

Suivi télémétrique des phoques veaux-marins de la baie des Veys (mesure de suivi Su11 du projet de parc éolien en mer du Calvados)

-

Etat de référence



Vincent, C. & Elder, J.-F.

CEBC/EOC – contrat n°4500106894

Janvier 2022



Suivi télémétrique des phoques veaux-marins de la baie des Veys (mesure de suivi Su11 du projet de parc éolien en mer du Calvados) - Etat de référence.

Vincent, C.¹ & Elder, J.-F.²

¹CEBC, UMR 7372 CNRS/La Rochelle Université, 5 Allée de l'Océan, 17 000 La Rochelle

²Réserve Naturelle Nationale du Domaine de Beauguillot, 3 village Ponts d'Ouve, Saint-Côme-du-Mont, 50 500 Carentan-les-Marais

Citation :

Vincent, C. & Elder, J.-F. 2022. Suivi télémétrique des phoques veaux-marins de la baie des Veys (mesure de suivi Su11) du projet de parc éolien en mer du Calvados – Etat de référence. Contrat CEBC/Eoliennes Offshore Calvados n°4500106894. 44 PP.

Table des matières

Résumé.....	3
Abstract (<i>English</i>)	4
Contexte et objectifs des suivis.....	5
Méthodologie.....	6
Caractéristiques des phoques suivis	10
Cartes des déplacements des phoques.....	12
Localisations des repos à sec.....	17
Localisations des zones de chasse.....	19
Domaines vitaux.....	22
Rythmes d'activité des phoques	23
Discussion.....	29
Représentativité des données obtenues.....	29
Déplacements en mer et zones de chasse	30
Zones de repos à terre	33
Rythmes d'activité.....	34
Conclusion et recommandations.....	36
Remerciements	37
Références bibliographiques.....	38
Annexe.....	43

Résumé

Le projet de parc éolien en mer du Calvados est situé à une quarantaine de kilomètres de la baie des Veys, qui héberge la seconde colonie de phoques veaux-marins (*phoca vitulina*) de France métropolitaine (après la baie de Somme) en termes d'effectifs. Les objectifs du présent projet sont d'établir l'état de référence des déplacements en mer, des zones de chasse et des rythmes d'activité de 14 phoques veaux-marins capturés en baie des Veys et équipés de balises GPS/GSM, avant les travaux de construction des éoliennes en mer. Les phoques, majoritairement des mâles adultes, ont été suivis pendant 102 ± 36 jours en moyenne entre octobre 2020 et juillet 2021. Ils ont passé une grande partie de leur temps de suivi en baie des Veys, mais se sont également déplacés jusqu'à un peu plus d'une soixantaine de kilomètres à l'Est (peu avant l'embouchure de la baie de l'Orne), à près de 70 km à l'Ouest (en rade de Cherbourg), et jusqu'à 26.5 km des côtes en mer. Les localisations en mer sont majoritairement (99.87%) situées en dehors de la zone du parc éolien. Elles sont par ailleurs 8.2% à moins de 10 km du projet de parc, 15.7% à moins de 15 km, 18.7% à moins de 20 km, 22.5% à moins de 25 km, 27.9% à moins de 30 km, 37.1% à moins de 35 km, 70.0% à moins de 40 km et 92.5% à moins de 45 km. La modélisation de la propagation du son et l'enregistrement des niveaux sonores provoqués par les travaux en mer seront nécessaires pour établir les distances auxquelles ces nuisances sonores pourraient avoir des répercussions sur le comportement ou la physiologie des phoques. Par ailleurs un quart des localisations en mer de l'ensemble des phoques est situé dans une bande très côtière de seulement 2 km de large, et près de la moitié (49.1%) est située à moins de 7 km de la côte la plus proche (îles Saint-Marcouf incluses). Les zones de chasse probables des phoques ont été identifiées, principalement en baie des Veys mais également, entre autres, le long de la côte à Arromanches-les-Bains ou à Courseulles-sur-Mer, à 11 km du projet de parc éolien, et en mer sur des épaves situées à 8-20 km du futur parc éolien (1.5 km pour les plus proches). Pour le repos à terre, les phoques ont très majoritairement privilégié la baie des Veys, sur les reposoirs de basse mer ou de haute mer, mais deux d'entre eux se sont également reposés à terre entre Luc-sur-Mer et Arromanches-les-Bains, et d'autres plus à l'ouest de la baie des Veys ou autour des îles Saint-Marcouf. Les phoques ont passé en moyenne 23.3% de leur temps total de suivi à sec, 34.6% de leur temps dans l'eau en surface (à moins de 1.2m de profondeur) et 42.1% de leur temps en plongée (sous le seuil de 1.2m de profondeur). Les périodes de repos à terre sont très influencées par le rythme des marées, avec des temps cumulés passé à sec plus importants entre 2 heures avant et 2 heures après la basse mer, et dans une moindre mesure 2 heures avant et après la pleine mer. Ils se sont également posés à terre préférentiellement en milieu de journée (entre 10h et 16h UTC). Inversement, les plongées de chasse sont majoritairement nocturnes, entre 20h et 6 ou 7h UTC. Si la marée a semblé influencer légèrement le rythme de chasse certains individus, elle n'a eu qu'une influence mineure sur cette activité pour la plupart des autres. Les données télémétriques obtenues sur plusieurs mois de suivi ont souligné que les phoques, particulièrement à l'âge adulte, retournaient souvent de façon répétée sur les mêmes zones de chasse et les mêmes zones de repos à sec. L'aspect routinier et répétitif de leurs déplacements leur permet d'accéder plus facilement à des ressources prévisibles, mais les rend plus sensibles au dérangement, s'ils doivent changer cette routine. Ces suivis télémétriques doivent être complétés par des recensements réguliers de la colonie et par le suivi du régime alimentaire des phoques pour estimer de façon pertinente l'impact du projet éolien en mer. Les résultats décrits dans la présente étude constituent l'état de référence auquel seront comparés les futurs suivis télémétriques réalisés sur le même nombre de phoques veaux-marins en baie des Veys, au moment des travaux de construction des éoliennes en mer du Calvados.

Abstract (English)

The project of the Calvados offshore wind farm is located about 40 km away from Baie des Veys, the second largest harbour seal (*Phoca vitulina*) colony in mainland France. The aims of this study are to assess the baseline of seal movements, foraging areas and activity rhythm from 14 harbour seals fitted with GPS/GSM tags, before the construction of the offshore wind farm. The (mainly adult male) seals were tracked for 102 ± 36 days on average, between October 2020 and July 2021. They spent most of their tracking time in Baie des Veys, but also moved up to 60 km away eastwards (close to the estuary of the baie de l'Orne), and nearly 70 km westward (to the rade de Cherbourg), then up to 26.5 km at sea. Virtually all at-sea locations (99.87%) were outside the perimeter of the future wind farm area. Outside this perimeter, 8.2% of these at-sea locations were within 10 km of the construction site, 15.7% within 15 km, 18.7% within 20 km, 22.5% within 25 km, 27.9% within 30 km, 37.1% within 35 km, 70.0% within 40 km and 92.5% within 45 km. Modelling the sound propagation in the study area (baie de Seine) and recording the noise level during the construction will be necessary in order to assess the distances from which this sound exposure may affect the seals physiologically or behaviourally. One quarter of all at-sea locations were very coastal, within 2 km of the coastline, and nearly half (49.1%) lied within 7 km from the nearest coast (Saint-Marcouf islands included). The seals' foraging areas were mostly identified in the baie des Veys. Some other foraging areas were highlighted further East, along the coast at Arromanches-les-Bains or Courseulles, 11 km away from the wind farm project, and some individual foraging areas were located offshore at sea, especially on shipwrecks located 8-20 km from the wind farm (1.5 km for the nearest distance). Seals hauled out in baie des Veys most of the time, either on low tide or high tide haulout sites. Two of the seals also hauled out further East, along the coast between Luc-sur-Mer and Arromanches-les-Bains, and others hauled out further West or around the Saint-Marcouf islands. Seals spent on average 23.3% of their tracking time hauled out, 34.6% at the surface (less than 1.2m deep) and 42.1% diving (below this -1.2m threshold). Haulout frequency was highly influenced by the tidal cycle, with a cumulative time spent hauled out maximum from 2 hours before low tide to 2 hours after, and to a lesser extent 2 hours before and after high tide. The seals also hauled out more during the day, from 10am to 4 pm UTC. Conversely, seals performed foraging dive mostly at night, between 8pm and 6-7am (UTC). The tide slightly influenced the foraging behaviour of some individuals, but did not seem to drive most of the others' feeding behaviour. The tracking data obtained in the present study during several months highlighted that the seals, especially while adult, are quite faithful to their foraging and haulout areas. This routine use of preferred feeding and resting areas may allow them to target predictable resources, but it may as well make them more sensitive to disturbance. Such telemetry studies should be completed by regular censuses and monitoring of the seals' diet in order to fully understand the potential impact of an offshore wind farm project. The results described here constitute the baseline for the future comparison to new tracking of 14 harbour seals from baie des Veys during the Calvados offshore wind farm construction phase.

Contexte et objectifs des suivis

Le phoque veau-marin (*Phoca vitulina*) est une espèce protégée en France, où il est en limite méridionale de son aire de répartition en Atlantique Nord-Est (Hassani *et al.* 2010). Bien que les effectifs recensés le long des côtes de la Manche soient en augmentation ces dernières années (Poncet *et al.* 2021), plusieurs menaces potentielles pèsent sur cette espèce, des épizooties (Brasseur *et al.* 2017b) aux captures accidentelles dans les pêcheries (Luck *et al.* 2019) ou autres interactions avec les activités humaines (Newcomb *et al.* 2021), et plus largement les changements climatiques globaux (Blanchet *et al.* 2021).

Dans un proche avenir, de nouvelles activités potentiellement impactantes vont apparaître avec la construction de plusieurs parcs éoliens en mer, notamment en Manche Est¹ où le phoque veau-marin est principalement présent. De nombreux auteurs ont souligné l'importance de la prise en compte des effets cumulés des impacts de ces nouvelles activités humaines, venant s'ajouter à celles déjà existantes (e.g. synthèse par Bailey *et al.* 2014). L'approche privilégiée est celle de l'estimation des conséquences du dérangement à l'échelle des populations (Keen *et al.* 2021). Dans le cas des mammifères marins et tout particulièrement des phoques veaux-marins, les premiers types de données à acquérir sont le suivi régulier des effectifs sur les colonies à terre, et le suivi individuel en mer par télémétrie (Thompson *et al.* 2013). Historiquement, les premiers suivis télémétriques réalisés dans le cadre d'études d'impact de projets de constructions éoliennes en mer ont été des suivis satellitaires, mais ces balises ont rapidement montré les limites de la résolution spatiale et de la fréquence des localisations obtenues, pas toujours adaptées à la fine échelle spatiale nécessaire à de telles études (Tougaard *et al.* 2003). Depuis 2012, la quasi-totalité des suivis télémétriques de phoques réalisés dans le cadre de projets éoliens en mer consistent en un déploiement de balises GPS/GSM (McConnell *et al.* 2012, Russell *et al.* 2014, Kirkwood *et al.* 2015, Hastie *et al.* 2016, Brasseur *et al.* 2017a, Whyte *et al.* 2020).

La **baie des Veys** abrite l'une des principales colonies de cette espèce en France, la 2^{ème} en termes d'effectifs en métropole, après celle de la baie de Somme (Elder 2006, Poncet *et al.* 2021). En 2021, un maximum de 254 phoques veaux marins a été enregistré en baie des Veys, pour 76 naissances (Elder *et al.* 2021). Dans cette baie, les reposoirs des phoques sont situés à environ une quarantaine de kilomètres du projet de **parc éolien en mer du Calvados**, tandis que ceux situés en baie de l'Orne, qui accueillent une vingtaine d'individus, sont à une trentaine de kilomètres. La perspective de la construction puis du fonctionnement de ces éoliennes en mer, confiés à la société EOC (Eoliennes Offshore du Calvados), a fait l'objet d'une étude d'impact soumise à l'approbation des services de l'état : l'arrêté d'autorisation N°60 du 10 juin 2016 permet le développement, la construction et l'exploitation de ce parc. Une mesure de suivi de ces opérations sur la population de phoques de la baie des Veys est mise en place, selon une approche *B.A.C.I* (Before-After-Impact-Control ; Brasseur *et al.* 2017a). Le présent projet consiste à capturer des phoques veaux-marins dans cette colonie et à les équiper de balises GPS/GSM pour suivre leurs localisations et comportement pendant plusieurs mois. Ces données, obtenues en 2020/2021 soit environ 2 ans avant la date probable de début des travaux de construction des éoliennes en mer, doivent permettre d'établir l'**état de référence** qui sera ensuite comparé aux résultats obtenus selon une méthode similaire pendant la période de construction, puis pendant la phase opérationnelle.

¹ https://www.ecologie.gouv.fr/eolien-en-mer-0#scroll-nav__2

Un premier suivi télémétrique GPS/GSM de 12 phoques avait été conduit en baie des Veys en 2007-2009 (Vincent *et al.* 2010a). Il avait permis de décrire pour la première fois sur ce site les déplacements en mer, et l'utilisation de l'espace et des ressources marines par les phoques (Figure 1). Ces données datant néanmoins d'une douzaine d'années, il était nécessaire de les actualiser.

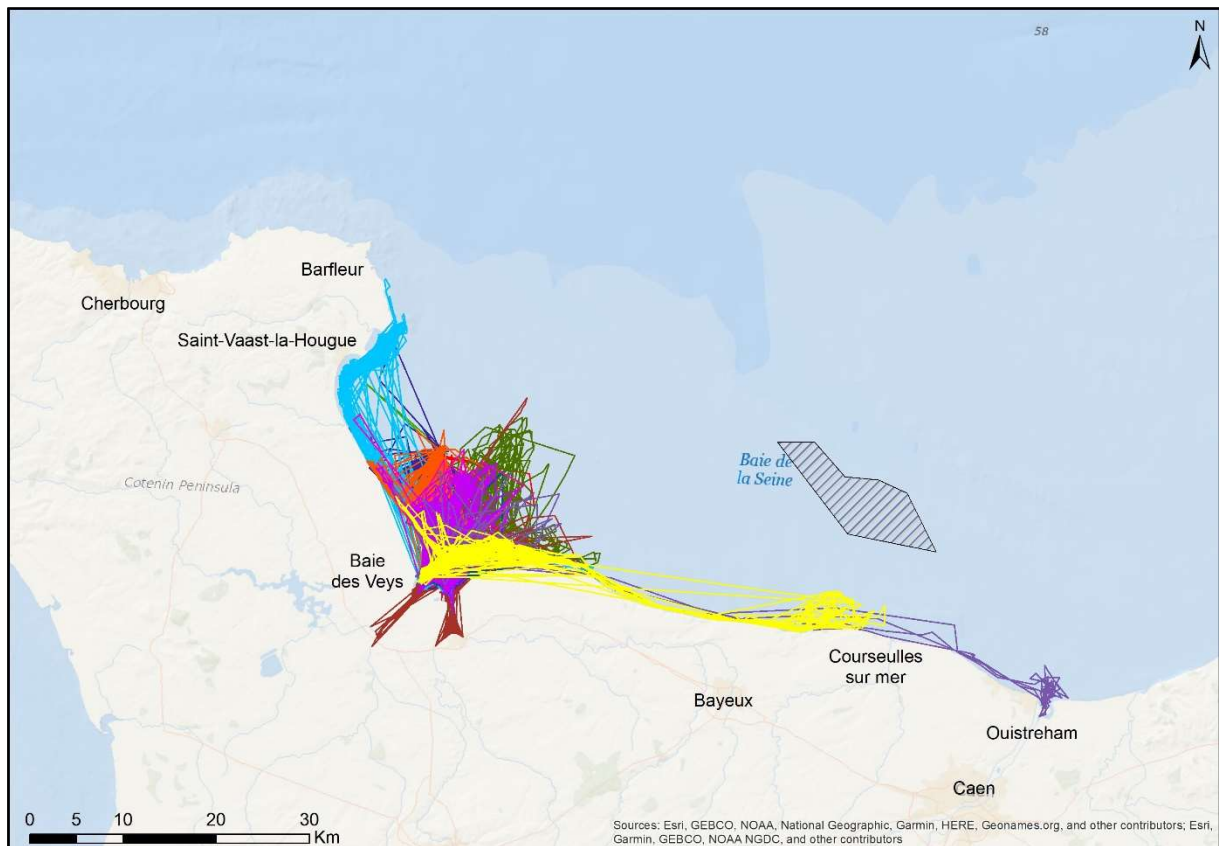


Figure 1 : Carte des déplacements de 12 phoques veaux-marins équipés de balises GPS/GSM en baie des Veys en 2007 et 2008. Chaque couleur représente un individu différent. (Source : Vincent *et al.* 2010a). L'emplacement du futur parc éolien en mer du Calvados est également indiqué pour information.

Les objectifs du présent projet sont de décrire les **déplacements en mer** de 14 phoques veaux-marins capturés en baie des Veys et équipés de balises GPS/GSM, d'identifier leurs **zones de chasse** et de décrire leurs **rythmes d'activités**. Ces résultats constituent l'**état de référence** auquel les suivis télémétriques réalisés ultérieurement pendant la phase de travaux de construction des éoliennes en mer (puis en phase d'exploitation) seront comparés afin de détecter et si possible détecter et quantifier d'éventuels impacts de ces activités sur le comportement des phoques.

Méthodologie

Les phoques sont capturés sur autorisations ministérielles relatives à l'expérimentation animale (ministère en charge de la Recherche) et à la capture d'espèces protégées (ministère en charge de l'Environnement), et après avis favorable émis par le comité consultatif de gestion de la Réserve Naturelle Nationale du Domaine de Beauguillot. Les captures ont lieu en baie des Veys, sur les dépôts de haute mer des phoques veaux marins situés sur les vasières intertidales et les prés salés.

Des filets sont déployés à marée descendante au travers des chenaux découverts de façon à empêcher le départ en mer des phoques posés à sec en amont à marée haute. Une fois le niveau d'eau suffisamment bas, les phoques sont capturés individuellement à l'aide de filets en forme de grande poche (« *hoopnets* »). Une fois capturés, les animaux sont hissés à terre (en bordure des chenaux) 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 (Figure 2). Quelques prélèvements sont également effectués, dont des prélèvements de sang et des vibrisses qui permettront des analyses biologiques ultérieures. Une bague numérotée est fixée dans la palmure arrière de chaque individu pour sa reconnaissance à long terme, au-delà de la durée du suivi télémétrique (en cas d'échouage principalement).



Figure 2 : Balises GPS/GSM collées à l'arrière de la tête d'un phoque veau-marin en baie des Veys, octobre 2020 (photo Yann Planque, La Rochelle Université).

Les balises utilisées sont des balises GPS/GSM² développées par le *Sea Mammal Research Unit* (SMRU - 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 accéléromètre 3D, un enregistreur de température et un enregistreur d'événements de repos à sec (Tableau 1). 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 données d'accélérométrie sont traitées à bord de la balise afin de calculer quelques paramètres représentatifs du comportement de l'animal, qui sont ensuite transmises avec les autres données via le réseau GSM (les données brutes d'accélération sont trop lourdes pour être transmises en continu). En particulier, 3 paramètres sont estimés, pour chacune des trois phases de plongée (descente, phase de fond puis remontée) : les accélérations soudaines caractéristiques des tentatives de captures de proies (Ydesen *et al.* 2014), l'effort de nage, et l'orientation de la tête du phoque. Ces paramètres sont particulièrement utilisés pour identifier le comportement et donc les zones de chasse des phoques.

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

Tableau 1 : Principales informations apportées par les balises Fastloc GPS GSM (SMRU) sur les déplacements et le comportement des phoques (hors informations diagnostiques sur la balise).

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

Les domaines vitaux peuvent être mesurés de plusieurs façons à partir des données de localisation obtenues dans les suivis télémétriques, notamment de Phocidés (e.g. Björge *et al.* 2002, Breed *et al.* 2006, Curtice *et al.* 2011, Dietz *et al.* 2013, Oksanen *et al.* 2014). Les méthodes les plus couramment utilisées sont le calcul des densités de Kernel à 95% des localisations des phoques, ou le calcul de la surface du *Minimum Convex Polygon* (MCP). Dans les deux cas, ces calculs sont basés sur l'ensemble des localisations obtenues, ou exclusivement à partir des localisations obtenues en mer (principalement pour les densités de Kernel), de façon à ne pas sur-représenter les zones utilisées pour le repos à sec, compte tenu du plus grand nombre de transmissions de la balise obtenu lorsque le phoque ne plonge pas. Enfin, les zones centrales de chasse (« *core area* ») sont classiquement identifiées et leur surface mesurée à partir des densités de Kernel à 50%. Dans la présente étude, nous avons choisi de présenter ces différentes mesures (MCP à partir de toutes les localisations, densités de Kernel à partir des localisations en mer et à partir des localisations des plongées probables de chasse), de façon à ce qu'elles puissent être comparées aux différentes données disponibles dans la littérature sur les phoques veaux-marins. Pour les MCP, compte tenu de la configuration particulière de la région, les surfaces ont été calculées intégralement, ou en prélevant les surfaces superposées à des zones terrestres (non marines), logiquement non accessibles aux phoques.

Caractéristiques des phoques suivis

Les opérations de capture ont permis d'équiper 7 phoques veaux-marins de balises GPS/GSM en octobre 2020, puis 7 autres en mars 2021, comme prévu initialement (Tableau 2). Une telle répartition des captures en 2 opérations distinctes a permis de réduire le dérangement ponctuel de la colonie sur une même marée, et d'obtenir des données sur des saisons distinctes (la durée de fonctionnement des balises ou du maintien de ces balises sur le poil des phoques ne permettant pas toujours de tenir jusqu'à la mue suivante ; cf. Figure 3).

Tableau 2 : Mesures morphométriques et durée des suivis téléométriques de 14 phoques veaux-marins capturés en baie des Veys en octobre 2020 puis mars 2021, et suivis par balises GPS/GSM.

Date capture	Phoque	Sexe	Masse corporelle (kg)	Longueur totale (cm)	Périmètre thoracique (cm)	N° bague	N° balise GPS/GSM	Date fin de suivi	Durée suivi (jours)
13/10/2020	V13	M	83	145	110	51 blanc	hg72-123-19	22/03/2021	160
14/10/2020	V14	M	89	154	104	53 blanc	hg72-358-20	10/03/2021	147
14/10/2020	V15	M	80	151	103	55 blanc	hg72-357-20	10/12/2020	56
14/10/2020	V16	M	58	145	97	56 blanc	hg72-355-20	08/12/2020	55
14/10/2020	V17	M	83	152	105	57 blanc	hg72-363-20	28/11/2020	45
14/10/2020	V18	M	48	127	-	-	hg72-356-20	15/02/2021	124
14/10/2020	V19	M	85	156	99	58 blanc	hg72-364-20	31/12/2020	78
10/03/2021	V20	M	128	155	129	65 blanc	hg72-367-20	25/06/2021	107
10/03/2021	V21	M	104	150	118	64 blanc	hg72-361-20	31/05/2021	82
10/03/2021	V22	M	94	151	111	63 blanc	hg72-359-20	04/07/2021	116
10/03/2021	V23	M	100	-	121	62 blanc	hg72-362-20	13/07/2021	125
10/03/2021	V24	M	105	168	-	-	hg72-360-20	08/07/2021	120
10/03/2021	V25	M	83	144	110	60 blanc	hg72-366-20	04/06/2021	86
11/03/2021	V26	M	100	154	115	59 blanc	hg72-365-20	21/07/2021	132

Tous les phoques capturés sont des mâles. La plupart sont adultes ou sub-adultes, à l'exception du phoque V18, qui est probablement âgé de 2 à 4 ans environ (Markussen *et al.* 1989, Härkönen & Heide-Jørgensen 1990). Deux phoques n'ont pas pu être bagués en raison de leur réveil trop rapide (V18 et V24). Deux autres phoques avaient été capturés mais ont été relâchés immédiatement, l'un en raison de sa trop petite taille, l'autre, adulte, en raison d'un poil de mauvaise qualité pouvant entraver le collage de la balise.

Les phoques ont été suivis pendant 102 ± 36 jours en moyenne (Tableau 2). Les balises ont enregistré plusieurs dizaines de milliers de plongées par phoque, soit environ 275 plongées par phoque et par jour en moyenne (Tableau 3). Elles ont également enregistré la quasi-totalité des événements de repos à sec des phoques, et transmis 46 ± 16 localisations Fastloc GPS par jour et par phoque en moyenne (Tableau 3).

Tableau 3 : Quantité de données individuelles obtenues à partir des 14 balises GPS/GSM déployées sur les phoques veaux-marins en baie des Veys (2020/2021).

Phoque	Plongées	Repos à sec	Localisations GPS
V13	41854	411	4760
V14	49404	257	4198
V15	17963	135	1856
V16	20599	99	3293
V17	11770	47	1050
V18	41101	261	4475
V19	26266	141	2481
V20	25866	211	5018
V21	18612	184	3698
V22	20755	235	6937
V23	22763	247	7392
V24	30114	247	9339
V25	23987	157	3688
V26	35142	253	8195

La répartition des poses de balises sur deux opérations au cours de l’hiver 2020/2021 a permis d’avoir des données continues sur au moins un individu d’octobre à juillet (Figure 3). Les phoques veaux-marins ne peuvent pas être suivis par balises entre fin juillet et septembre en raison de leur mue annuelle (la balise étant collée sur le poil).

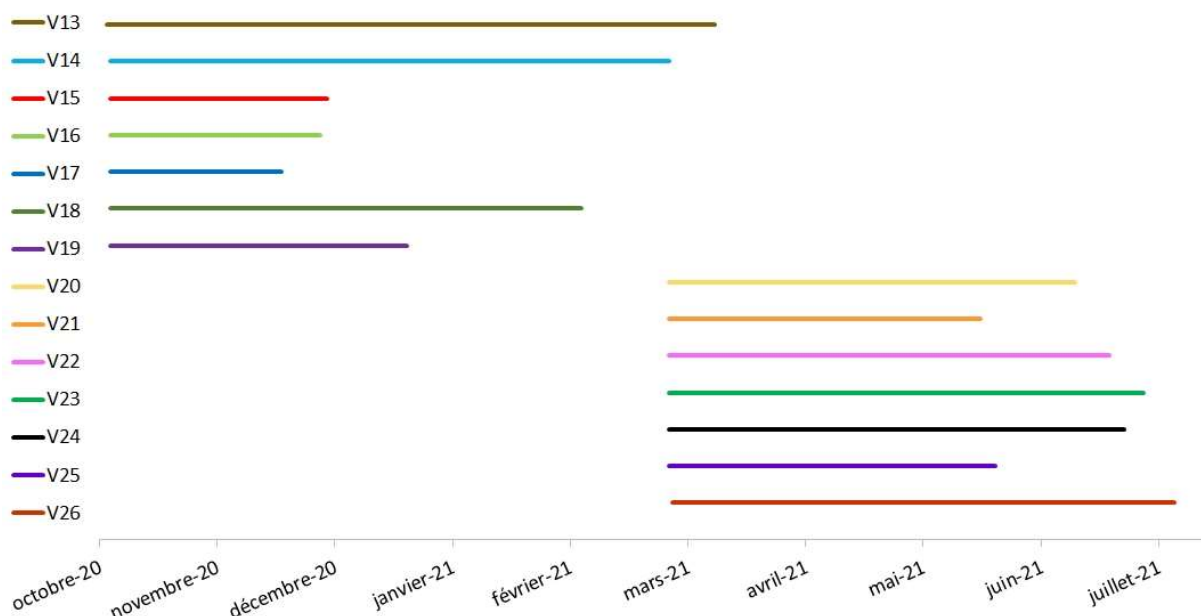


Figure 3 : Périodes des durées de suivi des 14 phoques veaux-marins équipés de balises GPS/GSM en baie des Veys au cours des opérations de captures organisées en octobre 2020 et mars 2021.

Cartes des déplacements des phoques

La Figure 4 présente les déplacements des phoques à partir de la baie des Veys, où ils ont été capturés. Au cours des quelques mois de suivis, ils ont été localisés jusqu'à un peu plus d'une soixantaine de kilomètres à l'Est (peu avant l'embouchure de la baie de l'Orne), et près de 70 km à l'Ouest pour le phoque qui s'est rendu à plusieurs reprises dans la rade de Cherbourg (V18, Figure 5). La plupart des localisations obtenues sont concentrées en baie de Seine occidentale, entre Grandcamp-Maisy et Barfleur, et plus particulièrement dans et au large de la baie des Veys. Les cartes individuelles permettent de souligner la fidélité des phoques aux zones fréquentées souvent de façon répétée pendant plusieurs mois (Figure 5). Ceci est particulièrement vrai pour les phoques mâles adultes âgés (et suivis pendant plus de 2 mois), tels que V14, V19, V20, V21, V24 ou V26. Le jeune phoque V18, seul juvénile suivi par balise GPS/GSM lors de ce projet, est celui qui a effectué les déplacements les plus irréguliers en termes de superposition successives des trajets en mer, et de prospection de nouvelles zones en mer.

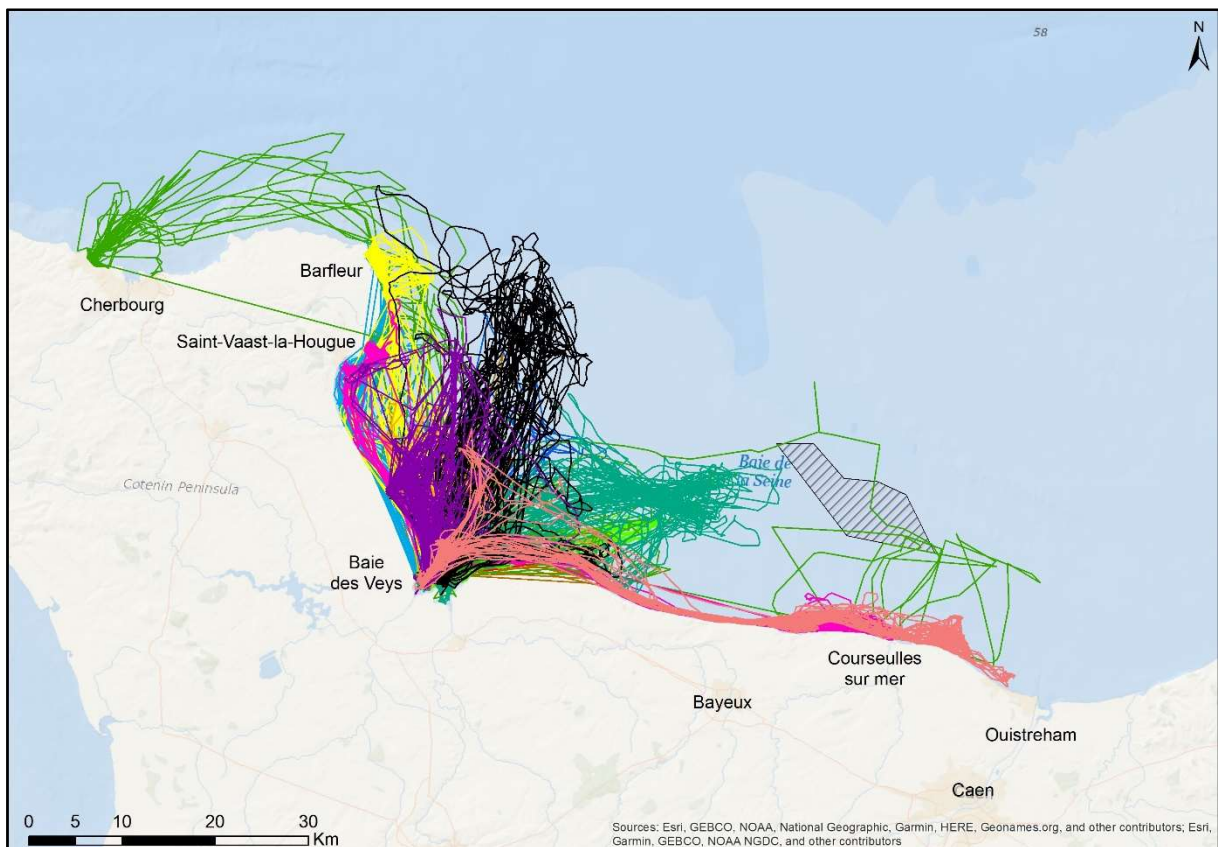


Figure 4 : Carte des déplacements des 14 phoques veaux-marins équipés de balises GPS/GSM en baie des Veys en 2020/2021. Chaque couleur représente un individu (les cartes individuelles sont présentées séparément en Figure 5). L'emplacement du projet de parc éolien en mer est indiqué sur la carte.

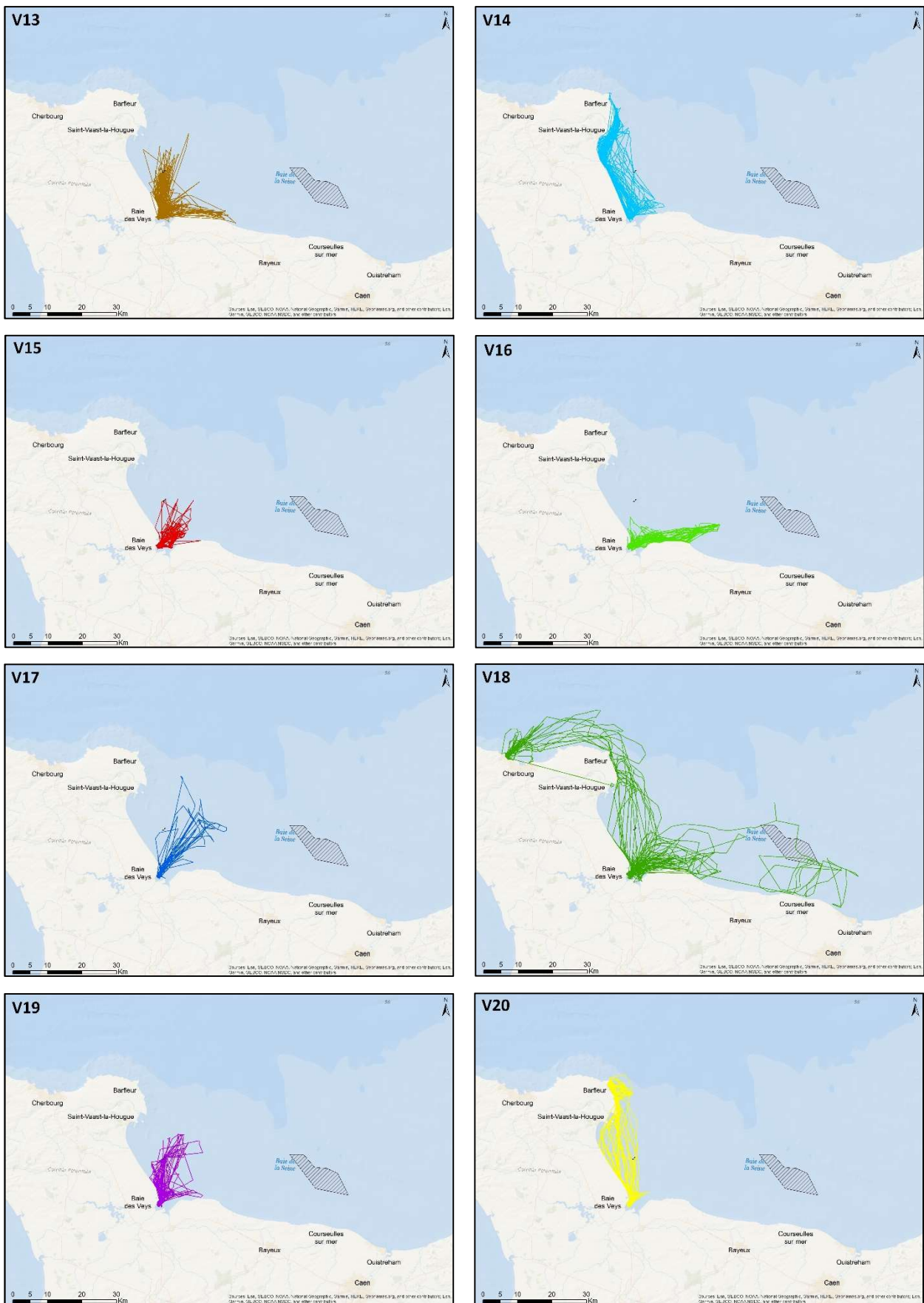


Figure 5 : Cartes individuelles des déplacements des phoques équipés de balises GPS/GSM.

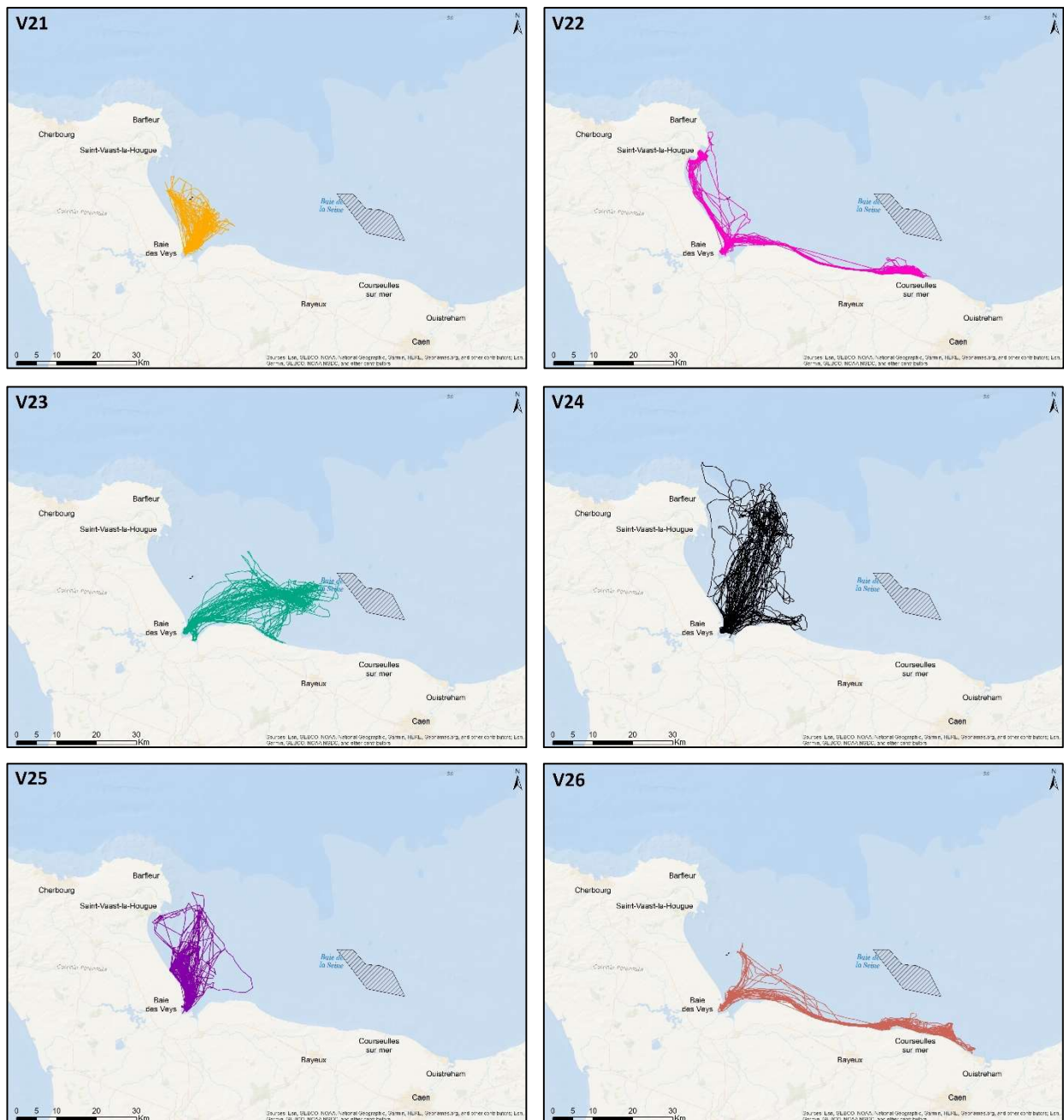


Figure 5 (suite) : Cartes individuelles des déplacements des phoques équipés de balises GPS/GSM.

Seul le jeune phoque V18 s'est brièvement déplacé à l'intérieur du périmètre du projet de parc éolien du Calvados : ce sont au total 11 localisations GPS qui ont été enregistrées dans ce périmètre, soit moins de 0.017% de toutes les localisations des 14 phoques suivis. Sa première incursion dans ce périmètre a eu lieu le 10/02/2021 (de nuit), pendant une durée d'au moins 3h (difficile à estimer avec précision en raison du manque de localisations GPS les heures précédant la première localisation identifiée dans cette zone), la seconde est identifiée par une localisation unique lors d'un autre trajet la nuit suivante, et la 3^{ème} lors d'un autre trajet nocturne en mer entre le 13 et 14/02/2021 (pour une durée minimale de 3 heures). La dernière émission de la balise de ce phoque datant du 15/02/2021, il n'est pas possible de déterminer s'il a continué à fréquenter cette zone les nuits suivantes.

Outre ces 11 localisations GPS du phoque V18 situées à l'intérieur du périmètre du projet de parc éolien, seules 0.13% de toutes les localisations GPS en mer obtenues l'ont été dans un périmètre de 0 à 5 km du projet de parc (Figure 6). Une majorité des localisations a été obtenue à une distance d'environ 35-45 km du parc, ce qui correspond à la baie des Veys. Ce sont néanmoins 8.2% des localisations en mer qui ont été enregistrées à moins de 10 km du projet de parc, 15.7% à moins de 15km, 18.7% à moins de 20 km, 22.5% à moins de 25 km, 27.9% à moins de 30 km, 37.1% à moins de 35 km, 70.0% à moins de 40 km et 92.5% à moins de 45 km (Figure 6).

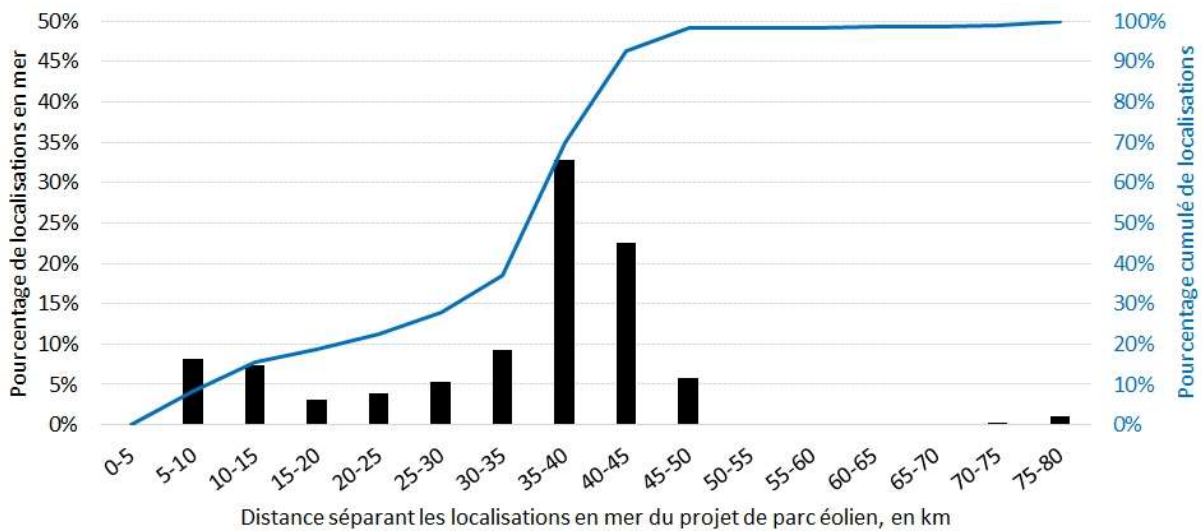


Figure 6 : Distribution des distances séparant chaque localisation en mer des phoques suivis par balise du périmètre du projet de parc éolien en mer du Calvados (distance la plus proche). Les histogrammes indiquent le pourcentage de localisations dans chaque classe de distances (échelle de gauche, en noir) tandis que la courbe superposée indique le pourcentage cumulé entre les distances de 0 à plus de 80 km (échelle de droite, en bleu).

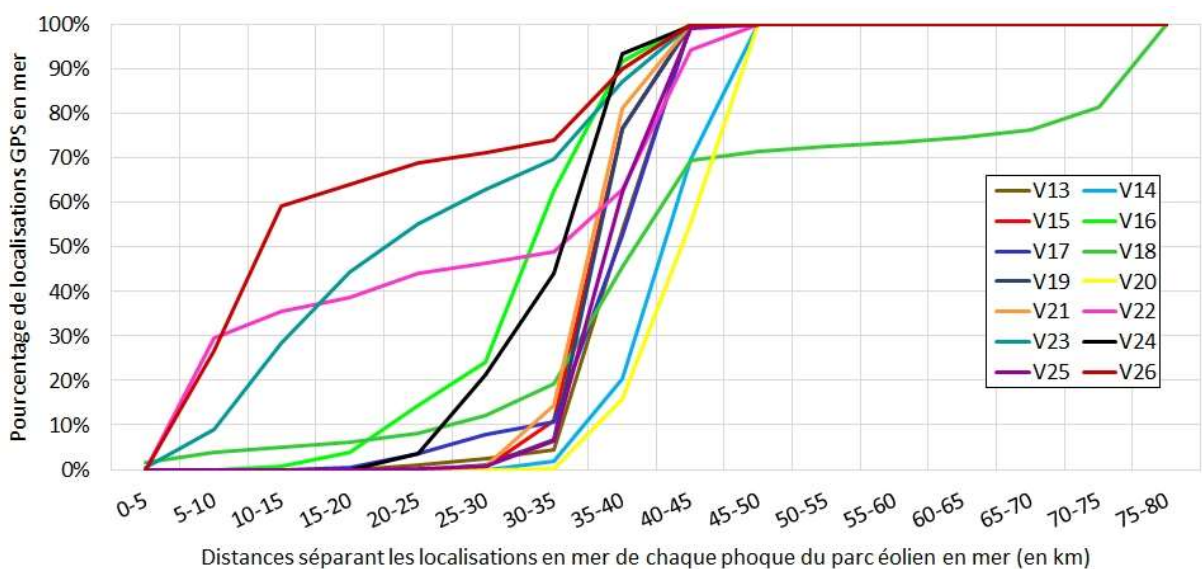


Figure 7 : Pourcentage cumulé de localisations GPS individuelles en mer, situées à une distance croissante du périmètre du projet de parc éolien en mer du Calvados (distance la plus proche, par classe de 5 km).

Le pourcentage de temps cumulé passé à une certaine distance du périmètre du parc éolien en mer, ici estimé à partir de la proportion de localisations en mer, est néanmoins variable selon les individus. Certains phoques, comme V26, ont passé plus de la moitié de leur temps en mer à moins de 15 km du site de construction des éoliennes (59.2%, cf. Figure 7) ; d'autres comme V23 ont passé un peu moins de la moitié du temps en mer à moins de 20 km (44.5%, cf. Figure 7). Le détail des pourcentages individuels de localisations obtenues à des distances croissantes de la zone du parc éolien est disponible en Annexe (Tableau 5).

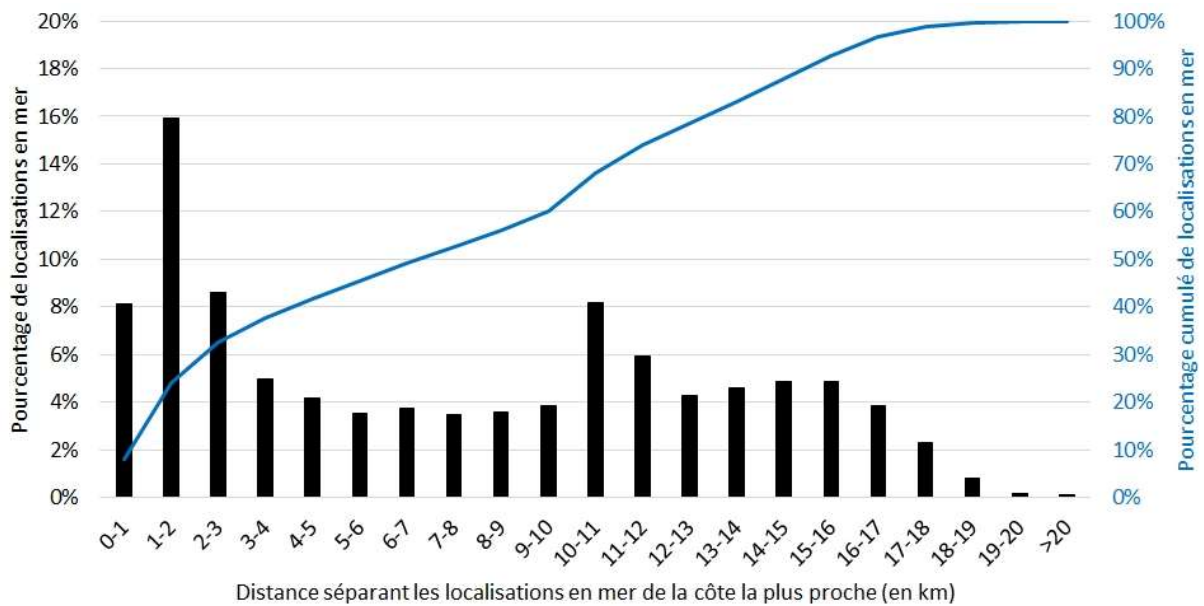


Figure 8 : Distribution des distances séparant chaque localisation en mer des phoques suivis par balise de la côte la plus proche. Les histogrammes indiquent le pourcentage de localisations dans chaque classe de distances (échelle de gauche, en noir) tandis que la courbe superposée indique le pourcentage cumulé entre les distances de 0 à plus de 20 km (échelle de droite, en bleu).

Outre la distance au site de construction des éoliennes en mer, la distribution des distances à la côte de chacune des localisations GPS en mer a également été calculée (Figure 8). Un quart des localisations en mer de l'ensemble des phoques sont situées dans une bande très côtière de seulement 2 km de large, et près de la moitié (49.1%) est située à moins de 7 km de la côte la plus proche (îles Saint-Marcouf incluses). Seules 12.2% des localisations en mer sont distantes de plus de 15 km des côtes, et la distance maximale mesurée est de 26.5 km. Ces statistiques ne tiennent pas compte des localisations des repos à terre, mais bien uniquement des localisations des phoques lorsqu'ils nagent et plongent. Le détail des pourcentages individuels de localisations en mer obtenues à des distances croissantes des côtes est disponible en Annexe (Tableau 6).

Localisations des repos à sec

Tous les phoques ont été capturés sur des reposoirs (de marée haute) en baie des Veys. Néanmoins, plusieurs d'entre eux se sont occasionnellement reposés à sec sur d'autres sites pendant leur suivi téléométrique.

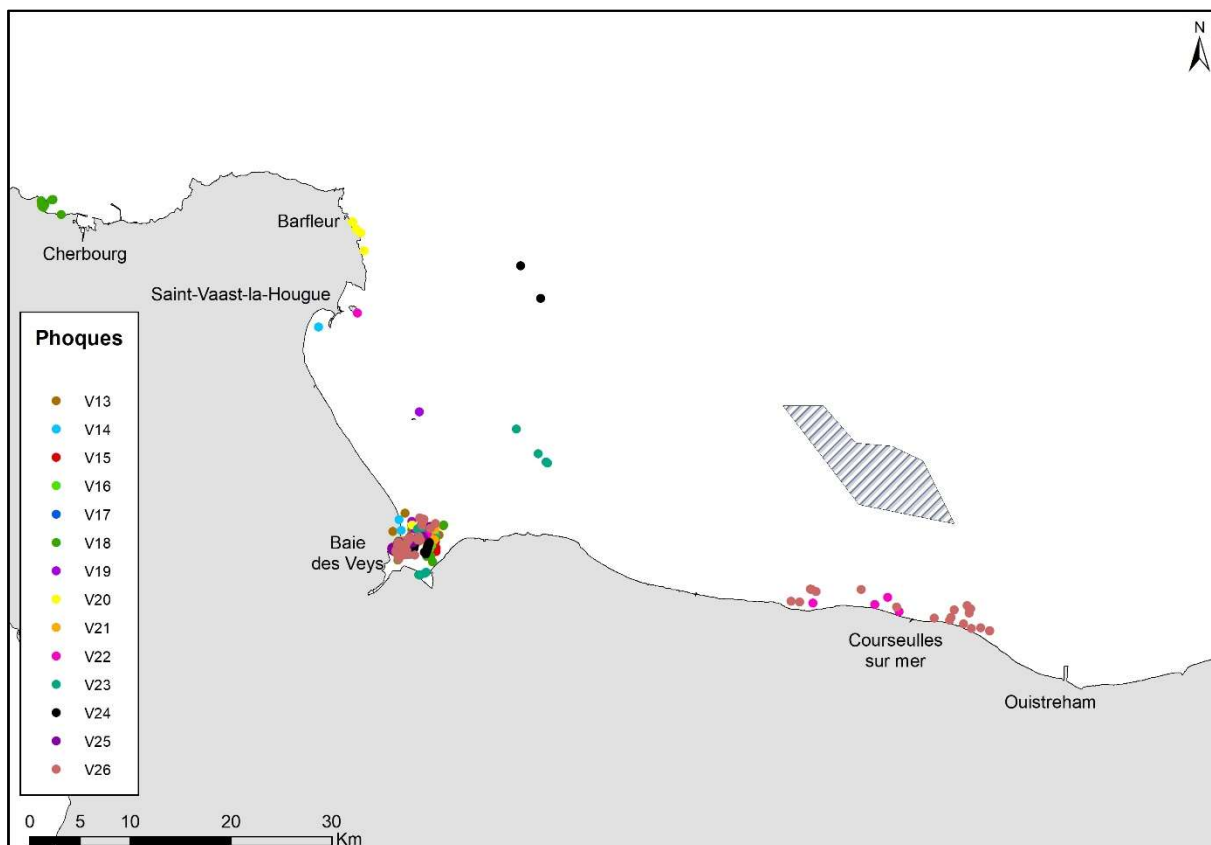


Figure 9 : Localisation des « repos à sec » enregistrés par les balises GPS/GSM des 14 phoques veaux-marins suivis à partir de la baie des Veys. L'emplacement du projet de parc éolien en mer est indiqué sur la carte.

Le jeune phoque V18 s'est rendu à plusieurs reprises dans la rade de Cherbourg, où 15 événements de repos à sec ont été enregistrés, d'octobre à décembre 2020 (Figure 9). Ses repos à terre étaient majoritairement situés sur l'estran de la commune de Querqueville, et dans une moindre mesure à Cherbourg, à proximité. Ces repos à terre ont été réalisés au cours de différents voyages faisant l'aller et retour entre la baie des Veys et la rade de Cherbourg, avant que ce phoque ne passe plus de temps à l'Est de la baie des Veys.

A Barfleur, c'est le phoque V20 qui s'est posé à terre à 6 reprises, au cours de 5 journées différentes réparties entre avril, mai et juin 2021 (Figure 9). Les phoques V14 et V22 se sont posés à sec chacun à une reprise autour de Saint-Vaast-la-Hougue, le premier dans l'anse au sud de la ville, et le second sur l'estran de l'île de Tatihou. Un seul phoque, V19, s'est posé à sec à une occasion autour des îles Saint-Marcouf. Enfin, deux phoques se sont posés régulièrement (4 fois pour V22 et 21 fois pour V26) sur l'estran entre Courseulles-sur-mer et Arromanches-les-bains (Figure 9). Ces zones de repos à sec étaient situées à 8-12 km du périmètre du parc éolien, et ont été utilisées par ces deux phoques en mars-avril pour V22, tous les mois de mars à juillet pour V26. En durée cumulée, cela

représente 0.5% du temps total passé à sec (tout au long du suivi télémétrique) pour le phoque V22, et 2.6% pour le phoque V26.

Enfin, 6 évènements de « repos à sec » ont été enregistrés en pleine mer (4 pour V23 et 2 pour V24). Il ne s'agit pas d'une erreur de la balise, mais bien de repos prolongés en surface, sans doute par mer calme, alors que le phoque flottait à la surface et que la balise est donc restée à sec pendant une demi-heure environ à chaque fois. Ce comportement de repos en surface en mer a déjà été décrit chez cette espèce en mer du Nord notamment (Russell *et al.* 2015). Ces évènements n'ont pas été conservés dans les analyses ultérieures sur les rythmes de repos à terre des phoques équipés de balises, mais soulignent la capacité des phoques de se reposer en mer, en surface.

Abstraction faite de ces « repos à sec » en mer et de celles précédemment citées, toutes les autres localisations à terre ont été enregistrées en baie des Veys, soit 98.3% de toutes les localisations à terre. Celles-ci sont localisées en moyenne à 35-40 km du projet de parc éolien du Calvados.

Localisations des zones de chasse

Les zones de chasse des phoques ont été identifiées grâce aux données d'accéléromètre enregistrées en continu par les balises, détectant notamment les accélérations soudaines des phoques lors de la poursuite d'une proie. Chacune de ces accélérations est supposée indiquer une « tentative de capture de proie » (sans présager du succès de cette tentative).

La Figure 10 permet de localiser globalement les zones de chasse probables des 14 phoques suivis par balises GPS/GSM en 2020/21 à partir de la baie des Veys, tandis que la Figure 11 détaille les zones de chasse probables de l'ensemble des individus, sur la durée de leur suivi téléométrique.

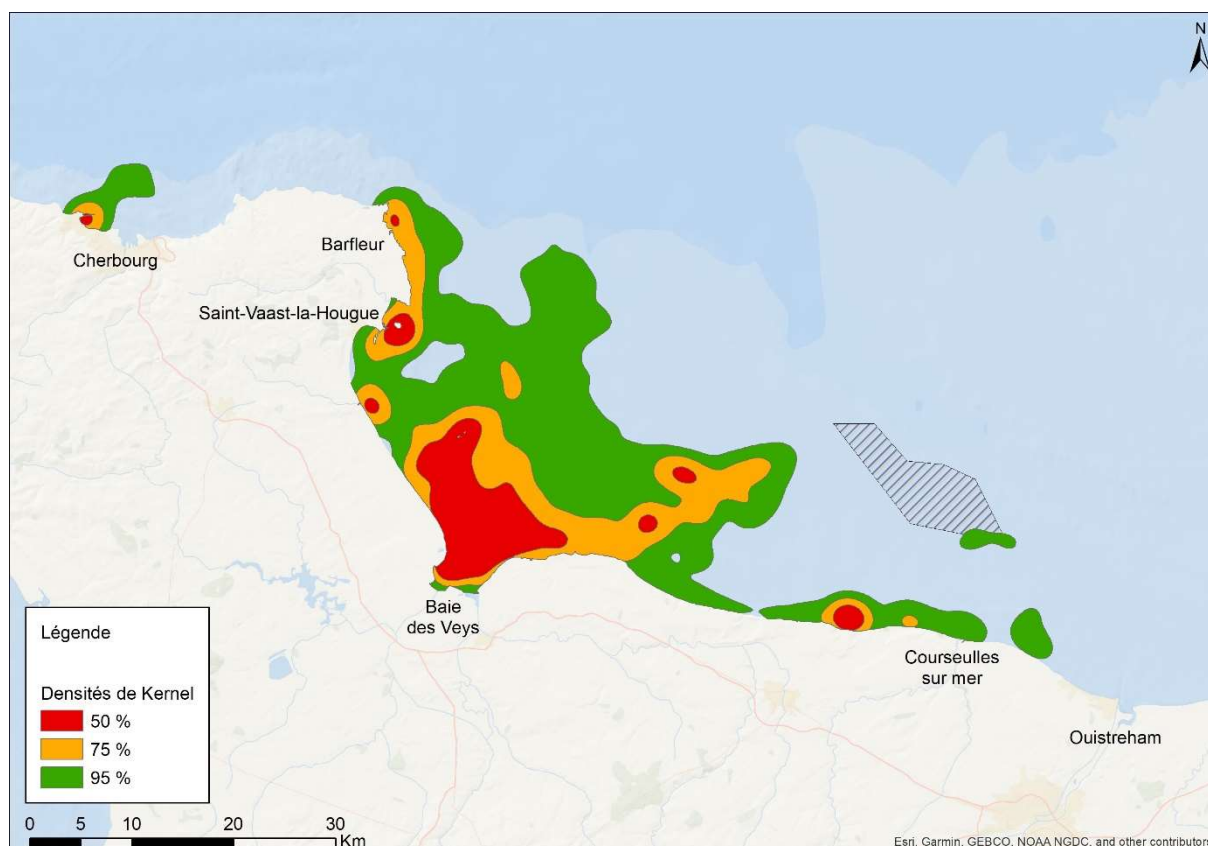


Figure 10 : Carte de densité de Kernel des localisations des plongées probables de chasse des 14 phoques veaux-marins suivis par balises GPS/GSM. L'emplacement du projet de parc éolien en mer est indiqué sur la carte.

La zone de plus forte densité des plongées de chasse probables des phoques suivis par balise en 2020/2021 est localisée en baie des Veys, à proximité des reposoirs où ces animaux ont été capturés (Figure 10). D'autres zones secondaires apparaissent ensuite : certaines sont localisées en mer, notamment à mi-chemin entre la baie des Veys et la zone du projet éolien du Calvados, tandis que d'autres sont beaucoup plus côtières, en rade de Cherbourg, entre Barfleur et Saint-Vaast-La-Hougue, autour des îles Saint-Marcouf, sur le platier rocheux de Grandcamp-Maisy, les concessions conchylicoles de Grandcamp-Maisy et de la côte Est du Cotentin (de Utah Beach à Saint-Vaast-la-Hougue) ou devant Arrormanches-les-Bains notamment (Figure 10).

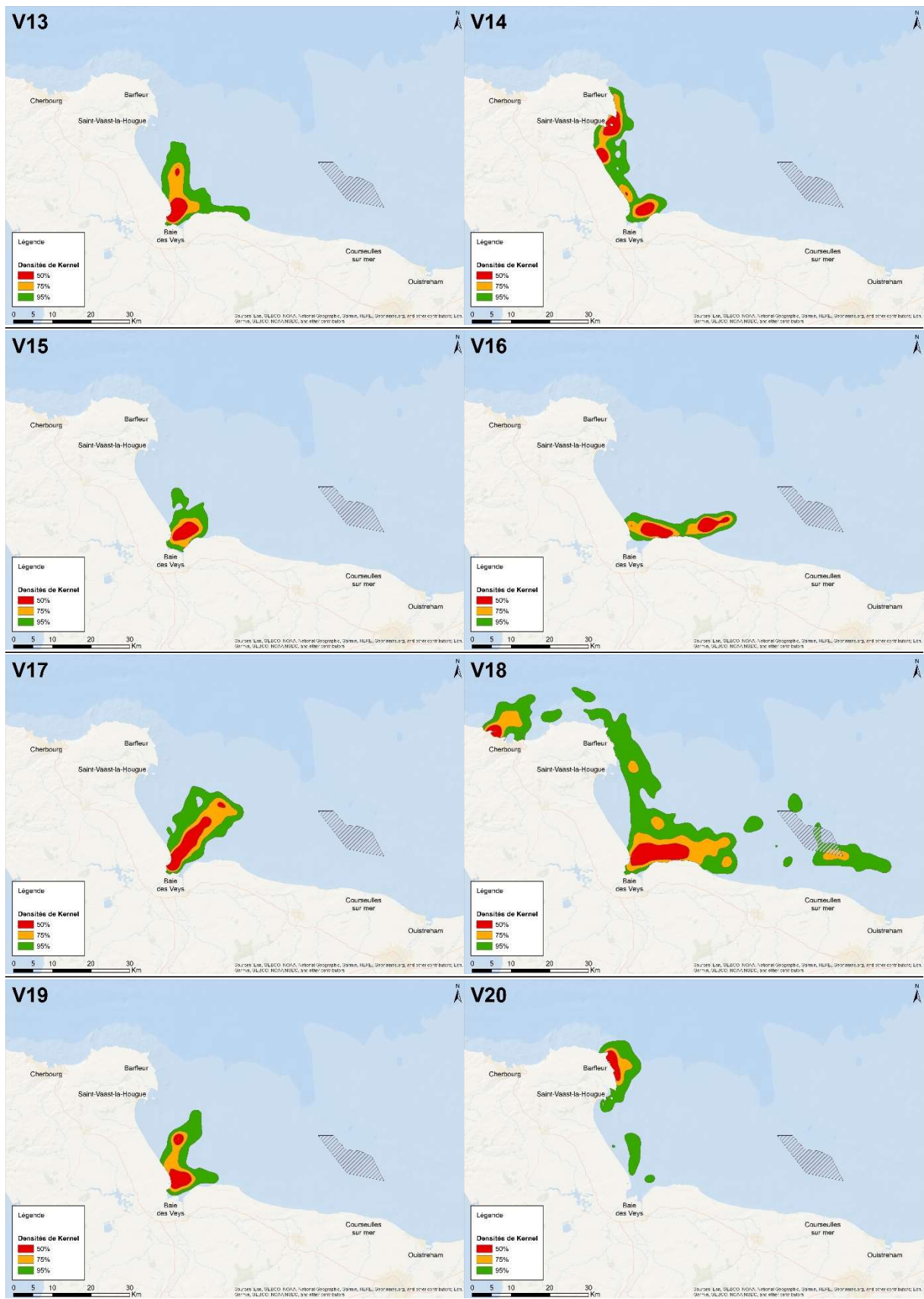


Figure 11 : Cartes individuelles des densités de Kernel des localisations des plongées probables de chasse (Kernels 50% en rouge, 75% en jaune et 95% en vert).

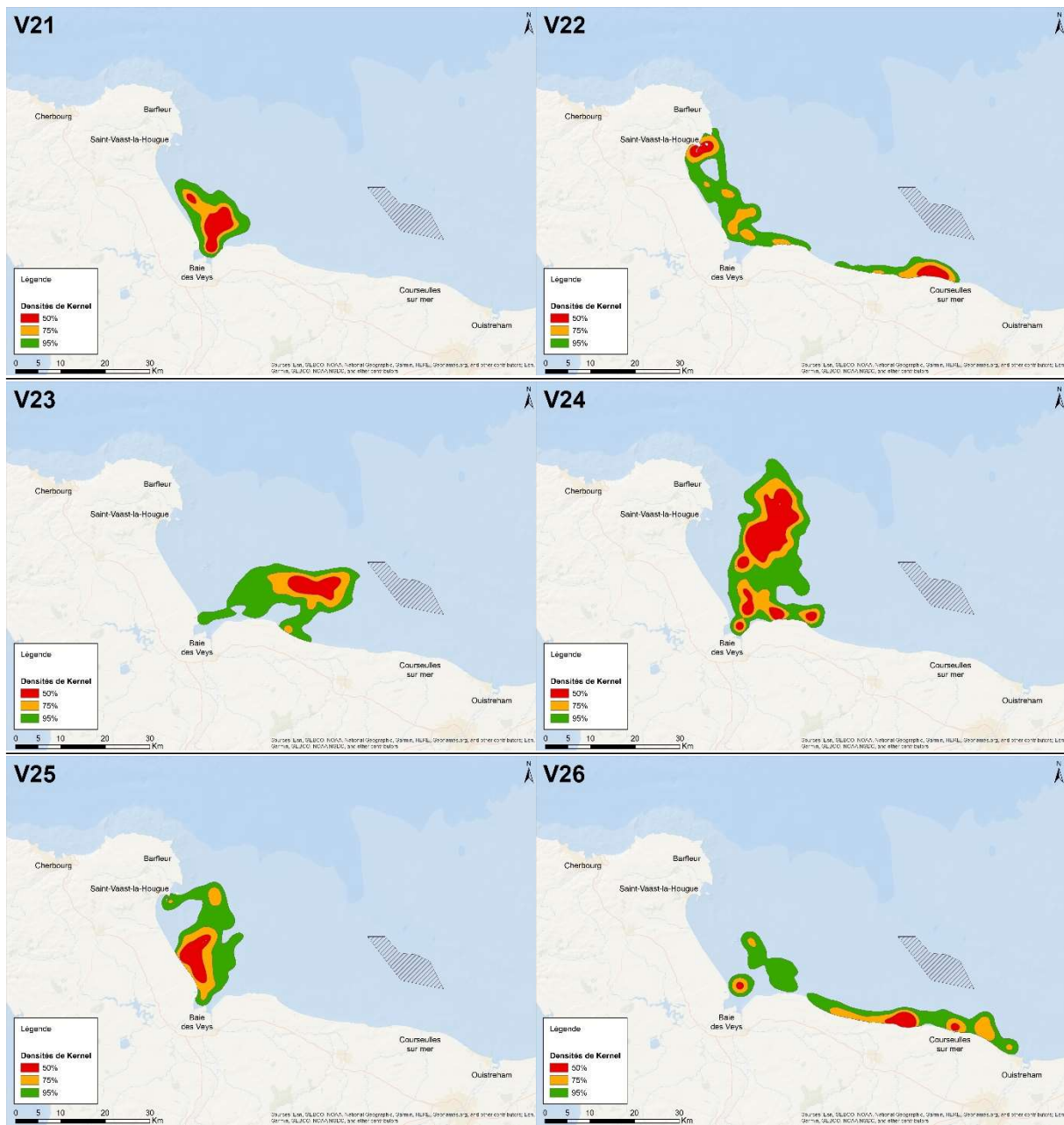


Figure 11 (suite) : Cartes individuelles des densités de Kernel des localisations des plongées probables de chasse (Kernels 50% en rouge, 75% en jaune et 95% en vert).

A quelques exceptions près, la majorité des phoques suivis par balise a exploité des zones relativement réduites, de façon répétée, pour la recherche de nourriture (Figure 11). Ces données ayant été obtenues sur plusieurs mois de suivi, elles soulignent la forte fidélité aux sites d'alimentation de ces phoques veaux-marins : c'est le cas par exemple pour le phoque V26 dans la zone côtière d'Arromanches-les-Bains, ou du phoque V20 le long de la côte de Barfleur. Le phoque V23 a effectué un grand nombre de plongées probables de chasse plus loin en mer, sur des localisations d'épaves connues, ce qui explique là aussi la forte densité observée en Figure 11. La taille des zones de chasse probables n'est pas toujours fonction des durées totales de suivi (exemple : V13, V2, V23 et V26, suivis plusieurs mois et dont les zones de chasse sont très concentrées ; cf. Tableau 2). D'autres phoques ont

alterné entre plusieurs zones de chasse probables, comme le jeune V18 ou le phoque V14, et certains exploitent alternativement de larges zones en mer (V24).

Domaines vitaux

Les domaines vitaux individuels des phoques suivis par balises ont été quantifiés selon les méthodes des MCP et des densités de Kernel (Tableau 4). Les surfaces des MCP sont de 636.7 ± 733.7 km² en moyenne lorsque ces polygones ne sont pas tronqués, ou de 552.3 ± 579.0 km² en moyenne lorsque les parties superposées aux habitats terrestres sont soustraites aux polygones. Lorsqu'ils sont estimés à partir des densités de Kernel à 95% des localisations obtenues en mer, les domaines vitaux individuels des phoques mesurent en moyenne 274.5 ± 222.0 km². Enfin, les zones principales de chasse (« core areas ») estimées à partir des densités de Kernel à 50% des localisations des plongées probables de chasse ont une surface moyenne de 45.0 ± 30.1 km².

Tableau 4 : Surfaces des *Minimum Convex Polygons* (MCP) et des densités de Kernel à 95% et 50% des localisations en mer ou des localisations de plongées de chasse probable des phoques, respectivement.

Phoque	MCP (non découpé) de toutes localisations en mer (km ²)	MCP (surface tronquée à terre) de toutes localisations en mer (km ²)	Surfaces des densités de Kernels à 95% (km ²) de toutes localisations en mer	Surfaces des densités de Kernels à 50% (km ²) des localisations de plongées de chasse probables
V13	446.1	399.4	119.6	27.0
V14	352.0	301.9	212.0	43.0
V15	154.9	147.5	70.3	21.4
V16	182.8	164.7	153.0	40.6
V17	334.0	332.1	110.5	53.6
V18	3029.5	2406.4	930.2	77.7
V19	263.3	256.7	139.8	28.7
V20	353.2	311.3	227.5	18.7
V21	184.3	179.0	139.1	41.7
V22	950.2	858.4	340.7	33.2
V23	601.1	534.6	368.3	41.2
V24	872.8	832.8	481.5	136.0
V25	450.3	434.7	225.2	40.1
V26	739.2	573.3	325.9	26.5

Les surfaces des MCP sont corrélées à la durée des suivis, et donc au nombre de localisations GPS obtenues (Test de corrélation de Spearman, $\rho = 0.626$, $p=0.019$), contrairement aux surfaces des densités de Kernel à 95% des localisations en mer ($\rho=0.486$, $p=0.081$). Aucune corrélation significative n'a été détectée entre ces surfaces de MSP ou de densités de Kernel et la masse corporelle des phoques ($p= 0.512$ et $p=0.727$ respectivement) ou la longueur corporelle totale, utilisés ici comme proxys des âges des phoques ($p= 0.734$ et $p=0.604$ respectivement).

Rythmes d'activité des phoques

Les phoques suivis par balises ont passé en moyenne 23.3% de leur temps total de suivi à sec, 34.6% de leur temps dans l'eau en surface (à moins de 1.2m de profondeur) et 42.1% de leur temps en plongée (sous le seuil de 1.2m de profondeur ; Figure 12).

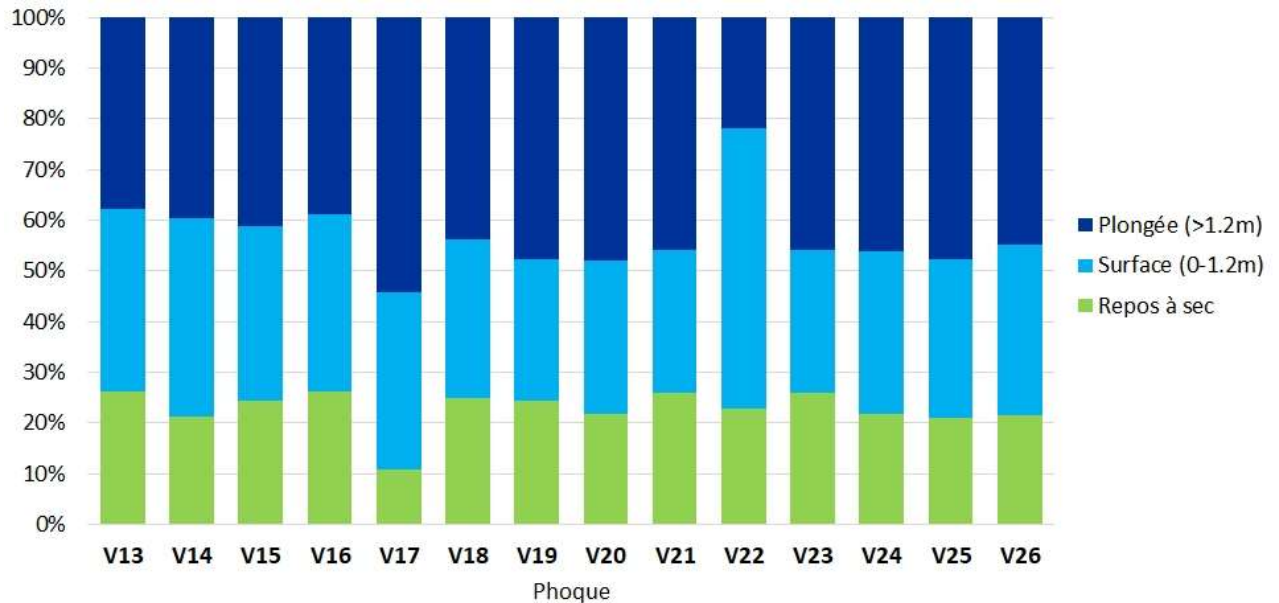


Figure 12 : Distribution du pourcentage de temps total passé à terre (en vert), dans l'eau en surface (en bleu clair) ou en plongée (à au moins 1.2m de profondeur, en bleu marine) par les phoques veaux-marins suivis par balise GPS/GSM en baie des Veys en 2020/2021.

Ces rythmes d'activité ont varié au fil des saisons. Bien que de fortes variations interindividuelles soient enregistrées, avec par ailleurs une quantité de données (transmises par les balises en état de fonctionnement) variable selon les mois, il est possible de constater les variations inter-mensuelles du temps moyen passé à sec par les phoques (Figure 13). Les phoques ont passé un peu moins de temps à se reposer à sec entre mars et mai, puis ont augmenté significativement ce temps passé à sec pendant les mois de juin et juillet (Figure 13).

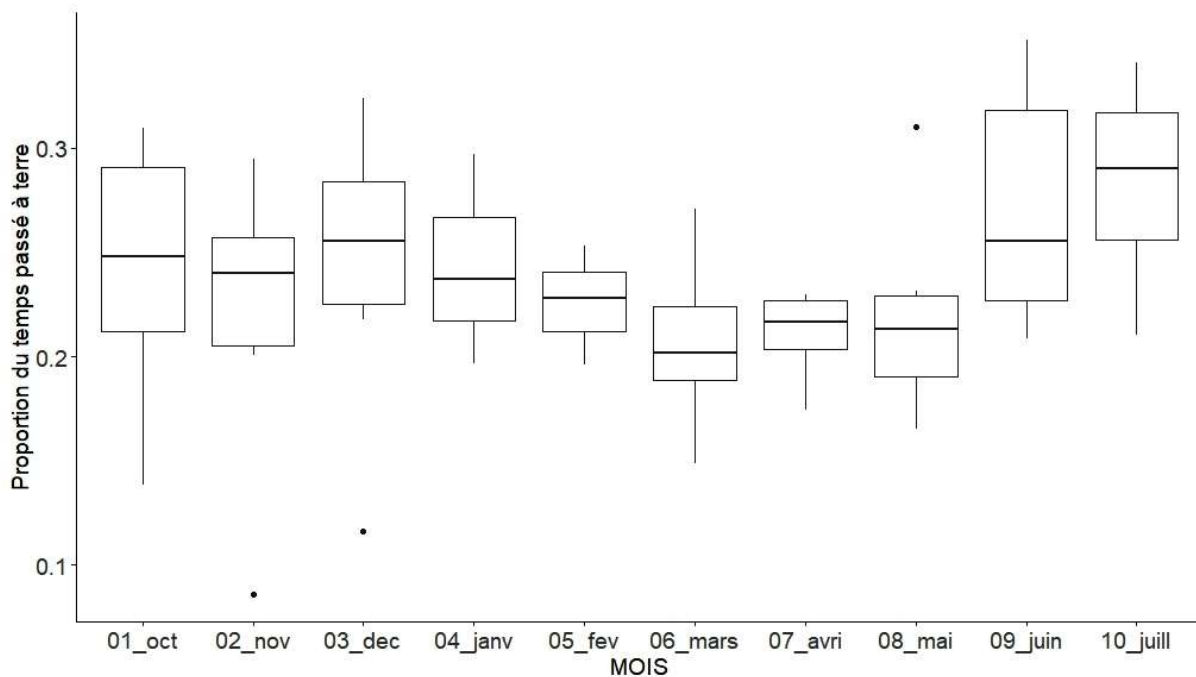


Figure 13 : Distribution du **pourcentage de temps moyen passé à terre** par les phoques veaux-marins suivis par balise GPS/GSM en baie des Veys en 2020/21, **par mois de suivi** (d'octobre 2020 à juillet 2021). Les boxplots représentent la médiane des valeurs individuelles (trait épais dans chaque boîte), les 1er et 3ème 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.

Les chiffres moyens obtenus sur la durée totale du suivi télémétrique peuvent être comparés aux statistiques similaires calculées lors d'autres suivis télémétriques (utilisant les mêmes balises, et en tout cas les mêmes définitions de début et fin de repos à sec) sur la même espèce en Manche depuis 2006 (Figure 14). Les données sont significativement différentes entre les sites et années (test Kruskal-Wallis, $t=0.0075$), on observe un pourcentage de temps passé à terre plus important lors du présent suivi télémétrique en baie des Veys par rapport aux autres sites, ou par rapport aux 12 phoques veaux-marins suivis dans la même baie en 2007-2008. La différence observée aurait pu être liée aux périodes de suivis télémétriques, puisque les phoques veaux-marins passent plus de temps à terre pendant les périodes de reproduction et de mue (*e.g.* Thompson 1989, et *cf.* Figure 13). Néanmoins, les analyses ont également été réalisées sur un jeu de données partiel, dont les données acquises en juin, juillet et août ont été retirées pour tous les sites et toutes les années (Figure 15). La différence entre les sites et années reste significative ($p=0.03345$), avec un plus fort pourcentage de temps passé à terre hors saisons de reproduction et de mue par les 14 phoques veaux-marins suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie des Veys en 2020/2021. Si les durées cumulées de temps passé à terre avaient également été supérieures aux autres sites lors des suivis télémétriques en baie des Veys en 2007/2008, la disponibilité de reposoirs de haute mer en complément des reposoirs de basse mer aurait pu expliquer cette différence inter-site, mais il n'y avait pas cette différence significative en baie des Veys il y a 12 ans.

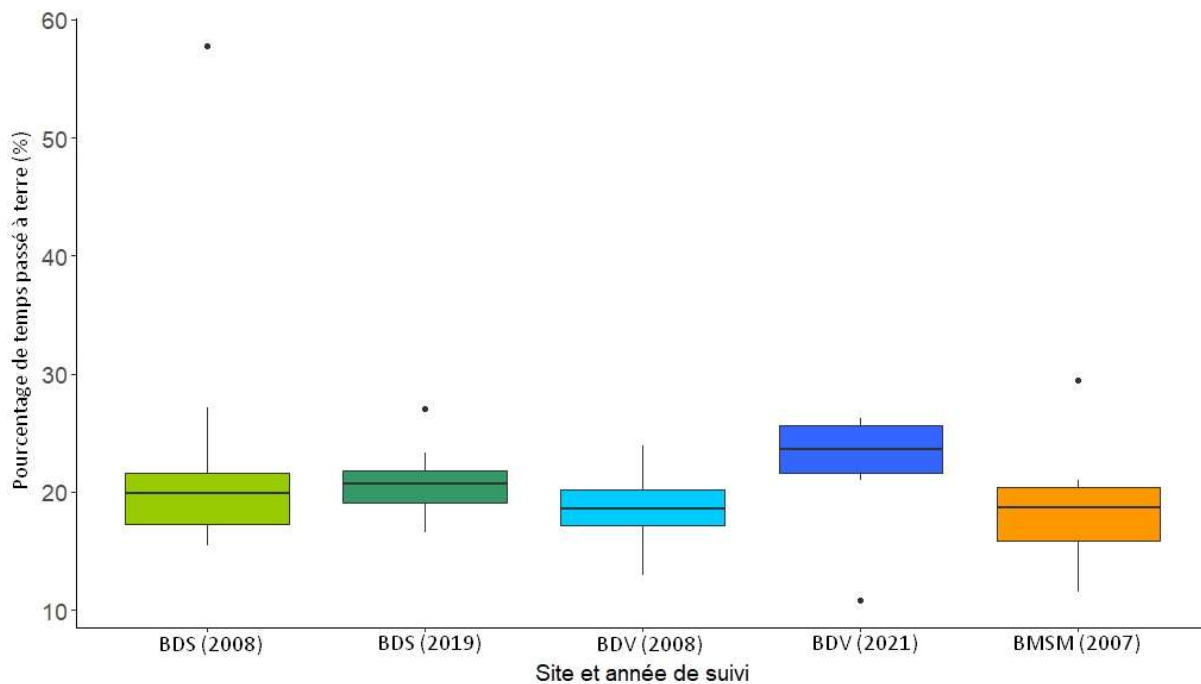


Figure 14 : Distribution du **pourcentage de temps moyen passé à terre** par les phoques veaux-marins suivis par balise GPS/GSM sur différents sites en France : baie de Somme (BDS) en 2008 puis 2019, baie des Veys (BDV) en 2007/2008 puis 2020/2021 (cette étude), et Baie du Mont-Saint-Michel (BMSM) en 2006/2007 (Sources : Vincent *et al.* 2008, Vincent *et al.* 2010c, Vincent *et al.* 2010b, Vincent *et al.* 2021). Les boxplots représentent la médiane des valeurs individuelles (trait épais dans chaque boîte), les 1er et 3ème 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.

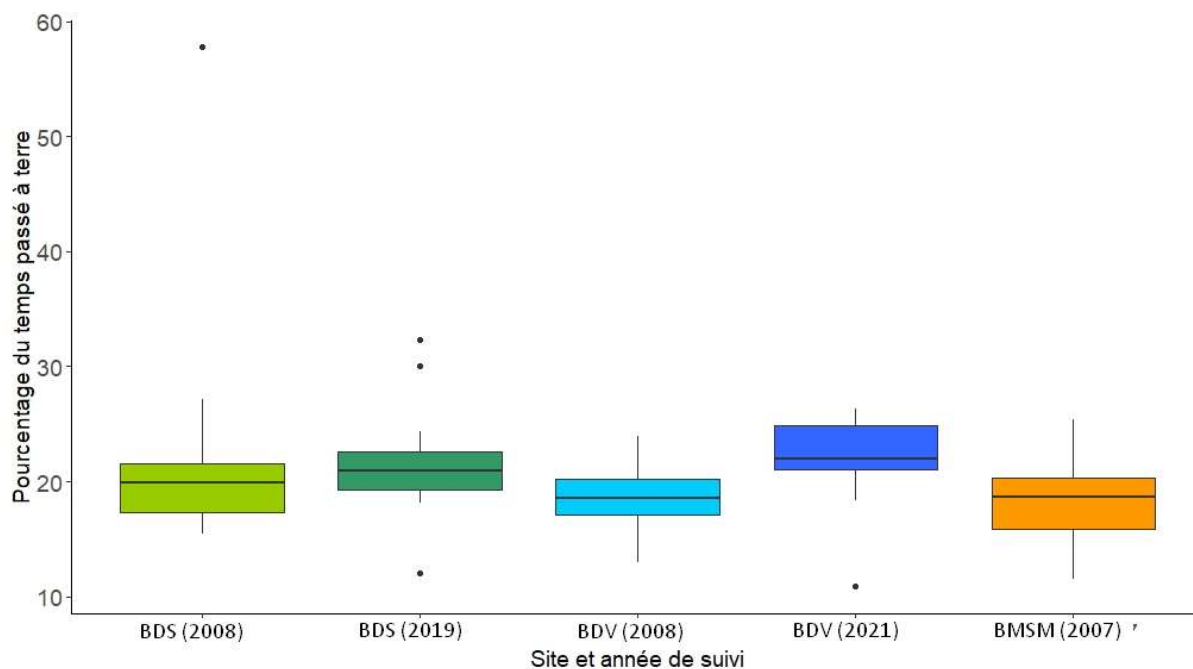


Figure 15 : Distribution du **pourcentage de temps moyen passé à terre** par les phoques veaux-marins suivis par balise GPS/GSM sur différents sites en France (voir titre Figure 14), **abstraction faite des données acquises aux mois de juin, juillet et août** sur ces différents sites et à ces différentes périodes.

Les rythmes de repos à terre et de chasse des phoques suivis par balises GPS/SM en baie des Veys (2020/2021) ont ensuite été analysés. Les périodes de repos à sec ont été analysées ici uniquement en baie des Veys (où a eu lieu la très grande majorité de ces événements), tandis que la distribution temporelle des plongées individuelles de chasse probable, identifiées précédemment, a été utilisée pour décrire le rythme de chasse des phoques.

Le rythme nycthéméral influence fortement ces deux paramètres. Les balises enregistrent les dates et heures en heure UTC 0, ce qui permet de s'affranchir du problème de changement d'heure locale pendant le suivi télémétrique, entre octobre et juillet. Afin de transformer les heures en heures locales, il est donc nécessaire d'ajouter 1 heure en hiver (de fin octobre à fin mars) et 2 heures en été (entre fin mars et fin octobre). Bien que de légères variations interindividuelles soient observables, entraînant des pics à des heures légèrement différentes, le pic global de temps cumulé passé à terre est situé entre 10h et 16h UTC (Figure 16). Le temps cumulé passé à sec est minimal la nuit, entre 21h et 5 ou 6h UTC environ (Figure 16). Inversement, la proportion de plongées de chasse est maximale entre 20h et 6 ou 7h UTC, tandis qu'elle est minimale entre 10h et 17h UTC (Figure 17).

Le cycle tidal influence par ailleurs fortement le temps passé à sec par les phoques, tandis qu'il ne semble pas avoir d'influence majeure sur les plongées de chasse (Figure 18 et 19). Le temps cumulé passé à terre est particulièrement important à marée basse, entre environ 2 heures avant la basse mer et 2 heures après, mais un second pic apparaît également à marée haute, pendant environ 2 heures de part et d'autre de la pleine mer (Figure 18). Ce rythme est observé chez tous les phoques du présent suivi. Le rythme de chasse de certains individus, comme V22, semble également influencé par le rythme des marées, bien que moins fortement que le repos à sec : chez ce phoque les plongées de chasse sont 3 à 4 fois plus fréquentes pendant les pleines mers que les basses mers (Figure 19). Pour la majorité des autres individus néanmoins, ce rythme est beaucoup moins marqué (Figure 19).

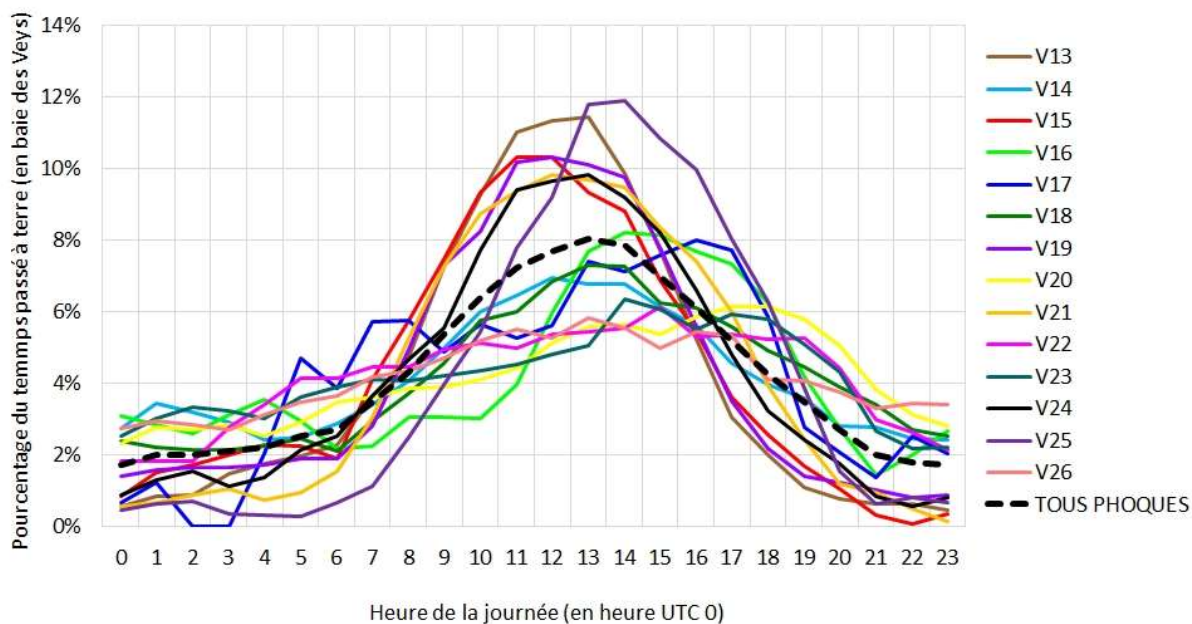


Figure 16 : Distribution du pourcentage de **temps cumulé passé à terre** par les phoques veaux-marins suivis par balise GPS/GSM en baie des Veys en 2020/2021, en fonction des heures de la journée. Les heures sont exprimées en heures UTC0 (il faut donc ajouter 1h pour l'heure locale en hiver, 2h pour l'été).

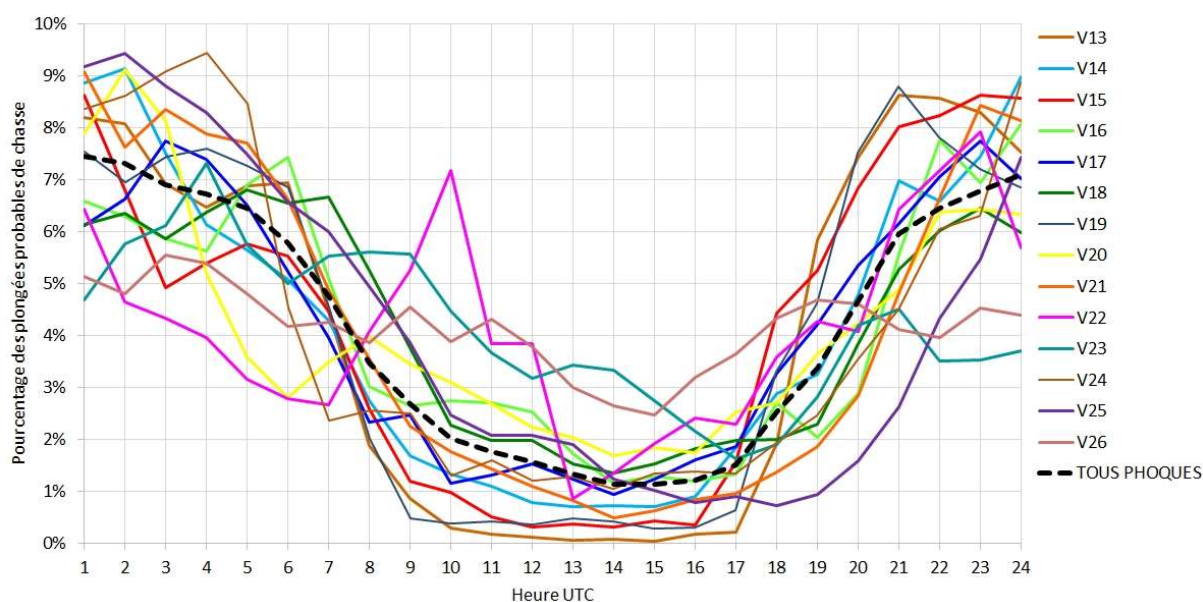


Figure 17 : Distribution du pourcentage de **plongées probables de chasse** des phoques veaux-marins suivis par balise GPS/GSM, en fonction des heures de la journée. Les heures sont exprimées en heures UTC0 (il faut donc ajouter 1h pour l'heure locale en hiver, 2h pour l'été).

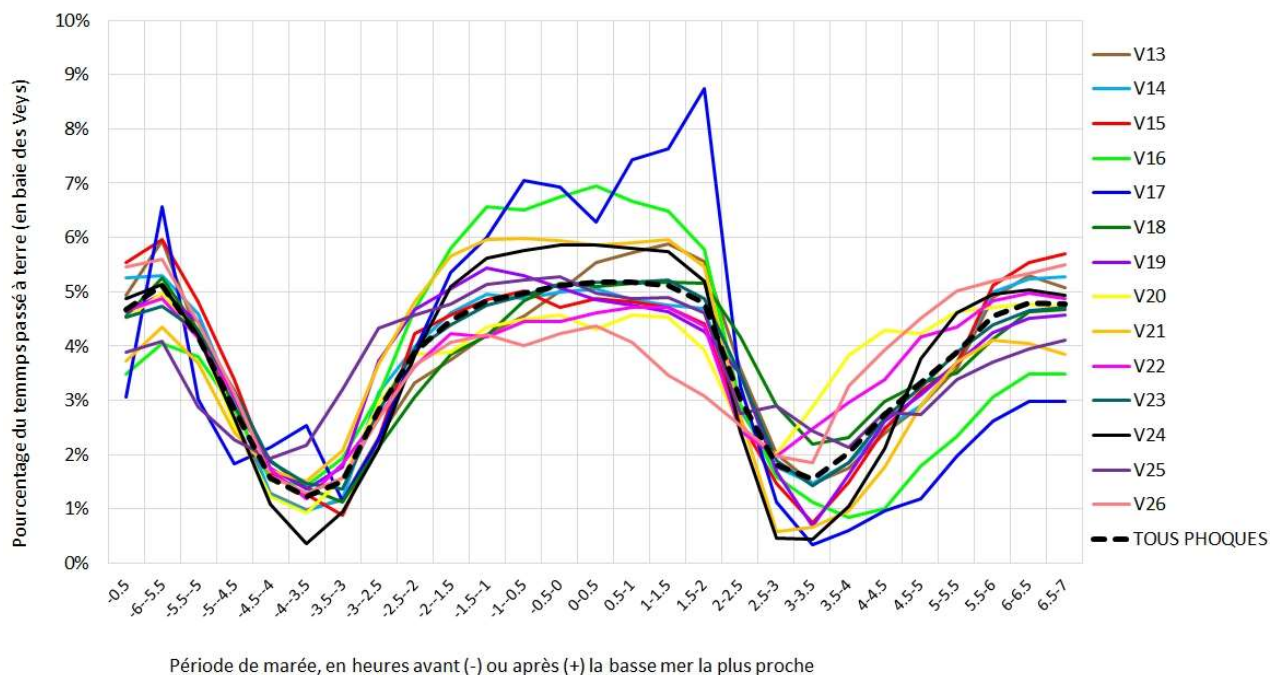


Figure 18 : Distribution du pourcentage de **temps cumulé passé à terre** par les phoques veaux-marins suivis par balise GPS/GSM en baie des Veys en 2020/2021, en fonction du cycle de marée. n abscisse sont indiquées par classe de demi-heures avant (-) ou après (+) la basse mer la plus proche.

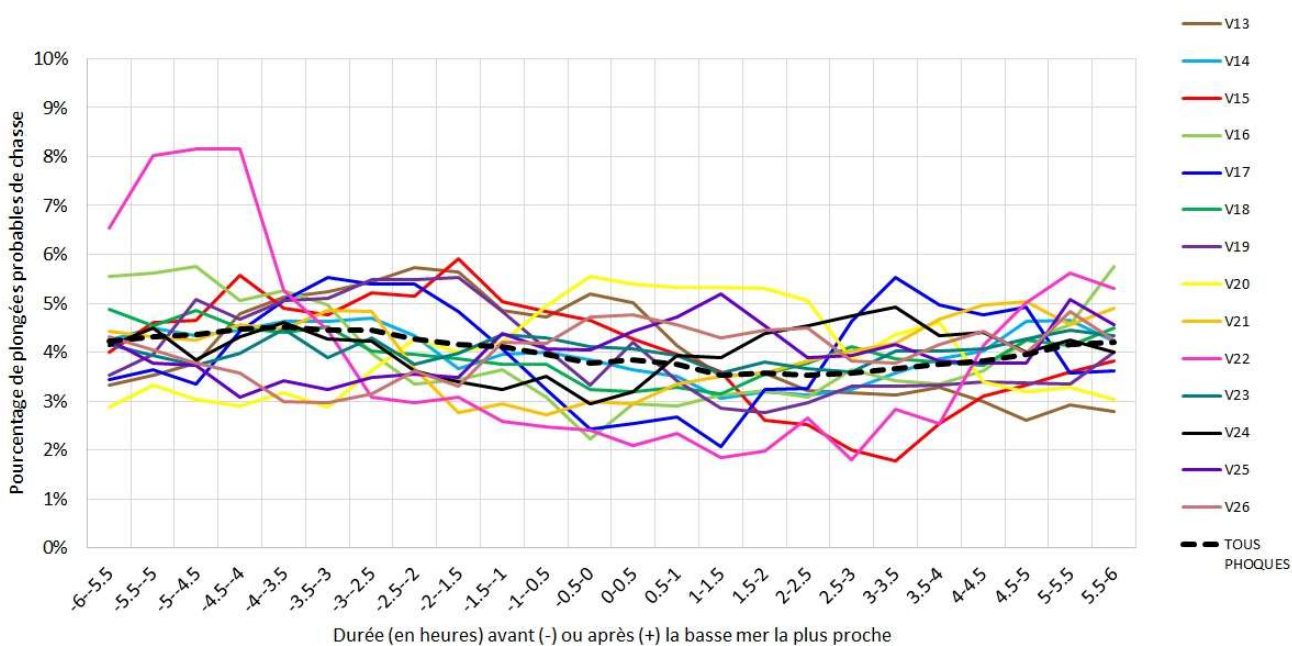


Figure 19 : Distribution du pourcentage de **plongées probables de chasse** des phoques veaux-marins suivis par balise GPS/GSM, en fonction du cycle de marée. En abscisse sont indiquées par classe de demi-heures avant (-) ou après (+) la basse mer la plus proche.

Discussion

Cette étude est la seconde portant sur le suivi télémétrique de phoques en France en prévision d'un projet de construction éolienne en mer (Vincent et al. 2010c). La précédente n'ayant cependant pas été suivie par la phase de construction, nous ne disposons pas d'éléments de comparaison à l'échelle nationale. La littérature scientifique comporte néanmoins un nombre croissant de références en la matière, notamment en Europe du Nord, qui permettent d'orienter les paramètres à suivre lors de tels suivis. La présente étude consiste donc à réaliser un état de référence des déplacements et activités des phoques à partir de la baie des Veys, principale colonie de phoques veaux-marins à proximité du projet de parc éolien en mer du Calvados, à partir de suivis télémétriques par balises GPS/GSM. Les paramètres décrits dans ce rapport ont vocation à être comparés à ceux qui seront enregistrés lors de suivis similaires pendant la phase de construction des éoliennes en mer, puis à la phase opérationnelle. Ils pourront être complétés par d'autres paramètres calculés a posteriori selon les avancées publiées dans la littérature scientifique.

Représentativité des données obtenues

Les phoques ont été suivis pendant 102 ± 36 jours en moyenne. Cette durée est inférieure aux durées moyennes de suivis télémétriques par balises GPS/GSM de phoques veaux-marins ou phoques gris réalisés par notre équipe par le passé (*e.g.* Vincent *et al.* 2017), mais cette différence s'explique par l'addition récente des nouveaux paramètres d'accélérométrie (dans les balises développées par le SMRU), dont la gestion et la transmission augmentent la consommation en énergie de la balise et donc réduisent leur durée de fonctionnement. Ils ont en revanche permis d'identifier avec plus de confiance les activités des phoques en mer, et tout particulièrement leurs plongées probables de chasse (Ydesen et al. 2014). Ces durées de suivi confirment la pertinence du choix de scinder en deux opérations successives les captures des animaux, afin de documenter *in fine* tout le cycle annuel des phoques - à l'exception de la période de mue (qui ne peut pas être étudiée par cette méthode puisque les balises sont collées sur le poil des phoques).

Tous les phoques capturés au cours de ces opérations sont des mâles. Un tel déséquilibre dans le sexe-ratio des phoques suivis n'était pas prévu, ni souhaité. Il semble néanmoins le reflet du sexe-ratio du groupe de phoques veaux-marins fréquentant la zone (les reposoirs de haute mer de baie des Veys), puisque lors de chaque opération, la plupart des phoques présents sur le site prospecté ont été capturés. Il pourrait donc y avoir une ségrégation spatiale entre les deux sexes dans l'occupation des reposoirs terrestres en baie des Veys. Ce suivi télémétrique ne permet donc pas de renseigner correctement le comportement des phoques des deux sexes, mais il sera important de conserver le même biais dans la capture des phoques suivis par balises GPS/GSM pendant les phases de construction puis d'exploitation afin d'assurer la pertinence des comparaisons entre périodes.

L'objectif de ce type de suivi est de représenter de la façon la plus fidèle possible le comportement de l'ensemble des phoques d'une population ou d'une colonie, à partir du suivi d'un nombre réduit d'individus. Comme dans tout suivi télémétrique, le dérangement occasionné lors des captures des animaux et le coût des balises ne permettent que de suivre une faible proportion des

animaux du groupe étudié. La variabilité interindividuelle, démontrée ici notamment grâce aux localisations en mer des phoques, rend délicate la généralisation des résultats obtenus à l'échelle populationnelle. Néanmoins, la similitude importante entre les déplacements observés lors des présents suivis et ceux obtenus sur le même site il y a une douzaine d'années permet d'avoir une certaine confiance dans les comportements observés (cf. Figures 1 et 4). Si le déplacement de l'un des phoques jusqu'à la rade de Cherbourg est une nouveauté lors du présent suivi, les précédents suivis avaient déjà souligné le caractère très côtier des déplacements des phoques autour de la baie des Veys (où ils passaient déjà la majorité de leur temps), l'utilisation de zones en mer au large (nord) de la baie, vers les îles Saint-Marcouf, ou le long de la côte jusque Saint-Vaast-La-Hougue voire Barfleur à l'ouest et jusqu'à Courseulles-sur-mer voire Ouistreham à l'est (Vincent *et al.* 2010b). Les cartes globales de déplacements des phoques restent donc similaires à celles obtenues en 2007/2008, et les zones de chasse et rythmes d'activité ont été décrits de façon précise pour ces nouveaux suivis.

Déplacements en mer et zones de chasse

Les phoques sont des mammifères amphibies, qui ont impérativement besoin de partager leur temps entre milieu terrestre et milieu marin. Les impacts des projets éoliens en mer étant différents dans ces deux milieux (notamment en termes de propagation du son, de dérangement, *etc.*), il est impératif de suivre le comportement et/ou rythmes d'activité des phoques dans chacune de ces situations. Les phoques veaux-marins passent la majorité de leur temps dans l'eau, c'est donc le premier aspect discuté ici.

La distance séparant les phoques du site de construction et donc de la source de nuisance sonore est un paramètre clé pour estimer l'impact de ce bruit sur le comportement ou même l'intégrité physique des phoques. En effet, selon sa puissance et durée, le bruit reçu par l'animal peut provoquer une perte d'audition temporaire (*TTS*, *Temporary auditory Threshold Shift*) ou permanente (*PTS*, *Permanent auditory Threshold Shift*), et il est primordial d'estimer les distances auxquelles les phoques risquent de percevoir de tels niveaux sonores (Kastelein *et al.* 2017). Edrén *et al.* (2004) ont par exemple montré que lors d'une construction d'éoliennes en mer au Danemark, la moitié des phoques veaux-marins suivis par balises à partir d'une colonie proche avaient perçu du bruit à un niveau excédant le *TTS*. Thomsen *et al.* (2006) ont estimé la zone d'audibilité du battage de pieux pour les phoques veaux-marins (et les marsouins) à plus de 80 km (voire peut-être plusieurs centaines de kilomètres), distance à laquelle un phénomène de masquage pouvait potentiellement avoir lieu. Ils ont estimé que des changements comportementaux des phoques pouvaient être provoqués à plusieurs kilomètres de la source sonore, peut-être à plus de 20 km, tandis que des risques de perte d'audition pourrait être encourus dans un rayon de 400 m (Thomsen *et al.* 2006). Russell *et al.* (2016) ont montré une baisse significative (de 19 à 83%) du temps passé par des phoques veaux-marins équipés de balises GPS/GSM en Angleterre (dans le Wash) dans un périmètre de 25 km autour du périmètre du parc éolien pendant la phase de construction (battage de pieu). Le retour à la normale était observé 2h après émission du bruit. Whyte *et al.* (2020) ont estimé que 13 à 50% de ces mêmes phoques veaux-marins avaient perçus des sons (issu de la construction d'éoliennes en mer) excédant le seuil de *TTS*, et que 0-17% d'entre eux avaient perçus des sons excédant le seuil *PTS*. Les niveaux sonores de sons impulsionnels ou non impulsionnels, dans l'air ou dans l'eau, correspondants aux seuils *TTS* et *PTS* respectivement ont été estimés par Southall *et al.* (2019) notamment pour les pinnipèdes tels que les phoques veaux marins. Le présent suivi télémétrique a permis de quantifier la proportion de temps passé en mer par les phoques à des distances croissantes de la zone de construction des éoliennes en mer : 8.2% des localisations en mer qui ont été enregistrées à moins de 10 km du projet de parc, 15.7%

à moins de 15km, 18.7% à moins de 20 km, 22.5% à moins de 25 km, 27.9% à moins de 30 km, 37.1% à moins de 35 km, 70.0% à moins de 40 km et 92.5% à moins de 45 km (Figure 6). La modélisation de la propagation du son dans la zone d'étude et les données relatives au bruit provoqué par la méthode de construction choisie seront nécessaires afin de connaître les niveaux sonores attendus à ces différentes distances. Nos résultats ont également souligné que ces statistiques de distance au site de construction en mer variaient entre individus : l'un (V26) a passé 59.2% de son temps à moins de 15 km du projet de parc éolien, tandis qu'un autre a passé 44.5% de son temps à moins de 20 km (Figure 7). Il est donc probable que tous les phoques ne seront pas impactés de la même façon en fonction de leur utilisation de la zone, et certains (se déplaçant préférentiellement à l'est de la baie des Veys) pourraient être beaucoup plus exposés que d'autres. Par ailleurs, pour le projet éolien en mer de Courseulles la technique du battage de pieu a finalement été abandonnée au profit du vibrofonçage. Il s'agit d'une mesure d'atténuation qui devrait réduire l'impact sonore sur les phoques.

Les phoques se sont majoritairement déplacés dans des zones très côtières, même si certains ont réalisé des voyages en mer plus éloignés des côtes notamment pour la chasse (cf. Figure 11). Nous avons ainsi observé globalement chez les 14 phoques suivis par balises GPS/GSM, qu'un quart des localisations en mer étaient situées dans une bande très côtière de seulement 2 km de large, près de la moitié (49.1%) à moins de 7 km de la côte la plus proche, et 75% à moins de 11-12 km des côtes (Figure 8). D'autres suivis réalisés en Manche Est ont déjà souligné le caractère très côtier des déplacements en mer des phoques veaux-marins (Planque *et al.* 2021, Vincent *et al.* 2021) et la modélisation des habitats de chasse préférentiels de cette espèce dans plusieurs sites européens a souligné l'influence négative de la distance à la côte non seulement en baie de Somme, mais également en Ecosse (Huon *et al.* 2021). Le caractère très côtier de l'espèce n'est néanmoins pas systématique, et dans d'autres zones d'études des déplacements de phoques veaux-marins ont été décrits plus loin en mer (e.g. Adelung *et al.* 2006, Blanchet *et al.* 2014, Vance *et al.* 2021), y compris à partir de la baie du Mont-Saint-Michel (Vincent *et al.* 2010a). Les raisons du caractère très côtier des phoques veaux-marins en Manche ne sont pas complètement élucidées, mais il est possible que cela soit en partie lié au trafic maritime très dense dans cette région (Figure 20). Des analyses complémentaires seraient nécessaires pour tester l'influence de ces activités humaines sur les déplacements des phoques (Mikkelsen *et al.* 2019, Trigg *et al.* 2020).

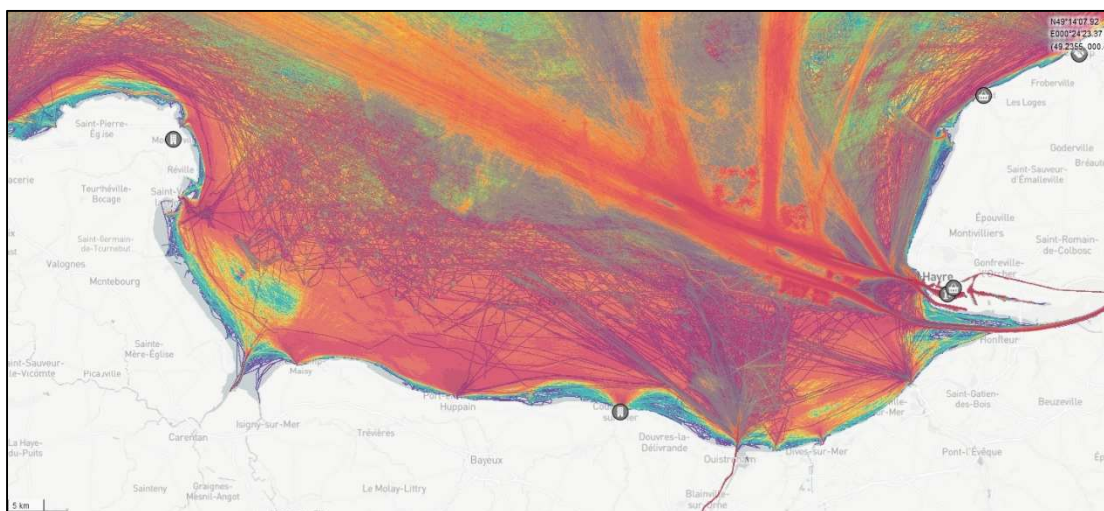


Figure 20 : Densité du trafic maritime en baie de Seine en 2019. Les couleurs froides (bleu, vert) indiquent les densités les plus faibles, les couleurs chaudes (rouge) indiquent les densités les plus fortes. Source : <https://www.marinetraffic.com/>

L'étendue des domaines vitaux des phoques a été quantifiée à partir des localisations GPS. Les *Minimum Convex Polygons* (MCP) ont une surface de $636.7 \pm 733.7 \text{ km}^2$ en moyenne ($552.3 \pm 579.0 \text{ km}^2$ en faisant abstraction des surfaces recouvrant le domaine terrestre ; Tableau 4). Ces chiffres sont bien inférieurs à ceux trouvés par Oksanen *et al.* (2014) par exemple, mentionnant des MCP dix fois plus vastes pour les phoques veaux-marins suivis en mer Baltiques. Dans leur étude, certains individus se sont déplacés à plus de 700 km du site de capture, et les MCP des phoques considérés comme « résidents » ont une surface de $4443 \pm 6941 \text{ km}^2$. Nilsen *et al.* (2008) préconisent néanmoins de privilégier les densités de Kernel plutôt que les MCP lors de l'estimation des domaines vitaux (relativement similaires) d'individus d'une même espèce. Nous avons notamment vérifié ici que la surface des MCP était significativement corrélée à la durée de suivi télémétrique, contrairement à la surface des densités de Kernel. Dans notre étude, les domaines vitaux des phoques veaux-marins de la baie des Veys estimés à partir des densités de Kernels à 95% de leurs localisations en mer en 2020/21 ont une surface de $274.5 \pm 222.0 \text{ km}^2$ (Tableau 4). Aucune corrélation significative n'a été détectée entre ces surfaces et les paramètres morphométriques des phoques. Nous pouvons néanmoins souligner que le phoque V18, d'une catégorie d'âge nettement plus jeune que tous les autres individus, a effectué des trajets plus longs que les autres (avec une surface de densité de Kernels à 95% des localisations en mer de 930.2 km^2) : une plus grande dispersion est couramment observée chez les juvéniles de vertébrés supérieurs, et notamment chez le phoque veau-marin (*e.g.* Reijnders 1981, Lowry *et al.* 2001, Dietz *et al.* 2013). En 2007/2009, les 12 phoques suivis par balises GPS/GSM dans la même baie des Veys avaient des domaines vitaux (Kernels à 95%) d'une surface moyenne de $137.2 \pm 55.4 \text{ km}^2$, et la surface moyenne était de $123.5 \pm 96.8 \text{ km}^2$ pour les 8 phoques veaux-marins suivis en baie du Mont-Saint-Michel en 2006/2008 (Vincent *et al.* 2010a). En baie des Veys, la différence entre les deux périodes (2007/2009 et 2020/2021) est proche du seuil de significativité (test de Kolmogorov-Smirnov, $p = 0.052$). Autour du Svlabard, Blanchet *et al.* (2014) ont observé d'importantes variations saisonnières dans ce paramètre, avec des domaines vitaux (densités de Kernel 95%) plus étendus en hiver qu'à l'automne, et de très importantes variations interindividuelles (4-1258 km^2). Au Danemark, Dietz *et al.* (2013) ont mesuré des surfaces de domaines vitaux du même ordre de grandeur que ceux mesurés dans cette étude, sur des phoques veaux-marins adultes (173 km^2), mais des surfaces bien supérieures chez les sub-adultes (2534 km^2) et les jeunes de l'année (6414 km^2) et d'importantes différences régionales. Hardee (2008) et Steingass *et al.* (2019) ont également mesuré des domaines vitaux de l'ordre de quelques centaines de km^2 , et souligné de légères différences locales chez cette espèce, dans le nord-ouest Pacifique. Ces différences, à l'échelle régionale ou parfois locales, sont à relier aux habitats et proies disponibles, et aux stratégies d'utilisation des ressources par les phoques. Nous avons pu décrire ces stratégies dans la présente étude à partir des données comportementales enregistrées à bord des balises.

Les données détaillées de plongées, et notamment les données d'accélérométrie, ont permis d'identifier les zones de chasse probable de chacun des phoques. Les plus fortes densités de plongées de chasse des phoques sont obtenues en baie des Veys, à proximité des reposoirs. Ces zones potentielles de chasse sont cohérentes avec les connaissances actuelles du régime alimentaire des phoques veaux-marins en baie des Veys, composé majoritairement de mullet (34.5% de la biomasse consommée), de poissons plats (19.8%) et d'orphie (19.6% ; Laurent 2021). En dehors de la baie des Veys, certaines zones de chasse ont également été localisées à plus courte distance de la zone du futur parc éolien (Figures 10 et 11). Un seul phoque (V18) a directement chassé à l'intérieur du périmètre de ce parc, et 3 autres phoques ont passé la moitié (V22) voire la grande majorité de leur temps de chasse à proximité de la zone (V23 et V26, Figure 11) et pourraient donc être plus affectés par des nuisances sonores à proximité de leurs zones d'alimentation. Le phoque V26 a effectué la plupart de

ses plongées de chasse le long de la bande côtière entre Ouistreham et la baie des Veys, avec une concentration particulièrement importante de cette activité en face d'Arromanches-les-Bains, à 11 km du projet de parc éolien. Le phoque V23 a quant à lui concentré son activité de chasse en mer, à une dizaine de kilomètres de la côte et à des distances de 8 à 20 km du futur parc éolien en moyenne, les plus proches étant situées à moins de 1.5 km de ce parc (Figure 11). Ce phoque a particulièrement chassé à l'aplomb de localisations connues d'épaves de bateaux, et une telle observation avait déjà été faite lors du suivi télémétrique de 2007/2008 (Vincent *et al.* 2010a). Cette observation renouvelée de phoques veaux-marins chassant sur des épaves suggère que la construction des fondations des éoliennes pourrait à l'avenir constituer un nouveau support pour des proies potentielles de ces prédateurs (Arnould *et al.* 2015). Appelé « l'effet récif », cet apport d'un nouveau substrat pour l'ichtyofaune a déjà été observé lors de précédentes études d'impact de projets éoliens sur des colonies de phoques, notamment veaux-marins, soulignant l'attraction des phoques pour ces nouvelles zones de chasse potentielles (Russell *et al.* 2014). Par ailleurs, la recommandation d'une distance conservatoire de 50 mètres autour de chaque éolienne, préconisée dans le présent projet, pourrait favoriser un « effet réserve » du parc éolien en réduisant l'activité de pêche dans ce périmètre.

Les phoques veaux-marins ayant tendance à se poser à sec à proximité de leurs zones d'alimentation (Huon *et al.* 2021), il est possible que la zone du projet de parc éolien soit également une zone de chasse préférentielle pour des phoques se posant à sec en baie de l'Orne et non en baie des Veys, ces reposoirs étant situés à plus faible distance des futures éoliennes. Il était néanmoins difficile de réaliser les captures des phoques pour suivis télémétriques à partir de ce site, en raison des plus faibles effectifs observés (Poncet *et al.* 2021). Il sera pourtant important, en l'absence de données sur les déplacements en mer de ces phoques, de garder en tête que certains d'entre eux peuvent également largement fréquenter la zone, et être potentiellement impactés au moment des travaux.

Bien que les nombreux suivis télémétriques de phoques aient été réalisés dans le cadre de projets éoliens en mer, peu de publications décrivent en détail les zones de chasse des phoques, et l'impact des étapes de construction ou d'exploitation sur le devenir de ces zones d'alimentation. Tougaard *et al.* (2003) ont pu observer que le parc éolien de Horns Reef (Danemark) ne représentait qu'une fraction négligeable de l'espace utilisé par les phoques veaux-marins suivis par balises, mais qu'il était néanmoins situé sur une zone importante d'alimentation et de transit. Les comparaisons avant/après construction se heurtent généralement à l'impossibilité de recapturer exactement les mêmes individus, et à la forte variabilité interindividuelle de ces animaux.

Notre précédente étude en baie des Veys a montré qu'un même phoque, exceptionnellement capturé deux années de suite, exploitait exactement les mêmes zones d'une année sur l'autre, et ses déplacements en mer se superposaient de façon remarquable entre les deux suivis (Vincent *et al.* 2010b). Une observation similaire a pu être faite sur des phoques gris en mer d'Iroise (Vincent *et al.* 2015). Cette forte fidélité interannuelle des phoques à leurs sites d'alimentation (mais aussi à leurs sites de repos à sec) souligne l'impact potentiel d'un dérangement localisé, en mer comme à terre, sur des animaux aux routines bien établies à l'âge adulte.

Zones de repos à terre

Les zones de repos à terre ont été enregistrées et notamment localisées grâce aux balises. Si plus de 98% de ces localisations à terre ont été obtenues en baie des Veys, où les phoques ont été

capturés, quelques-unes l'ont été en dehors, de la rade de Cherbourg à l'ouest jusqu'à Courseulles-sur-mer à l'est, en passant par Barfleur, Saint-Vaast-La-Hougue, les îles Saint-Marcouf et Arromanches-les-Bains (Figure 9). Comme précisé précédemment, ces zones de repos à sec sont généralement choisies par les phoques à proximité de leurs zones d'alimentation en mer (Huon *et al.* 2021).

Le pourcentage total de temps passé à sec par ces phoques au cours de leur suivi télémétrique est significativement supérieur à ceux qui ont été enregistrés chez la même espèce en baie des Veys en 2007/2008, ou sur d'autres colonies en baie du Mont Saint-Michel et baie de Somme (Vincent *et al.* 2008, Vincent *et al.* 2021). Il est difficile d'interpréter cette évolution. Le nombre de phoques dans la colonie augmentant (Poncet *et al.* 2021), un effet de densité-dépendance pourrait à terme apparaître et entraîner de plus longs voyages en mer pour les phoques, réduisant ainsi leur temps à terre : c'est le résultat inverse qui est observé ici. Il est néanmoins probable que la taille de la colonie reste très modeste par rapport à des colonies de la même espèce en mer du Nord ou mer de Wadden, et que de tels effets ne soient pas attendus pour des effectifs aussi modestes en Manche (Aarts *et al.* 2019, SCOS 2020). Nous pouvons observer en revanche que la longueur corporelle moyenne des phoques équipés de balise était de 133.3 ± 10.5 cm en 2007/2008 contre 146.9 ± 15.1 cm en 2020/2021, et la masse corporelle moyenne de 71.2 ± 8.9 kg en 2007/2008 contre 88.6 ± 19.8 kg en 2020/2021 (*cf.* Tableau 2 de cette étude et Vincent *et al.* 2010b). La différence est significative (test de Kruskal-Wallis, $p < 0.005$ et $p < 0.002$ respectivement) et pourrait refléter l'âge plus important des mâles suivis en 2020/2021, plus expérimentés et pouvant donc passer plus de temps au repos à sec entre leurs voyages alimentaires. D'autres explications sont néanmoins possibles, comme le déséquilibre dans le sexe-ratio (3 femelles avaient été suivies en 2007/2008 parmi les 12 phoques équipés de balises). Quoi qu'il en soit, la forte proportion de temps passé à terre à l'approche de la saison de reproduction ou de mue n'explique pas cette observation puisque la différence est restée significative entre les données du présent projet et celles des précédentes études, lorsque les données obtenues aux mois de juin, juillet et août ont été écartées du jeu de données (Figure 15).

Rythmes d'activité

Les modifications potentielles des rythmes d'activités des phoques pendant et après des périodes de dérangement potentiels (notamment liés aux énergies renouvelables en mer) ne sont que très peu abordées dans la littérature scientifique. La plupart des études se focalisent sur les variations temporelles d'abondance à terre des phoques (*e.g.* Teilmann *et al.* 2006, Skeate *et al.* 2012), et sur leurs déplacements en mer, notamment à proximité ou dans les périmètres des installations (*e.g.* Adelung *et al.* 2006, Edrén *et al.* 2010, Brasseur & Kirkwood 2015). Pourtant, tout comme la localisation des phoques à terre ou en mer, ces rythmes d'activité participent aux potentiels changements comportementaux qui peuvent affecter les phoques veaux-marins (Thompson *et al.* 2013). Il paraît donc important de suivre leur évolution avant, pendant et après les travaux de construction du parc éolien.

Le pourcentage de temps passé à terre par les phoques a augmenté en juin et juillet à l'approche de la saison de reproduction (Figure 13). Cette observation est conforme à ce qui est connu chez cette espèce (Granquist & Hauksson 2016) et les phoques veaux-marins passent encore plus de temps à sec pendant leur mue annuelle (Thompson *et al.* 1989). En dehors de ces périodes, les repos à sec des phoques veaux-marins suivis lors de la présente étude ont été influencés à la fois par le cycle tidal et le cycle nycthéral. Ces repos à terre sont concentrés d'une part autour de la basse mer (40% du temps cumulé entre 2h avant la basse mer et 2 heures après) et d'autre part autour de la pleine

mer (35% du temps cumulé entre 2h avant la pleine mer et 2 heures après). Cette disponibilité de reposoirs de haute mer, largement utilisés par les phoques dans la réserve Naturelle du Domaine de Beauguillot, est a priori unique pour l'espèce en France, dans ces proportions (Vincent *et al.* 2010a). L'influence des marées sur le rythme de repos à sec des phoques veaux-marins est en tout cas largement documentée dans d'autres régions du monde, notamment lorsqu'ils occupent des environnementstidaux (Pauli & Terhune 1987, Hayward *et al.* 2005, Hamilton *et al.* 2014, Granquist & Hauksson 2016). L'influence du rythme nyctéméral est également prégnante : les phoques veaux-marins se posent préférentiellement à terre en milieu de journée, lorsque la température de l'air est la plus chaude, afin de minimiser les coûts énergétiques de thermorégulation (*e.g.* Yochem *et al.* 1987, London *et al.* 2012, Blundell & Pendleton 2015). Dans la présente étude, le temps cumulé des phoques à terre est maximum entre 10h et 16h UTC (50% du temps total de suivi passé à terre ; Figure 16), soit entre 11h et 17h en hiver ou 12h et 18h en été (heure locale). Cela corrobore les observations de Michaud (1999) en baie des Veys. En baie de Somme par exemple, de récents suivis télémétriques de phoques veaux-marins ont indiqué une moindre influence de l'heure du jour sur le rythme de repos à sec des individus suivis (Vincent *et al.* 2021).

Si les phoques passent plus de temps à sec en milieu de journée, ils chassent principalement la nuit en baie des Veys et plus globalement en baie de Seine occidentale (Figure 17). Les méthodes d'identification des plongées de chasse probable ont évolué depuis les premiers suivis, rendant les comparaisons plus délicates. Une telle prépondérance de la recherche alimentaire nocturne avait néanmoins déjà été observée lors des suivis 2007/2008 à partir de la baie des Veys, particulièrement pour les phoques chassant en pleine mer à distance des côtes (Vincent *et al.* 2010b). Björge *et al.* (1995) avaient observé de façon plus anecdotique la préférence pour une activité de chasse nocturne chez quelques individus, mais le rythme marqué chez les 14 phoques suivis dans la présente étude n'est pas systématique, comme ont pu le montrer les plongées de chasse probables des phoques veaux-marins suivis à partir de la baie de Somme plus réparties au cours du jour et de la nuit (Vincent *et al.* 2021). Ce résultat souligne une fois de plus la forte adaptabilité de cette espèce à l'environnement local en termes de comportement alimentaire, et donc l'importance de la prise en compte de ces spécificités locales dans le suivi de ces prédateurs supérieurs (Huon *et al.* 2021).

Conclusion et recommandations

Les suivis télémétriques de phoques veaux-marins ont été effectués pendant la période hivernale et la période de pré-reproduction, pendant lesquelles les adultes doivent reconstituer leurs réserves corporelles en prévision de la reproduction puis de la mue annuelle. Leur accès aux zones d'alimentation en mer est donc primordial pendant cette période, et tout dérangement les détournant de leurs zones habituelles peut avoir un coût énergétique important à l'échelle individuelle, puis des conséquences potentielles en termes de taux de succès reproducteur à l'échelle de la population (Thompson *et al.* 2013). Ensuite à l'approche de la saison de reproduction, le risque de masquage de la communication entre individus (mâles-femelles et femelles-jeunes ; Casey *et al.* 2021, Varola *et al.* 2021) est réel en cas de nuisance sonore (Erbe *et al.* 2016, Gabriele *et al.* 2018).

La présente étude a permis d'établir l'état de référence de la distribution en mer des phoques veaux-marins à partir de la baie des Veys et de leurs rythmes d'activité en prévision du projet de construction du parc éolien en mer du Calvados. La **modélisation de la propagation du son dans la zone d'étude** est nécessaire pour associer les distances séparant la zone du projet des localisations des phoques en mer (et tout particulièrement leurs zones de chasse) à des niveaux sonores auxquels les phoques seront exposés au moment des opérations de construction. Ces valeurs seront alors comparées aux données disponibles dans la littérature scientifique pour estimer l'amplitude de leur exposition et les risques potentiels de pertes auditives et dérangement (Southall *et al.* 2019).

Les données télémétriques obtenues sur plusieurs mois de suivi ont souligné que les phoques, particulièrement à l'âge adulte, retournaient souvent de façon répétée sur les mêmes zones de chasse et les mêmes zones de repos à sec. L'aspect routinier et répétitif de leurs déplacements leur permet d'accéder plus facilement à des ressources prévisibles, mais les rend plus sensibles au dérangement, s'ils doivent changer cette routine.

La recapture des mêmes individus à plusieurs mois ou années d'intervalle est très peu probable, mais peut être tentée en baie des Veys où les phoques veaux-marins mâles semblent être très fidèles à leurs zones de repos à terre, et où la technique de capture à proximité des reposoirs peut potentiellement le permettre. Bien que leur succès ne soit pas garanti, ces recaptures permettraient de documenter pour la première fois l'impact de projets de constructions éoliennes en mer sur les mêmes individus suivis sur deux périodes distinctes. A défaut, la structure d'âge et de sexe de l'échantillonnage réalisé lors du présent suivi sera conservée autant que possible (donc les captures de mâles adultes seront privilégiées lors de la phase de construction en mer).

La présente étude a pour objectifs de réaliser l'état de référence des déplacements en mer et rythmes d'activité des phoques veaux-marins suivis par balises, et non de réaliser une étude d'impact des projets éoliens sur les colonies de phoques en général. Il est néanmoins important de rappeler qu'il est important, au moment de la construction des éoliennes en mer, de :

- réduire les nuisances sonores des travaux en mer, par les **techniques de mitigation** en vigueur et adaptées à l'environnement du projet (Nehls *et al.* 2007, SMRU Ltd 2007, Würsig *et al.* 2000) ;
- s'assurer (visuellement) de l'**absence de phoques** dans l'eau à **proximité du site de construction** au moment des travaux occasionnant l'émission de fortes nuisances sonores (Thomsen *et al.* 2006, Southall *et al.* 2019) ;

- réduire le trafic maritime (et/ou aérien le cas échéant) à proximité immédiate des zones de repos à terre des phoques (Sundberg & Soederman 2000) ;
- **mesurer le bruit ambiant** avant et pendant les opérations de construction des éoliennes en mer ;
- si ce bruit ambiant n'est pas enregistré en continu, **enregistrer** au minimum les **dates et heures précises des périodes de travaux occasionnant des nuisances sonores importantes**, afin de les mettre en relation avec les données de suivi télémétrique de phoques acquises au même moment. Ces données sont primordiales pour permettre une **analyse cohérente et pertinente des comportements des phoques** et de leurs éventuelles réactions aux dits travaux.

Enfin, il est important de souligner que les suivis télémétriques sont particulièrement pertinents pour suivre les déplacements et comportements des phoques en mer ainsi que leurs rythmes d'activité en continu, mais que cette méthode doit venir en **complément d'autres approches** tout aussi indispensables dans le cadre de tels suivis d'impacts potentiels de projets éoliens en mer. En particulier, il est indispensable de suivre (par recensements terrestres ou aériens) **l'évolution des effectifs de phoques** dans les principales colonies de la région (ici tout particulièrement en baie des Veys et baie de l'Orne) afin de détecter d'éventuels changements populationnels (Teilmann *et al.* 2006, Skeate *et al.* 2012). Par ailleurs, si les zones de chasse devaient être modifiées suite à la construction du parc éolien en mer (y compris du fait de "l'effet récif" ; Russell *et al.* 2014), il est également très important de suivre **l'évolution du régime alimentaire des phoques** à partir des fèces récoltés sur les reposoirs à marée basse, afin de qualifier et éventuellement quantifier les changements de régime alimentaire à l'échelle de l'ensemble de la colonie (Spitz *et al.* 2010). C'est la combinaison de ces approches complémentaires qui permet l'estimation la plus pertinente de l'impact du projet de parc éolien en mer du Calvados sur les colonies de phoques veaux-marins dans la région.

Remerciements

Nous souhaitons vivement remercier les personnes qui ont permis la réalisation de cette étude. En particulier, nous remercions Thierry Galloo et Sylvain Laurent (RNN Beauguillot), Christophe Nicole, Denis Dubois, Benjamin Guichard, Yohann Aubree, David Bouguet, Martial Boisset et Sophie Poncet (OFB), Marie Francou et Mélissande Gaultier (GMN), Ludivine Gabet (SYMEL), Florence Caurant, Pauline Goulet et Yann Planque (CEBC), Karine Heerah, Romain Decan et Yannick Le Sausse pour leur participation aux opérations de captures des phoques. Nous remercions également Willy Dabin (PELAGIS) pour son aide logistique sur la préparation de ces opérations, Phil Lovell (SMRU) pour le développement des algorithmes de traitement à bord des balises des données d'accélérométrie, et Simon Halliwell (SMRU) pour son aide à la gestion du projet et à l'envoi des balises. Cette opération est financée par EOC et les captures des phoques ont été réalisées sur autorisations au titre de l'expérimentation animale et de la capture d'espèces protégées. Nous souhaitons saluer la mémoire de Bernie McConnell (SMRU) disparu fin 2021, dont la venue en baie des Veys en 2007 avait laissé un très chaleureux souvenir.

Références bibliographiques

- Aarts, G., S. Brasseur, J. J. Poos, J. Schop, R. Kirkwood, T. Van Kooten, E. Mul, P. Reijnders, A. D. Rijnsdorp and I. Tulp. 2019. Top-down pressure on a coastal ecosystem by harbor seals. *Ecosphere* 10:e02538.
- Adelung, D., M. Kierspel, N. Liebsch, G. Müller and R. Wilson. 2006. Distribution of harbour seals in the German Bight in relation to offshore wind power plants. *in* J. Köller, J. Köppel and W. Peters eds. *Offshore Wind Energy*. Springer, Berlin.
- Arnould, J., J. Monk, D. Lerodiasconou, M. Hindell, J. Semmens, A. Hoskins, D. Costa, K. Abernathy and G. Marshall. 2015. Use of anthropogenic sea floor structures by Australian fur seals: potential positive ecological impacts of marine industrial development? *Plos One* 10:e0130581.
- Bailey, H., K. Brookes and P. Thompson. 2014. Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems* 10.
- Björge, A., T. Bekkby and E. Bryant. 2002. Summer home range and habitat selection of harbor seal (*Phoca vitulina*) pups. *Marine Mammal Science* 18:438-454.
- Björge, A., D. Thompson, P. Hammond, M. Fedak, E. Bryant, H. Aarefjord, R. Roen and E. Olsen. 1995. Habitat use and diving behaviour of harbour seals in a coastal archipelago in Norway. Pages 211-223 *in* A. Blix, L. Walloe and O. Ulltang eds. *Whales, seals, fish and man*. Elsevier, Amsterdam.
- Blanchet, M.-A., C. Lydersen, R. Ims, A. Lowther and K. Kovacs. 2014. Harbour seal *Phoca vitulina* movement patterns in the high-Arctic archipelago of Svalbard, Norway. *Aquatic Biology* 21:167-181.
- Blanchet, M.-A., C. Vincent, J. N. Womble, S. M. Steingass and G. Desportes. 2021. Harbour Seals: Population Structure, Status, and Threats in a Rapidly Changing Environment. *Oceans* 2:41-63.
- 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. and R. Kirkwood. 2015. Seal monitoring and evaluation for the Gemini offshore windfarm: Pre-construction, T0 - 2014 report. IMARES. 52 pp.
- Brasseur, S., R. Kirkwood and G. Aarts. 2017a. Seal monitoring and evaluation for the Gemini offshore windfarm: Tconstruction - 2015 report IMARES. 65 pp.
- Brasseur, S., P. Reijnders, J. Cremer, E. Meesters, R. Kirkwood, L. Jensen, A. Jeß, A. Galatius, J. Teilmann and G. Aarts. 2017b. Echoes from the past: Regional variations in recovery within a harbour seal population. *Plos One* 13:e0189674.
- 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.
- Casey, C., J. M. Sills, S. Knaub, K. Sotolotto and C. Reichmuth. 2021. Lifelong Patterns of Sound Production in Two Seals. *Aquatic Mammals* 47:499-514.
- Curtice, C., R. Schick, D. Dunn and P. Halpin. 2011. Home range analysis of hawaiian monk seals (*Monachus schauinslandi*) based on colony, age, and sex. *Aquatic Mammals* 37:360-371.
- Dietz, R., J. Teilmann, S. Andersen, F. Rigét and M. Olsen. 2013. Movements and site fidelity of harbour seals (*Phoca vitulina*) in Kattegat, Denmark, with implications for the epidemiology of the phocine distemper virus. *ICES Journal of Marine Science* 70:186-195.
- Edrén, S., S. Andersen, J. Teilmann, J. Carstensen, P. Harders, R. Dietz and L. Miller. 2010. The effect of a large Danish offshore wind farm on harbor and gray seal haul-out behavior. *Marine Mammal Science* 26(3):614-634.

- Edrén, S., J. Teilmann, R. Dietz and J. Carstensen. 2004. Effect from the construction of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rødsand seal sanctuary based on remote video monitoring. 33 pp.
- Elder, J.-F. 2006. Le phoque veau-marin (*Phoca vitulina*, Linné, 1758) [*Pinnipedia*, *Phocidae*] en baie des Veys (Manche, France). Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie 119:113-120.
- Elder, J.-F., T. Galloo and S. Laurent. 2021. Bilan d'activité 2021 de la réserve naturelle nationale du Domaine de Beauguillot. Rapport annuel. 92 pp.
- Erbe, C., C. Reichmuth, K. Cunningham, K. Lucke and R. Dooling. 2016. Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. Marine Pollution Bulletin 103:15-38.
- Gabriele, C. M., D. W. Ponirakis, C. W. Clark, J. N. Womble and P. B. S. Vanselow. 2018. Underwater Acoustic Ecology Metrics in an Alaska Marine Protected Area Reveal Marine Mammal Communication Masking and Management Alternatives. Frontiers in Marine Science 5.
- 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.
- Hardee, S. E. 2008. Movements and home ranges of harbor seals (*Phoca vitulina*) in the Inland waters of the Pacific Northwest. Masters, Western Washington University, 162 pp.
- Härkönen, T. and M. Heide-Jørgensen. 1990. Comparative life histories of East Atlantic and other harbour seal populations. Ophelia 32:211-235.
- Hassani, S., L. Dupuis, J.-F. Elder, E. Caillot, G. Gautier, A. Hemon, J. Lair and J. Haelters. 2010. A note on harbour seals (*Phoca vitulina*) distribution and abundance in France and Belgium. NAMMCO Scientific Publications 8:107-116.
- Hastie, G., D. Russell, B. Mcconnell, D. Thompson and V. Janik. 2016. Multiple-pulse sounds and seals: Results of a harbor seal (*Phoca vitulina*) telemetry study during wind farm construction. in A. Popper and A. Hawkins eds. *The effects of noise on aquatic life II, Advances in Experimental Medicine and Biology* 875. Springer, New York.
- Hayward, J., S. Henson, C. Logan, C. Parris, M. Meyer and B. Dennis. 2005. Predicting numbers of hauled-out harbour seals: a mathematical model. Journal of Applied Ecology 42:108-117.
- Huon, M., Y. Planque, M. J. Jessopp, M. Cronin, F. Caurant and C. Vincent. 2021. Fine-scale foraging habitat selection by two diving central place foragers in the Northeast Atlantic. Ecology and Evolution 11:12349–12363.
- Kastelein, R., M. Horvers, L. Helder-Hoek, S. Van De Voorde, R. Ter Hofstede and H. Van Der Meij. 2017. Behavioral response of harbor seals (*Phoca vitulina*) to FaunaGuard seal module sounds at two background noise levels. Aquatic Mammals 43:347-363.
- Keen, K. A., R. S. Beltran, E. Pirotta and D. P. Costa. 2021. Emerging themes in Population Consequences of Disturbance models. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 288:20210325.
- Kirkwood, R., G. Aarts and S. Brasseur. 2015. Seal monitoring and evaluation for the *Luchterduinen* offshore wind farm: 2. Tconstruction – 2014 report. IMARES. 65 pp.
- Laurent, S. 2021. Préférences alimentaires du phoque veau-marin (*Phoca vitulina*) en Baie des Veys (Normandie). Rapport d'étude réalisé par le Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin. Office Français de la Biodiversité, Région Normandie, FEADER. 17 PP pp.
- London, J., J. Ver Hoef, S. Jeffries, M. Lance and P. Boveng. 2012. Haul-out behavior of harbor seals (*Phoca vitulina*) in Hood Canal, Washington. Plos One 7:e38180.
- Lowry, L., K. Frost, J. Ver Hoef and R. DeLong. 2001. Movements of satellite-tagged subadult and adult harbor seals in Prince William Sound, Alaska. Marine Mammal Science 17:835-861.
- Ltd, S. 2007. Assessment of the potential for acoustic deterrents to mitigate the impact on marine mammals of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. 82 pp.

- Luck, C., M. Cronin, M. Gosch, K. Healy, R. Cosgrove, O. Tully, E. Rogan and M. Jessop. 2019. Drivers of spatiotemporal variability in bycatch of a top marine predator: First evidence for the role of water turbidity in protected species bycatch. *Journal of Applied Ecology* 00:1-10.
- Markussen, N. H., A. Bjørge and N. A. Øritsland. 1989. Growth in harbour seals (*Phoca vitulina*) on the Norwegian coast. *Journal of Zoology* 219:433-440.
- McConnell, B., M. Lonergan and R. Dietz. 2012. Interactions between seals and offshore wind farms. 41 pp.
- Michaud, D. 1999. Etude d'une population de phoques veaux-marins en baie des Veys. Université de Rennes I. 28 pp.
- Mikkelsen, L., M. Johnson, D. Wisniewska, A. Van Neer, U. Siebert, P. Madsen and J. Teilmann. 2019. Long-term sound and movement recording tags to study natural behavior and reaction to ship noise of seals. *Ecology and Evolution* 9:2588-2601.
- Nehls, G., K. Betke, S. Eckelmann and M. Ros. 2007. Assessment and costs of potential engineering solutions for the mitigation of the impacts of underwater noise arising from the construction of offshore windfarms. 55 pp.
- Newcomb, E., D. Walk, H. Haverkamp, L. Doughty, S. Todd, R. Seton, L. Jones and K. Cammen. 2021. Breaking down "harassment" to characterize trends in human interaction cases in Maine's pinnipeds. *Conservation Science and Practice* 3:e518.
- Nilsen, E. B., S. Pedersen and J. D. C. Linnell. 2008. Can minimum convex polygon home ranges be used to draw biologically meaningful conclusions? *Ecological Research* 23:635-639.
- Oksanen, S., M. Ahola, E. Lehtonen and M. Kunnasranta. 2014. Using movement data of Baltic grey seals to examine foraging-site fidelity: implications for seal–fishery conflict mitigation. *Marine Ecological Progress Series* 507:297-308.
- Pauli, B. and J. Terhune. 1987. Tidal and temporal interaction on harbour seal haul-out patterns. *Aquatic Mammals* 13:93-95.
- Photopoulou, T., P. Lovell, M. Fedak, L. Thomas and J. Matthiopoulos. 2015. Efficient abstracting of dive profiles using a broken-stick model. *Methods in Ecology & Evolution* 6:278-288.
- Planque, Y., 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. Frémau, 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. Urtizberea, D. Koelsch, B. Letournel and C. Vincent. 2021. Recensement des colonies et reposoirs de phoques en France en 2019. 50 pp.
- Reijnders, P. 1981. Management and conservation of the harbour seal, *Phoca vitulina*, population in the international Wadden Sea area. *Biological Conservation* 19:213-221.
- Russell, D., S. Brasseur, D. Thompson, G. Hastie, V. Janik, G. Aarts, B. McClintock, J. Matthiopoulos, S. Moss and B. McConnell. 2014. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology* 24:R638.
- Russell, D., G. Hastie, D. Thompson, V. Janik, P. Hammond, L. Scott-Hayward, J. Matthiopoulos, E. Jones and B. McConnell. 2016. Avoidance of wind farms by harbour seals is limited to pile driving activities. *Journal of Applied Ecology* doi:10.1111/1365-2664.12678.
- 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.
- Scos. 2020. Scientific advice on matters related to the management of seal populations: 2020. 223 pp.
- 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.

- Southall, B., J. Finneran, C. Reichmuth, P. Nachtigall, D. Ketten, A. Bowles, W. Ellison, D. Nowacek and P. Tyack. 2019. Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquatic Mammals* 45:125-232.
- Spitz, J., L. Mariotti, V. Ridoux, E. Caillot and J.-F. Elder. 2010. The diet of harbour seals (*Phoca vitulina*) at the southern limit of its European distribution (Normandy, France). *NAMMCO Scientific Publications* 8:313-328.
- Steingass, S., M. Horning and A. M. Bishop. 2019. Space use of Pacific harbor seals (*Phoca vitulina richardii*) from two haulout locations along the Oregon coast. *Plos One* 14:e0219484.
- Sundberg, J. and M. Soederman. 2000. Windpower and grey seals: An impact assessment of potential effects by sea-based windpower plants in a local seal population. 41 pp.
- Teilmann, J., J. Carstensen, R. Dietz, S. M. C. Edrén and S. M. Andersen. 2006. Final report on aerial monitoring of seals near Nysted Offshore Wind Farm. 40 pp.
- Thompson, P. 1989. Seasonal changes in the distribution and composition of common seal (*Phoca vitulina*) haul-out groups. *Journal of Zoology, London* 217:281-294.
- Thompson, P., M. Fedak, B. McConnell and K. Nicholas. 1989. Seasonal and sex-related variation in the activity patterns of common seals (*Phoca vitulina*). *Journal of Applied Ecology* 26:521-535.
- Thompson, P., G. Hastie, J. Nedwell, R. Barham, K. Brookes, L. Cordes, H. Bailey and N. Mclean. 2013. Framework for assessing impacts of pile-driving noise from offshore wind farm construction on a harbour seal population. *Environmental Impact Assessment Review* 43:73-85.
- Thomsen, F., K. Lüdemann, R. Kafemann and W. Piper. 2006. Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. 62 pp.
- Tougaard, J., I. Ebbesen, S. Tougaard, T. Jensen and J. Teilmann. 2003. Satellite tracking of Harbour Seals on Horns Reef - Use of the Horns Reef wind farm area and the North Sea. 42 pp.
- 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.
- Vance, H. M., S. K. Hooker, L. Mikkelsen, A. Van Neer, J. Teilmann, U. Siebert and M. Johnson. 2021. Drivers and constraints on offshore foraging in harbour seals. *Scientific Reports* 11:6514.
- Varola, M., L. Verga, M. G. U. Sroka, S. Villanueva, I. Charrier and A. Ravignani. 2021. Can harbor seals (*Phoca vitulina*) discriminate familiar conspecific calls after long periods of separation? *PeerJ* 9:e12431.
- Vincent, C., S. Delayat, J.-F. Elder, G. Gautier, B. McConnell and V. Ridoux. 2008. Suivi télémétrique de phoques veaux en Baie du Mont-Saint-Michel et baie des Veys. Université de La Rochelle. 64 pp.
- 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. Lefevre, 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, S. Delayat, J.-F. Elder, G. Gautier and V. Ridoux. 2010a. Winter habitat use of harbour seals (*Phoca vitulina*) fitted with Fastloc GPS/GSM tags in two tidal bays in France. *NAMMCO Scientific Publications* 8:285-302.
- Vincent, C., B. J. McConnell, W. Dabin, J.-F. Elder, C. Hunter and V. Ridoux. 2010b. Suivis télémétriques 2007-2009 de phoques veaux-marins *Phoca vitulina* en baie des Veys. Université de La Rochelle. 60 PP pp.
- Vincent, C., B. J. McConnell, W. Dabin, M. Roussel, L. Dupuis and V. Ridoux. 2010c. Suivis télémétriques 2008-2009 de phoques veaux-marins 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. 69 pp.

- Vincent, C., Y. Planque, M. Huon and F. Caurant. 2021. Suivis télémétriques de phoques gris et phoques veaux-marins à partir de la baie de Somme - Rapport final (juillet 2021). La Rochelle Université. 80 pp.
- Whyte, K. F., D. J. F. Russell, C. E. Sparling, B. Binnerts and G. D. Hastie. 2020. Estimating the effects of pile driving sounds on seals: Pitfalls and possibilities. *The Journal of the Acoustical Society of America* 147:3948-3958.
- Würsig, B., C. Greene Jr and T. Jefferson. 2000. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine Environmental Research* 49:79-93.
- 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.
- Yochem, P., B. Stewart, R. DeLong and D. Demaster. 1987. Diel haul-out patterns and site fidelity of harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) on San Miguel island, California, in autumn. *Marine Mammal Science* 3:323-332.

Annexe

Tableau 5 : Distribution des distances séparant chaque localisation en mer des phoques suivis par balises de la zone du parc éolien. Pour chaque intervalle de distance (en km) sont indiqués le pourcentage de localisations, et le pourcentage cumulé de localisations à partir de la distance de 0 km.

Phoque		V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26
0-5 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
	cumul	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	0.0%
5-10 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	29.5%	8.6%	0.0%	0.0%	26.7%
	cumul	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.0%	0.0%	0.0%	29.5%	8.9%	0.0%	0.0%	26.7%
10-15 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	5.9%	19.5%	0.0%	0.0%	32.5%
	cumul	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	35.4%	28.3%	0.0%	0.0%	59.2%
15-20 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	0.5%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	16.1%	0.0%	0.0%	4.9%
	cumul	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%	0.5%	6.0%	0.0%	0.0%	0.0%	38.6%	44.5%	0.0%	0.0%	64.1%
20-25 km	%	1.1%	0.0%	0.0%	10.5%	3.0%	2.3%	0.0%	0.0%	0.0%	5.6%	10.8%	3.7%	0.1%	4.8%
	cumul	1.1%	0.0%	0.0%	14.4%	3.5%	8.3%	0.0%	0.0%	0.0%	44.2%	55.3%	3.7%	0.1%	68.9%
25-30 km	%	1.3%	0.0%	0.5%	9.6%	4.5%	3.8%	1.1%	0.0%	0.8%	2.3%	7.6%	17.7%	0.6%	2.2%
	cumul	2.4%	0.0%	0.5%	24.0%	8.0%	12.0%	1.1%	0.0%	0.8%	46.5%	62.8%	21.4%	0.7%	71.1%
30-35 km	%	2.2%	1.9%	10.6%	38.8%	2.6%	7.2%	5.5%	0.0%	13.6%	2.6%	7.0%	22.8%	5.6%	2.9%
	cumul	4.6%	1.9%	11.1%	62.8%	10.6%	19.2%	6.6%	0.0%	14.4%	49.1%	69.8%	44.2%	6.4%	74.0%
35-40 km	%	49.2%	18.5%	65.6%	28.9%	41.9%	26.2%	70.0%	15.9%	66.7%	13.7%	17.3%	49.3%	56.0%	16.0%
	cumul	53.8%	20.4%	76.7%	91.7%	52.6%	45.4%	76.7%	15.9%	81.1%	62.8%	87.2%	93.5%	62.4%	90.0%
40-45 km	%	46.2%	49.5%	23.3%	8.3%	47.4%	24.2%	23.3%	39.6%	18.9%	31.5%	12.8%	6.3%	36.9%	10.0%
	cumul	100.0%	69.8%	100.0%	100.0%	100.0%	69.6%	100.0%	55.6%	100.0%	94.3%	100.0%	99.8%	99.3%	100.0%
45-50 km	%	0.0%	30.2%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	44.4%	0.0%	5.7%	0.0%	0.1%	0.7%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	71.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	100.0%	100.0%
50-55 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	72.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
55-60 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	73.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
60-65 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	74.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
65-70 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	76.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
70-75 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	81.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
75-80 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tableau 6 : Distribution des distances séparant chaque localisation en mer des phoques suivis par balises de la côte la plus proche. Pour chaque intervalle de distance (en km) sont indiqués le pourcentage de localisations, et le pourcentage cumulé de localisations à partir de la distance de 0 km.

Phoque		V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26
0-1 km	%	51.4%	71.5%	41.4%	43.0%	44.2%	43.8%	69.3%	77.1%	15.3%	73.8%	16.8%	6.6%	39.0%	41.1%
	cumul	51.4%	71.5%	41.4%	43.0%	44.2%	43.8%	69.3%	77.1%	15.3%	73.8%	16.8%	6.6%	39.0%	41.1%
1-2 km	%	37.4%	20.6%	39.2%	32.0%	38.5%	23.0%	18.7%	14.7%	36.1%	21.4%	13.6%	43.2%	30.3%	34.5%
	cumul	88.8%	92.0%	80.6%	75.0%	82.7%	66.8%	88.1%	91.7%	51.4%	95.3%	30.4%	49.8%	69.3%	75.6%
2-3 km	%	8.4%	4.4%	11.0%	10.3%	4.8%	9.6%	5.2%	3.3%	23.0%	3.4%	6.7%	6.3%	14.6%	18.8%
	cumul	97.2%	96.5%	91.5%	85.3%	87.5%	76.4%	93.3%	95.0%	74.4%	98.7%	37.1%	56.1%	83.9%	94.4%
3-4 km	%	1.5%	2.2%	5.4%	3.1%	1.4%	6.3%	2.0%	2.3%	10.3%	0.8%	3.8%	4.5%	8.3%	3.3%
	cumul	98.7%	98.6%	96.9%	88.4%	89.0%	82.7%	95.3%	97.3%	84.7%	99.4%	41.0%	60.6%	92.1%	97.7%
4-5 km	%	0.6%	0.8%	1.8%	7.6%	1.7%	4.7%	1.2%	2.0%	6.4%	0.2%	3.7%	3.0%	2.7%	0.8%
	cumul	99.3%	99.4%	98.7%	96.0%	90.7%	87.3%	96.5%	99.3%	91.1%	99.6%	44.7%	63.5%	94.8%	98.5%
5-6 km	%	0.5%	0.6%	0.7%	0.7%	0.7%	3.5%	1.0%	0.5%	4.6%	0.2%	3.5%	2.9%	1.3%	0.5%
	cumul	99.8%	100.0%	99.3%	96.7%	91.3%	90.8%	97.5%	99.8%	95.7%	99.8%	48.3%	66.5%	96.1%	99.0%
6-7 km	%	0.1%	0.0%	0.4%	0.7%	0.5%	2.9%	0.6%	0.2%	3.9%	0.2%	3.1%	3.2%	1.3%	0.7%
	cumul	99.9%	100.0%	99.7%	97.4%	91.9%	93.7%	98.1%	100.0%	99.6%	100.0%	51.4%	69.7%	97.4%	99.7%
7-8 km	%	0.0%	0.0%	0.2%	0.7%	0.1%	2.0%	0.5%	0.0%	0.4%	0.0%	4.0%	2.8%	1.6%	0.2%
	cumul	99.9%	100.0%	99.9%	98.0%	92.0%	95.7%	98.7%	100.0%	100.0%	100.0%	55.4%	72.5%	99.0%	99.9%
8-9 km	%	0.1%	0.0%	0.1%	1.0%	1.4%	1.4%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	4.4%	2.3%	0.9%	0.1%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%	93.4%	97.1%	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	59.8%	74.8%	99.9%	100.0%
9-10 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	1.4%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.5%	1.9%	0.1%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	94.9%	97.8%	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	65.3%	76.7%	100.0%	100.0%
10-11 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.6%	0.7%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	13.8%	2.5%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.5%	98.5%	99.9%	100.0%	100.0%	100.0%	79.1%	79.2%	100.0%	100.0%
11-12 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.4%	0.5%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	7.4%	2.9%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.9%	99.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	86.6%	82.1%	100.0%	100.0%
12-13 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.2%	3.1%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.0%	99.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	89.8%	85.2%	100.0%	100.0%
13-14 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.4%	2.9%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	93.1%	88.1%	100.0%	100.0%
14-15 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3.6%	2.8%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	96.7%	90.8%	100.0%	100.0%
15-16 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.8%	3.0%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.5%	93.8%	100.0%	100.0%
16-17 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	3.3%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	97.1%	100.0%	100.0%
17-18 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.2%	100.0%	100.0%
18-19 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	100.0%	100.0%
19-20 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
>20 km	%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
	cumul	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%