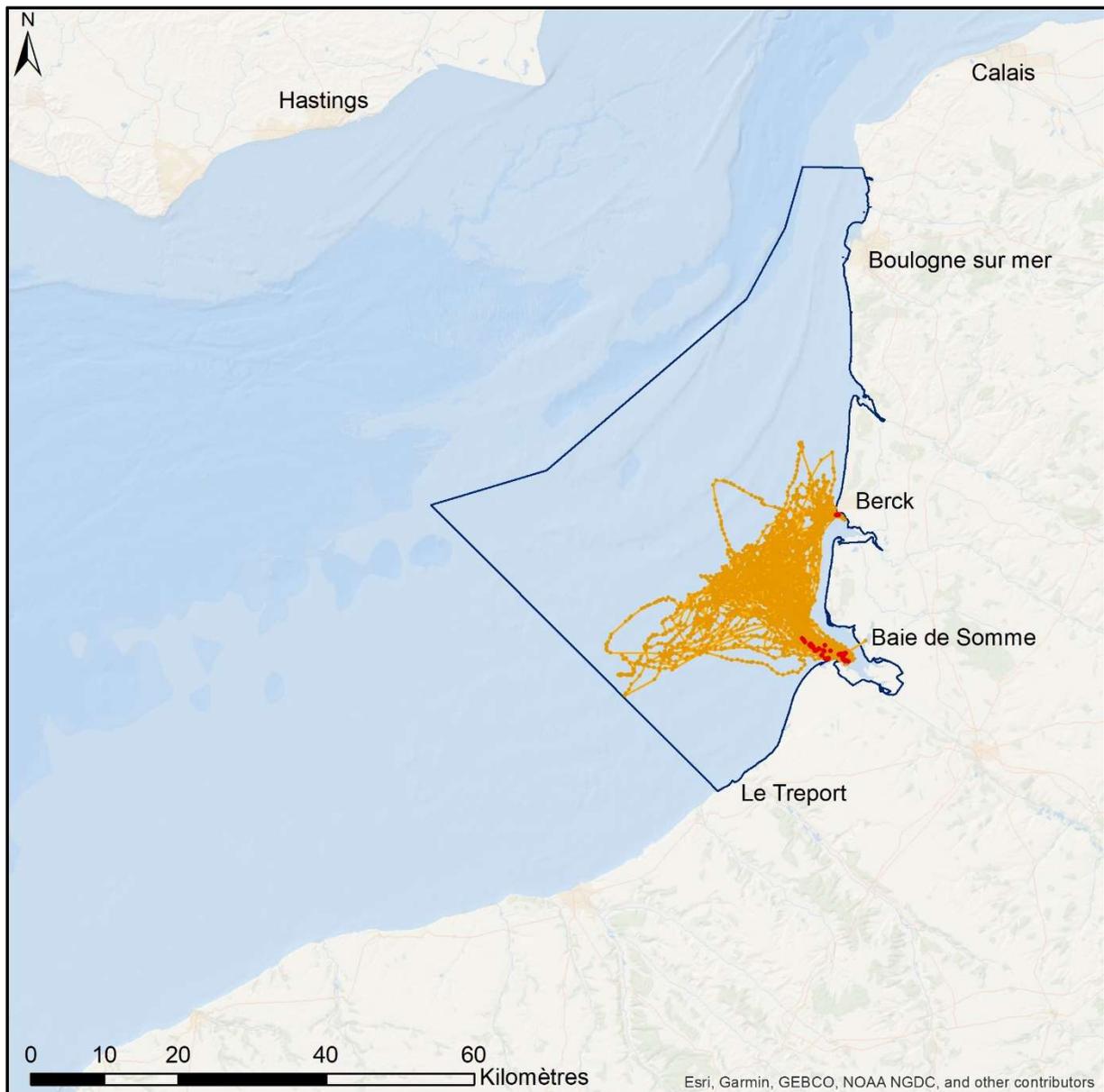


Figure A10 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S20** (05/10/2019-30/12/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte a alterné son temps à terre entre la baie de Somme (principalement) et la baie d'Authie (dans une moindre mesure), effectuant de fréquents voyages en mer entre les deux baies, au nord-ouest de la baie de Somme (à 5-12 km de la côte). A d'autres occasions, pendant le dernier mois de suivi (décembre 2019), ses déplacements en mer ont été plus à l'ouest de la baie, jusqu'à une trentaine de km de sa zone de repos à sec.

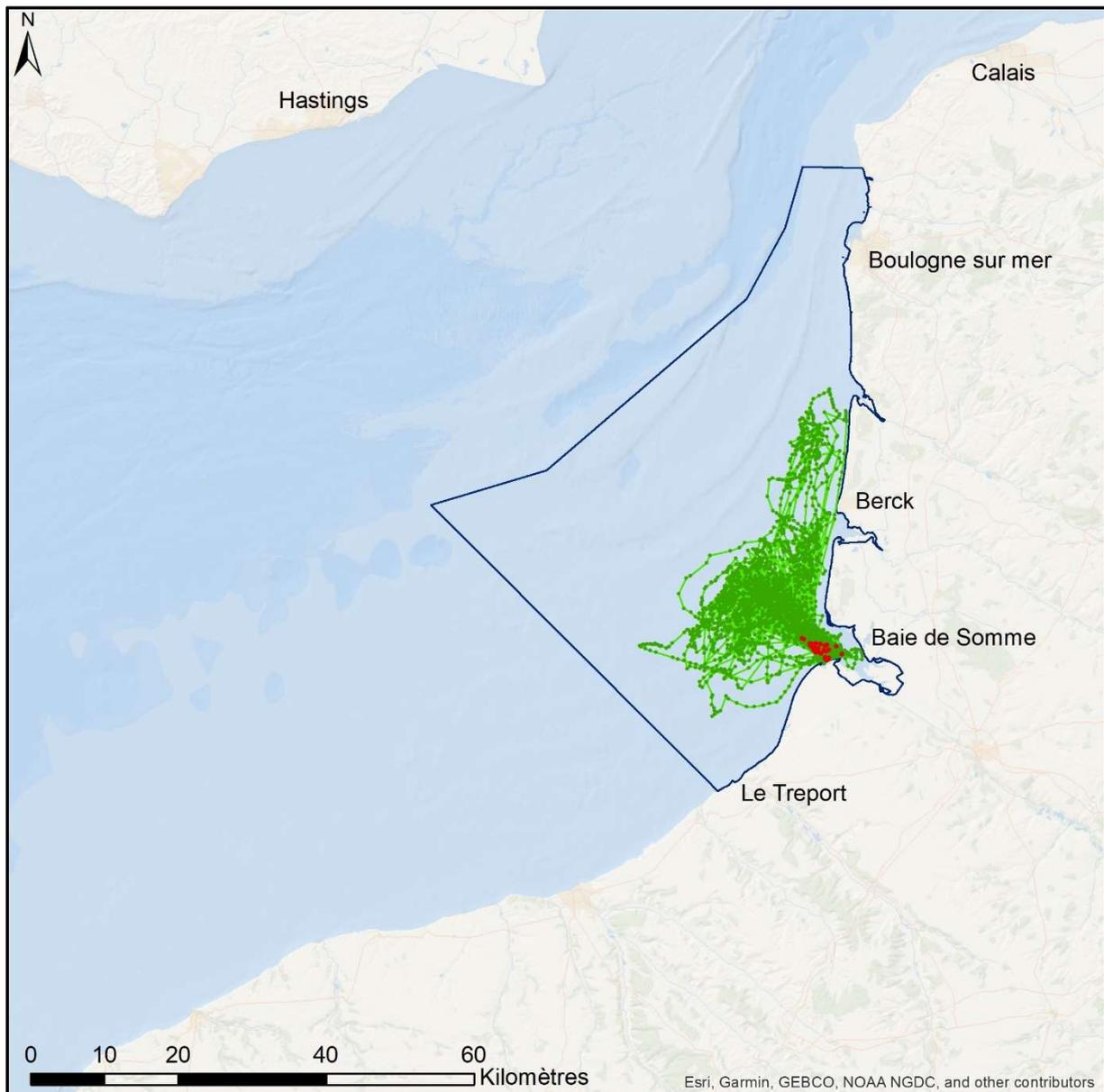


Figure A11 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S21** (05/10/2019-31/12/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Comme S18 ou S20, ce jeune mâle sub-adulte a passé la majorité de son temps en mer au nord-ouest de l'estuaire de la baie de Somme, effectuant des voyages en boucle à partir des repaires dans la baie. Il a effectué quelques voyages plus au sud, à l'ouest du Hourdel, et plusieurs voyages vers le nord, en face de la baie d'Authie et de la baie de Canche, mais sans jamais se poser à terre dans ces deux baies.

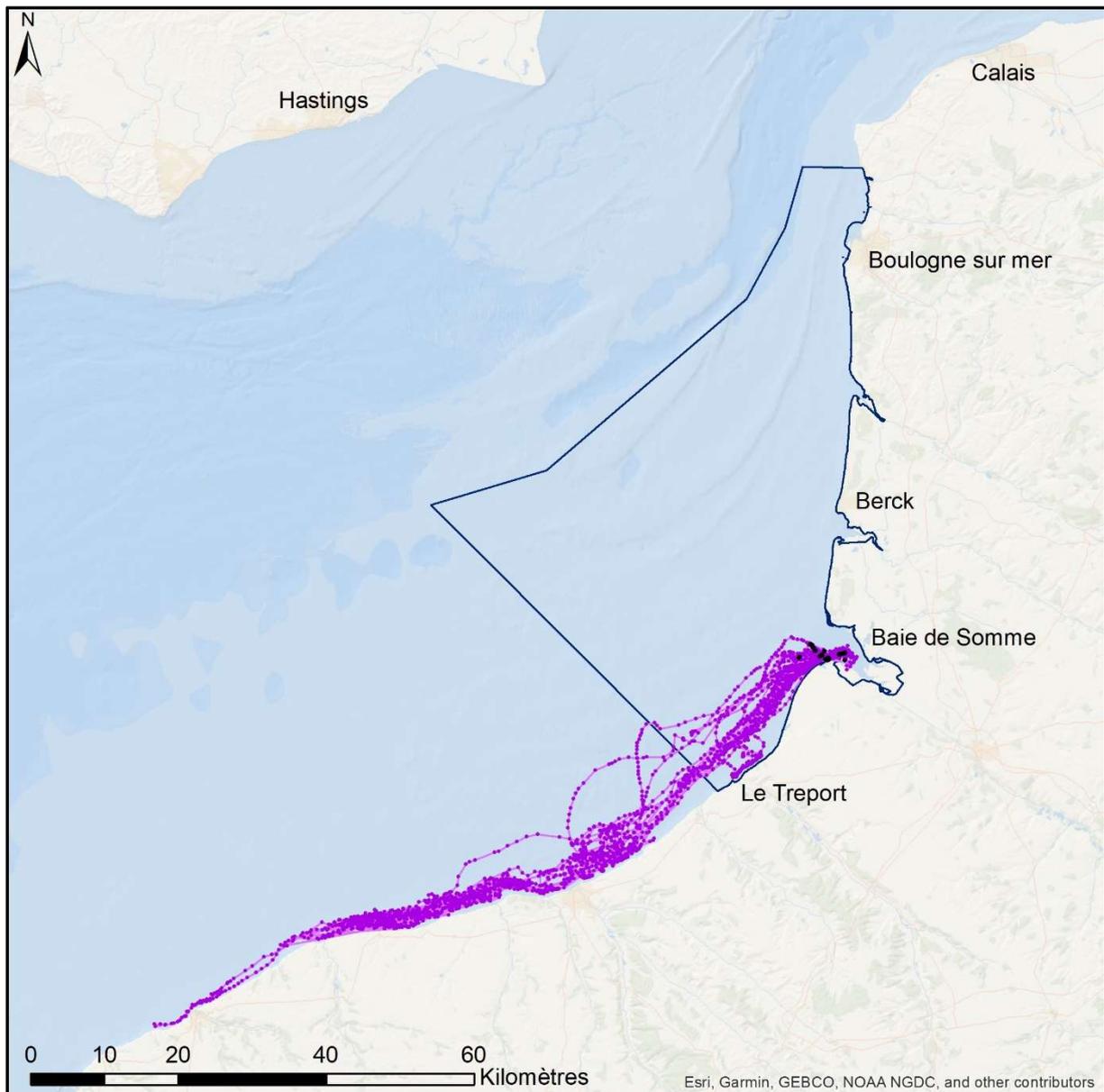


Figure A12 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S22** (06/10/2019-12/12/2019). Les repos à terre sont indiqués en noir.

Il s'agit du même individu que le numéro **S14**, équipé d'une première balise de mai à août 2019.

D'octobre à décembre, ce mâle adulte a effectué une série de voyages côtiers au sud de la baie de Somme, vers Le Tréport, Dieppe, Saint-Aubin-sur-mer, voire jusqu'à Yport au sud-ouest de Fécamp pour le trajet le plus éloigné (plus d'une centaine de km de la baie de Somme). Il est néanmoins toujours revenu en baie de Somme pour se poser à terre. Une forte densité de localisations en mer est située entre la pointe de l'Ailly (à l'ouest de Dieppe) jusqu'à la centrale électrique de Paluel (à l'ouest de Saint-Valery-en-Caux), dans une bande côtière de 3 km de large.

Ses déplacements étaient déjà très côtiers pendant cette la première période de suivi (de fin mai à mi-août, « S14 »), également vers le sud de la baie de Somme, mais ses déplacements étaient de plus courte distance (majoritairement jusqu'au Tréport seulement, plus exceptionnellement jusqu'au sud-ouest de Dieppe). Ces plus courtes distances peuvent s'expliquer par le fait qu'entre juin et août les périodes de reproduction puis la mue des phoques veaux-marins impliquent

généralement un plus long temps à terre pour se reposer, et a contrario des trajets en mer plus courts. Certaines zones denses de localisations en mer se superposent entre les deux périodes, au large du Tréport, soulignant la fidélité saisonnière de ce phoque à certaines zones en mer, tandis que le suivi hivernal a permis d'identifier des zones plus éloignées non exploitées pendant les périodes de pré-reproduction, reproduction et mue.

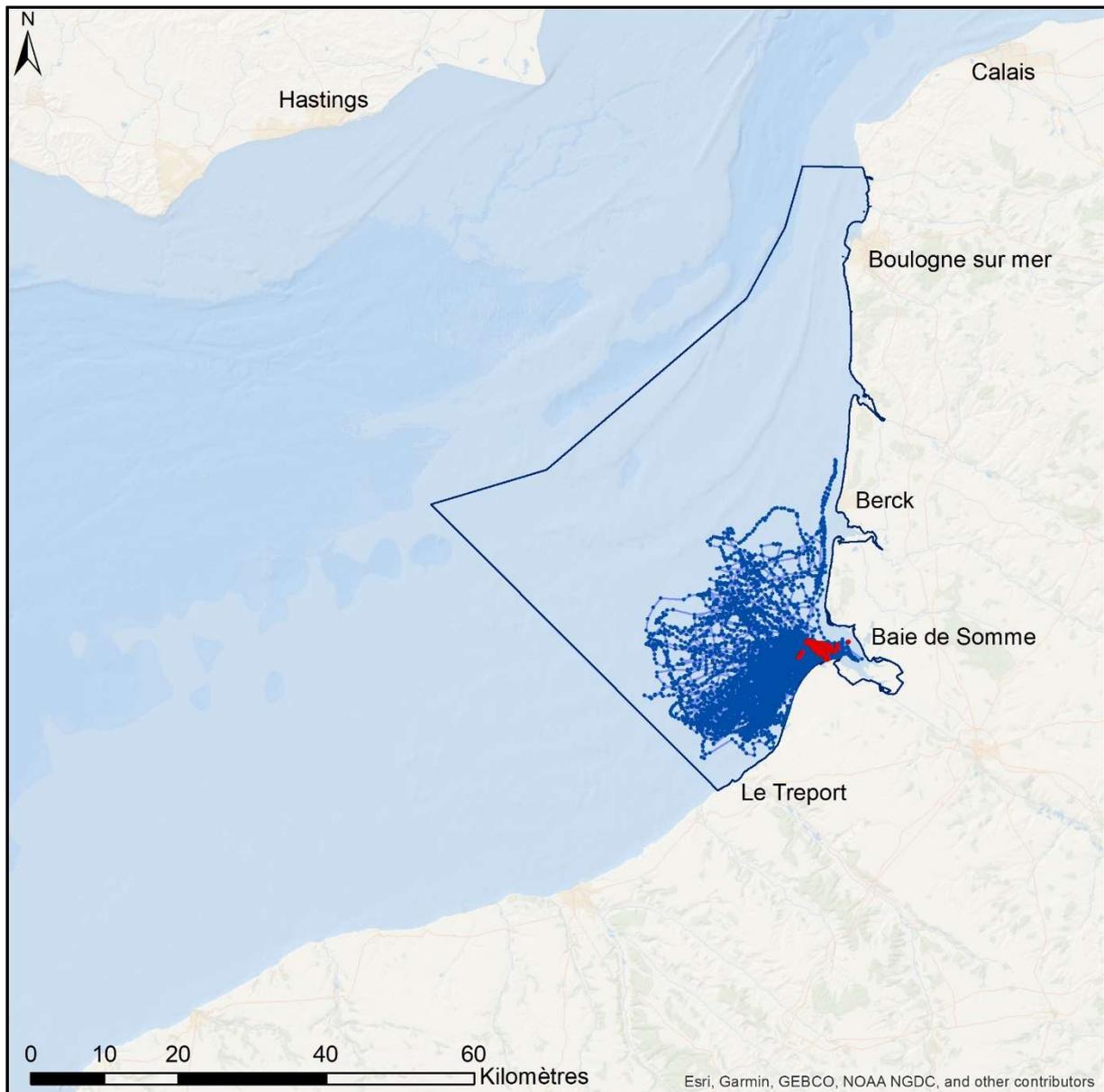


Figure A13 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S23** (06/10/2019-01/02/2020). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte a effectué de nombreux voyages en mer en boucle à partir de la baie de Somme, seule zone de repos utilisée pendant son suivi. Plusieurs zones de densité apparaissent en mer, certaines à la sortie de la baie (au pied de mer, à moins de 3 km des reposoirs), d'autres plus au sud (entre Cayeux-sur-Mer et Ault) dont certaines extrêmement localisées en mer à 9 km de la côte.

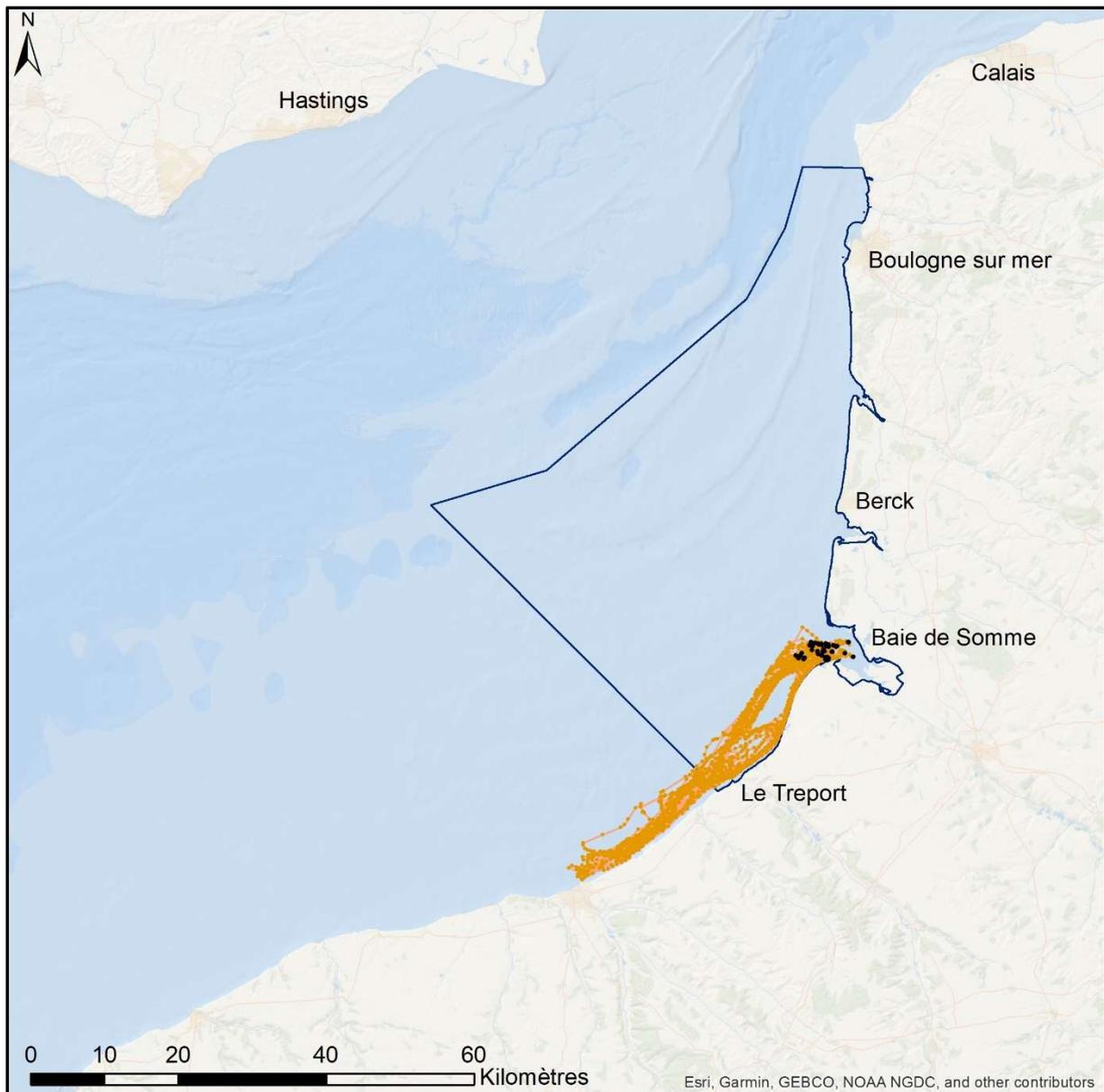


Figure A14 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S24** (06/10/2019-08/12/2019). Les repos à terre sont indiqués en noir.

Ce mâle adulte a effectué de nombreux voyages en boucle vers la côte sud, revenant systématiquement en baie de Somme pour se reposer à sec. Une majorité de ses voyages en mer le menaient au large de Criel-sur-Mer (au sud du Tréport), ou entre Saint-Martin-en-Campagne et Dieppe. En dehors des trajets en mer entre l'ouest de la baie de Somme et jusqu'à la hauteur du Tréport, au cours desquels le phoque ne s'arrêtait pas, la majorité des localisations en mer où se concentrait son activité se trouvaient dans une bande côtière de 3 km de large.

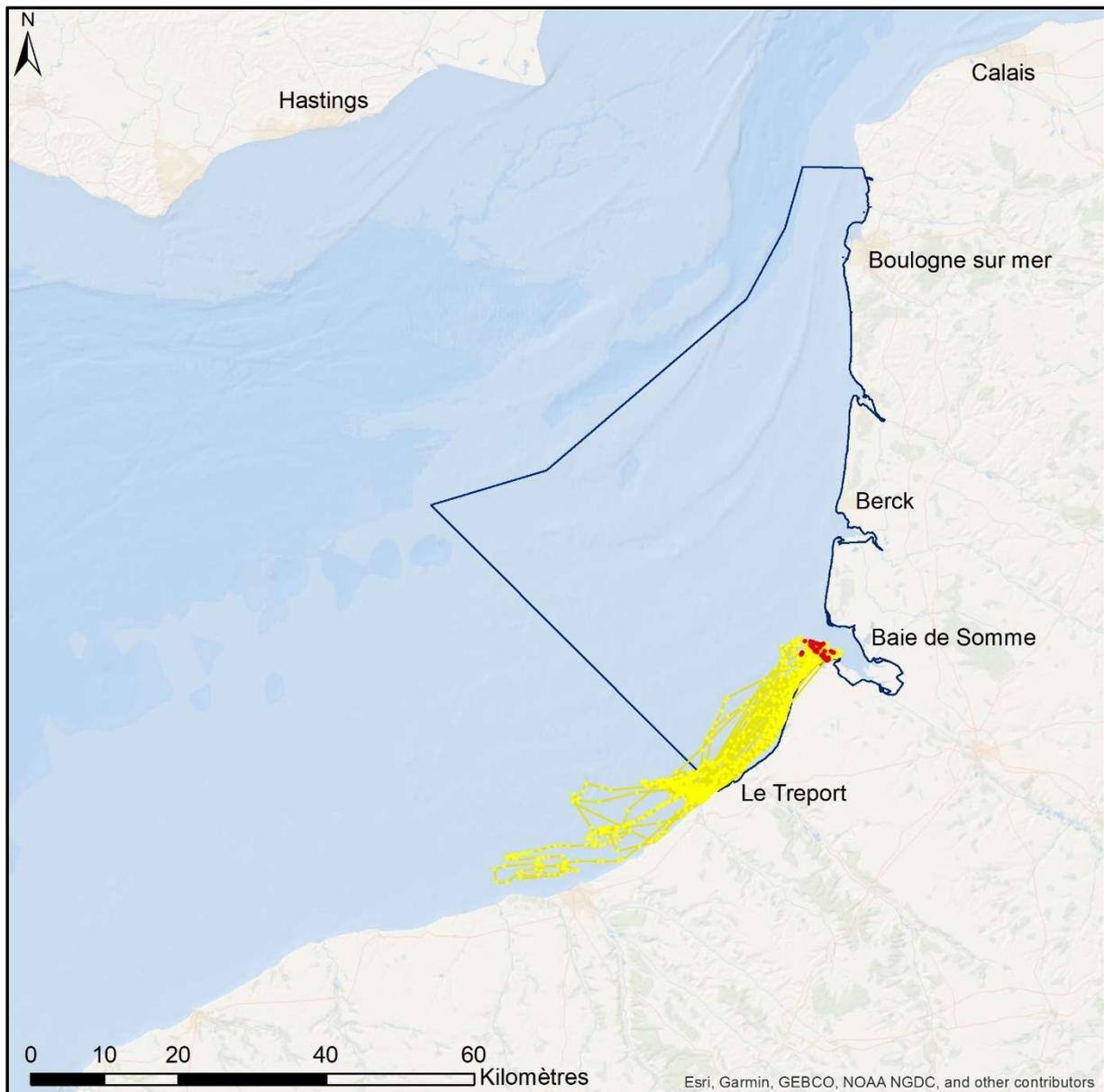


Figure A15 : Carte des déplacements du phoque veau-marin **S25** (06/10/2019-08/12/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Comme S24, ce mâle adulte a effectué de fréquents voyages côtiers vers le sud à partir de la baie de Somme, seule zone de repos utilisée entre deux voyages en mer. En dehors des trajets permettant de relier les deux zones, la très grande majorité de ses localisations en mer se sont néanmoins concentrées dans une zone restreinte, juste devant Criel Plage et Mesnil Val Plage, entre 300m et 2,5 km des falaises. Il a également effectué quelques voyages en boucle jusqu'à Dieppe voire la Pointe de l'Ailly.

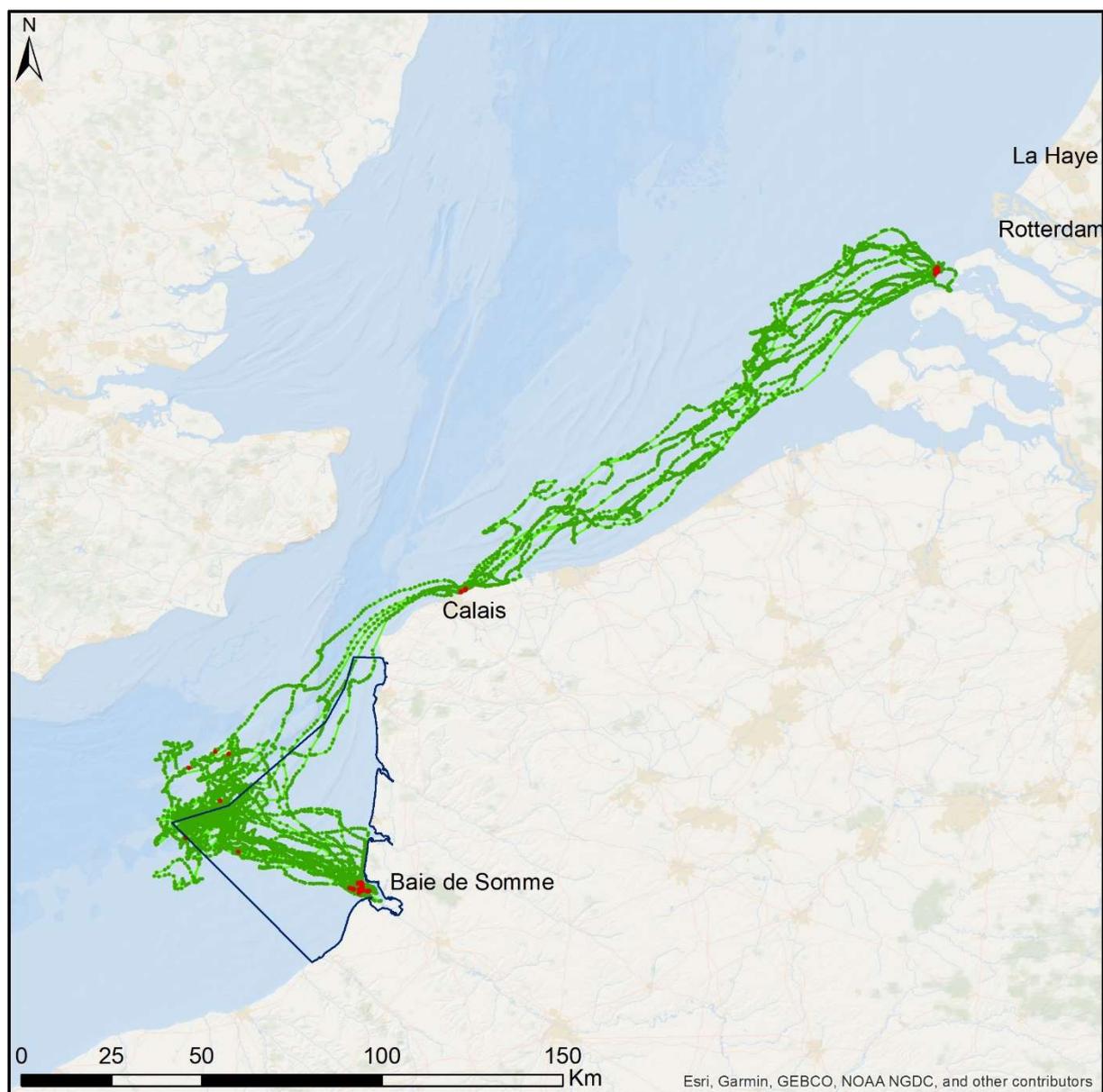


Figure A16 : Carte des déplacements du phoque gris **G13** (23/05/2019-14/10/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte a d'abord effectué plusieurs voyages en mer de plusieurs jours à une cinquantaine de km à l'ouest de la baie de Somme, revenant après chaque trajet se poser à terre sur les reposoirs de la baie. Après le 3^{ème} voyage vers le centre de la Manche, le 16 juin 2019, le phoque s'est déplacé vers le nord, passant le Cap Gris-Nez puis faisant halte succinctement au phare de Walde le 17 juin, sans se poser à terre. Il continue vers le nord et parvient le 20 juin 2019 sur un banc de sable au large de Renesse aux Pays Bas, dans la zone des deltas (Zelande). Il en repart 5 jours plus tard et rejoint le phare de Walde en 30 heures de voyage en mer, se repose à terre puis rejoint la baie de Somme en 28 heures. Il reprend alors ses habitudes de boucles en mer à partir de la baie de Somme, à plusieurs reprises, puis repart vers le nord le 23 juillet. Faisant halte au Phare de Walde, il rejoint de nouveau la même zone de reposoirs que précédemment aux Pays Bas, le 26 juillet 2019. Il en repart le 3 août, passe succinctement par le phare de Walde, reste en mer au large de la baie de Somme dans la zone habituellement fréquentée à l'ouest de la baie, puis se pose en baie de Somme le 9 août. De nouveau, il enchaîne voyages à l'ouest de la baie puis départ vers le

nord le 31 août, halte au phare de Walde et repos à sec sur le même reposoir aux Pays Bas le 4 septembre 2019. Il effectue trois voyages en boucle dans la mer du Nord à partir de ce reposoir puis repart vers le sud le 24 septembre. Lors de ce retour vers le sud, ses trajectoires sont moins rectilignes et il passe du temps en mer à différents endroits en mer du Nord. Après une halte au phare de Walde le 30 septembre, il repart vers le nord et parvient de nouveau sur le même reposoir néerlandais le 4 octobre 2019. Il effectue un large trajet en mer au sud-ouest de ce reposoir, en mer du Nord, avant que la balise ne cesse d'émettre le 14 octobre.

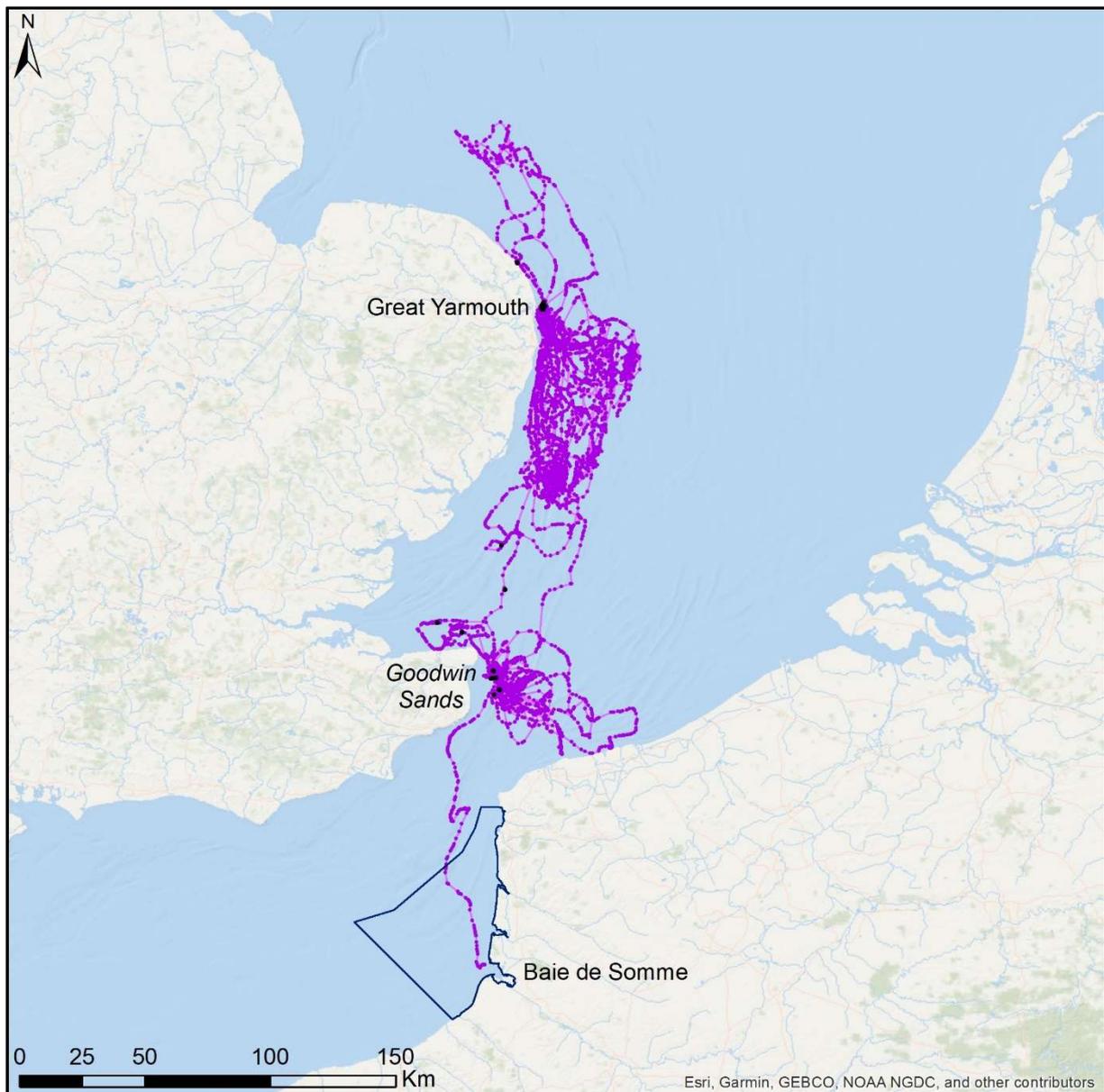


Figure A17 : Carte des déplacements du phoque gris **G14** (23/05/2019-11/11/2019). Les repos à terre sont indiqués en noir.

Ce jeune mâle a quitté la baie de Somme à peine plus d'une heure après la pose de la balise. Il s'est immédiatement dirigé vers le nord, rejoignant Goodwin Sands en 43 heures. Après un court repos à terre, il continue de se diriger vers le nord et rejoint le 27 mai 2019 un banc de sable utilisé

par les phoques gris au large de Great Yarmouth (Scroby Sands, également occupés par des éoliennes en mer). Il effectue plusieurs longs voyages en mer à partir de cette zone de reposoirs, à 75 km au nord, 40 km au sud-est ou 70 km au sud de ces bancs qu'il rejoint systématiquement pour se poser à sec. Il repart vers le sud le 2 octobre 2019, se rapproche des côtes françaises au large de Dunkerque ou Gravelines les 5 et 6 octobre, mais va se reposer à terre finalement à Goodwin Sands le 7 octobre. Il effectue deux voyages en mer au nord dans l'estuaire de la Tamise, puis enchaîne les voyages en boucle autour de Goodwin Sands jusqu'à la fin du suivi (le 27 octobre l'une de ces boucles le fait contourner de très près le port de Dunkerque/Gravelines).

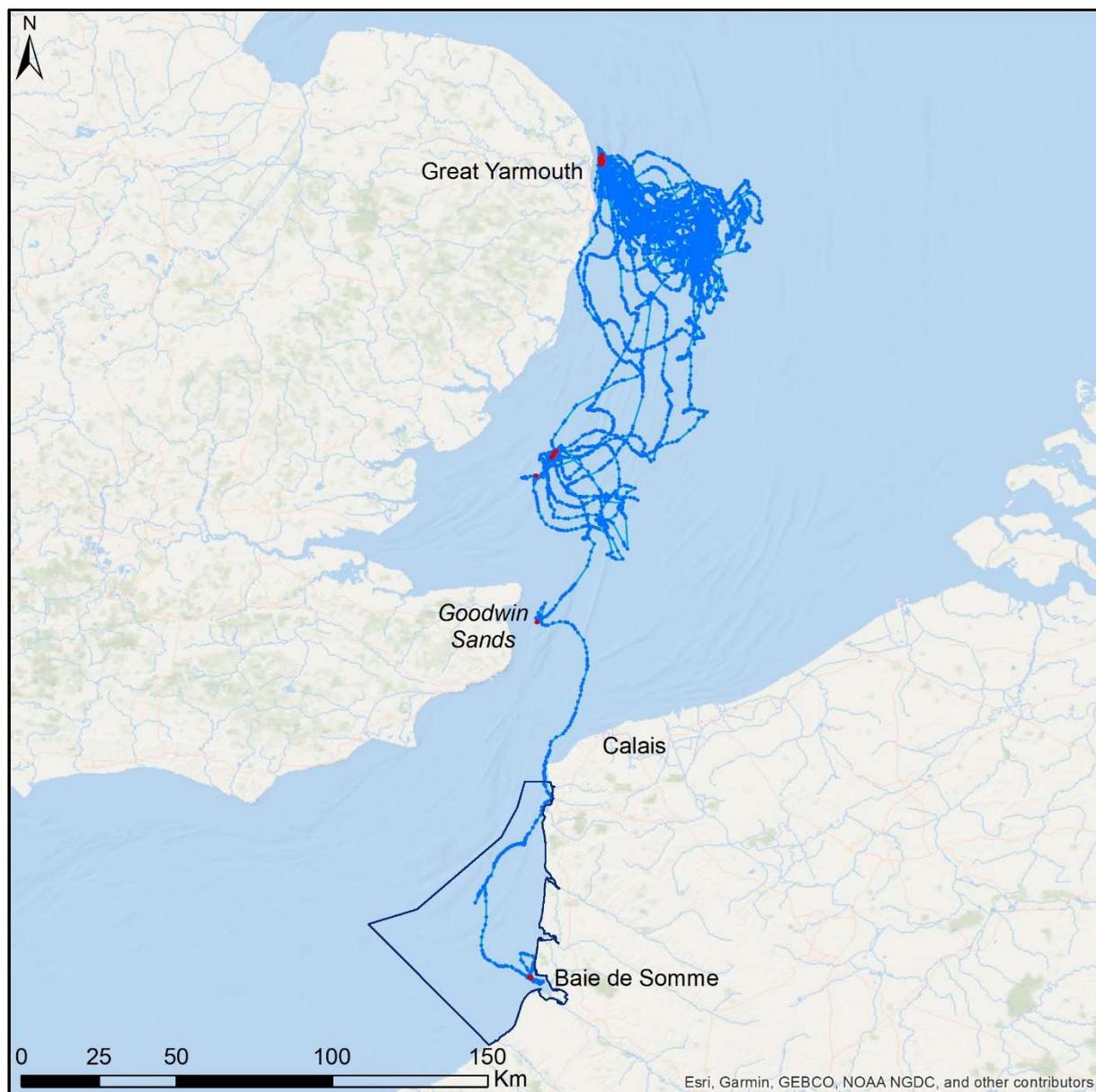


Figure A18 : Carte des déplacements du phoque gris G15 (23/05/2019-07/10/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Comme G13, ce jeune mâle sub-adulte n'a passé que très peu de temps en baie de Somme après sa capture, quittant la zone dès le lendemain vers le nord. Après avoir longé la côte de

Boulogne-sur-mer au Cap Gris-Nez, il se pose à sec à Goodwin Sands le 27 mai 2019. Il repart ensuite au nord, au large de l'estuaire de la Tamise, et rejoint Great Yarmouth. A partir de cette zone de reposoirs de phoques gris, pendant 3 mois (du 31 mai au 8 septembre) il effectue de nombreux voyages en mer un peu plus à l'est-sud-est, à 35 km au large de Lowesoft. Il repart ensuite vers le sud, se pose probablement au pied des éoliennes en mer de « London Array » on large de Clacton-on-Sea, effectue plusieurs voyages en boucle à l'est de cette zone puis repart vers le nord le 19 septembre 2019. Il rejoint de nouveau Great Yarmouth, effectue de grands voyages en mer en boucle autour de cette zone de reposoirs avant de perdre sa balise le 7 octobre.

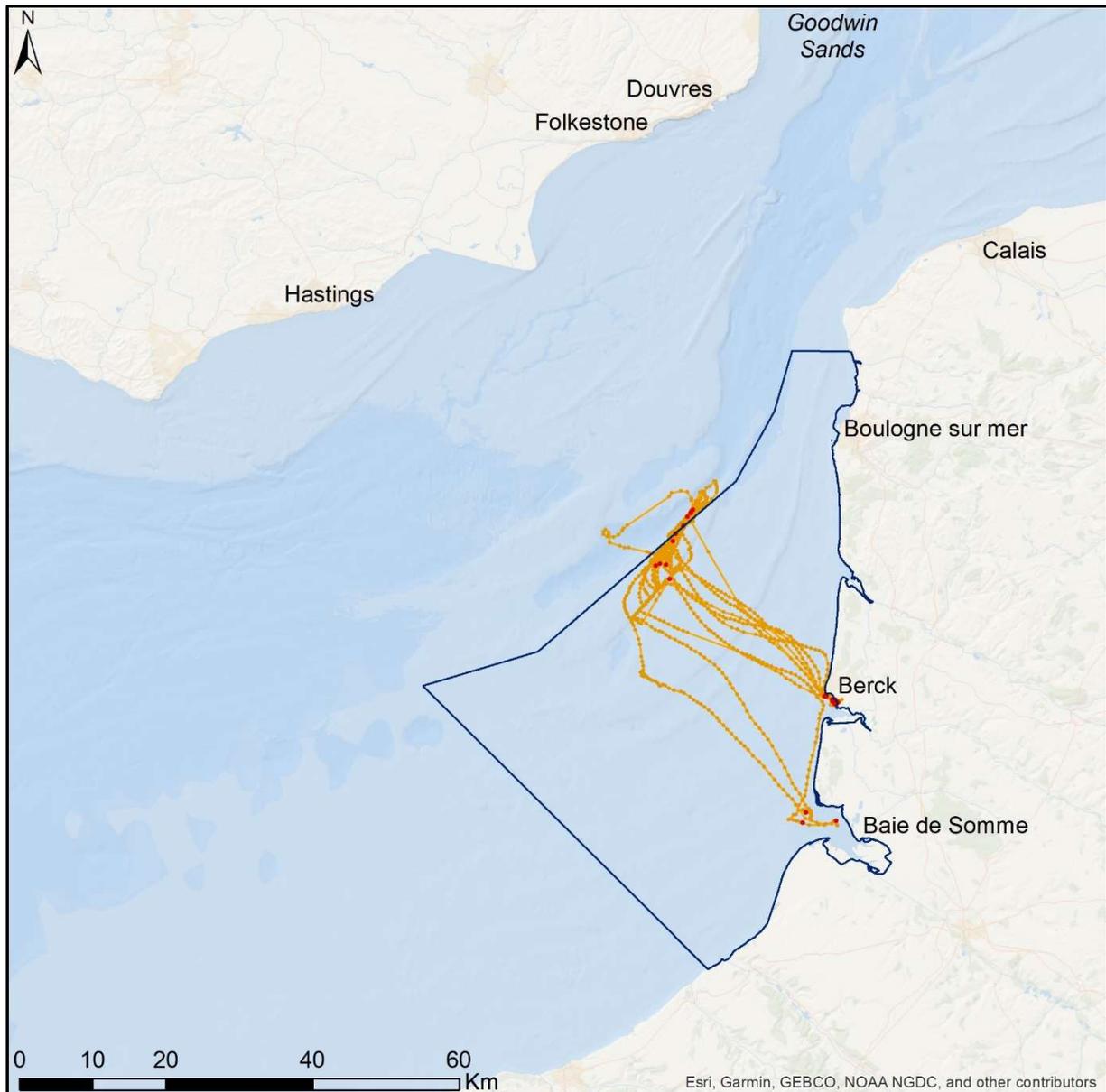


Figure A19 : Carte des déplacements du phoque gris **G16** (23/05/2019-09/06/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte, en partie aveugle, n'a pu être suivi que pendant 17 jours en raison de la perte prématurée de sa balise. A partir de la baie de Somme puis plus souvent de la baie d'Authie,

où il s'est successivement reposé à terre, il est parti en mer de façon répétée dans la même zone, longeant une dune sous-marine à 23 km au large de la baie de Canche (Étaples). Il y est retourné à 5 reprises durant son court suivi.



Figure A20 : Carte des déplacements du phoque gris **G17** (24/05/2019-19/11/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce jeune mâle adulte a d'abord fréquenté une zone en mer très proche de celle fréquentée par G16, bien qu'en partie plus méridionale, puis il est revenu en baie de Somme A partir du 29 mai il a longé la côte vers le nord, restant relativement côtier jusqu'à Boulogne puis remontant en mer du Nord en pleine mer jusqu'au reposoir au nord de Renesse (Pays Bas), déjà utilisé par le phoque G13. Il y parvient une première fois le 1^{er} juin 2019. Jusqu'au 9 août, il alterne de longs voyages en mer en boucle à partir de cette zone, et des repos à terre sur le même reposoir. Ses zones les plus fréquentées en mer sont particulièrement denses et parallèles à des dunes sous-marines, de

20 à 40 km de sa zone de repos. Il repart ensuite vers le sud et rejoint le phare de Walde en 33 heures, s'y repose quelques heures puis poursuit vers l'ouest et le sud, le long de la côte française. Un peu au nord de Saint-Cécile-plage, il vire à 90° pour aller plus au large à 15 km de la côte, revient et effectue plusieurs aller-retours le long du littoral. Il se pose finalement en baie de Somme le 16 août. Jusqu'au 24 septembre, il se déplace fréquemment au large des trois baies (Somme, Authie et Canche) et se pose alternativement à terre dans chacune, entre deux voyages en mer de 1 à une dizaine de jours. Il repart ensuite vers le nord (il lui faut 16 h pour se déplacer de Boulogne à Calais) et se pose au phare de Walde. Du 25 septembre au 7 octobre, il effectue des voyages en mer au nord de la zone tout en revenant se poser à terre sur ce banc de sable. Il repart ensuite dans la zone des 3 baies (au sud de Boulogne) puis repart vers Calais le 19 octobre. Après une journée autour du phare de Walde le 20 octobre, ce mâle repart en pleine mer et rejoint le reposoir précédemment utilisé aux Pays Bas, qu'il rejoint le 26 octobre. Il effectue un large voyage en mer à partir de ce point puis en repart le 31 octobre pour rejoindre le phare de Walde le 2 novembre. Il en repart le lendemain vers le sud-ouest, passe un peu de temps en mer au large de Wissant puis poursuit vers le sud, passant un peu de temps au large de la baie de Canche le 6 novembre puis se posant en baie d'Authie le 7 novembre. Il effectue plusieurs voyages en mer au large et au nord de cette baie puis retourne au phare de Walde le 13 novembre. Jusqu'à la fin du suivi (19 novembre), il effectue plusieurs boucles en mer à partir de ce banc, à 17-20 km des côtes.

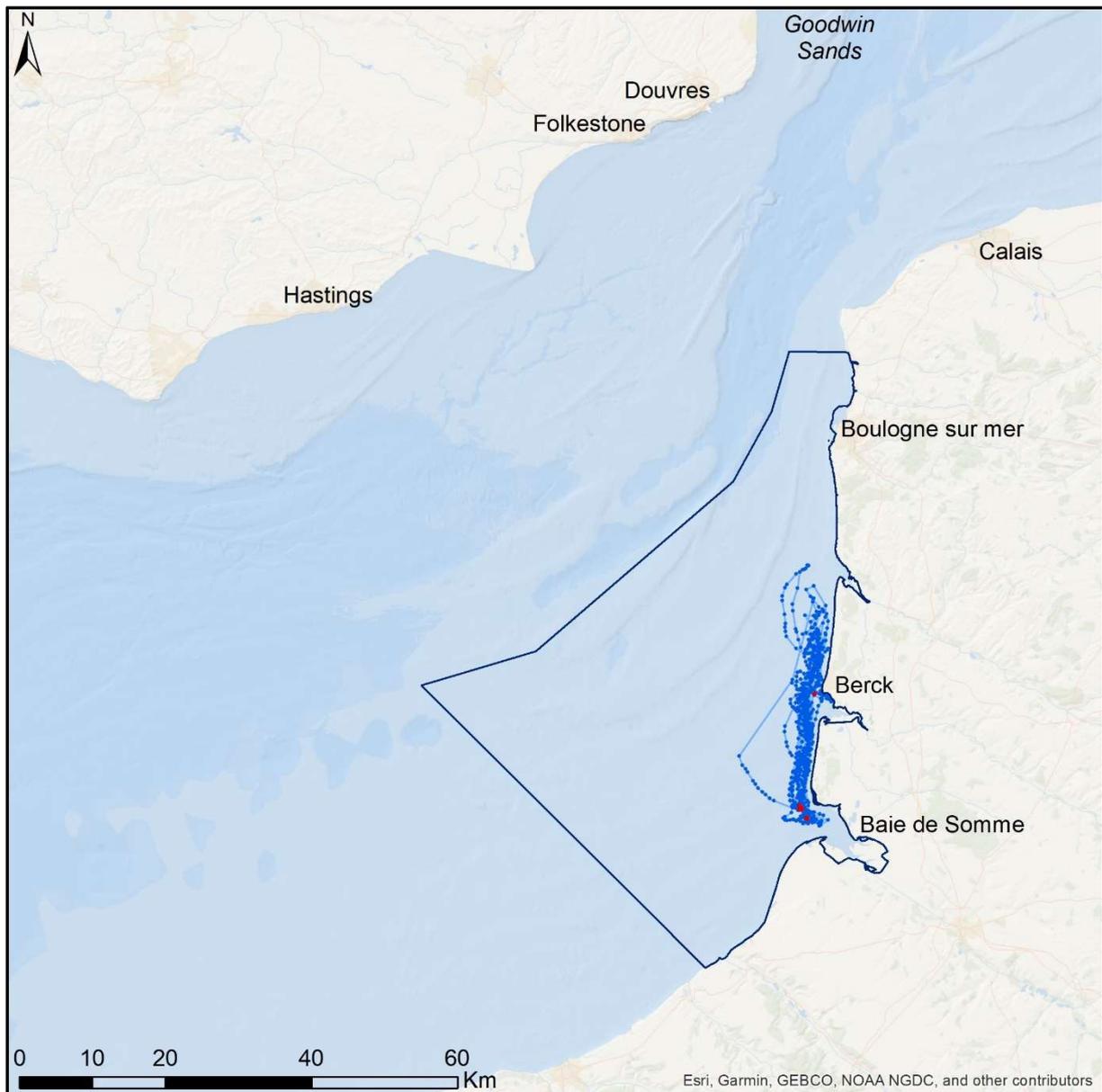


Figure A21 : Carte des déplacements du phoque gris **G18** (24/05/2019-12/06/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce jeune mâle n'a été suivi que pendant 19 jours, en raison de la perte prématurée de la balise. Lors de ce cours suivi, le phoque a effectué des déplacements très côtiers entre la baie de Somme et la baie d'Authie, en se posant à terre dans chacune de ces deux baies, et entre la baie d'Authie et la baie de Canche. Ses déplacements étaient limités la plupart du temps dans une zone côtière de 4km de large, le long du littoral.

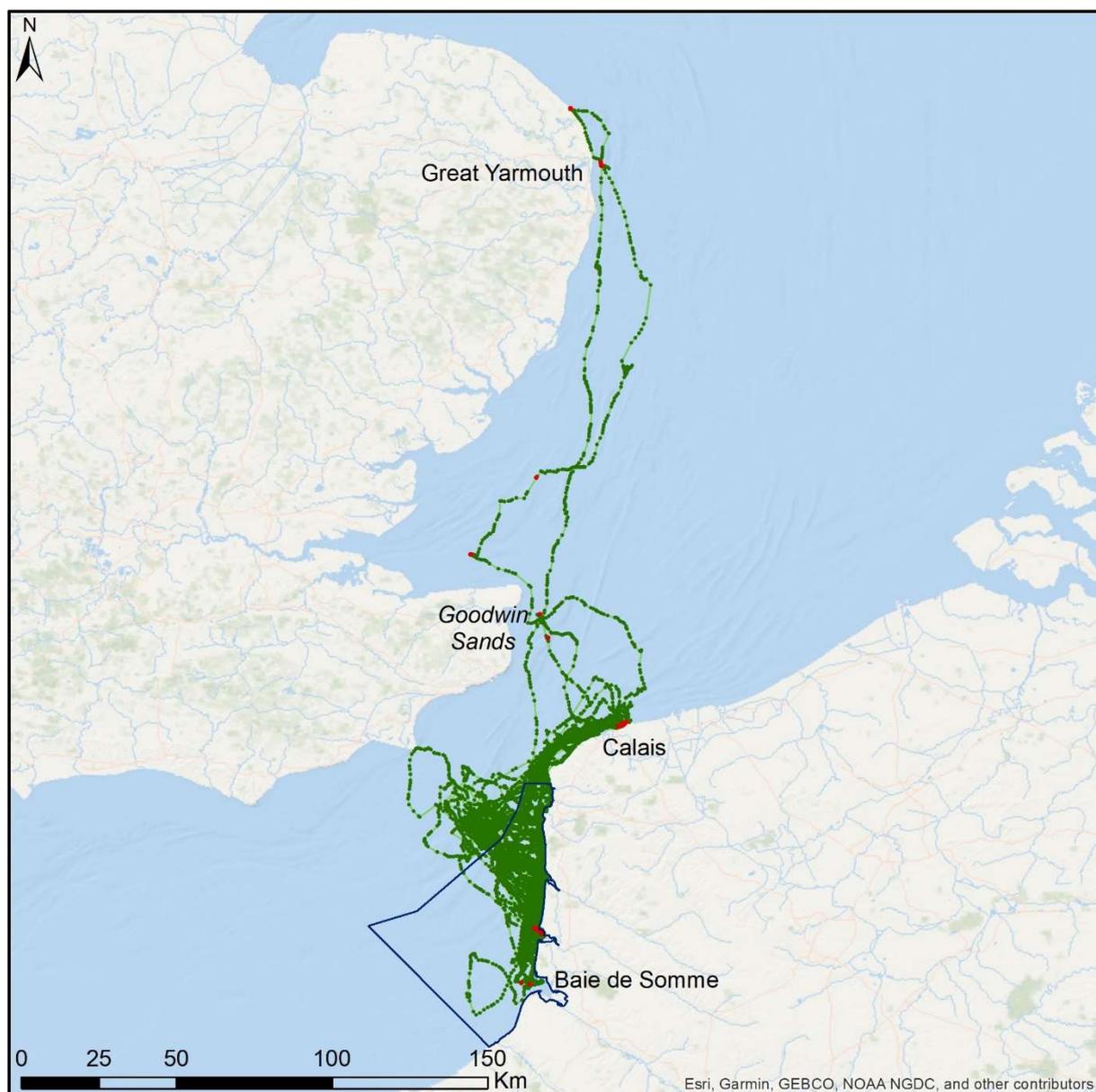


Figure A22 : Carte des déplacements du phoque gris **G19** (24/05/2019-12/11/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte a d'abord rapidement quitté la zone après sa capture en baie de Somme, se déplaçant vers le nord, passant quelques heures dans une zone restreinte à 14 km au nord-ouest de la baie de Canche puis poursuivant vers le nord. Il passe par Goodwin Sands le 26 mai mais ne s'arrête pas et poursuit en mer du Nord, fait une halte à Great Yarmouth (Scroby Sands) puis longe la côte anglaise jusqu'à Horsey, autre colonie de phoques gris bien connue. Après une douzaine d'heures sur place, il redescend vers le sud, passe rapidement Scroby Sands et descend jusqu'en estuaire de la Tamise, reste une douzaine d'heures dans la zone puis poursuit vers le sud jusqu'au phare de Walde qu'il atteint le 4 juin 2019. Après une boucle en mer le phoque repart vers le sud et l'ouest pour rejoindre la zone du parc marin. Jusqu'au 19 octobre, il alternera longs voyages en mer dans la Manche, majoritairement au large de la baie de Canche et de Boulogne (avec un voyage jusqu'au côtes anglaises le 17-18 juin), avec des déplacements beaucoup plus côtiers entre les baies de Somme, Authie et Canche, mais aussi autour de Boulogne et jusqu'à Wissant et Calais. Il retourne à plusieurs reprises au phare de Walde (du 22 au 24 juillet, du 5 au 8 août, du 27 au 29

août, du 4 au 6 octobre, du 9 au 11 octobre...). Après y être retourné une fois de plus le 20 octobre 2019, il repart le lendemain vers le nord, rejoint Goodwin Sands le 22 octobre, redescend jusque Wissant le 24 puis rejoint le phare de Walde le soir même. Il continuera d'alterner déplacements entre les baies de Somme, Authie et Canche et le phare de Walde jusqu'à la fin du suivi le 12 novembre 2019.

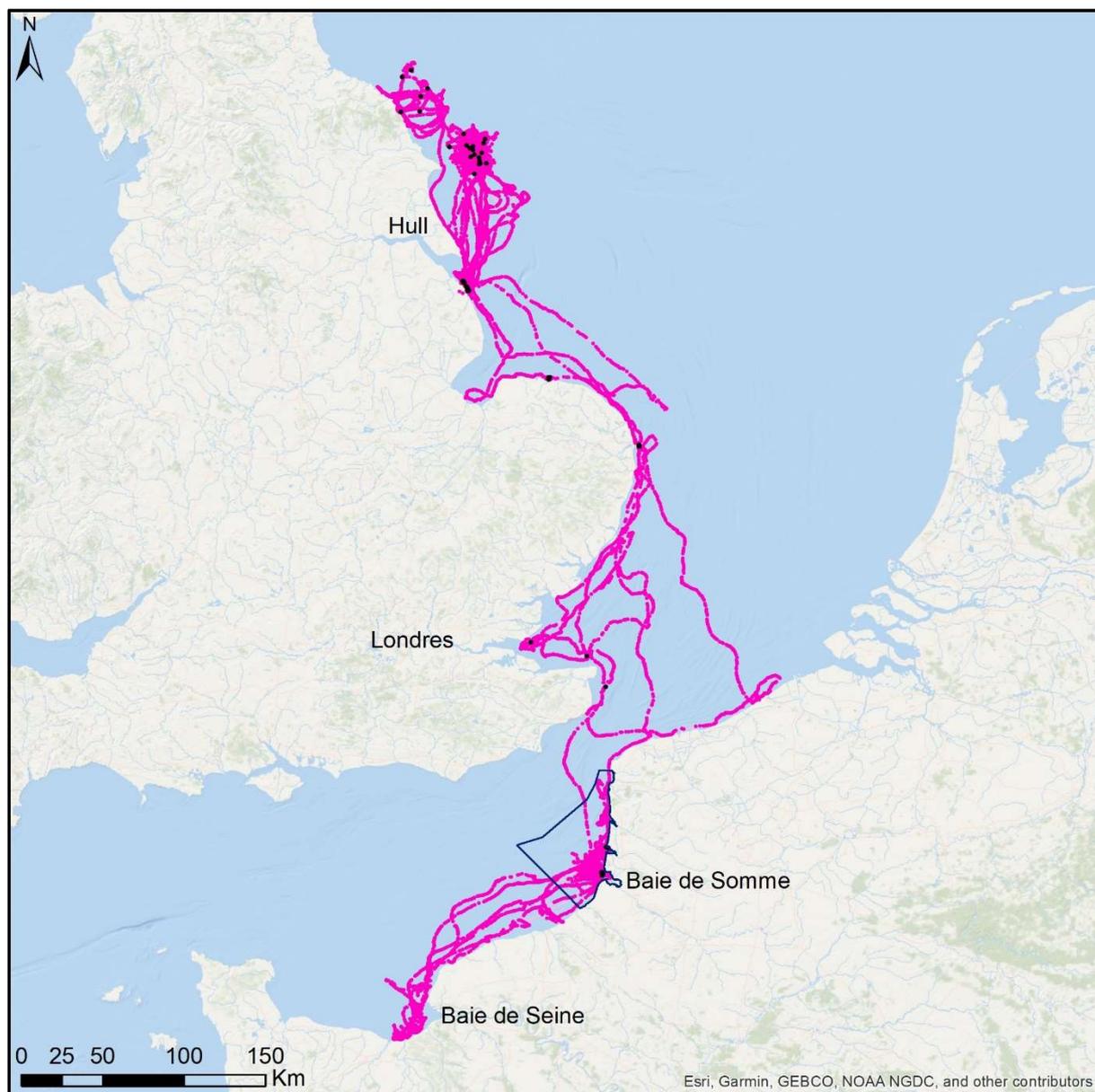


Figure A23 : Carte des déplacements du phoque gris **G20** (24/05/2019-29/11/2019). Les repos à terre sont indiqués en noir.

Quatre jours après sa capture en baie de Somme, cette jeune femelle quitte la baie en direction de l'ouest puis du sud, et rejoint l'estuaire de la Seine. Elle n'y reste qu'une journée et revient en baie de Somme, environ 5 jours après son départ. Elle y repart deux jours plus tard, et s'attarde cette fois au large de Deauville, ou au large de Cabourg à l'est de l'estuaire de l'Orne.

Après ces 7 jours au large de la baie de Seine (7-14 juin 2019), elle rejoint la baie de Somme pour s'y reposer à sec (16 juin) mais repart dès le 18 juin, cette fois vers le nord. Le 19 juin elle se pose à Goodwin Sands puis poursuit son déplacement vers le nord jusque Scroby Sands (Great Yarmouth) qu'elle atteint le 21 juin. Après une journée de repos elle repart le lendemain jusque Donna Nook, l'une des principales colonies de phoques gris en Angleterre. A partir de cette date (23 juin) elle effectue d'abord de petits trajets en mer puis une série de 6 longs voyages en mer, toujours au même endroit, à 80 km au nord de Donna Nook. Bien que cette zone ne soit située qu'à une vingtaine de km de Flamborough Head, elle revient systématiquement se poser à terre à Donna Nook. Le 16 août, elle repart cette fois vers le sud mais fait subitement demi-tour au large de Horsey et revient sur Donna Nook le 19 août. Elle refait deux longs voyages en mer au nord de Donna Nook (et au large de Flamborough Head) puis se rend plus au nord à Robin Hood's Bay, se reposant à terre notamment à la pointe de South Cheek (Ravenscar). Elle effectue plusieurs voyages en mer à partir de ce point, à environ 25 km des côtes, puis redescend vers le sud le 21 septembre. Elle atteint Donna Nook le 22 septembre, et jusqu'au 1^{er} octobre, date à laquelle elle repart, elle passe la majorité de son temps à terre, ou dans l'eau à très faible profondeur (pas ou très peu de plongées). La femelle était trop jeune pour être reproductrice, et la saison des naissances à Donna Nook est en novembre-décembre, donc plus tardive, pourtant les données comportementales auraient pu suggérer une mise-bas. Le 1^{er} octobre elle repart vers le sud, fait une boucle dans The Wash puis longe la côte jusqu'à Blakeney Point, la plus grande colonie de phoques gris en Angleterre. Elle y reste du 3 au 9 octobre 2019, là encore avec une forte proportion du temps passé à terre et une quasi absence de plongées. Elle repart en contournant la côte vers le sud, passe par Horsey en s'arrêtant à peine, et se pose quelques heures à terre à Scroby Sands (Great Yarmouth) le 10 octobre. Du 10 au 15 octobre elle effectue un long voyage en boucle vers le sud jusque dans l'estuaire de la Tamise. Le 17 octobre elle quitte Scroby Sands et rejoint la côte belge à Ostende, sans s'y poser au sec. Elle longe la côte vers le sud et une fois à hauteur de Gravelines, traverse la Manche pour rejoindre les côtes anglaises, remonter sur Goodwin Sands puis dans l'estuaire de la Tamise, remonter à hauteur de Aldeburgh puis redescendre en direction du phare de Walde. Elle ne s'y arrête pas et longe les côtes françaises jusqu'en baie de Somme. Du 28 octobre au 18 novembre la femelle voyage entre les baies de Somme, Authie et Canche, puis elle redescend en baie de Seine (jusque Cabourg) pour revenir en baie de Somme le 23 novembre. Elle effectue une boucle en mer au sud de la baie jusqu'à Saint-Martin-Plage puis un autre au large de la baie de Somme avant que la balise ne s'arrête d'émettre le 29 novembre.

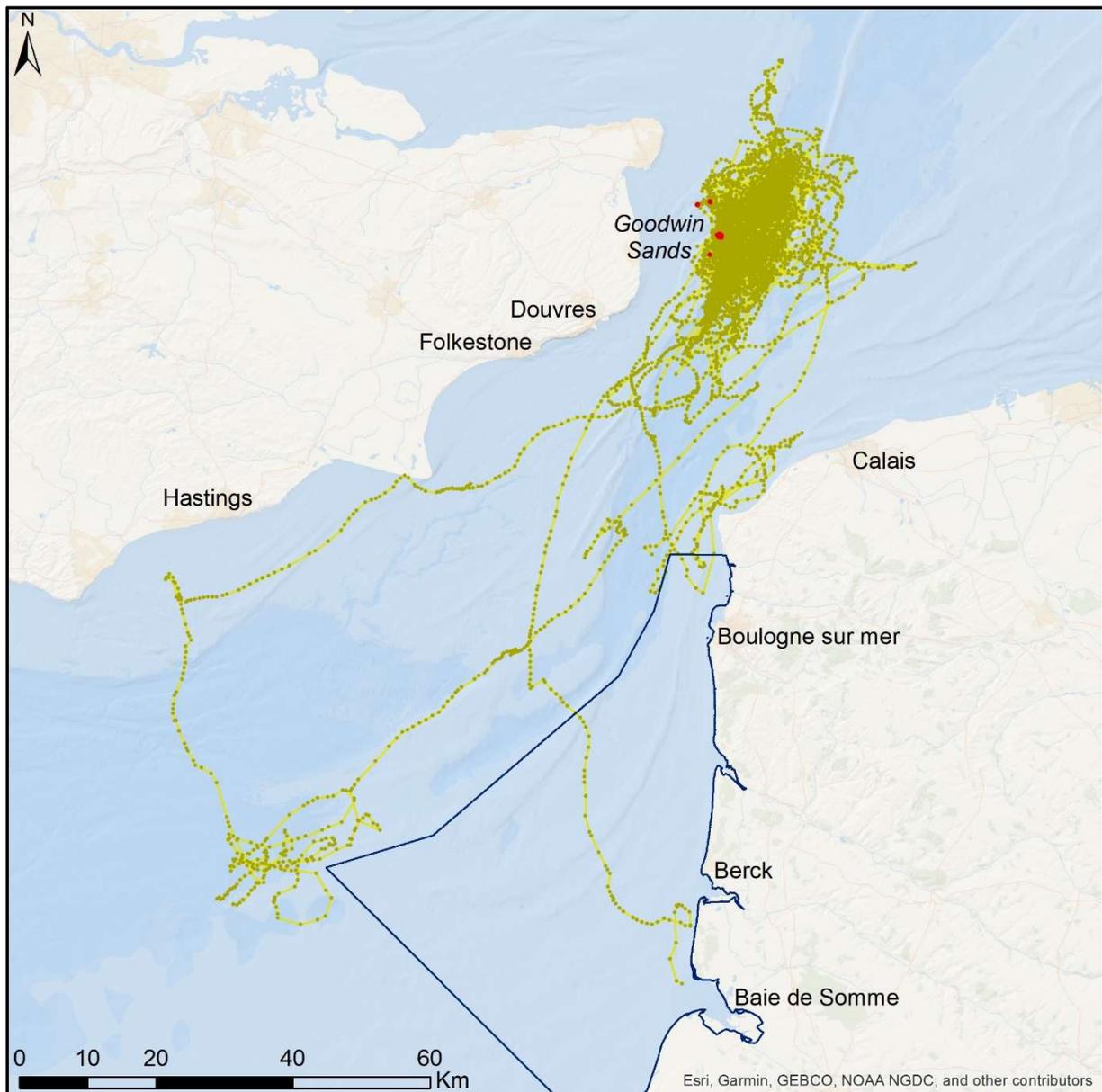


Figure A24 : Carte des déplacements du phoque gris **G21** (24/05/2019-01/10/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Dès son relâcher, ce jeune mâle a quitté la baie de Somme pour rejoindre Goodwin Sands en 40 heures. Du 26 mai au 5 juin il a effectué des voyages en boucle à partir de ces reposoirs puis s'est dirigé vers le sud, a passé 3 jours au centre de la Manche puis est remonté vers le nord en se rapprochant des côtes anglaises. Par la suite et jusqu'à la fin de son suivi télémétrique, il a effectué un grand nombre de voyages en mer autour de Goodwin Sands, dont l'un plus éloigné des reposoirs l'a amené autour du Cap gris-Nez du 19 au 21 juin 2019.

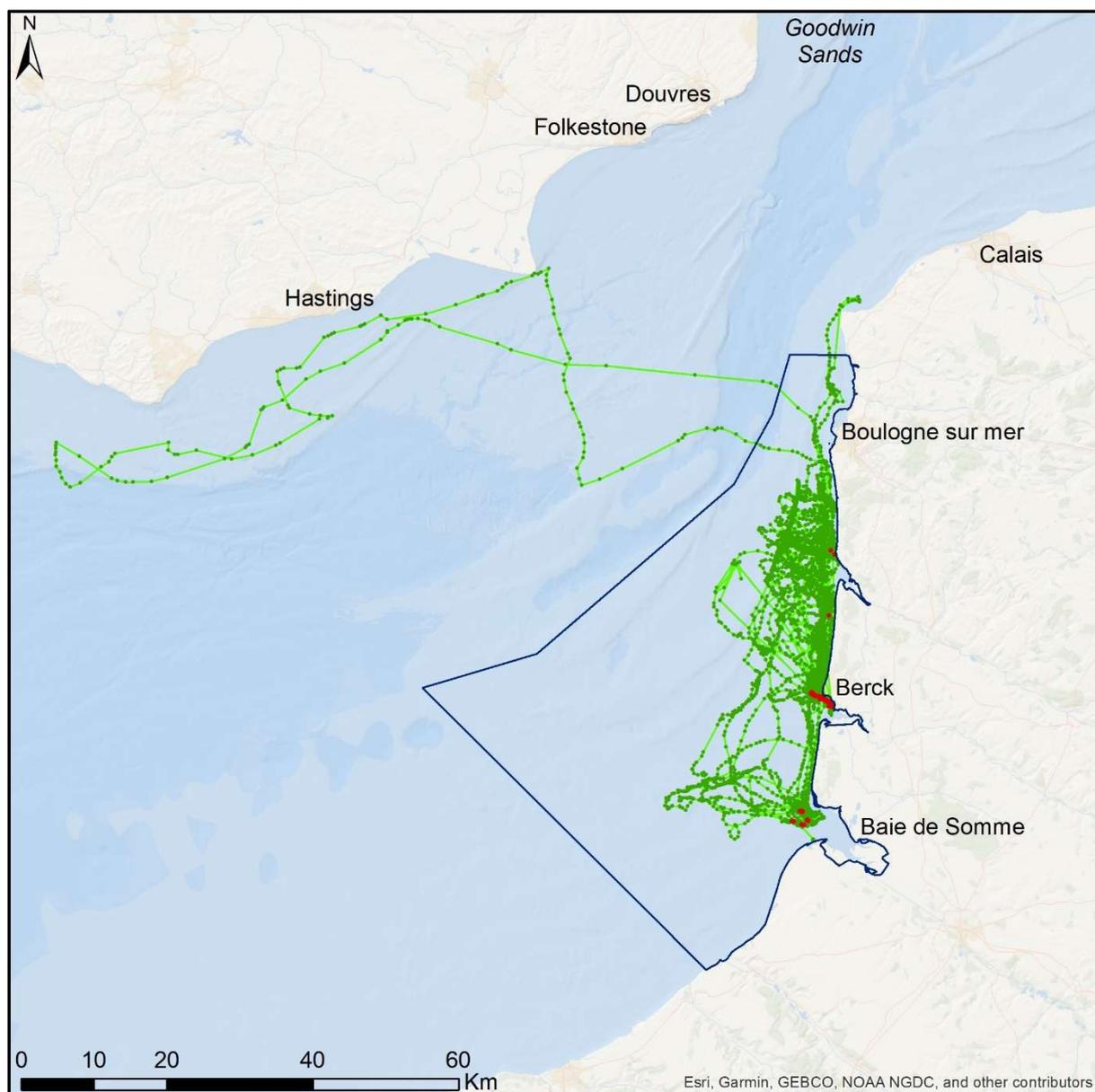


Figure A25 : Carte des déplacements du phoque gris **G22** (25/05/2019-06/11/2019). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte est resté côtier et à l'intérieur du périmètre du parc marin pendant la majorité de son temps de suivi, du moins pendant les 3 premiers mois de suivi (cf. ci-après). La seule exception a été un voyage en mer à travers la Manche vers les côtes anglaises (du sud de Newhaven à Dungeness) du 10 au 15 août 2019, en partant et revenant au large de Boulogne. Le reste du temps, il a effectué de nombreux voyages en mer le long des trois baies, fréquentant notamment intensément une zone parallèle à la côte, sur une dune sous-marine à 5-8 km à l'ouest du littoral entre Etaples et Boulogne-sur-mer. Il s'est posé à sec principalement en baie d'Authie, et dans une moindre mesure en baie de Somme et baie de Canche. A partir du 27 août et jusqu'à la fin du suivi le 22 octobre, le GPS n'a plus fonctionné correctement et les localisations sont devenues beaucoup plus éparpillées (avec parfois plusieurs jours sans aucune localisation GPS). Les localisations disponibles suggèrent que le phoque se posait en baie d'Authie pendant toute cette période mais nous ne disposons plus d'information sur les zones fréquentées en mer à partir de cette date.



Figure A26 : Carte des déplacements du phoque gris **G23** (07/10/2019-02/03/2020). Les repos à terre sont indiqués en rouge.

Ce mâle adulte, particulièrement imposant (plus de 300 kg) a quitté la baie de Somme immédiatement après sa capture. Il a longé la côte vers le nord pour rejoindre Goodwin Sands en 32 heures. Après quelques repos au sec, il a effectué un voyage en boucle autour de Goodwin Sands puis est parti vers le nord. Après une courte pause au nord de Westgate-on-Sea, il a poursuivi vers le nord, fait une pause à terre à Scroby Sands (Great Yarmouth), et continué toujours plus au nord jusqu'au îles Farne. Du 16 au 23 octobre 2019 il a ainsi parcouru 500 km (principalement en se dirigeant vers le nord, mais en effectuant quelques boucles en mer à deux occasions) en 7 jours, sans se reposer. Après un court repos de quelques heures, il est ensuite reparti vers le nord pour rejoindre le Moray Firth (proche d'Inverness) le 27 octobre 2019 (longeant la côte écossaise de très près entre Hatton et Inverallochy le 25-26 octobre), nageant sur environ 380 km en 4 jours et demi. Il est alors resté jusqu'au 24 décembre dans une zone géographique très restreinte, au fond du Moray Firth à l'ouest de Nairn et au sud de Cromarty, mais ne passant pas particulièrement de temps à sec et réalisant de courtes boucles en mer à 2-4 km des bancs de sable servant de reposoirs.

A partir du 24 décembre 2019 il rejoint les îles Farne en 4 jours, se repose à terre 24 heures avant de poursuivre vers le sud. Il parvient à Donna Nook le 2 janvier 2020, et reste à terre sans retourner en mer pendant 3 jours. Il est probable que ce mâle adulte ait tenté de se reproduire dans cette colonie à ces dates, compte tenu du très fort pourcentage de temps passé à terre à ces dates. Le 5 janvier 2020 il repart vers le sud-est puis vers le sud, atteignant les côtes françaises le 9 janvier. Il se repose à sec plusieurs heures le 10 janvier 2020 au phare de Walde puis repart le long de la côte vers le sud. Il effectue une boucle en mer au large de Boulogne, descend plus au sud au centre de la Manche à 40 km des côtes françaises puis vient se poser à terre en baie de Somme le 16 janvier. Il effectue plusieurs trajets en mer (centre Manche) au départ de la baie de Somme puis remonte à hauteur de Boulogne le 3 février, et poursuit jusqu'à Goodwin Sands qu'il atteint le soir même. Il effectue quelques voyages en mer autour de cette zone puis rejoint le phare de Walde le 5 février 2020, nage en mer au nord de ce banc de sable puis redescend vers la baie de Somme, passant au total 10 jours en mer avant de se poser à sec le 18 février. Il effectue de nouveau de longs trajets en mer à l'ouest du parc marin, se posant à terre en baie de Somme les 24 et 25 février avant que la balise ne cesse d'émettre le 2 mars 2020.

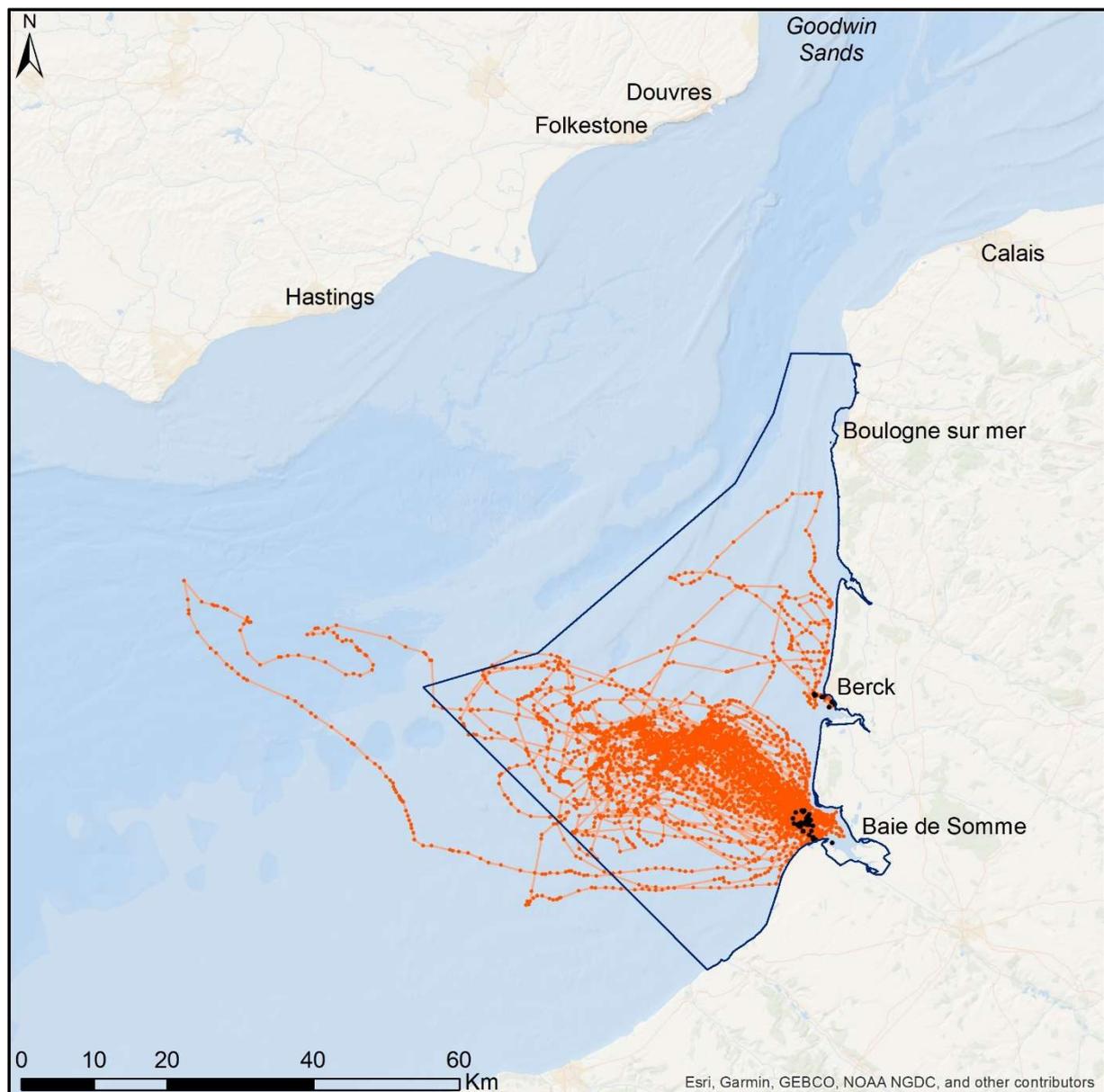


Figure A27 : Carte des déplacements du phoque gris **G24** (07/10/2019-29/01/2020). Les repos à terre sont indiqués en noir.

Ce jeune mâle sub-adulte a effectué la totalité de ses voyages en mer à partir des reposoirs de la baie de Somme (principalement) et de la baie d'Authie (dans une moindre mesure), pendant ses 4 mois de suivi. La plupart de ses déplacements en mer le menaient à une vingtaine de km de la baie de Somme, mais un voyage plus long que les autres l'a également mené jusqu'en Manche centrale, avant qu'il ne fasse brusquement demi-tour.

Annexe 2 : Distribution des durées de voyages en mer de 2008 à 2019

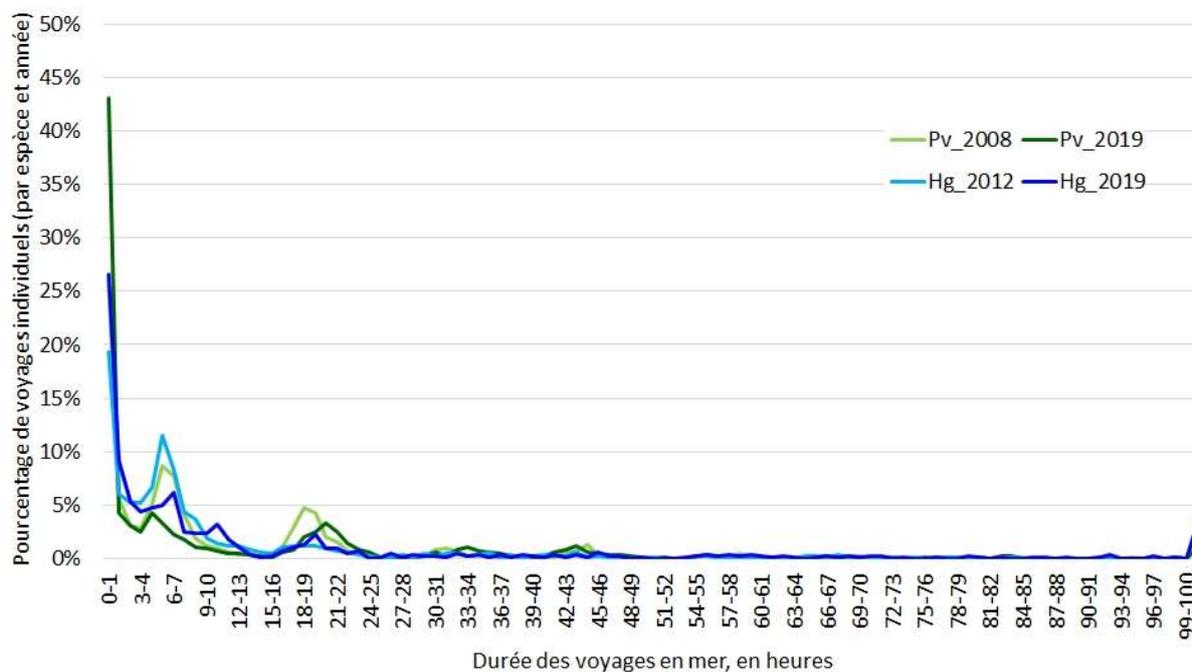


Figure A28 : Distribution des durées de « voyages en mer » (tout déplacement dans l'eau entre deux repos à terre successifs) des phoques veaux-marins (en vert) et phoques gris (en bleu) lors des différentes périodes de suivis télémétriques, par tranches de 1h.

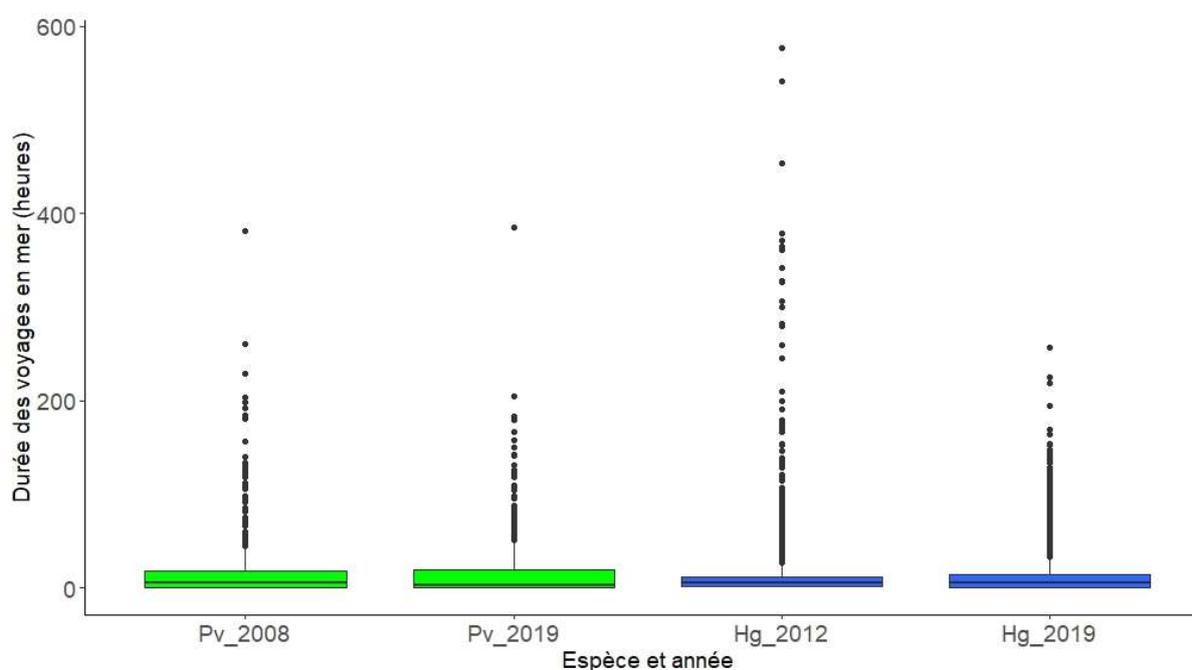


Figure A29 : Boxplots des durées de « voyages en mer » (tout déplacement dans l'eau entre deux repos à terre successifs) des phoques veaux-marins (en vert) et phoques gris (en bleu) lors des différentes périodes de suivis télémétriques (2008, 2012 et 2019).

Annexe 3 : Courbes de tendance issues de la modélisation des habitats préférentiels

Les figures A30 à A33 présentent les prédictions de la sélection d'habitat de chasse par les phoques (de chaque espèce) telles que modélisées à partir des plongées de chasse (suivis 2019). Les courbes indiquent, pour chaque paramètre (distance au dernier reposoir utilisé, distance à la côte, bathymétrie et courants de marée) les valeurs synonymes de préférence (valeurs de sélection positive) ou d'évitement (valeurs de sélection négative). Dans chaque graphique, les deux barres verticales indiquent l'intervalle de confiance des prédictions du modèle.

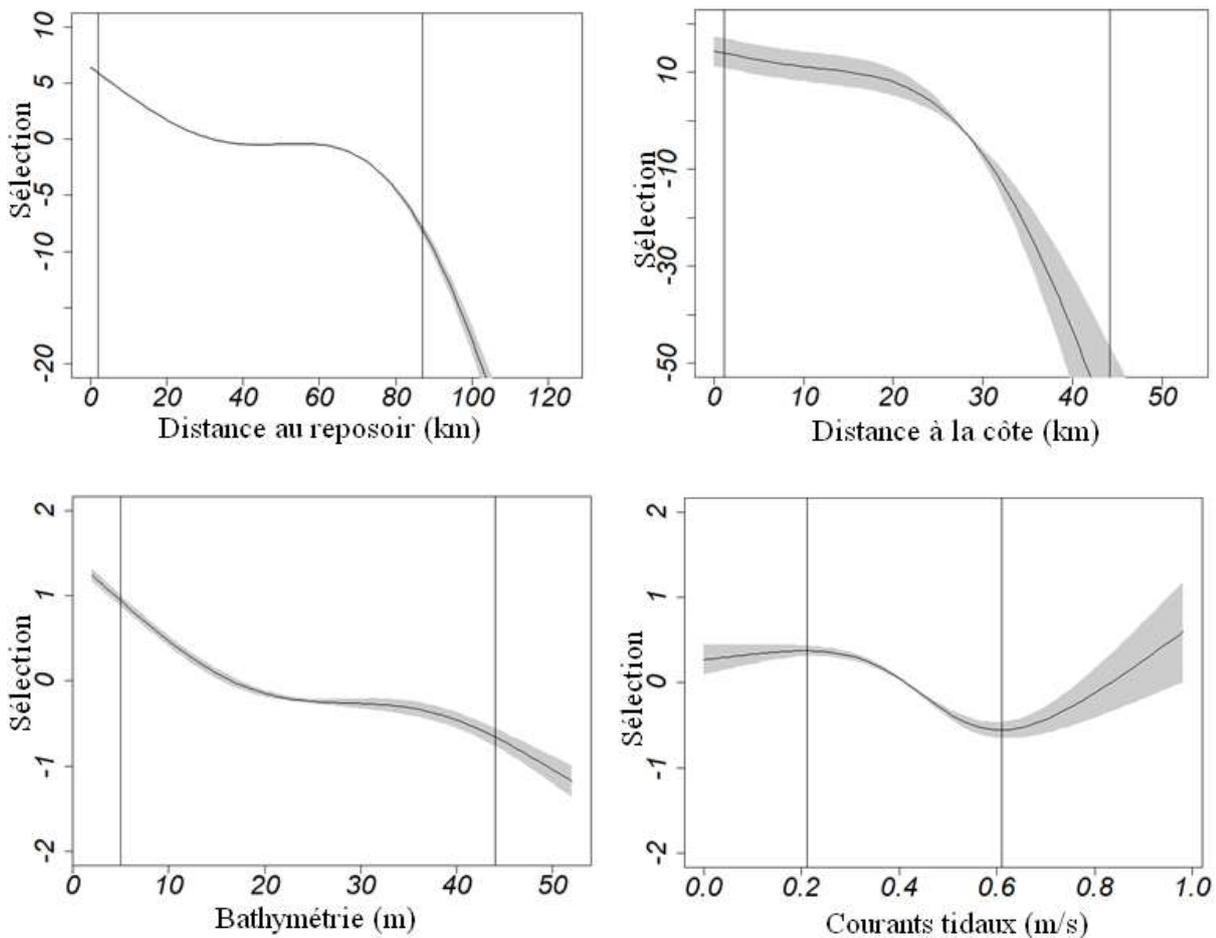


Figure A30 : Courbes de tendance issues du modèle mixte (GAMM) pour la distance au dernier reposoir utilisé, la distance à la côte, la bathymétrie (profondeur du fond disponible) et la vitesse du courant de marée pour l'analyse des zones de chasse des **phoques veaux-marins** suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en **2008**.

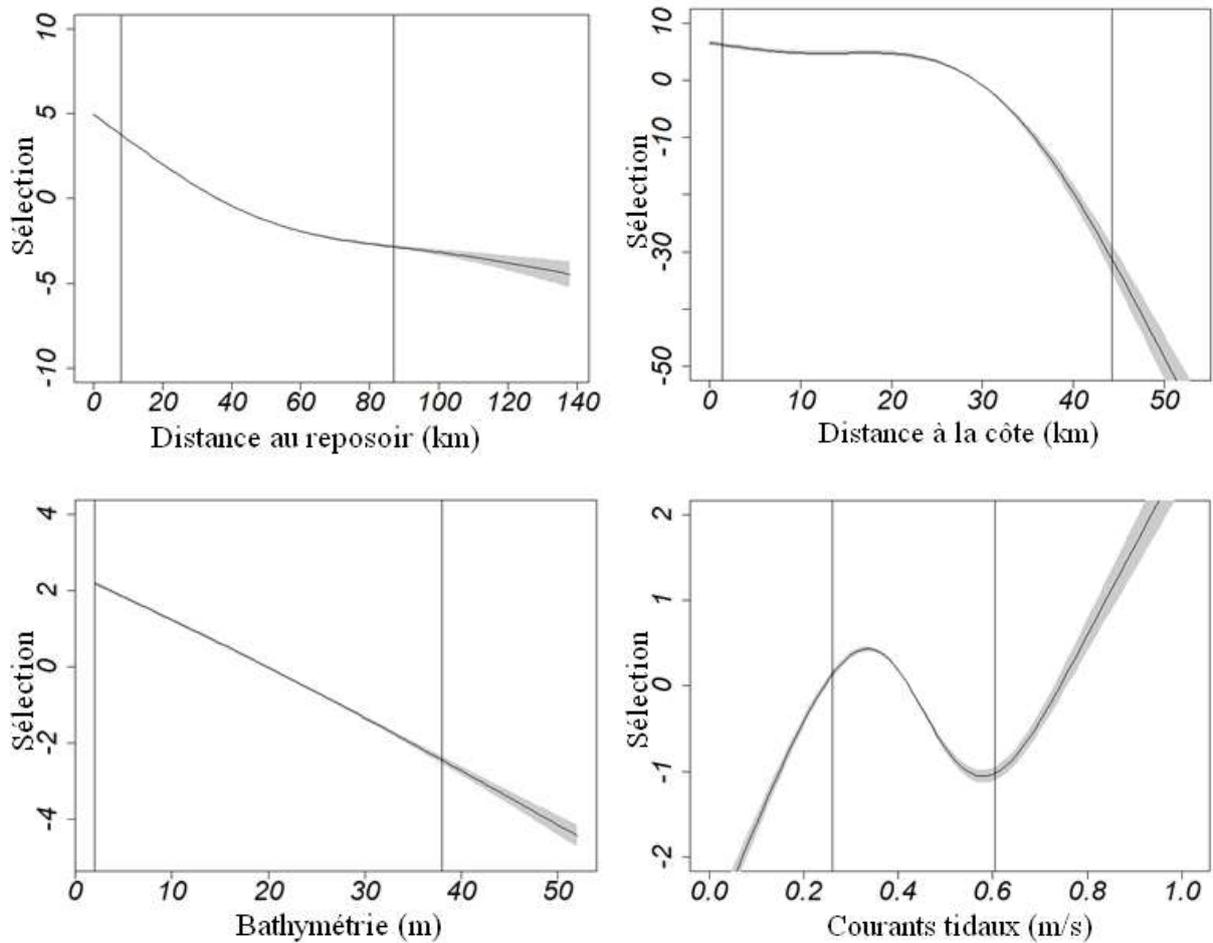


Figure A31 : Courbes de tendance issues du modèle mixte (GAMM) pour la distance au dernier réservoir utilisé, la distance à la côte, la bathymétrie (profondeur du fond disponible) et la vitesse du courant de marée pour l'analyse des zones de chasse des **phoques veaux-marins** suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2019.

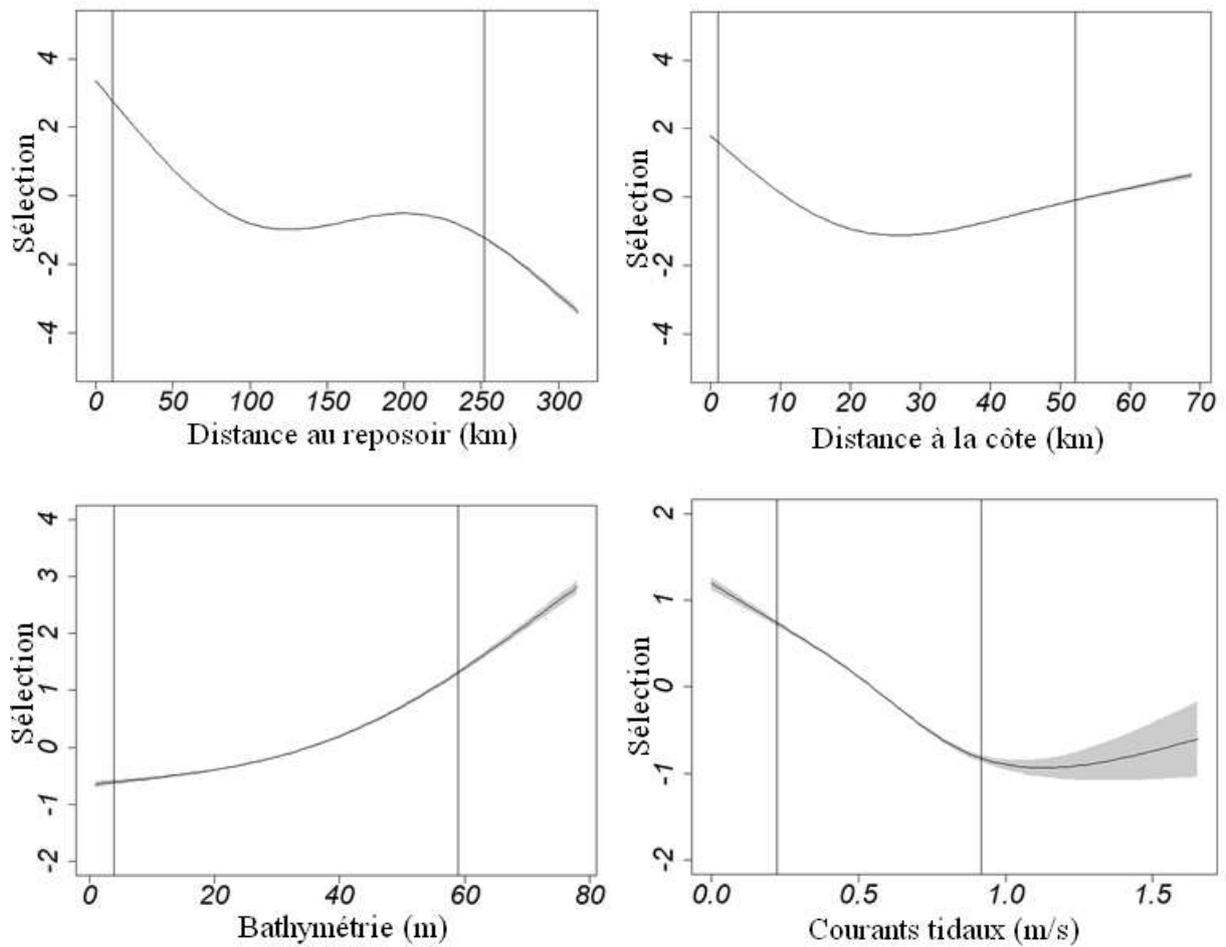


Figure A32 : Courbes de tendance issues du modèle mixte (GAMM) pour la distance au dernier reposoir utilisé, la distance à la côte, la bathymétrie (profondeur du fond disponible) et la vitesse du courant de marée pour l'analyse des zones de chasse des **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en 2012.

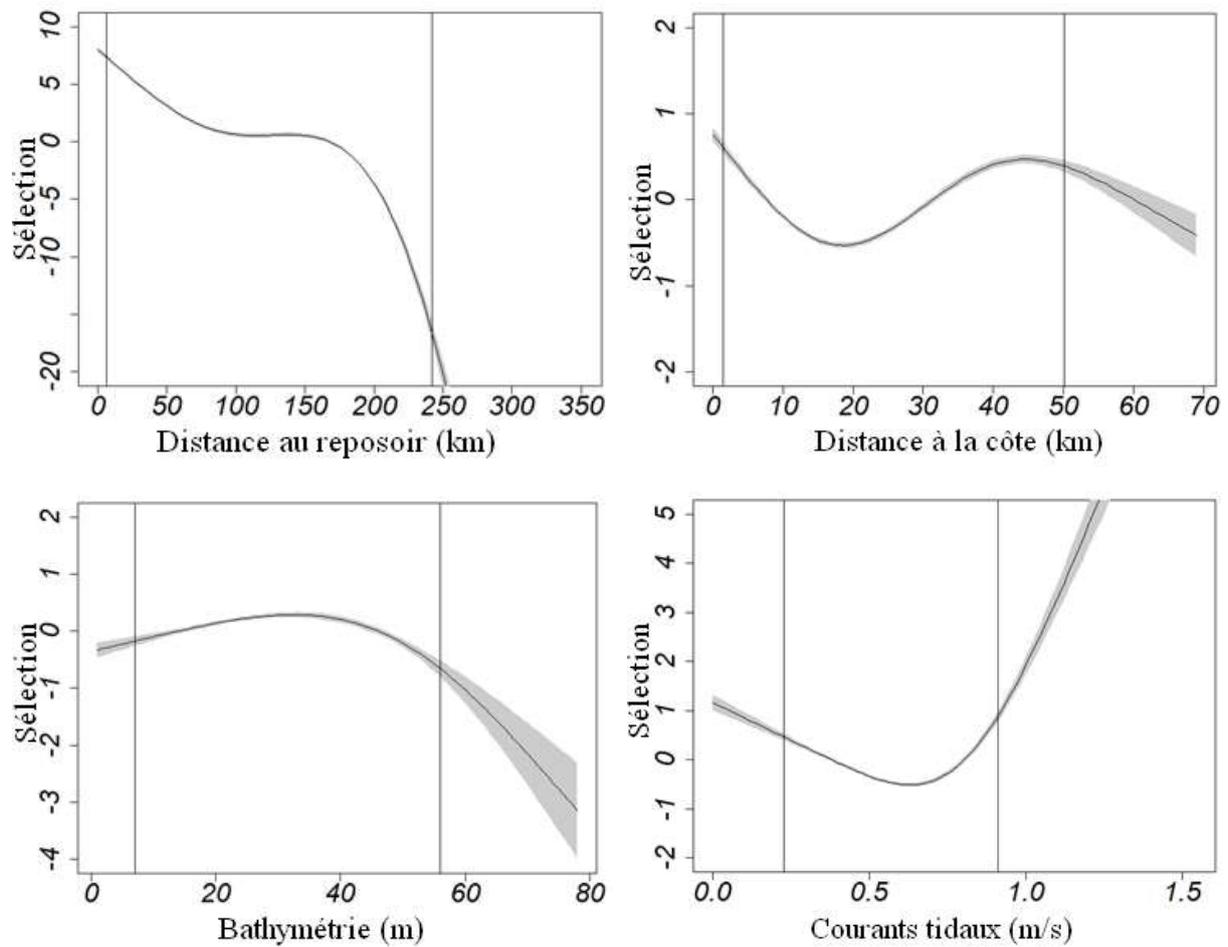


Figure A33 : Courbes de tendance issues du modèle mixte (GAMM) pour la distance au dernier reposoir utilisé, la distance à la côte, la bathymétrie (profondeur du fond disponible) et la vitesse du courant de marée pour l'analyse des zones de chasse des **phoques gris** suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie de Somme en **2019**.