

ECO-PHOQUES

Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est

Rapport final (février 2018)



Crédits photos : Régis Delcourt (haut gauche), Julie Mestre (centre gauche), Yann Planque (centre, haut droit), Christine Martin (centre droit), Philippe Thiery (bas gauche), Sarah Monnet (bas droit)

Vincent C., Planque Y., Brévar C., Leviez F., Karpouzopoulos J., Monnet S., Dupuis L., Fremau M.H., Ruellet T., Decomble M., Caurant F., Spitz J.

Avant-propos

Ce rapport présente les résultats du projet « Eco-Phoques », financé par la Région Hauts-de-France et le Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale. Ce projet a été réalisé par les bénévoles et/ou personnels des associations CMNF (Coordination Mammalogique du Nord de la France), Picardie Nature, ADN (Association Découverte Nature), GEMEL (Groupement d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux) et GDEAM 62 (Groupement de Défense de l'Environnement de Montreuil-sur-mer et du Pas-de-Calais), et du Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (UMR CNRS/Université de La Rochelle), qui a également assuré la coordination du projet.

Les objectifs de ce projet étaient d'établir les « Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est ». Le projet a été scindé en deux phases distinctes, dont la première s'est déroulée de début 2015 à mi 2016 et la seconde de mi 2016 à fin 2017. Les actions menées dans le cadre de ce projet ont été organisées selon trois grands axes, coordonnés chacun par des organismes différents :

Axe 1 - Distribution et abondance des phoques (coordination CMNF, ADN et Picardie Nature)

Axe 2 - Ecologie alimentaire des phoques (coordination CEBC)

Axe 3 - Interactions entre activités humaines et phoques (coordination GEMEL)

Le présent rapport vise à présenter les résultats des actions menées dans ces trois axes de recherche. Dans un souci de vulgarisation et de concision, les représentations graphiques des résultats ont été privilégiées, tandis que les détails méthodologiques ont été regroupés dans des « encadrés méthodologiques » détaillant les protocoles suivis pour acquérir les résultats présentés.

Citation : Vincent C., Planque Y., Brévert C., Leviez F., Karpouzopoulos J., Monnet S., Dupuis L., Fremau M.H., Ruellet T., Decomble M., Caurant F., Spitz J. 2018. Eco-Phoques : Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est. Rapport final pour la région Hauts-de-France et l'AFB. 127 PP.

Table des matières

Avant-propos	1
Résumé étendu	4
Extended abstract	6
Contexte et objectifs du projet	8
Axe 1 : Distribution et abondance des phoques	10
1.1 Recensements des phoques dans les colonies	11
1.1.1 Evolution pluriannuelle du nombre maximal de phoques	11
1.1.2 Variations saisonnières du nombre de phoques sur les reposoirs	13
1.1.3 Estimation de la proportion de phoques à terre lors des recensements	15
1.1.4 Comparaison des recensements terrestres et aériens	15
1.1.5 Structure de la population de phoques (en baie de Somme)	16
1.2 Suivis télémétriques des phoques	21
1.2.1 Cartes des déplacements des phoques équipés de balises	21
1.2.2 Pourcentage de temps passé par les phoques dans le périmètre du Parc naturel marin	23
1.2.3 Rythmes d'utilisation des reposoirs terrestres	24
1.3 Suivis des phoques par photo-identification	28
1.3.1 Evolution du nombre de nouvelles identifications	28
1.3.2 Nombre de recaptures individuelles	31
1.3.3 Mouvements individuels entre sites	35
1.3.4 Fidélité interannuelle aux sites	37
Axe 2 : Ecologie alimentaire des phoques	40
2.1 Zones de chasse et habitats préférentiels des phoques	41
2.1.1 Identification des zones de chasse des phoques	41
2.1.2 Modélisation de la sélection d'habitat de chasse par les phoques	44
2.2 Régime alimentaire des phoques	48
2.2.1 Analyse des fèces	48
2.2.2 Analyse des contenus stomacaux	50
2.2.3 Tailles des proies consommées par les phoques	51
2.2.4 Variations saisonnières du régime alimentaire des phoques gris	53
2.2.5 Chevauchement trophique entre phoques veaux-marins et gris	55
2.3 Traceurs écologiques de l'alimentation des phoques	62
2.3.1 Comparaisons inter-sites et interindividuelles des signatures isotopiques	63

2.3.2 Variabilité saisonnière des signatures isotopiques	66
2.3.3 Comparaisons interspécifique des signatures isotopiques	67
2.4 Consommation totale de proies par les phoques.....	71
2.4.1 Variations saisonnières de la consommation.....	71
2.4.2 Evolution pluriannuelle de la consommation.....	73
2.4.3 Quantité d'espèces proies consommées en 2017	74
Axe 3 : Interactions entre activités humaines et phoques.....	80
3.1 Synthèse bibliographique	81
3.1.1 Méthodologie de la recherche bibliographique	81
3.1.2 Les types d'interactions	82
3.1.3 La synthèse des interactions	85
3.1.4 Comment limiter les effets indésirables ?	86
3.2 Enquêtes auprès des usagers	88
3.2.1 Méthodologie	89
3.2.2 Structure des enquêtés	90
3.2.3 Résultats des enquêtes.....	91
3.2.4 Le poids des activités.....	98
3.3 Interactions écologiques entre phoques et pêche	100
3.3.1 Délimitation de l'espace.....	101
3.3.2 Espèces considérées	101
3.3.3 Les matrices	104
3.3.4 Calcul des indices	106
Conclusion et perspectives.....	109
Références bibliographiques	113
Valorisation des résultats du projet.....	121
Remerciements	126

Résumé étendu

Deux espèces de phoques fréquentent toute l'année les côtes de la région des Hauts-de-France : le phoque veau-marin (*Phoca vitulina*), présent depuis plusieurs décennies et toujours majoritaire dans la région, et le phoque gris (*Halicheorus grypus*), arrivé plus récemment et dont les effectifs ont augmenté exponentiellement depuis une décennie. Tandis que les phoques veaux-marins sont présents toute l'année, et sont a priori très fidèles à leurs colonies, les phoques gris, mâles adultes pour la plupart, ne sont abondants dans la région que saisonnièrement (en été). Les phoques veaux-marins sont également recensés en plus grand nombre pendant la période estivale, ce qui s'explique a priori uniquement par un temps passé à terre plus important pendant la reproduction et la mue. Le nombre maximal de phoques recensés simultanément de la baie de Somme à Dunkerque a été de 709 phoques veaux-marins en juillet 2017, et 402 phoques gris en juillet 2016. Ces effectifs maxima sont en augmentation régulière ces dernières années, même si les chiffres restent stables depuis 2015 dans certaines colonies. Des suivis par balises ont montré que les phoques veaux-marins de la baie de Somme sont très côtiers, et chassent majoritairement devant la baie de Somme ou à quelques kilomètres. Ils sont capables de se déplacer sur quelques dizaines voire une centaine de kilomètres, parfois d'une colonie à l'autre puisque des échanges ont été observés par photo-identification entre la baie d'Authie et la baie de Canche. En revanche, les suivis télémétriques ont montré que les phoques gris se déplacent à une échelle bien plus large et peuvent ainsi parcourir plusieurs dizaines ou centaines de kilomètres pour aller chasser au milieu de la Manche, en baie de Somme, ou le long des côtes des Hauts-de-France, voire plus loin en mer du Nord où ils retournent également pour se reproduire. La photo-identification a également mis en évidence des échanges entre la baie de Somme, la baie d'Authie et le phare de Walde. Cette méthode de suivi a souligné la fidélité aux sites des phoques des deux espèces, généralement plus forte pour les phoques veaux-marins mais non négligeable pour les phoques gris, dont une partie au moins reviennent d'une année sur l'autre. Le banc du phare de Walde est vraisemblablement une halte pour les phoques gris, avec une plus grande proportion d'individus de passage (non revus).

Le régime alimentaire des phoques, estimé à partir de l'analyse des fèces récoltées en baie de Somme (et Walde pour les phoques gris) est constitué de 86% [intervalle de confiance à 95% : 68-100%, en biomasse] de poissons plats et 14% [5-25%] de poissons ronds pour les phoques veaux-marins, et de 61% [38-87%] de poissons plats, 29% [13-54%] de poissons ronds et 10% [1-23%] de céphalopodes pour les phoques gris. Chez ces deux espèces de phoques, les poissons plats majoritairement consommés sont des plies, flets et différentes espèces de soles, le poisson rond dominant chez le phoque gris est le hareng. L'analyse complémentaire de contenus stomacaux de phoques échoués suggère que l'importance des céphalopodes a pu être sous-estimée dans le régime alimentaire notamment pour le phoque gris. Le chevauchement trophique entre les deux espèces de phoques est important, mais une plus grande diversité entre les individus est observée chez les phoques gris, ce dernier étant spécialisé à l'échelle individuelle, alors que le phoque veau-marin est plutôt spécialisé à l'échelle de la colonie. L'analyse de traceurs écologiques (isotopes stables du carbone et azote) montre que les résultats obtenus exclusivement en baie de Somme ne sont pas toujours généralisables à l'ensemble de la région, et que la niche trophique des veaux-marins est incluse dans celle des phoques gris. L'ensemble de ces derniers résultats (régime alimentaire et traceurs) suggère des interactions entre les deux espèces, et une potentielle compétition, qui pourraient encore évoluer à l'avenir si les effectifs de phoques gris continuaient d'augmenter. De 2015 à 2017, la consommation totale de proies par les phoques a augmenté pour les deux espèces.

Ainsi, elle est passée, de 2015 à 2017, de 592 [490-701] à 750 [632-878] tonnes par an pour les phoques veaux-marins et de 422 [369-476] à 750 [675-827] tonnes par an pour les phoques gris, en baie de Somme et baie d'Authie. Les variations saisonnières de consommation totale sont modérées pour le phoque veau-marin, mais très importantes pour le phoque gris, principalement présent dans la région en été : à cette saison, sa consommation dépasse vraisemblablement celle des phoques veaux-marins.

Les deux espèces de phoques sont en forte interaction compétitive l'une et l'autre mais sont en faible interaction avec les activités de pêche, hormis pour les trémailleurs dont l'effort de pêche se superpose significativement avec les zones de chasse des phoques veaux-marins (chevauchement trophique 18 fois plus élevé entre trémailleurs et phoques veaux-marins qu'entre tous métiers de pêche confondus et cette même espèce de phoque). Les activités sportives et de tourisme génèrent également des interactions, qui selon les acteurs peuvent être identifiées comme positives (*e.g.* attrait touristique, renforcement de l'identité régionale...) mais aussi dans certains cas, une source de dérangement pour les populations de phoques. Les acteurs du territoire sont conscients de ces interactions, et il convient donc de poursuivre l'effort de suivi afin de mieux évaluer ces interactions, dans le contexte de populations encore très dynamiques (non stabilisées).

Extended abstract

Two seal species are found year-round in the *Région Hauts-de-France* (North of France): the harbour seal (*Phoca vitulina*), observed for decades in the area and still increasing, and the grey seal (*Halicheorus grypus*), more recently settled, which numbers have increased exponentially this last decade. While harbour seals are observed at all seasons and seem to be very faithful to their haulout sites, grey seals, mostly adult males, are mainly abundant in the area seasonally (during summer). More harbour seals are also counted on their haulout sites during summer, but this is most likely only due to their spending more time ashore during the breeding and moulting seasons. The maximum number of seals simultaneously censused on the haulout sites from *baie de Somme* to *Dunkerque* was 709 harbour seals in July 2017, and 402 grey seals in July 2016. These maxima increased these last years, even if in some haulout areas the yearly maximum counts remain stable since 2015. Telemetry tracking showed that harbour seals from the *baie de Somme* make very coastal movements, and forage mostly in front of (or close vicinity, a few kilometres away from) the *baie de Somme*. They can travel over a few tens or a hundred of kilometres, sometimes moving from one colony to another, as also shown by photo-identification matching between the *baie d'Authie* and *baie de Canche*. However, telemetry showed that grey seals move at a much larger scale, travelling over tens and hundreds of kilometres, foraging in the middle of the English Channel, in *baie de Somme* or along the coasts of *Hauts-de-France*, sometimes further in the North Sea where they return for breeding. Photo-identification also highlighted individual movements between *baie de Somme*, *baie d'Authie* and *phare de Walde*. This technique showed that seals from both species were faithful to their haulout sites. This site fidelity was higher in harbour seals, but a significant proportion of grey seals also came back from one year to the next. The haulout site at *phare de Walde* seems to be a step-over area for grey seals (from the Southern North Sea), with more photo-identified individuals observed only once.

The seals' diet, estimated from faeces sampled in *baie de Somme* (and also *Walde* for grey seals) consisted of 86% [95% confidence interval: 68-100%, in biomass] of flat fish and 14% [5-25%] of round fish for harbour seals, and of 61% [38-87%] of flat fish, 29% [13-54%] of round fish and 10% [1-23%] of cephalopods for grey seals. In both seal species, flat fish species were mainly plaice, flounder or different sole species, and the main round fish species in grey seals was herring. Additional diet analysis from stomach samples of stranded seals suggested that cephalopods may be underestimated in the grey seal diet especially. Trophic overlap between both seal species was high, but a higher inter-individual variability was observed in grey seals, considered as individual specialists, than in harbour seals, rather considered as specialized at the colony level. The analysis of ecological tracers (carbon and nitrogen stable isotopes) showed that results of seal diet obtained exclusively in *baie de Somme* cannot always be generalized to the whole region, and that the trophic niche of harbour seals was included in that of grey seals. All these results (on diet and tracers) suggest interactions between both species, and potentially competition, that could evolve in the future if grey seal numbers continue to grow. From 2015 to 2017, total prey consumption by seals from *baie de Somme* and *baie d'Authie* increased from 592 [490-701] to 750 [632-878] tons per year for harbour seals and from 422 [369-476] to 750 [675-827] tons per year for grey seals. Seasonal variations in total consumption were limited for harbour seals, but larger for grey seals, mostly abundant in the area during summer. During this summer season, their prey consumption most likely exceeds that of harbour seals.

Both seal species are strongly interacting with each other, but less so with fishery activities, except for trammelers for which the fishing effort strongly overlaps with harbour seal foraging areas (overlap 18 times higher between trammelers and harbour seals than between all fishing gear and harbour seals). Sport and tourism activities also cause interactions with seals, that are either seen as positive (*e.g.* seals attract tourism, contribute to the regional identity...) or negative (risks of disturbance of the seals). Users along the coast are conscious of these interactions, and it seems necessary to maintain the existing monitoring in order to better evaluate those interactions, in a context of increasing seal populations.

Contexte et objectifs du projet

Le phoque gris *Halichoerus grypus* et le phoque veau-marin *Phoca vitulina*, deux mammifères marins résidant toute l'année sur les côtes des Hauts-de-France, sont des espèces protégées au niveau national et communautaire. Bien que classées comme « Quasi Menacées » sur la Liste Rouge des espèces menacées en France (UICN), les effectifs des deux espèces augmentent régulièrement le long des côtes françaises. Les tendances ne sont cependant pas identiques pour les deux espèces et les interactions compétitives entre elles pourraient affecter la dynamique de l'une ou l'autre des espèces et modifier leurs rôles respectifs dans les écosystèmes de la Manche orientale.

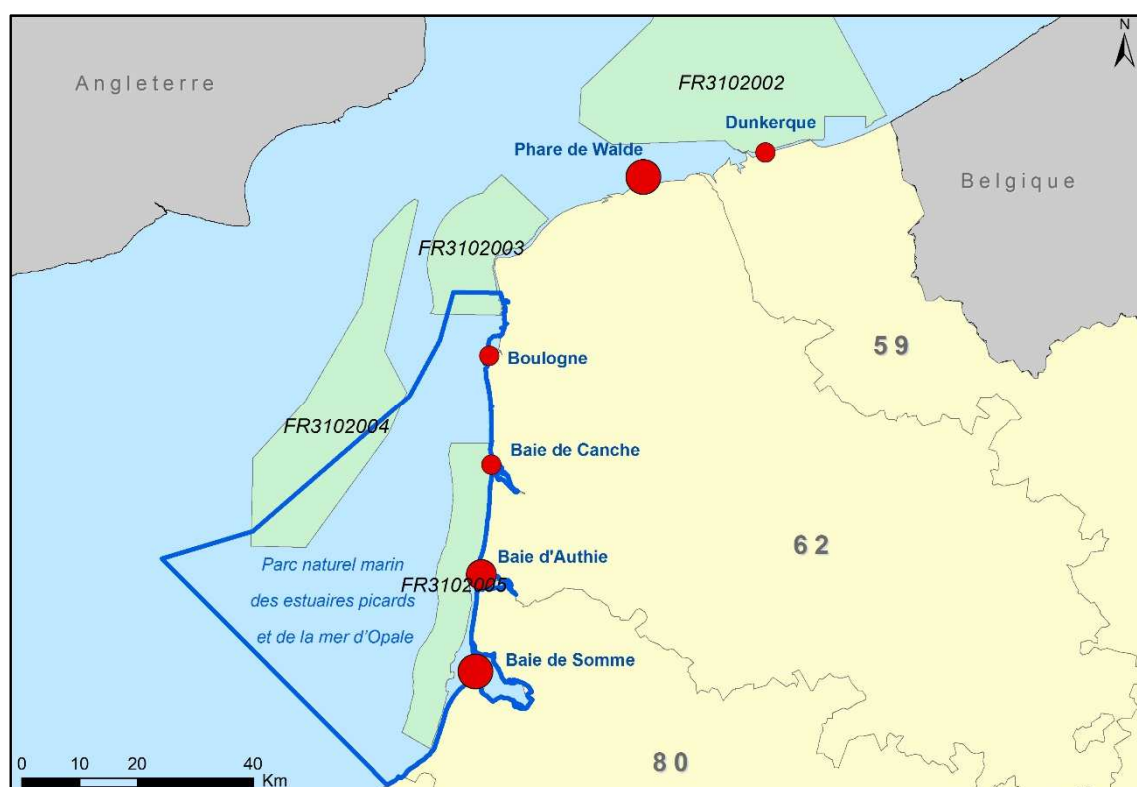


Figure 1 : Etendue de la zone d'étude et localisation des colonies de phoques incluses dans le présent projet. Les périmètres du parc naturel marin et des zones Natura 2000 en mer¹ sont également indiqués.

Par ailleurs l'augmentation visible de ces effectifs de phoques a provoqué ces dernières années des questionnements grandissants concernant leurs possibles impacts sur les écosystèmes locaux. Les interactions entre ces prédateurs supérieurs marins et les activités humaines de pêche ne sont actuellement pas quantifiées sur le secteur. D'autres activités récréatives sont également présentes sur les zones de fréquentation par les phoques. Le statut de protection de ces deux

¹ Zones Natura 2000 des « Dunes de la plaine maritime flamande » (FR3100474), des « Bancs des Flandres » (FR3102002), des « Récifs Gris-Nez Blanc-Nez » (FR3102003), des « Ridens et dunes hydrauliques du détroit du Pas de Calais » (FR3102004) et de la « Baie de Canche et couloir des trois estuaires » (FR3102005).

espèces de mammifères marins et les interactions croissantes avec les activités humaines constituent un véritable défi pour les instances gestionnaires, notamment pour les opérateurs des zones Natura 2000 et pour le Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale (Figure 1). Pour mieux concilier conservation de la faune sauvage et développement durable des activités humaines, il est impératif de fournir des bases scientifiques solides sur la structure et la dynamique des populations de ces espèces de phoques dans la région, leur stratégie d'exploitation des ressources et leur degré d'interaction avec les activités humaines.

Les objectifs du projet sont principalement de comprendre le fonctionnement et la dynamique des populations de phoques fréquentant les eaux côtières de la région Hauts-de-France, et de décrire les principales interactions entre ces prédateurs supérieurs marins et différentes activités humaines. Les actions mises en œuvre dans le cadre de ce projet ont eu pour objectifs d'apporter des réponses aux questions suivantes :

- Quels sont les effectifs de phoques présents dans la zone d'étude, comment ces effectifs évoluent-ils et quelle est la connectivité entre les différentes colonies ?
- Que mangent les phoques, en quelle quantité et à quel(s) endroit(s) ?
- Quelles sont les différentes catégories d'interactions entre les populations sauvages de phoques et les activités humaines, professionnelles et récréatives ?

Ce projet s'articule ainsi autour de 3 axes majeurs permettant d'établir des bases scientifiques solides pour la conservation des populations de phoques gris et veaux-marins :

Axe 1 : Distribution et abondance des phoques - Déterminer la distribution, la connectivité, l'abondance et les tendances d'évolution des colonies de phoques gris et veaux-marins fréquentant la région Hauts-de-France ;

Axe 2 : Ecologie alimentaire des phoques - Déterminer le régime alimentaire, les zones de chasse et les biomasses consommées par les phoques ;

Axe 3 : Interactions entre activités humaines et phoques - Evaluer la nature et l'intensité des interactions entre les phoques et les activités humaines.

Axe 1 : Distribution et abondance des phoques

Coordination : CMNF, ADN, Picardie Nature

Brévert C., Leviez F., Planque Y., Anglade M., Karpouzopoulos J., Fremau M.-H., Dupuis L., Monnet S., Decomble M., Mestre J., Martin C., Lemaire D., Varin C., Delcourt R., Everard A., Lamour A., Lamour P., Gosselin D., Dehove M., Hochard M., Thiery P., Bourgain J.-L., Dubois A., Noël C., Rault C., Brabant C., Mahieux J., Savoie J., Magniez A., Decroix A., Gobillot J., Devos J., Pillerel C., Lahaye E., Wimez K., Kerouedan F., Vincent C.



Crédits photos : Régis Delcourt (haut et centre gauche), Yann Planque (haut droit), Julie Mestre (centre droit), Christine Martin (bas)

Citation : Brévert C., Leviez F., Planque Y., Anglade M., Karpouzopoulos J., Fremau M.-H., Dupuis L., Monnet S., Decomble M., Mestre J., Martin C., Lemaire D., Varin C., Delcourt R., Everard A., Lamour A., Lamour P., Gosselin D., Dehove M., Hochard M., Thiery P., Bourgain J.-L., Dubois A., Noël C., Rault C., Brabant C., Mahieux J., Savoie J., Magniez A., Decroix A., Gobillot J., Devos J., Pillerel C., Lahaye E., Wimez K., Kerouedan F., Vincent C. 2018. Distribution et abondance des phoques. In : Eco-Phoques : Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est (Vincent *et al.*, eds). Rapport final pour la région Hauts-de-France et l'AFB. 127 PP.

1.1 Recensements des phoques dans les colonies

Les comptages effectués régulièrement dans les colonies de phoques de la région ont permis d'évaluer la tendance pluriannuelle des effectifs de phoques gris et phoques veaux marins (cf. Encadré 1). Le nombre maximal de phoques recensés **simultanément** sur l'ensemble des sites (de la baie de Somme à Dunkerque) a été de **709 phoques veaux marins** le 20 juillet 2017, et **402 phoques gris** le 13 juillet 2016. Dans la majorité des sites, les recensements soulignent une **augmentation des effectifs** de phoques **des deux espèces**.

1.1.1 Evolution pluriannuelle du nombre maximal de phoques

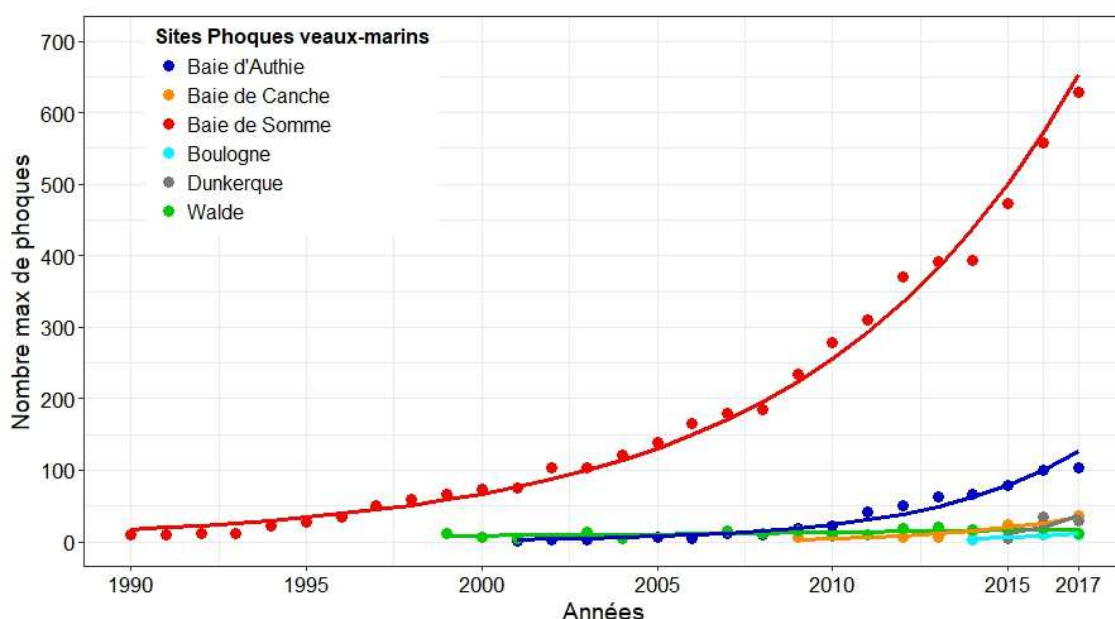


Figure 2 : Evolution du nombre maximal annuel de phoques veaux-marins recensés sur chacun des sites d'études du projet Eco-Phoques. Les courbes de tendance modélisées à partir de chaque série de données sont également indiquées.

La **baie de Somme** abrite la **principale colonie de phoques veaux-marins**, non seulement dans la région (Figure 2) mais également en France métropolitaine (Thiery *et al.* 2002, Thiery P. & Kiszka J., 2005, Vincent *et al.*, 2017). Le nombre maximal de phoques veaux-marins recensés dans cette baie a augmenté de façon régulière, au rythme de +14.4% par an (taux moyen calculé entre 1990 et 2017, Tableau 1). En 2017, le maximum était de 629 phoques veaux-marins recensés simultanément dans cette baie.

Le second site d'importance pour l'espèce dans la région est la **baie d'Authie** (Thiery *et al.* 2010), où l'on a pu recenser jusqu'à une centaine de phoques veaux-marins depuis deux ans (Figure 2). Le taux d'augmentation moyen de ces effectifs maximaux est de +26.8% par an entre le début des années 2000 et 2017 (Tableau 1). Les taux d'augmentation des effectifs sur ces deux sites principaux sont du même ordre de grandeur que ceux observés en mer de Wadden dans les années 1990, lorsque ces colonies étaient en phase de rétablissement après l'épizootie de 1988 (Rejinders *et al.*, 1997).

Enfin, l'espèce est présente en plus faibles effectifs sur l'ensemble des autres sites couverts lors du projet : en **baie de Canche**, à **Dunkerque** (banc Hills, port Est et Ouest), à **Boulogne-sur-mer** (digue Carnot) et au **phare de Walde**. Le nombre maximal de phoques veaux-marins recensés sur chacun de ces sites ne dépasse pas 39 individus chaque année.

Tableau 1 : Taux d'augmentation des effectifs maximaux de phoques recensés sur les principaux sites de la Manche Est.

Espèce	Site	Période étudiée	Taux d'augmentation des effectifs maximaux
Phoques veaux-marins	Baie de Somme	1990-2017	+14.4% / an
	Baie d'Authie	2001-2017	+26.8% / an
Phoques gris	Baie de Somme	1990-2017	+20.0% / an
	Baie d'Authie	2003-2017	+37.3% / an
	Phare de Walde	1999-2017	+32.2% / an

La quasi-totalité des **naissances de phoques veaux-marins** a lieu en baie de Somme, où le nombre de nouveau-nés recensés a été de 87 en 2015, 75 en 2016 (potentiellement sous-estimé en raison de survols tardifs dans la saison de reproduction) et 106 en 2017. Sur les autres sites, une naissance a été répertoriée en baie d'Authie en 2015, 5 en 2016 et 3 en 2017. Enfin, trois naissances de phoque veau-marin ont été recensées en baie de Canche en 2017. Compte tenu de la mortalité juvénile chez cette espèce (Reijnders et al., 1997 ; Dupuis & Vincent, 2013), ce nombre de naissances ne peut pas expliquer à lui seul l'augmentation du nombre de phoques veaux-marins dans la région (Tableau 1) : **une partie au moins des animaux observés sur ces colonies provient donc de colonies plus éloignées**. Il s'agit probablement de colonies de reproduction localisées en **mer du Nord**, et notamment en **mer de Wadden**, comme le suggèrent des observations régulières de jeunes individus bagués ou des suivis télémétriques réalisés à partir des côtes britanniques ou néerlandaises (Thierry et al., 1996 ; Sharples et al., 2012 ; Brasseur, 2017).

En Manche Est, les principaux sites fréquentés par les **phoques gris** sont le banc du **phare de Walde** (jusqu'à 225 et 205 phoques recensés simultanément en 2016 et 2017 respectivement), la **baie de Somme** (jusqu'à 194 phoques gris en 2017) et la **baie d'Authie** (entre 105 et 108 phoques gris au maximum entre 2015 et 2017 ; Figure 3). A l'échelle pluriannuelle, la baie d'Authie est le site marqué par le plus fort **taux d'augmentation** du maximum annuel de phoques gris (+37.3% entre 2001 et 2017 ; Tableau 1), mais les chiffres ont stagné de 2015 à 2017, et la tendance pourrait s'infléchir dans les années à venir (cf. Figure 3). En baie de Somme, le taux d'augmentation est en moyenne de +20.0% entre 1990 et 2017, tandis qu'il est de +32.2% par an à Walde depuis la fin des années 1990 (Tableau 1). Bien que ces chiffres indiquent globalement de forts taux de croissance, ces pourcentages sont nettement inférieurs à ceux calculés il y a deux ans (+49% par an en baie d'Authie et Walde estimés en 2015, Vincent et al., 2017). Il est donc important de **ré évaluer annuellement** ces chiffres afin de décrire plus précisément la dynamique des populations de phoques gris dans la région.

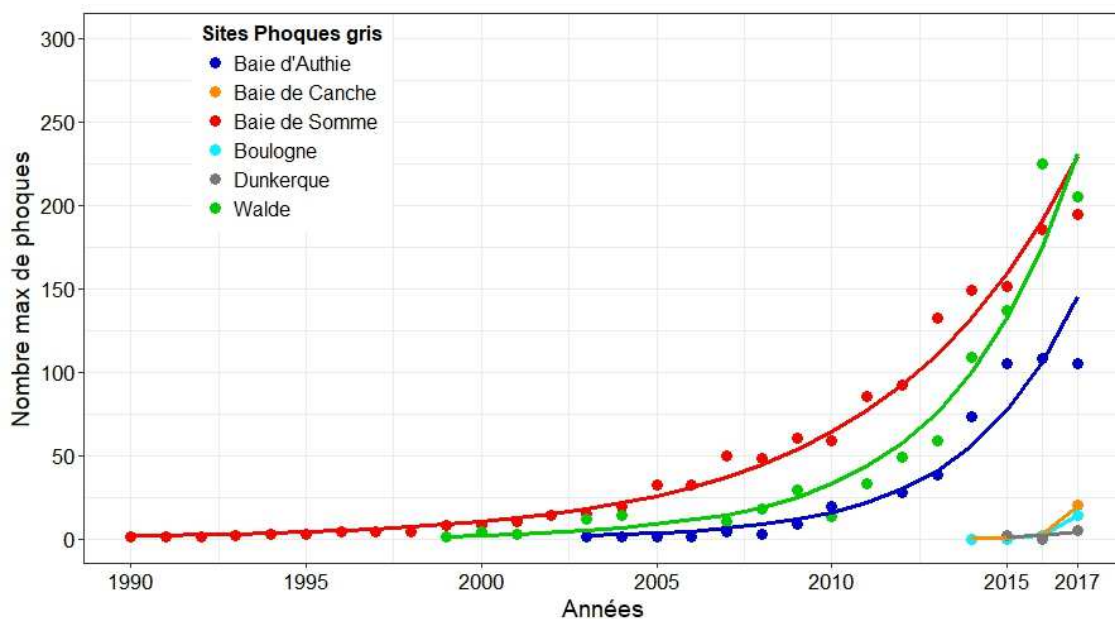


Figure 3 : Evolution du nombre maximal annuel de phoques gris recensés sur chacun des sites d'études du projet Eco-Phoques. Les courbes de tendance modélisées à partir de chaque série de données sont également indiquées.

Il y a **très peu de naissances de phoques gris** dans la région. Quelques blanchons ont été observés en baies de Somme, Authie et Canche, dont plusieurs ont été retrouvés morts avant sevrage. Les taux d'augmentation constatés soulignent donc que les phoques gris observés dans la région proviennent d'autres colonies, et effectuent des **migrations saisonnières** en Manche Est. Les suivis télémétriques présentés plus loin soulignent la provenance probable de ces phoques : ils viennent très probablement de la **mer du Nord**, et plus particulièrement des **colonies des côtes Est et Sud-Est britanniques** ou de **mer de Wadden**. Ces colonies enregistrent en effet de forts taux de croissance des effectifs (estimés à partir des naissances de phoques gris, non comparables donc aux chiffres présentés ici) de phoques gris pour l'ensemble de la population centrale autour des îles britanniques (SCOS 2016). La dynamique observée en Manche Est est donc le reflet de l'augmentation du nombre de phoques gris en mer du Nord, et de leur **grande mobilité** en dehors des périodes de reproduction et de mue.

1.1.2 Variations saisonnières du nombre de phoques sur les reposoirs

Outre l'évolution interannuelle du nombre maximal de phoques gris et phoques veaux-marins en Manche Est, les **variations d'abondance saisonnière** des deux espèces ont été documentées pour l'ensemble des sites suivis.

Globalement, le nombre de **phoques veaux-marins** comptés à terre est **maximal de la fin du printemps à l'automne**, pendant les **périodes de reproduction et de mue de l'espèce** (Figure 4). Cette observation est conforme aux attentes, puisque les phoques passent une plus grande partie de leur temps à sec pendant ces périodes clés de leur cycle annuel (Thompson, 1989). Cela ne signifie donc pas nécessairement qu'ils sont plus nombreux dans la zone à ces périodes, mais qu'ils passent simplement **plus de temps à terre**, où ils peuvent être recensés.

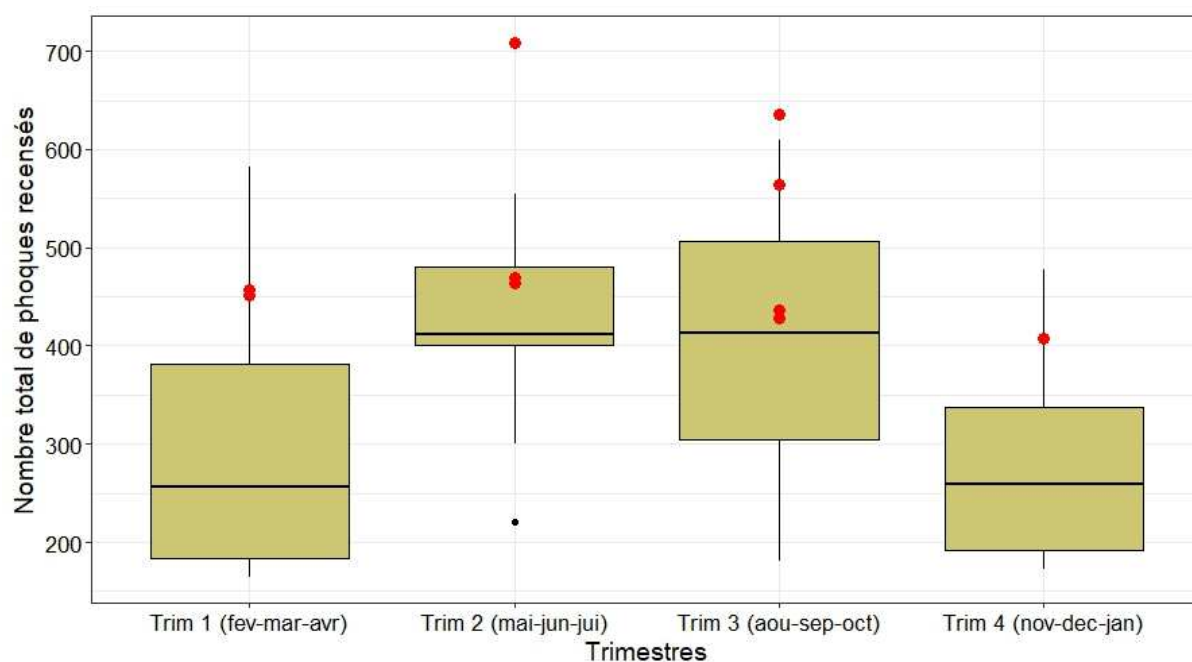


Figure 4 : Evolution saisonnière du nombre de **phoques veaux-marins** recensés sur l'ensemble des sites du projet Eco Phoques (de la baie de Somme à Dunkerque) entre 2015 et 2017. Les saisons sont indiquées en trimestres (Trim). Les boxplots présentent la distribution des effectifs cumulés des recensements pédestres, la médiane correspondant à la ligne noire centrale (moitié des observations), les extrémités inférieures et supérieures des rectangles au premier et au troisième quartile (25 et 75% des observations respectivement), et les points noirs aux valeurs extrêmes. Les points rouges représentent les effectifs cumulés obtenus lors des recensements aériens.

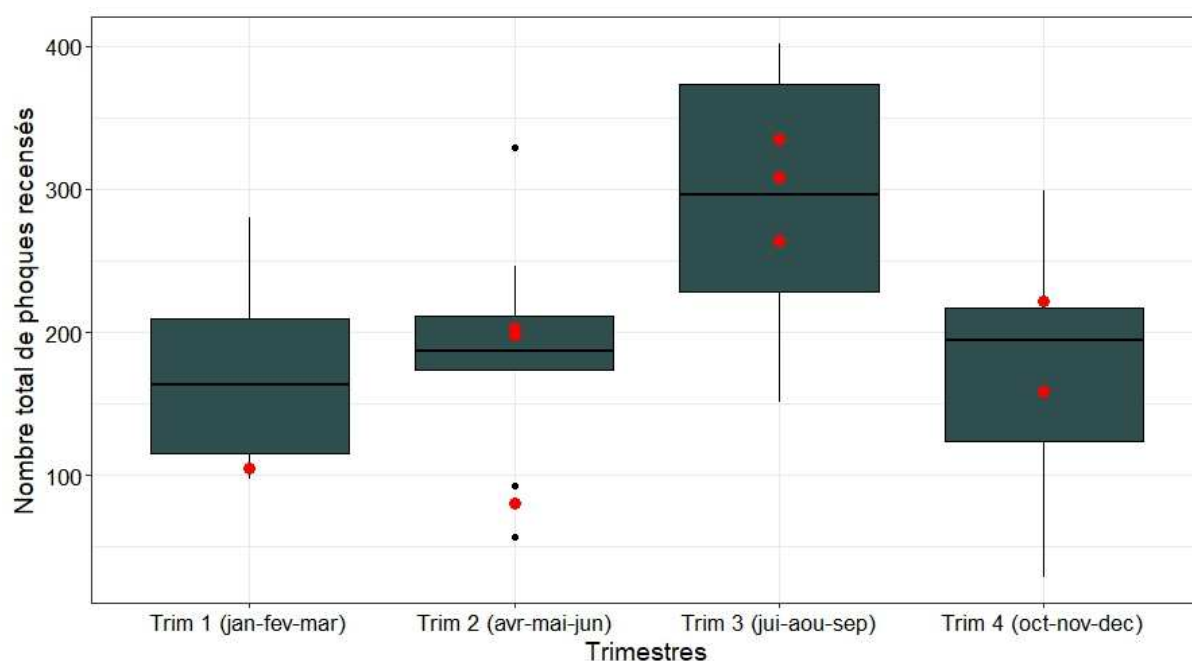


Figure 5 : Evolution saisonnière du nombre de **phoques gris** recensés sur l'ensemble des sites du projet Eco Phoques (de la baie de Somme à Dunkerque) entre 2015 et 2017. Les saisons sont indiquées en trimestres (Trim) et diffèrent de celles définies pour les phoques veaux-marins (cf. encadré 1). Les boxplots présentent les recensements pédestres, tandis que les points rouges représentent les recensements aériens.

Le nombre de **phoques gris** recensés en **été** (trimestre 3) dépasse largement les effectifs recensés le reste de l'année (Figure 5) : contrairement aux phoques veaux-marins, ceci ne peut pas être expliqué par la biologie de l'espèce, car les phoques gris se reproduisent en hiver et muent entre la fin de l'hiver et le début du printemps. S'ils sont recensés en plus grand nombre en été, cela signifie donc qu'ils effectuent une **migration saisonnière** dans la région plus marquée à cette saison.

1.1.3 Estimation de la proportion de phoques à terre lors des recensements

Pour les **phoques veaux-marins**, les effectifs **maxima** recensés (Figure 2) constituent une **estimation minimale de la taille de la population**. Dans le cas des phoques gris en revanche, les fortes variations saisonnières et l'absence de reproduction soulignent qu'il **n'est pas possible d'estimer une taille de colonie de phoques gris sur l'année**, les animaux observés en Manche Est pendant une période donnée n'étant présents que provisoirement, avant de se déplacer vers d'autres régions. Si l'on souhaite estimer le nombre total de phoques gris présents instantanément dans la région (effectifs absolus et non relatifs), il faut estimer la **proportion d'individus présents sur les reposoirs lors des recensements**. Cette estimation est réalisée à partir des suivis télémétriques (cf. encadré 2). Pour les phoques gris, l'analyse du comportement des phoques équipés de balises pendant les périodes de recensements potentiels a montré que **55%** des phoques gris présents dans la région (dans un rayon d'environ 20 km autour des reposoirs) étaient réellement observables à sec sur les reposoirs pendant les **recensements terrestres**. Pour les **recensements aériens**, pour lesquels la période de survols des reposoirs est plus courte que la durée des recensements pédestres, ce pourcentage n'est que de **34%** (les 66% restant étant en mer dans un rayon d'environ 20 km au moment du survol aérien). Pour les **phoques veaux-marins**, la proportion d'individus présents sur les reposoirs est de **60%** lors des **recensements pédestres**, et **52%** lors des **recensements aériens**. Cela revient à appliquer un coefficient correcteur d'environ 1.8 ou 2.9 pour les phoques gris (à partir des recensements pédestres ou aériens respectivement), et un coefficient correcteur d'environ 1.7 ou 1.9 pour les phoques veaux-marins (à partir des recensements pédestres ou aériens respectivement).

Ces facteurs de correction constituent des **ordres de grandeur** (le nombre d'individus suivis par balises reste faible par rapport à la taille de la population), et ne peuvent être appliqués que sur des **effectifs relatifs moyens** : il serait erroné de multiplier le nombre maximal de phoques recensés sur une année par ce chiffre (car ces maximaux correspondent à des moments spécifiques au cours desquels la proportion d'animaux présents à terre est plus élevée qu'en moyenne). Par ailleurs, ils ne doivent être utilisés que sur des effectifs moyens recensés **pendant les mêmes saisons** que celles des suivis télémétriques (puisque la proportion de temps passé à terre par les phoques varie fortement au cours de leur cycle annuel), soit uniquement de juin à janvier pour les phoques gris, et d'octobre à avril pour les phoques veaux-marins.

1.1.4 Comparaison des recensements terrestres et aériens

L'utilisation de différentes **méthodes** pour recenser les phoques sur leurs reposoirs peut influencer plus ou moins fortement les résultats obtenus. Les **comptages terrestres** sont soumis à plusieurs contraintes telles que la distance aux phoques ou l'angle d'observation des phoques sur leur reposoir (peu visibles si situés en contre-bas d'un banc de sable par exemple). Les **comptages aériens** permettent quant à eux de s'affranchir de ces contraintes, mais n'apportent qu'une seule

donnée, au moment du passage de l'avion ou de l'ULM. Des comptages aériens et terrestres ont été réalisés simultanément en baie de Somme lors de 14 sessions de recensement, de 2012 à 2017 (Figure 6). Les comptages terrestres ont ainsi permis de recenser en moyenne $67.4 \pm 6.7\%$ des phoques veaux-marins et $60.8 \pm 8.9\%$ des phoques gris recensés simultanément par comptage aérien. Lors de ces sessions, le nombre de phoques recensés par comptage terrestre est donc généralement **sous-estimé** par rapport au nombre obtenu par comptage aérien. Ces différences sont **spécifiques** à la baie de Somme qui est le site d'étude le plus complexe à suivre en région Hauts-de-France : les effectifs de phoques sont les plus élevés, et les reposoirs utilisés par les phoques sont plus étendus géographiquement que sur les autres sites d'étude de la région.

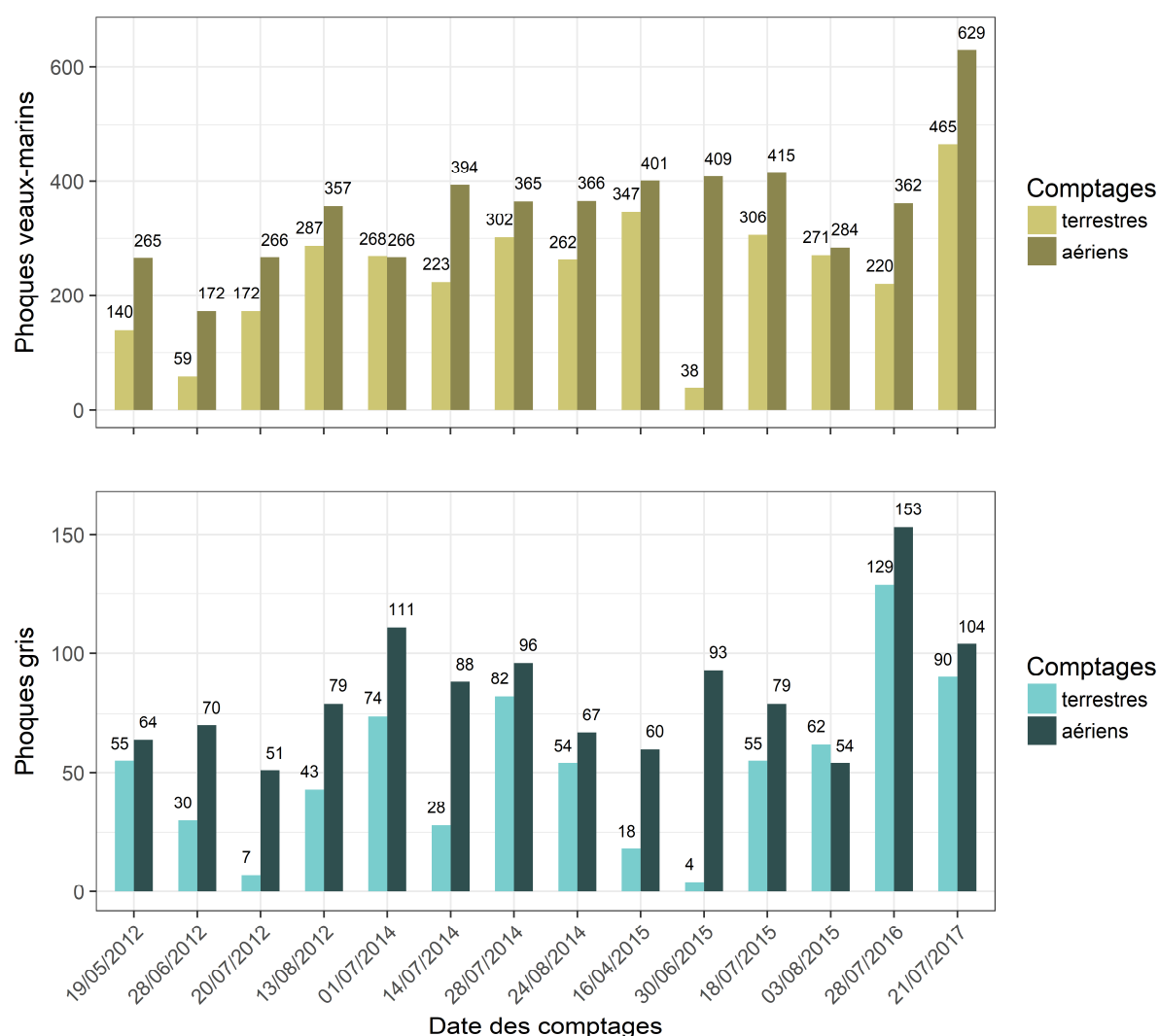


Figure 6 : Comparaison des effectifs recensés pour chaque espèce en baie de Somme lorsque des recensements pédestres et aériens ont été effectués simultanément (au cours de la même marée).

1.1.5 Structure de la population de phoques (en baie de Somme)

La **structure de population des phoques veaux-marins** en baie de Somme a été évaluée à partir de mesures morphométriques indirectes (cf. encadré 1). Elles ont permis de mettre en

évidence que cette colonie est principalement composée de **jeunes individus** : en moyenne, 18% [17-20%] de nouveaux nés, 57% [56-58%] de subadultes et 25% [22-27%] d'adultes (Figure 7). Les intervalles de confiance correspondent aux proportions estimées séparément sur les deux années d'étude.

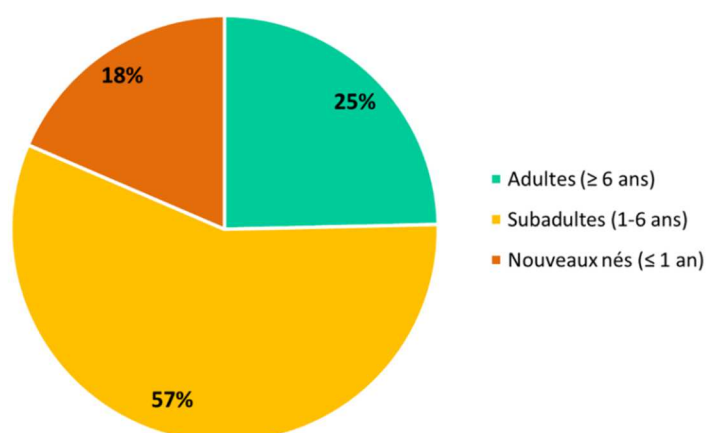


Figure 7 : Structure de la population de **phoques veaux-marins** de la baie de Somme, entre 2011 et 2014 (cf. encadré 1).

Cette majorité de jeunes individus pourrait être mise en relation avec le caractère **récent** de cette colonie. En effet, les colonies ayant un fort taux de croissance sont généralement caractérisées par une part importante d'individus non matures sexuellement, et ainsi par un taux de reproduction plus faible que d'autres colonies plus établies (Reijnders, 1978 ; Anglade, 2017). En baie de Somme, le nombre de phoques veaux-marins augmente exponentiellement depuis quelques années, et cette augmentation est sans doute au moins partiellement causée par une **immigration de jeunes individus** nés dans d'autres colonies. La proportion d'individus adultes pourrait augmenter à l'avenir, lorsque les effectifs se seront stabilisés.

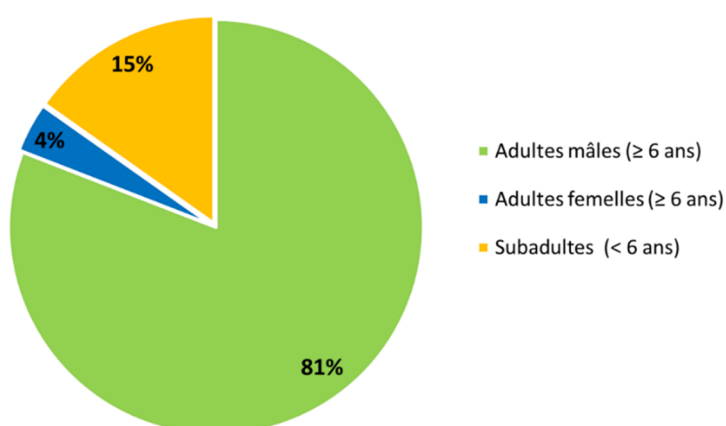


Figure 8 : Structure de la population de **phoques gris** de la baie de Somme, entre 2015 et 2017 (cf. encadré 1).

La **structure de population des phoques gris** fréquentant la baie de Somme a été analysée à partir de photographies (cf. encadré 1). Ces analyses ont montré une structure très déséquilibrée

entre les trois classes d'âge/sexe (Figure 8) : on recense en moyenne 81% [IC95% : 77-84%] de **mâles adultes** (≥ 6 ans), 4% [2-6%] d'adultes femelles (≥ 6 ans) et 15% [11-20%] de subadultes (< 6 ans).

Les phoques gris mâles se déplacent généralement plus loin de leur site de reproduction que les femelles, ce qui peut être interprété comme une stratégie pour éviter une compétition pour l'accès à la ressource (*e.g.* Breed et al., 2009). De plus, les subadultes ont tendance à se disperser au cours des premiers mois de leur vie afin d'explorer leur environnement, et de trouver leurs aires d'alimentation (Breed *et al.*, 2011). Ainsi, la **prépondérance de mâles adultes** en baie de Somme apparaît donc comme cohérente puisque le phoque gris est non reproducteur en Manche Est (au sens de l'absence de réelle colonie de reproduction, même si une ou quelques femelles isolées peuvent être ponctuellement observées mettant bas dans la région). Leur présence est donc probablement liée à la **proximité avec leurs zones de chasse**.

Encadré 1 : méthodes de recensements et d'estimation de la structure des populations de phoques

Les phoques passent la majorité de leur temps dans l'eau, en mer, où ils sont difficilement observables. Les comptages sont donc réalisés sur les reposoirs utilisés par les phoques à terre (sur les bancs de sable utilisés à marée basse, *etc.*). Lorsqu'ils viennent se poser à terre, seule une partie de la population est observable (tous les individus ne sont pas présents à sec au même moment). Pour cette raison, les effectifs recensés lors des comptages sur les reposoirs sont des « effectifs relatifs », par opposition aux « effectifs absolus ».

Pour **compter les phoques présents sur ces reposoirs**, des **recensements pédestres** mensuels ont été mis en place en simultané de Dunkerque (limite Nord) à la baie de Somme (limite Sud), sur chaque site où des phoques sont présents. Ces recensements sont réalisés autour de la marée basse en milieu de journée : les sites sont prospectés de 3 heures (en baie de Somme) ou 2 heures (en baie d'Authie, baie de Canche et Walde) avant la basse mer à une heure après. Chaque comptage est effectué toutes les 30 minutes, en simultané sur tous les sites. Le nombre maximal de phoque gris et de phoques veaux marins est noté, ainsi le cas échéant que le nombre de nouveau-nés. Les phoques en baie de Somme sont recensés par les bénévoles de Picardie Nature, en baie d'Authie par ceux d'ADN, en baie de Canche par ceux de GDEAM62, à Boulogne-sur-Mer, au phare de Walde et à Dunkerque par ceux de la CMNF.

En complément de ce suivi pédestre, un **protocole de recensement aérien** a été mis en place, à raison de 4 sorties aériennes par tranche de 18 mois. Deux appareils ont été utilisés pour survoler simultanément l'ensemble de la côte, lors de marées basses d'après-midi ou de soirée (marée basse entre 15h30 et 19h30 en baie de Somme). En baies de Somme et d'Authie, les survols ont été effectués par Picardie Nature en ULM, et de Dunkerque à la baie de Canche par la CMNF par avion CR20 CIRRUS. Au moins un passager accompagnait le pilote afin de réaliser le recensement et prendre des photographies.

Les indicateurs européens d'abondance des phoques veaux-marins retiennent le nombre maximal d'individus recensés sur un site donné (généralement pendant la saison estivale, période de reproduction et de mue), comme estimation minimale de la taille de population (ICES, 2016). Pour les phoques gris, le paramètre retenu est le nombre de naissances, qui est ensuite multiplié par un facteur afin d'estimer la taille totale de la population : ce critère n'est néanmoins pas pertinent en Manche Est, puisque les phoques gris ne se reproduisent pas dans la zone. Afin d'estimer l'évolution du nombre d'individus fréquentant la zone, le même critère (effectif maximal annuel de phoques à terre) est donc également retenu pour cette espèce. Dans ce rapport, le nombre maximal de phoques par site a été obtenu à partir de l'ensemble des recensements réalisés par les associations, et non nécessairement lors des recensements financés par le programme Eco-Phoques. L'évolution interannuelle de ce nombre maximal de phoques par espèce est modélisée par un Modèle Linéaire Généralisé (GLM), à partir duquel est calculé le taux global d'augmentation annuel sur l'ensemble de la période d'étude (*cf.* Vincent *et al.*, 2017). Des données sont disponibles depuis 1986 pour la baie de Somme, 1999 pour le phare de Walde, 2001 pour la baie d'Authie, et 2009 pour la baie de Canche. Les taux d'augmentation n'ont pas été estimés pour les sites suivis depuis moins de 5 ans ou pour lesquels le nombre maximal de phoque reste inférieur à quelques dizaines.

Enfin, nous avons documenté les **variations saisonnières** des effectifs moyens de phoques recensés sur chacun des sites lors des recensements pédestres organisés au cours du programme Eco-Phoques. Les saisons ont été définies en fonction du cycle biologique des phoques, et découpées par trimestres. Pour les phoques gris, le premier trimestre (janvier à mars inclus) correspond à la période de mue, le second trimestre (avril à juin) à la période post-mue, le troisième (juillet à septembre) à la saison estivale de reconstitution des réserves corporelles avant reproduction, et le quatrième (octobre à décembre) à la saison de reproduction. Pour les phoques veaux-marins, le premier trimestre (février à avril inclus) correspond à la période pré-reproduction, le second trimestre (mai à juillet) à la période de reproduction, le troisième (août à octobre) à la période de mue et le quatrième trimestre (novembre à

janvier) à la période post-mue. La totalité des comptages réalisés dans le cadre du projet ont été inclus pour documenter ces variations saisonnières.

La **structure de population des phoques veaux-marins** en baie de Somme a été étudiée grâce à des données d'écartement d'inter-palmures, mesurées sur le terrain grâce aux traces laissées par les phoques sur le sable lorsqu'ils se déplacent. La mesure concerne le plus petit écartement entre les empreintes de griffes des palmures droites et gauches laissées par l'animal. L'étude de Reijnders (1976) a été utilisée pour relier cette mesure à deux classes d'âge d'intérêt : les "adultes" (écartement inter-palmures $\geq 60\text{cm}$, soit à un âge ≥ 6 ans) et les "subadultes et nouveau-nés" (écartement inter-palmures $< 60\text{cm}$, soit à un âge < 6 ans). Les mesures des traces de phoques ont été effectuées sur des reposoirs fréquentés majoritairement par des phoques veaux-marins, afin d'éviter une confusion possible avec le phoque gris. Une troisième classe d'âge concernant exclusivement les « nouveaux nés » (≤ 1 an) a été intégrée à l'analyse, grâce au recensement des naissances de veaux-marins en 2011 et 2014. La proportion de nouveaux nés a finalement été soustraite à la proportion de traces dans la classe "subadultes et jeunes de l'année" (Anglade, 2017). La structure de la colonie de phoques veaux-marins, définie ici selon trois classes d'âge, ne prend pas en compte le sexe des individus, impossible à estimer sur l'ensemble de la population (pas de dimorphisme sexuel entre mâles et femelles).

La **structure de population des phoques gris** fréquentant les reposoirs de la baie de Somme a été étudiée par analyse de photographies, réalisées dans le cadre du suivi régulier par photo-identification. L'attribution de l'âge et/ou du sexe de chaque individu a été réalisée manuellement selon des critères relatifs à leur morphologie (taille, corpulence et forme de la tête). L'important dimorphisme sexuel chez les phoques gris adultes permet en effet de distinguer aisément les mâles des femelles. Les individus ont ainsi été classés selon trois classes d'âge/sexe : les adultes mâles (≥ 6 ans), les adultes femelles (≥ 6 ans), les subadultes (< 6 ans), cette dernière catégorie étant non sexée.

1.2 Suivis télémétriques des phoques

Des balises GPS/GSM (cf. encadré 2) ont été fixées sur **10 phoques veaux-marins** en baie de Somme en 2008, et **12 phoques gris** en baie de Somme en 2012. Ces suivis ont duré 134 et 150 jours par phoque veau-marin et par phoque gris, en moyenne.

1.2.1 Cartes des déplacements des phoques équipés de balises

Les localisations GPS obtenues montrent que les **phoques veaux-marins** restent **très côtiers**, et se déplacent de part et d'autre de la baie de Somme jusqu'à une **centaine de kilomètres** environ (Figure 8). Un seul phoque sur dix (S02) s'est néanmoins déplacé (à plusieurs reprises) jusqu'à Boulogne-sur-mer, tandis que deux individus (S08 et S10) sont descendus jusqu'entre Le Tréport et Dieppe. Les autres phoques sont tous restés autour des baies de Somme et d'Authie la totalité du temps. La grande majorité des **repos à terre** des 10 phoques veaux-marins suivis par balise étaient situés en **baie de Somme**, mais quelques-uns ont également été enregistrés en baie d'Authie. Les suivis ayant été réalisés d'octobre à avril (afin d'éviter la mue des phoques), ils ont été intégralement réalisés **en dehors de la période de reproduction** des phoques veaux-marins.

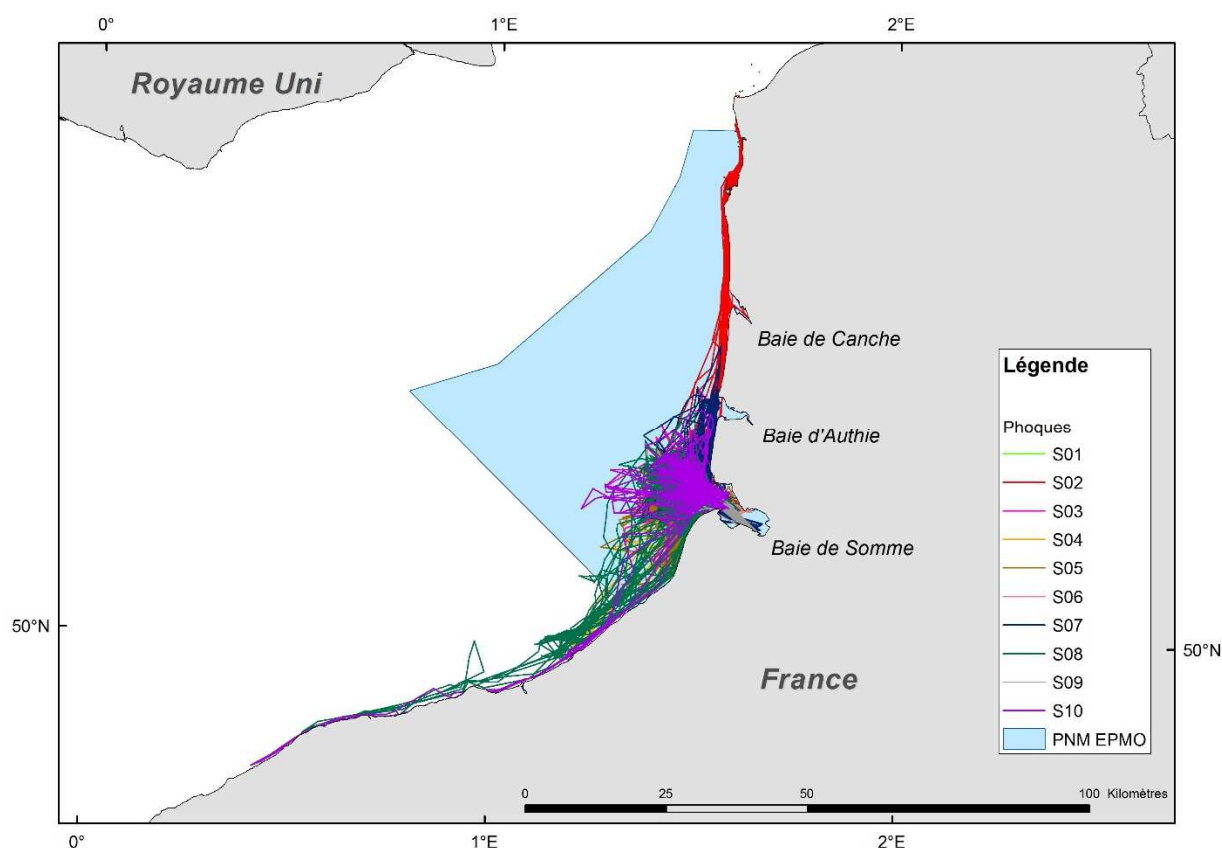


Figure 8 : Carte des déplacements des 10 phoques veaux-marins suivis par balises GPS/GSM d'octobre 2008 à avril 2009 à partir de la baie de Somme.

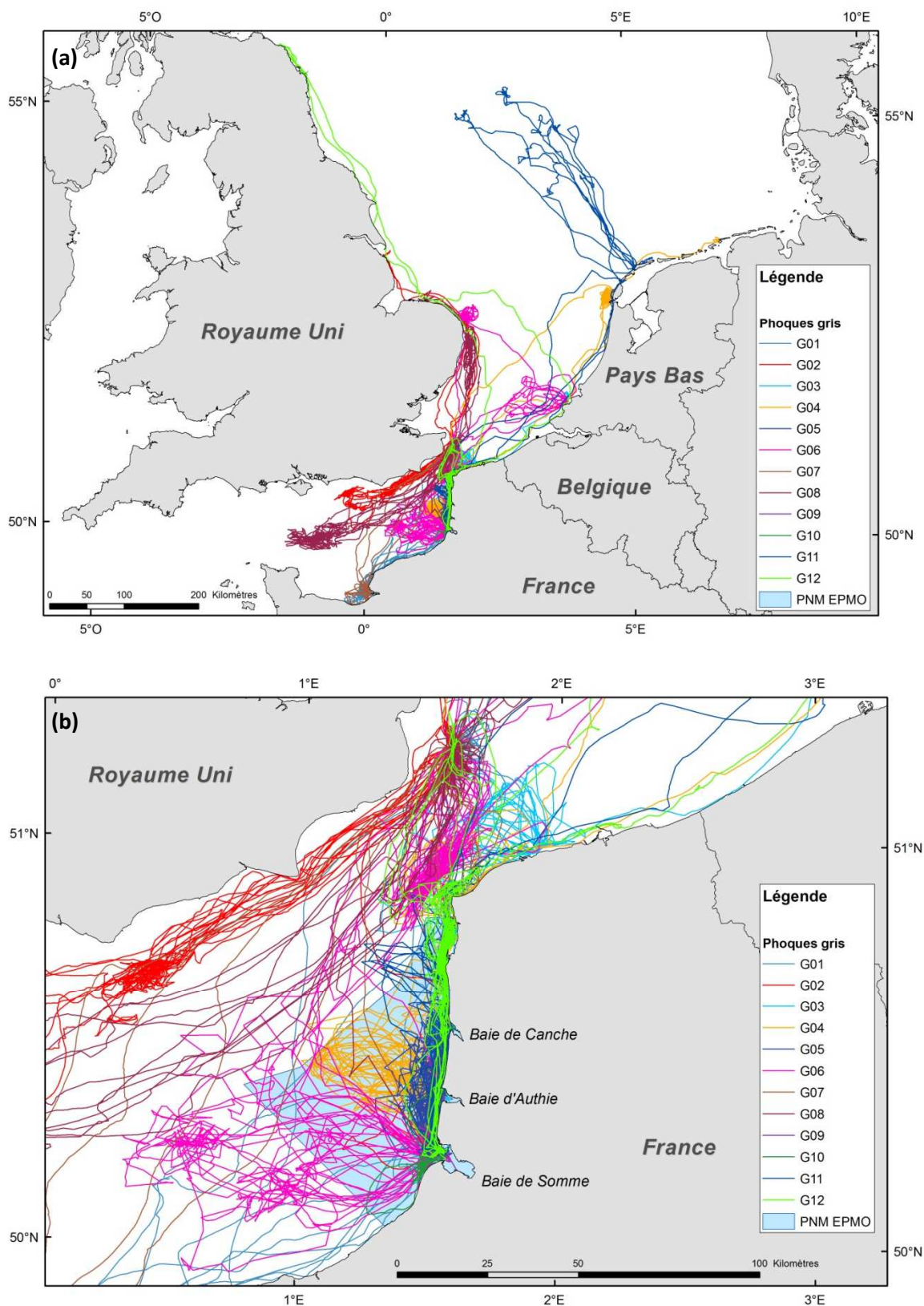


Figure 9 : Carte des déplacements des 12 phoques gris suivis par balises GPS/GSM de juin 2012 à février 2013 à partir de la baie de Somme : vue globale (a) et zoom sur la région des Hauts-de-France (b).

Les déplacements des **phoques gris** ont été **beaucoup plus étendus** que ceux des phoques veaux-marins (Figure 9a). Aucun des phoques gris suivis n'a passé la totalité de son temps en baie de

Somme. Certains individus (G05, G09 ou G10) ont limité leurs déplacements aux **trois baies** localisées dans le Parc naturel marin Estuaire picards mer d'Opale (y compris lorsque les suivis duraient plus de 5 mois ; Figure 9b). D'autres, majoritaires, ont effectué de plus **longs déplacements**, dans la **Manche** voire la **mer du Nord**. La moitié des phoques suivis a utilisé très régulièrement le reposoir terrestre de **Goodwin sands**, localisé au large du Kent (Angleterre), favorisant parfois exclusivement cette zone de repos et ne revenant plus en baie de Somme pendant la totalité du suivi (G02, G07, G08, Figure 9a). Les autres repos à sec ont été enregistrés dans des colonies connues de phoques gris en Angleterre (Norfolk), au Sud-Est de l'Ecosse, ou en mer de Wadden aux Pays Bas et en Allemagne. Ces colonies étaient situées à des **distances atteignant 750 km et 600 km de la baie de Somme** respectivement pour les rives Ouest ou Est de la mer du Nord. La plupart de ces sites sont des **colonies de reproduction** des phoques gris, et les données enregistrées par les balises suggèrent en effet qu'à partir d'octobre, ces mâles adultes ont eu un comportement typique du comportement reproducteur sur ces sites (forte augmentation du temps passé à sec et forte diminution des profondeurs de plongée, localisations précises sur les colonies reproductrices connues ; Vincent *et al.*, 2016).

1.2.2 Pourcentage de temps passé par les phoques dans le périmètre du Parc naturel marin

Globalement, les 10 phoques veaux-marins suivis par balise en 2008 ont passé **88.2% de leur temps dans le périmètre du Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale** (PNMEPMO), tandis que ce pourcentage global est de **32.8%** pour les 12 **phoques gris** suivis en 2012 (Figure 10). Alors que ces chiffres sont globalement homogènes pour les phoques veaux-marins, ils dissimulent de **fortes disparités** pour les phoques gris : certains ont en effet passé la quasi-totalité de leur temps de suivi téléométrique (1 à 6 mois) à l'intérieur du Parc naturel marin (G05, G09, G10 ou G12), tandis que d'autres ont passé moins de 1% de leur temps de suivi dans ce périmètre (G02, G07 et G08, Figure 10).

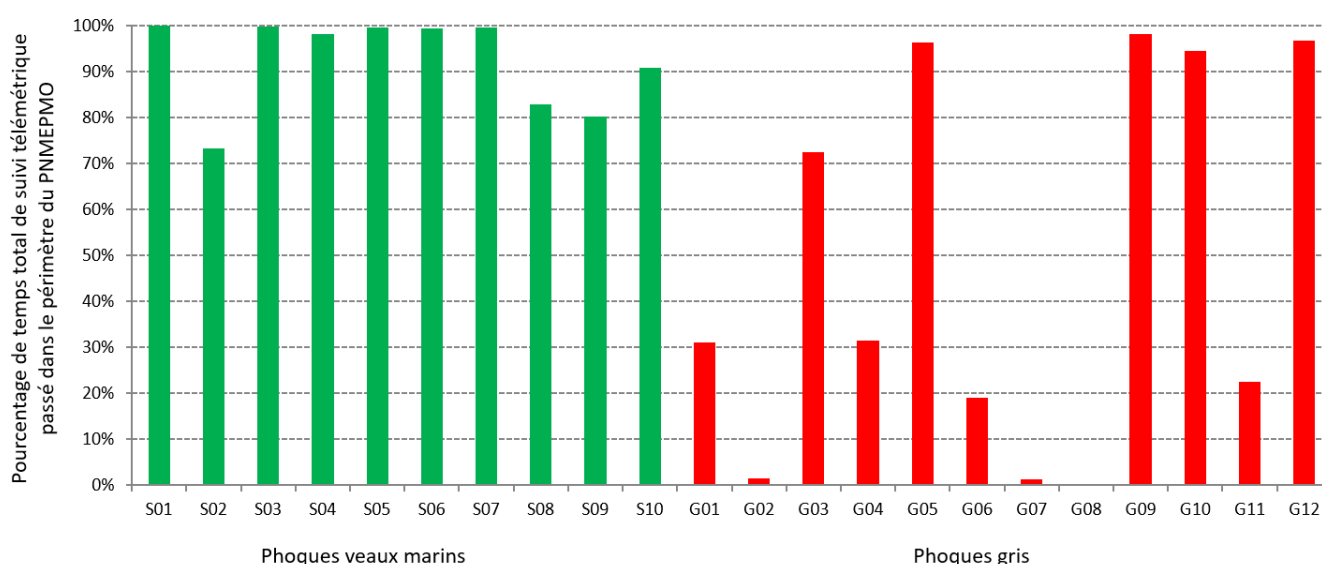


Figure 10 : Pourcentage de temps total (de suivi téléométrique) passé par chacun des phoques veaux-marins (en vert) et phoques gris (en rouge) à l'intérieur du périmètre du Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale (PNMEPMO).

1.2.3 Rythmes d'utilisation des reposoirs terrestres

Enfin, les capteurs de la balise ont permis d'analyser le **rythme de repos à sec** des phoques, et donc de déterminer la **période pendant laquelle il est plus probable de les observer sur les reposoirs**. Plusieurs facteurs ont été étudiés, mais seul le facteur le plus significatif est présenté ici : il s'agit de l'influence du **rythme des marées**. La proportion de temps passé à terre par les phoques gris et phoques veaux-marins suivis par balise est donc présentée en fonction des périodes précédant ou suivant la **basse mer** la plus proche (Figures 11 et 12). Les résultats présentés sont spécifiques à la baie de Somme, et dans une moindre mesure à la baie d'Authie, seuls sites pour lesquels des données ont été obtenues lors de ces suivis télémétriques.

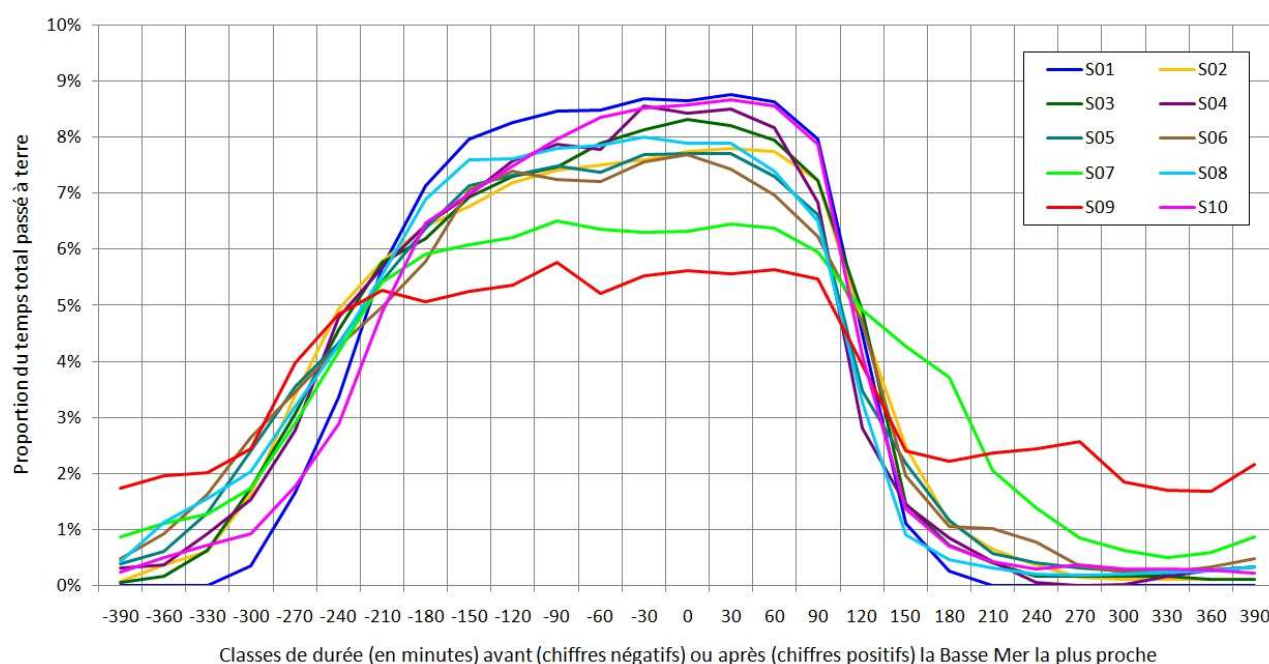


Figure 11 : répartition du temps total (cumulé) passé à sec par les phoques veaux-marins en baie de Somme (et baie d'Authie) pendant leur suivi télémétrique, en fonction de l'heure de basse mer. Chaque couleur représente un individu (numéros des phoques en légende, cf. Tableau 2).

Les rythmes de repos à sec des **phoques veaux-marins** sont remarquablement homogènes : pour tous les individus suivis, la plupart de ces repos à sec sont enregistrés entre **3h avant la basse mer, et 1h voire 1h30 après la basse mer** (Figure 11).

Les données de repos à sec des **phoques gris** en baie de Somme ont montré une plus forte **variabilité inter-individuelle**, cependant la majorité des individus suivis se sont posés à sec **entre 4 heures avant et 1h30 après la basse mer**, avec un temps cumulé total passé à sec plus important entre -4h et -1h avant la basse mer (Figure 12).

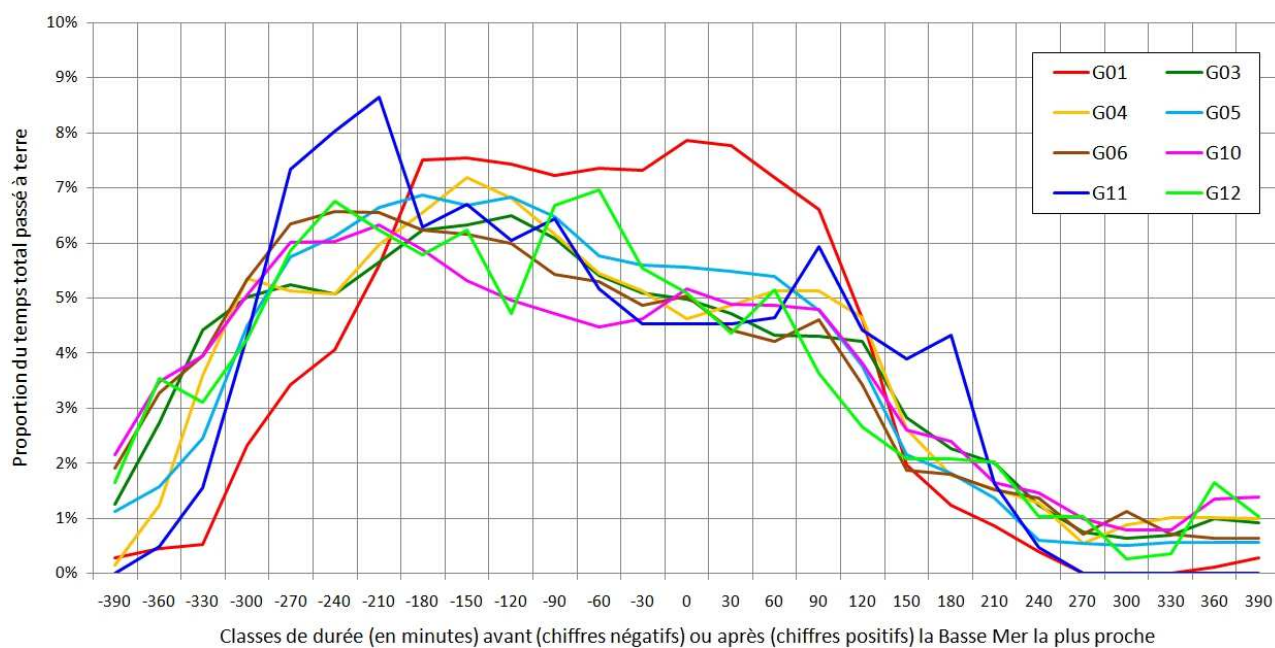


Figure 12 : répartition du temps total (cumulé) passé à sec par les phoques gris en baie de Somme (et baie d’Authie) pendant leur suivi téléométrique, en fonction de l’heure de basse mer. Chaque couleur représente un individu (numéros des phoques en légende, cf. Tableau 2).

Encadré 2 : Suivis télémétriques des phoques

Les **balises** qui ont été utilisées pour suivre les phoques de la Manche Est sont des balises GPS/GSM² développées par le *Sea Mammal Research Unit* (Université de St Andrews, Ecosse). Ces balises comprennent un GPS, un enregistreur de pression (permettant de connaître la profondeur, la durée et la forme des plongées ; Photopoulou *et al.*, 2015), un enregistreur de température et un enregistreur d'évènements de repos à sec. Les données sont stockées à bord de la balise et transmises lorsque le phoque se trouve en zone de réception GSM (près des côtes). Le Tableau 2 précise les dates de suivi et caractéristiques des individus suivis.

Pour poser les balises, les phoques ont été **capturés** sur ou à proximité immédiate de leurs reposoirs, à l'aide de filets développés spécifiquement pour ces opérations, puis ramenés à terre où la balise a été collée sur le poil, dans le cou derrière la tête de l'animal (Vincent *et al.*, 2005). Les balises tombent lors de la mue annuelle des phoques. Ces opérations sont soumises à autorisations de capture car les phoques sont des espèces protégées en France. Les données analysées ici proviennent de trois opérations de capture et pose de balises réalisées en baie de Somme en octobre 2008, mai-juin 2012 et septembre 2012.

Au cours des recensements, seule une partie des phoques présents dans la région à cet instant sont effectivement posés à sec sur les reposoirs prospectés. Les autres sont en mer, entre deux retours à sec sur ces mêmes reposoirs. Pour estimer cette **proportion de phoques présents sur les reposoirs** prospectés au moment des recensements, les enregistrements des repos à sec (géolocalisés) des phoques suivis par balises ont été analysés. Compte tenu du fait que les phoques ont été capturés en baie de Somme et sont, pour la plupart, restés dans cette zone pour leurs repos terrestres, cette proportion n'a donc été calculée que pour cette colonie. Les périodes possibles de recensements ont été définies en fonction des heures de marée. Pendant ces périodes, les localisations des phoques ont été analysées afin de déterminer s'ils étaient i) présents dans la zone et observables sur les reposoirs, ii) présents dans la zone (en mer à proximité) mais pas au sec sur les reposoirs, ou iii) absents de la zone (en déplacement à plusieurs dizaines de kilomètres, utilisant d'autres zones de reposoirs ces jours-là). Dans le dernier cas, les phoques sont considérés comme ne faisant pas partie des effectifs totaux de la colonie à cet instant (exemple des individus partant saisonnièrement en mer du Nord). Dans les deux autres cas, ils doivent être inclus dans les effectifs totaux de la « population » locale. La proportion d'individus observables a ainsi été calculée par division de (i) par (i+ii). L'inverse de cette proportion constitue un **facteur de correction** des recensements : il est possible de multiplier le nombre de phoques comptés à sec sur les reposoirs (« effectifs relatifs ») par ce facteur, afin d'estimer l'abondance totale de phoques dans la zone au même moment. Ces facteurs de correction, calculés pour chacune des deux espèces, ont également été estimés séparément pour les recensements terrestres (présence continue des observateurs sur toute la durée du recensement), et les recensements aériens (passage ponctuel de l'avion au-dessus de la colonie). Ces facteurs de correction ont été utilisés pour estimer l'abondance totale des phoques (de chaque espèce) pour ensuite estimer la consommation totale de proies (cf. Axe 2, encadré 7).

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

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des phoques gris (Hg) et phoques veaux-marins (Pv) équipés de balises GPS/GSM entre 2008 et 2012 en baie de Somme et dont les résultats sont présentés en différentes sections de ce rapport.

Date de capture	Espèce	Phoque	Sexe	Masse corporelle (kg)	Longueur corporelle (cm)	Numéro de bague	Durée de suivi (jours)
20/10/2008	Pv	S01	M	86	141	57 193	86
20/10/2008	Pv	S02	M	82	151	57 194	199
20/10/2008	Pv	S03	M	85	139	57 195	165
21/10/2008	Pv	S04	M	55	130	57 196	122
21/10/2008	Pv	S05	M	89	140	57 197	110
21/10/2008	Pv	S06	F	77	143	57 198	83
21/10/2008	Pv	S07	M	98	144	57 199	197
21/10/2008	Pv	S08	M	83	138	58 611	199
22/10/2008	Pv	S09	M	76	146	58 605	57
22/10/2008	Pv	S10	M	83	145	58 600	125
29/05/2012	Hg	G01	M	98	148	114 bleue	155
30/05/2012	Hg	G02	M	150	188	116 bleue	150
30/05/2012	Hg	G03	M	112	162	117 bleue	202
30/05/2012	Hg	G04	M	146	173	118 bleue	184
30/05/2012	Hg	G05	M	86	149	119 bleue	157
31/05/2012	Hg	G06	M	170	-	120 bleue	254
31/05/2012	Hg	G07	M	180	202	-	97
31/05/2012	Hg	G08	M	139	183	122 bleue	226
01/06/2012	Hg	G09	M	61	140	123 bleue	111
10/09/2012	Hg	G10	M	70	149	126 bleue	29
13/09/2012	Hg	G11	M	env 100	165	127 bleue	128
13/09/2012	Hg	G12	M	env 200	205	135 bleue	111

1.3 Suivis des phoques par photo-identification

Il est possible de suivre individuellement les phoques présentant des marques naturelles pérennes sur leur pelage, grâce à la **photo-identification** (Hiby & Lovell, 1990 ; Yochem *et al.*, 1990 ; cf. encadré 3). Cette technique est mise en œuvre depuis plusieurs années sur les différents sites d'étude, et sur les deux espèces. Le présent programme a permis d'analyser une partie des photographies stockées par les associations, et de réaliser de nouvelles sessions de photo-identification. Ce travail de longue haleine est un travail en cours, qui devra être complété à l'avenir par l'analyse des photographies les plus récentes, voire pour certains sites par l'analyse de clichés plus anciens. A terme, les **bases de données** obtenues (des « recaptures » des individus, c'est-à-dire l'historique de leurs observations successives) pourront être analysées pour estimer des tailles de population, des taux de survie, et des taux d'émigration/ immigration ou fidélité au site saisonnières, notamment (*e.g.* Gérondeau *et al.*, 2007).

L'**effort global** en termes de journées de session de photo-identification exploitées dans ce rapport est de 1671 jours de terrain, tous sites et deux espèces confondus (Tableau 3). Ces statistiques, ainsi logiquement que celles du nombre de recaptures par individu, sont largement dominées par les travaux réalisés en baie d'Authie depuis 2005 par l'association ADN.

Tableau 3 : Statistiques des données de photo-identification (photo ID) de phoques gris et phoques veaux-marins analysées et présentées dans ce rapport. Une « recapture » est une identification photographique d'un individu donné, à une date donnée.

Espèce	Site	Nombre de sessions photo ID (en jours)	Période analysée	Nombre total de phoques identifiés	Nombre total de recaptures
Phoques gris	Baie d'Authie	176	2013 à 2015	56	380
	Baie de Somme	83	2013 à 2015	128	1176
	Phare de Wade	121	2013 à 2015	80	521
Phoques veaux-marins	Baie d'Authie	1232	2005 à 2018	70	8870
	Baie de Canche	59	2009 à 2017	26	201

Au total, ce sont **128 phoques gris** qui ont été identifiés en baie de Somme, 56 en baie d'Authie et 80 à Walde (Tableau 3). Ce ne sont néanmoins que 218 phoques gris différents qui ont été fichés sur l'ensemble des sites, certains individus ayant été photographiés sur plusieurs sites (*cf.* 1.3.3). De la même façon, sur les 70 phoques veaux-marins observés par photographie en baie d'Authie et les 59 en baie de Canche, ce sont 88 individus différents qui ont globalement été photographiés entre ces deux sites.

1.3.1 Evolution du nombre de nouvelles identifications

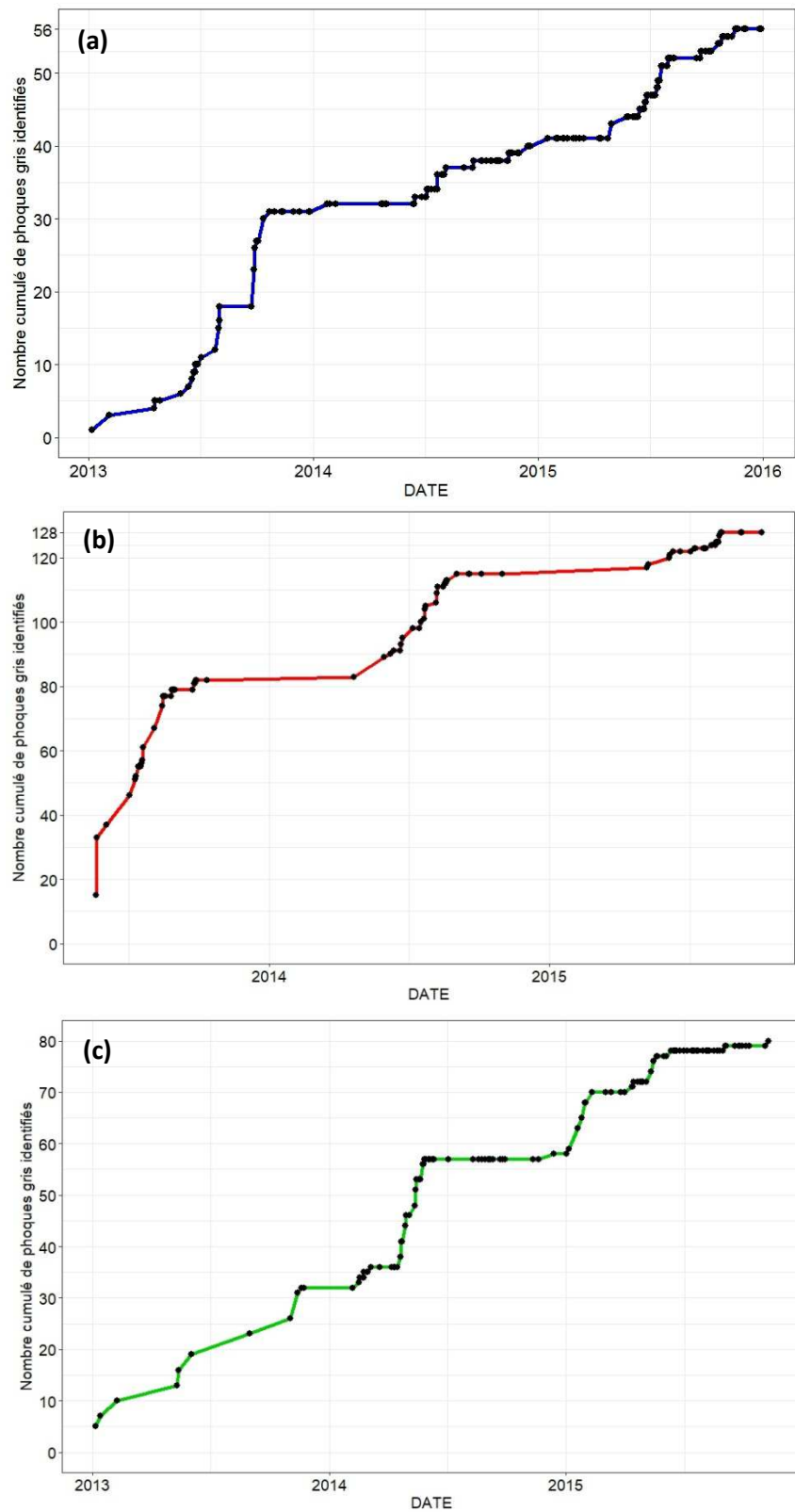


Figure 13 : Evolution du nombre de nouvelles fiches d'identification de phoques gris en baie d'Authie (a), baie de Somme (b) et à Walde (c). Chaque point représente une session (journée) de sortie de photo-identification.

Les Figures 13 et 14 permettent de documenter, pour les phoques gris et les phoques veaux-marins respectivement, l'évolution du nombre de fiches individuelles établies sur chaque site d'étude au cours du temps. Ces courbes sont importantes car elles indiquent si le nombre de nouveaux individus identifiés continue d'augmenter (indiquant soit que l'établissement du catalogue est encore en cours, soit que de nouveaux phoques arrivent dans la zone), ou s'il atteint un plateau (indiquant que le catalogue est complet et que le nombre de nouveaux arrivants est faible). Beaucoup d'analyses de capture-marquage-recapture ne sont possibles que lorsque ces courbes atteignent un plateau.

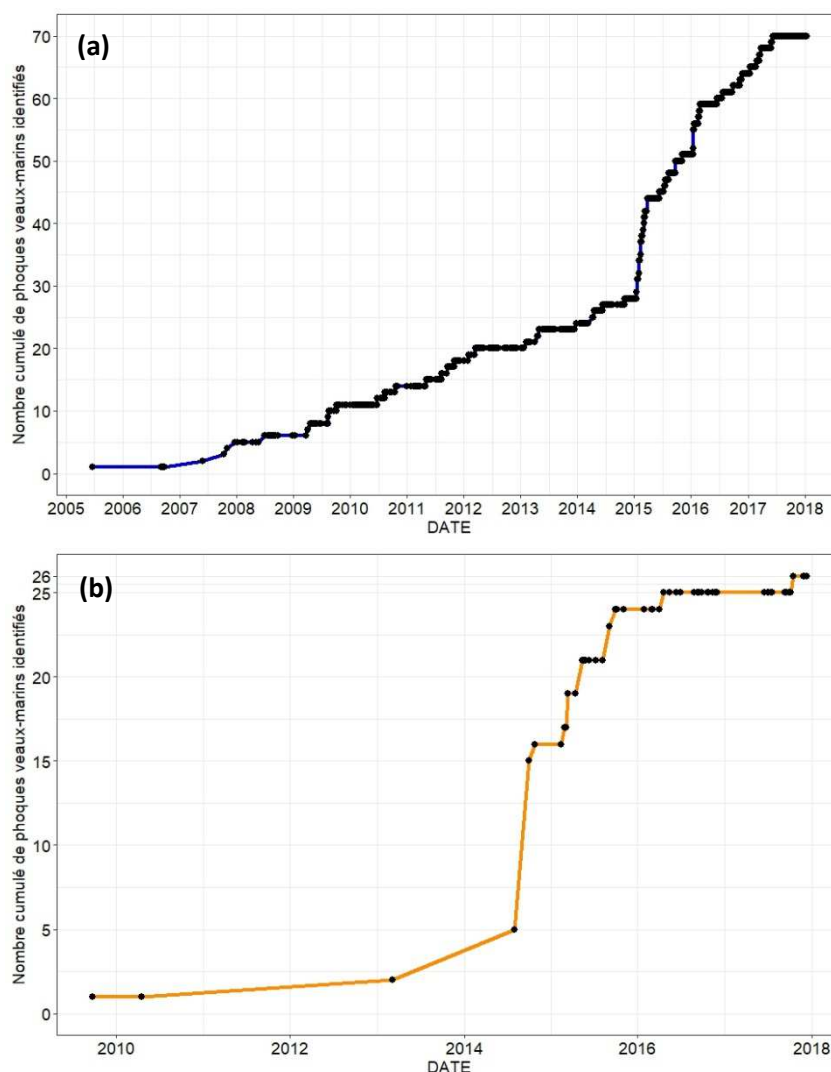


Figure 14 : Evolution du nombre de nouvelles fiches d'identification de phoques veaux-marins en baie d'Authie (a) et baie de Canche (b). Chaque point représente une session (journée) de sortie de photo-identification.

La plupart des courbes d'évolution du nombre de nouvelles identifications de **phoques gris** sont toujours en **croissance**, même si un plateau se dessine peut-être à Walde. Ces croissances des courbes indiquent soit que **l'effort de photo-identification doit être poursuivi** pour identifier tous les

phoques qui peuvent être identifiables, soit que l'afflux régulier de nouveaux individus sur ces sites est substantiel. Cette seconde explication fait peu de doutes, compte tenu de la croissance régulière des effectifs recensés sur les différentes colonies ces dernières années (cf. Figure 3). Si cette augmentation rend actuellement difficile toute estimation de la taille des populations à partir des données de photo-identification par exemple, ces dernières permettent néanmoins d'ores et déjà de documenter d'une part la **saisonnalité** de présence des individus connus, et d'autre part les **échanges** entre colonies dans la région.

Pour les **phoques veaux-marins**, un **plateau** pourrait apparaître sur les tous derniers mois en baie d'Authie, malgré le nombre très important de sessions de photo-identification, suggérant que le nombre de phoques photo-identifiables n'augmente plus, ou en tout cas beaucoup moins que lors des précédentes années (Figure 14). En baie de Canche, le nombre de nouvelles identifications augmente beaucoup moins depuis deux ans, mais des raisons techniques sont avancées sur ce site (modification du matériel utilisé, ne permettant plus d'obtenir suffisamment de clichés exploitables sur certaines sessions).

1.3.2 Nombre de recaptures individuelles

En photo-identification, une **recapture** est une observation photographique d'un individu connu à une date donnée (il ne s'agit pas d'une capture physique de l'animal). Les graphiques suivants illustrent, pour chaque espèce et chaque site d'étude, le **nombre de recaptures par individu**, sur l'ensemble des périodes d'étude (cf. Tableau 3, les périodes différant selon les espèces/sites).

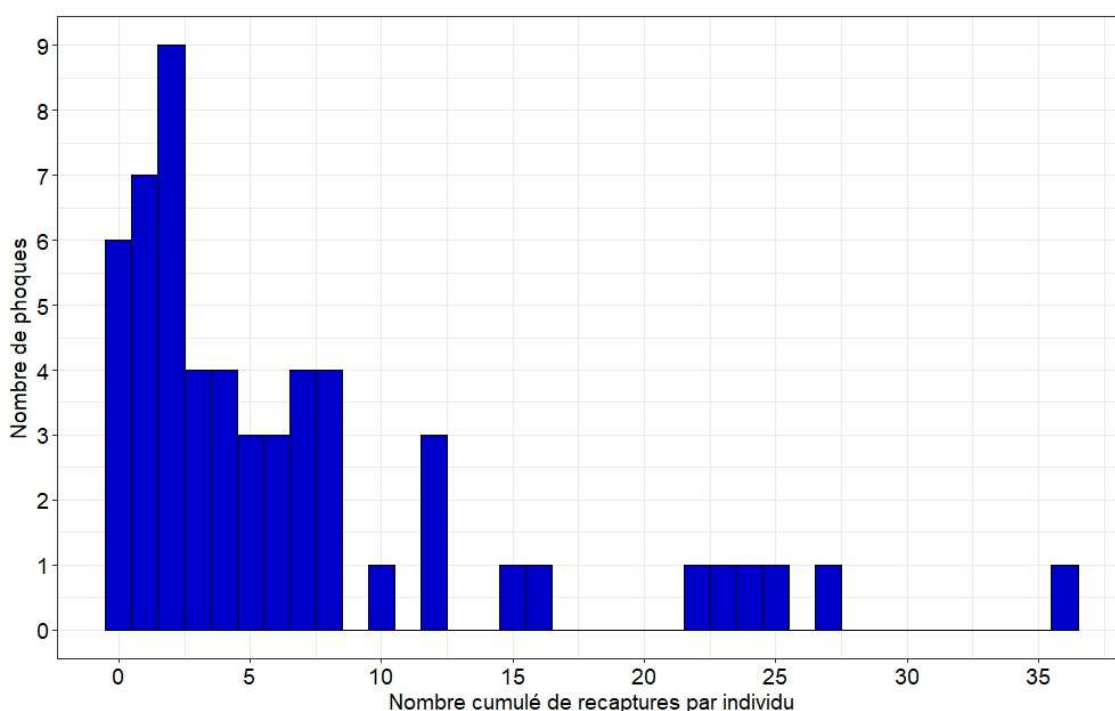
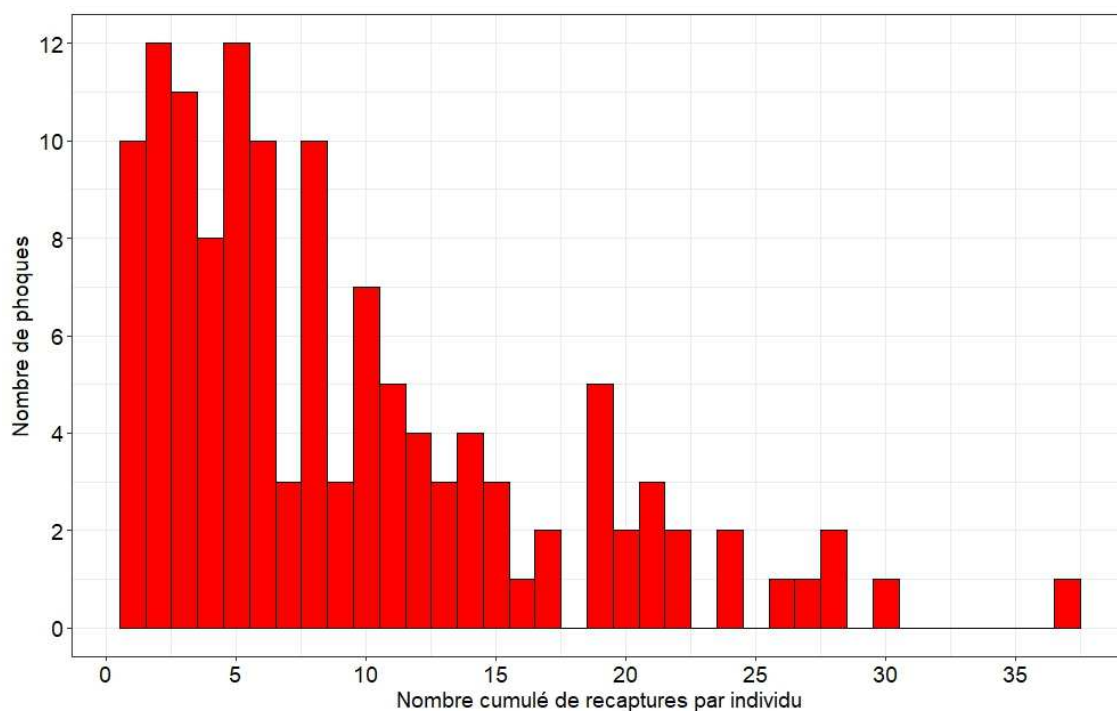


Figure 15 : Distribution du nombre total de recaptures par **phoque gris** photo-identifié, en baie d'Authie.

En baie d'Authie, le nombre maximal de recaptures pour un même phoque gris est de 36 (sur une période de 18 mois) (Figure 15). Seuls 6 individus sur 56 n'ont été observés qu'une seule fois,



mais plus de la moitié ont été vu moins de 3 fois sur la période d'étude.

Figure 16 : Distribution du nombre total de recaptures par **phoque gris** photo-identifié, en baie de Somme.

En baie de Somme, le phoque gris le plus photo-identifié a été observé 37 fois (Figure 16), entre l'été 2013 et l'été 2015. Seuls 10 des phoques gris identifiés n'ont été vus qu'une seule fois, et la majorité des individus ont été observés moins de 10 fois.

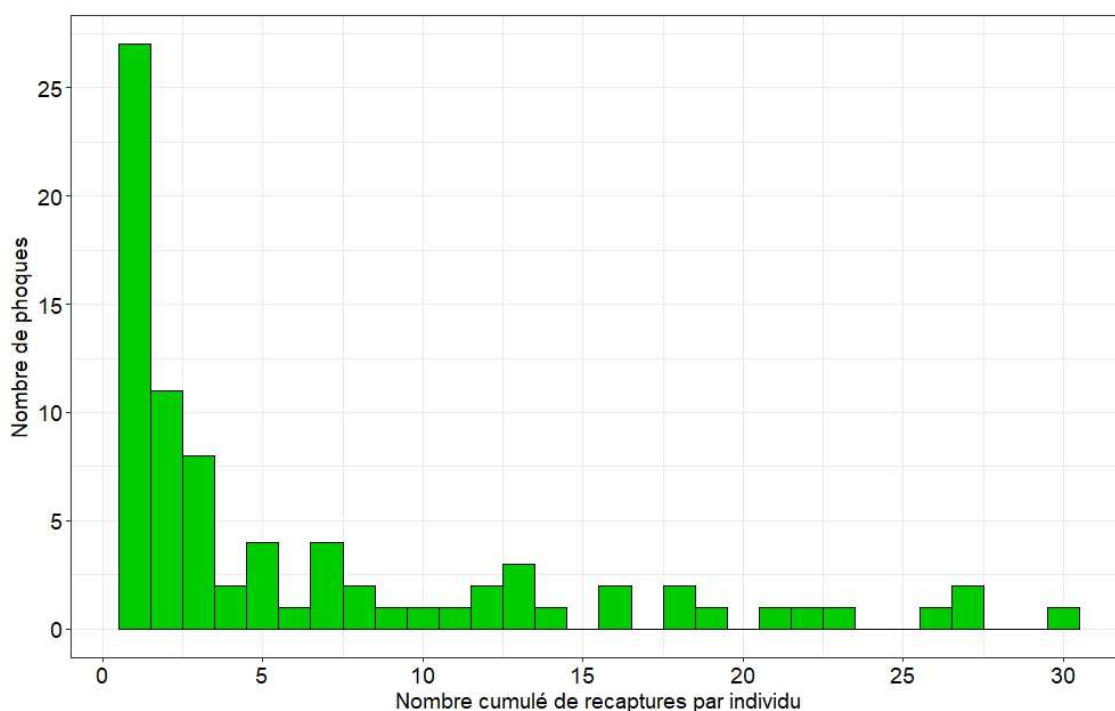


Figure 17 : Distribution du nombre total de recaptures par **phoque gris** photo-identifié, à Walde.

Au phare de Walde, le nombre maximum de recaptures pour un même phoque gris est de 30, sur une période d'un an (Figure 17). Plus que dans les deux autres sites, une forte proportion d'individus (27 sur 80) n'a été observée qu'une seule fois. Bien que le nombre de jours de sorties de photo-identification soit plus faible sur ce site qu'en baie d'Authie par exemple (cf. tableau 3, pour les phoques gris), le nombre d'individus fichés et le nombre total d'observations sont supérieurs : la forte proportion d'observations uniques (sans recaptures) suggère que **sur Walde, les phoques gris « de passage » sont plus nombreux proportionnellement que sur les autres sites d'étude**. Ceci n'est pas surprenant compte tenu de la proximité du banc de sable de Goodwin Sands et de la mer du Nord en général, dont la forte connectivité avec la Manche Est a été démontrée par les suivis télémétriques de phoques gris (cf. Figure 9).

Le nombre de recaptures de **phoques veaux-marins** en baie d'Authie est très largement supérieur à ceux reportés sur les autres sites. Ceci s'explique par le long historique de suivi en photo-identification sur ce site. Ainsi, les chiffres présentés indiquent que la grande majorité des individus ont été recapturés (revus) plus de 50 fois entre 2005 et 2018 (Figure 18). Le nombre minimum de recaptures par individu est de 2, pour deux individus différents (observés en 2010/2015 et 2016/2017 respectivement, dont l'un fût également identifié en baie de Canche). Ces historiques individuels permettent de décrire de façon détaillée **la fidélité saisonnière et interannuelle des individus au site**.

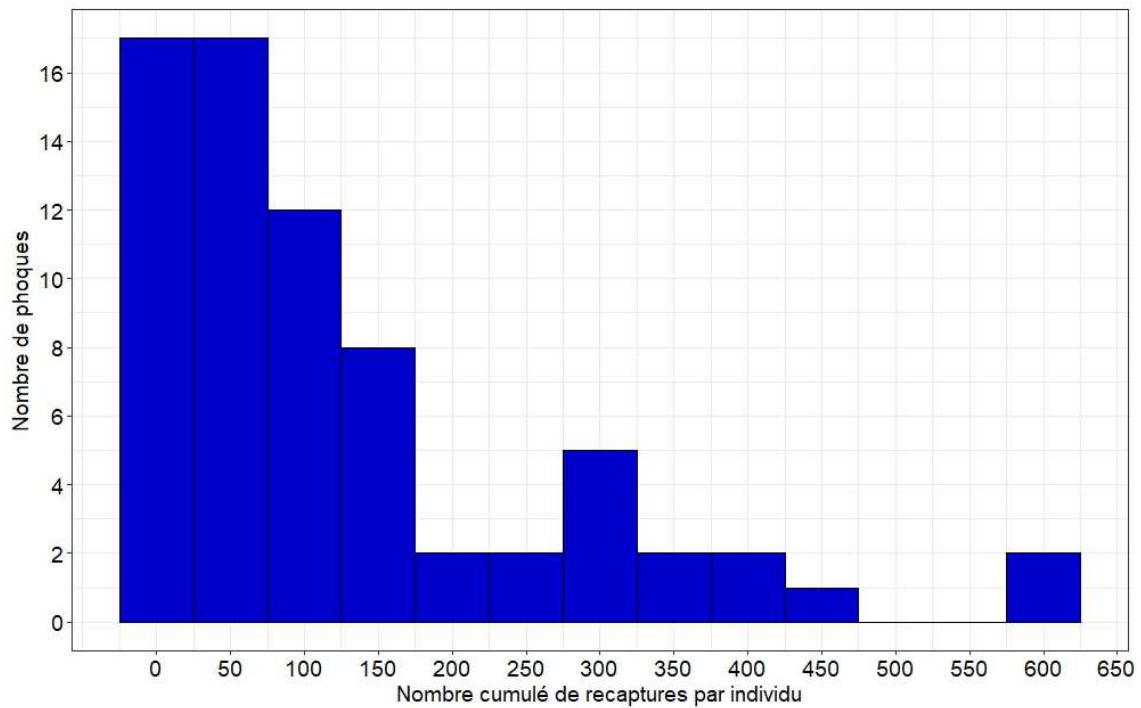


Figure 18 : Distribution du nombre total de recaptures par **phoque veau-marin** photo-identifié, en baie d'Authie.

En baie de Canche, le nombre maximal de recaptures par phoque veau-marin identifié est de 21, sur une période de 3 ans et demi (Figure 19). Quatre individus sur 26 n'ont été observés qu'une seule fois, mais 8 d'entre eux ont été observés plus de 10 fois. Ceci suggère une **importante fidélité** des phoques veaux-marins identifiés à ce site. Le grand nombre de recaptures des phoques est facilité sur ce site par la proximité des animaux, rendant la photo-identification plus aisée que sur les autres sites d'étude.

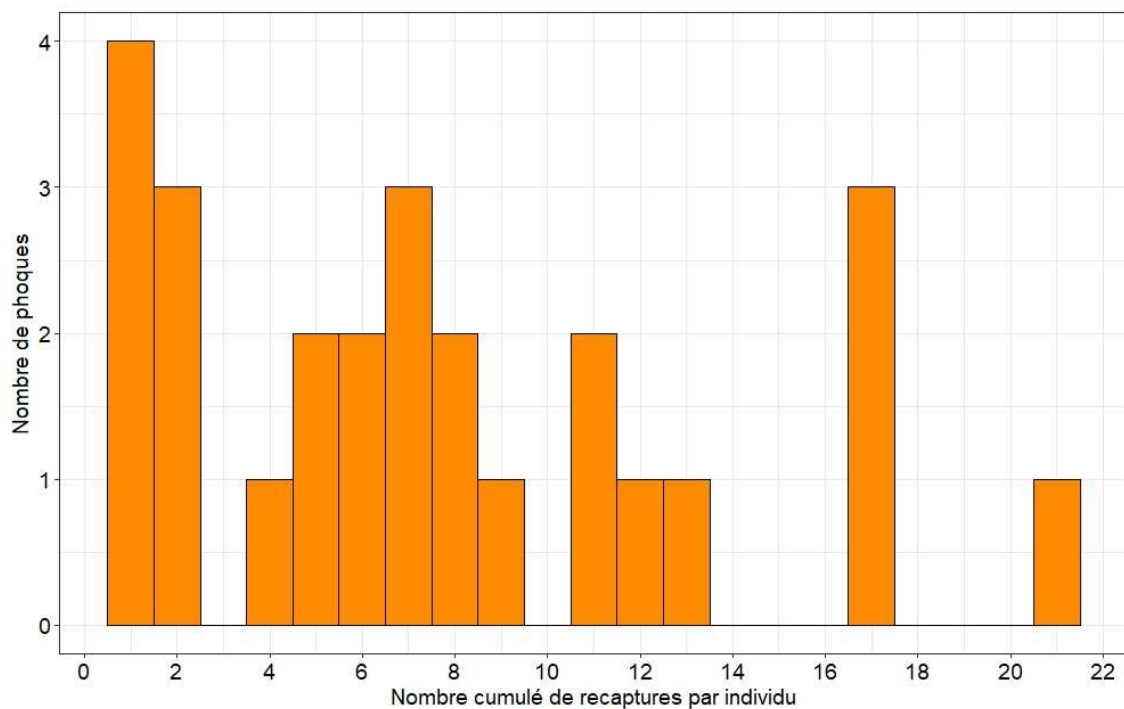


Figure 19 : Distribution du nombre total de recaptures par **phoque veau-marin** photo-identifié, en baie de Canche.

1.3.3 Mouvements individuels entre sites

Le recoupement des catalogues de photo-identification des phoques entre les différents sites d'étude peut permettre de souligner les **échanges individuels entre ces colonies**. Les figures 20 et 21 illustrent le nombre de phoques identifiés dans chaque site d'étude, ainsi que le nombre de phoques qui, parmi ceux-ci, ont été photographiés (à une ou plusieurs reprises) sur deux sites différents.

La Figure 20 souligne la **forte connectivité entre la baie de Somme et la baie d'Authie** pour les **phoques gris**. En effet, sur 56 individus différents identifiés par photographie en baie d'Authie, près de **70%** ont également été photo-identifiés en baie de Somme sur la même période d'étude. Les taux de recoupement entre les catalogues de baie de Somme ou baie d'Authie et celui de Walde sont en revanche plus faibles, ce qui peut sans doute s'expliquer en grande partie par la **plus grande distance** séparant ces sites. Par ailleurs, 4 phoques gris au total ont été observés (identifiés) sur les trois sites d'étude à ce jour.

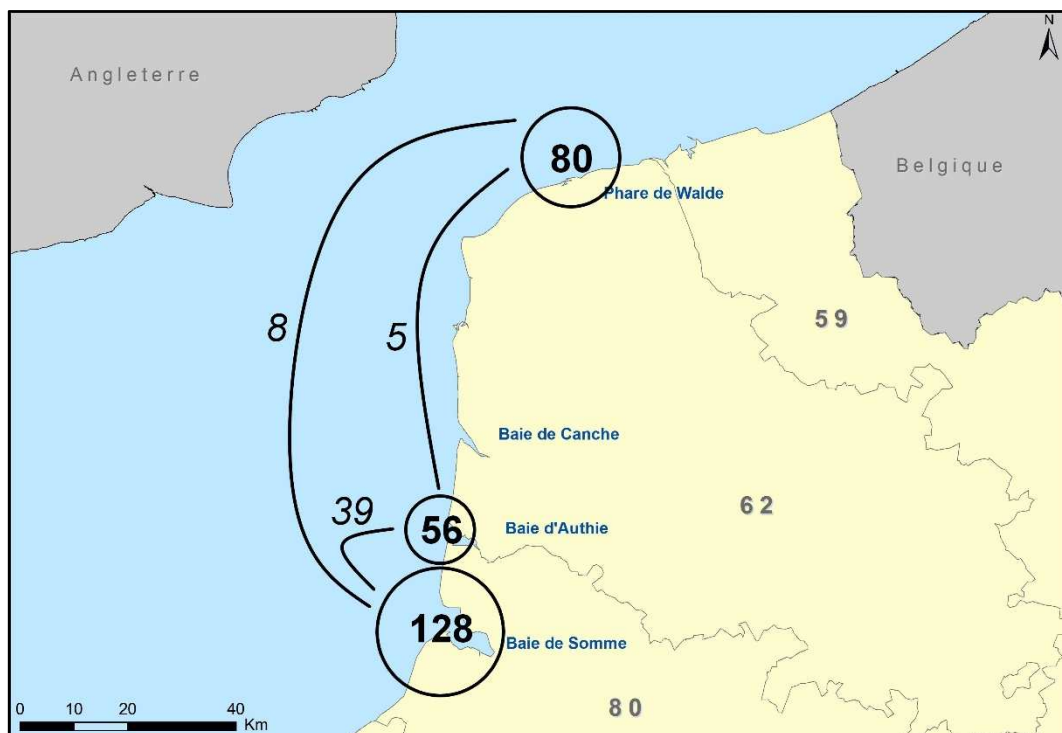


Figure 20 : Nombre de **phoques gris** photo-identifiés (en gras, dans les ronds superposés aux colonies) sur chacun des trois sites d'étude, et nombre d'entre eux (en italique) observés à la fois sur les deux sites reliés par les lignes de connexion.



Figure 21 : Nombre de **phoques veaux-marins** photo-identifiés (en gras, dans les ronds superposés aux colonies) sur chacun des deux sites d'étude, et nombre d'entre eux (en italique) observés à la fois en baie d'Authie et en baie de Canche.

Des échanges ont également lieu entre les groupes de **phoques veaux-marins** de la **baie d'Authie** et la **baie de Canche**. Les suivis télémétriques avaient déjà souligné quelques échanges possibles entre ces baies et la baie de Somme (Figure 8) : le suivi par photo-identification permet de quantifier ces **échanges** à partir d'un **plus grand nombre d'individus**, sur le plus long terme et sans nécessité de capturer les individus. Compte tenu du fort déséquilibre entre le nombre de sessions de photo-identification sur les phoques veaux marins entre les deux baies (cf. tableau 3), il est tout à fait possible que la poursuite de cet effort, en baie de Canche notamment, permette à l'avenir de décrire d'autres mouvements individuels entre les deux sites.

1.3.4 Fidélité interannuelle aux sites

Les bases de données des recaptures individuelles permettent de documenter la **fidélité aux sites** des phoques identifiés, à l'échelle **saisonnière** ou **interannuelle**. Afin d'établir des comparaisons entre sites et entre espèces, la fidélité interannuelle des phoques aux sites d'étude est détaillée ici sur une période de trois années consécutives complètes, soit de 2013 à 2015 inclus pour les phoques gris et de 2015 à 2017 inclus pour les phoques veaux marins.

Tableau 4 : Nombre de **phoques gris** photo-identifiés observés (« recapturés ») une seule année, 2 années (consécutives ou non) ou 3 années, entre 2013 et 2015 (seuls les individus déjà identifiés dès 2013 sont inclus dans ces analyses).

	Baie d'Authie	Baie de Somme	Walde
Nombre d'individus observés uniquement la première année	9	15	11
Nombre d'individus observés 2 années sur 3	9	19	7
Nombre d'individus observés les 3 années	13	48	14

Parmi les **phoques gris** photo-identifiés dès 2013, ceux observés sur **Walde** sont ceux pour lesquels on observe le **plus fort pourcentage d'individus qui n'ont pas été revus les années suivantes** (34%). En baie d'Authie ce pourcentage est légèrement inférieur (29%), mais c'est surtout **en baie de Somme** qu'il est **substantiellement inférieur** (18%). Inversement, en baie de Somme plus de la moitié (58%) des individus identifiés dès 2013 ont été revus à la fois en 2014 et en 2015, soulignant une **plus forte fidélité à ce site** par rapport aux deux autres. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ces différences entre la baie de Somme et les deux autres sites d'étude : en baie d'Authie, le nombre de phoques gris reste inférieur à celui recensé en baie de Somme (Figure 3) et la connectivité entre ces deux sites est forte (Figure 15). Il est possible que la baie d'Authie constitue un site « périphérique » de la baie de Somme, utilisé uniquement par certains phoques gris fréquentant la baie de Somme à un moment ou à un autre de leur cycle annuel. Ceci pourrait changer dans les années à venir, compte tenu du fort pourcentage d'augmentation des

effectifs maximaux de phoques gris en baie d'Authie (Tableau 1). A **Walde**, la plus forte proportion d'individus identifiés en 2013 non revus en 2014 ni 2015 pourrait s'expliquer par un **plus fort turn-over**, c'est-à-dire une plus forte proportion de **phoques gris « de passage »**, ne fréquentant pas régulièrement la zone. La plus grande proximité de ce site avec le reposoir de Goodwin Sands et les autres colonies du sud de la mer du Nord peut être avancée comme explication. Néanmoins, ces éléments devront être confirmés lorsque la base de données sera complétée avec les nouvelles analyses photographiques : cette base pourra par exemple permettre de calculer les probabilités de recapture des individus par CMR (Capture-Marquage-Recapture) et ainsi de mieux comparer les comportements des individus entre sites d'étude.

Tableau 5 : Nombre de **phoques veaux-marins** photo-identifiés observés (« recapturés ») une seule année, 2 années (consécutives ou non) ou 3 années, entre 2015 et 2017 (seuls les individus déjà identifiés dès 2013 sont inclus dans ces analyses).

	Baie d'Authie	Baie de Canche
Nombre d'individus observés uniquement la première année	4	5
Nombre d'individus observés 2 années sur 3	2	7
Nombre d'individus observés les 3 années	42	8

Les historiques des recaptures de **phoques veaux-marins** ont également été décrits sur trois années successives, de façon à pouvoir être comparées aux statistiques des phoques gris (Tableau 5). En baie de Canche, comptant un plus petit nombre d'individus identifiés et recapturés, 5 des 20 individus n'ont plus été recapturés après 2015, soit 25%. En baie d'Authie en revanche, ce pourcentage n'est que de 8%, bien inférieur à ce qui a été reporté sur la baie de Canche ou sur tous les sites d'études de phoques gris. Ce chiffre souligne une **forte fidélité saisonnière des phoques veaux-marins à la baie d'Authie** : en particulier, 88% des individus identifiés en 2015 ont été revus à la fois en 2016 et en 2017 (Tableau 5). La différence entre phoques veaux-marins et phoques gris est attendue, compte tenu des différentes mobilités observées par télémétrie, mais ce chiffre permet de souligner la **forte fidélité** d'un nombre important de phoques veaux-marins à cette colonie. Le nombre de phoques veaux-marins en baie de Canche est inférieur à celui recensé en baie d'Authie : il sera intéressant de suivre ce taux de fidélité saisonnière à l'avenir, mais aussi de documenter celui d'autres sites, notamment la baie de Somme.

Encadré 3 : suivis des phoques par photo-identification

La photo-identification consiste en un suivi à long terme d'un certain nombre d'individus grâce aux **marques caractéristiques sur leur pelage** (taches). Développée depuis plusieurs décennies en Europe sur le phoque gris (Vincent *et al.*, 2001 ; Karlsson *et al.*, 2005), cette méthode a été appliquée plus récemment sur le phoque veau-marin (Mackey *et al.*, 2008 ; Cunningham, 2009). Des séances photographiques de suivis pour la photo-identification ont ainsi été réalisées par les associations partenaires du projet depuis plusieurs années et pour les deux espèces (cf. Figures 22 et 23). Dans ce rapport sont présentés les résultats des suivis de phoques gris en baie de Somme (Picardie Nature), baie d'Authie (ADN) et à Walde (CMNF) ainsi que les suivis de phoques veaux-marins en baie d'Authie (ADN) et baie de Canche (GDEAM62). La comparaison inter-sites des catalogues de photo-identification de phoques gris a été réalisée par la CMNF, celle des phoques veaux-marins par ADN.

Pour être identifié par photographie, un phoque doit d'une part posséder **des marques naturelles pérennes distinctes** (généralement taches sur le pelage, parfois complétées de cicatrices), voire une bague dont le numéro est lisible, et d'autre part être **photographié des deux côtés** (de façon à être reconnu sur les prochains clichés quel que soit l'angle de la prise de vue). Lorsque ces deux conditions sont réunies, l'individu est inclus dans un **catalogue de photo-identification** avec un identifiant unique. Par la suite, chaque nouvelle photographie de cet individu (sur une journée différente) est considérée comme une « **recapture** » (nouvelle observation d'un individu déjà identifié). Les dates de chaque recapture sont consignées dans une base de données propre à chaque association.



Figure 22 : Femelle de phoque gris photo-identifiée et recapturée en baie d'Authie, notamment le 30/11/2013 (à gauche) et le 09/07/2015 (à droite). Photos M.-H. Fremau, ADN.



Figure 23 : Phoque veau-marin photo-identifié et recapturé en baie d'Authie, notamment le 07/11/2011 (à gauche) et le 06/03/2012 (à droite). Photos M.-H. Fremau, ADN.

Axe 2 : Ecologie alimentaire des phoques

Coordination : Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC)

Planque Y., Huon M., Caurant F., Picard M.-H., Beaudet M., Besson K., Blanchard A., Dubois M., Riti A., Tykarska M., Windstein AM., Vincent C., Spitz J.



Crédits photos : Sarah Monnet (haut gauche), Philippe Thiery (centre droit), Yann Planque (haut droit, centre gauche, bas)

Citation Planque Y., Huon M., Caurant F., Picard M.-H., Beaudet M., Besson K., Blanchard A., Dubois M., Riti A., Tykarska M., Windstein AM., Vincent C., Spitz J. 2018. Distribution et abondance des phoques. In : *Eco-Phoques : Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est* (Vincent *et al.*, eds). Rapport final pour la région Hauts-de-France et l'AFB. 127 PP.

2.1 Zones de chasse et habitats préférentiels des phoques

2.1.1 Identification des zones de chasse des phoques

Les zones de chasse des phoques ont été analysées à partir de deux approches différentes : une approche « horizontale », analysant la forme des trajectoires des phoques en surface, et une approche « verticale », étudiant les paramètres des plongées des phoques pour identifier celles correspondant le plus probablement à un comportement de recherche alimentaire (*cf.* encadré 4).

Pour les deux espèces, les deux approches ont permis d'obtenir des résultats globalement similaires. Dans les deux cas, les zones les plus probables de chasse sont identifiées aux mêmes endroits, même si les contours de ces « hotspots » varient légèrement selon les approches. Pour les phoques veaux-marins, les zones de chasse principale semblent situées devant la baie de Somme, et dans une moindre mesure devant la baie d'Authie et autour du port de Boulogne-sur-mer (Figure 24). Il est important de souligner qu'un seul des dix phoques marins suivis par balises s'est déplacé jusqu'à Boulogne-sur-mer : les données issues de ce seul individu ont peut-être amené à surestimer cette zone de chasse pour les phoques fréquentant la baie de Somme. Inversement, la baie de Somme pourrait être sous-représentée notamment par application de l'approche « horizontale », puisque cette méthode peut s'avérer inefficace pour détecter un comportement de recherche alimentaire lors de trajets trop courts. Ainsi, lorsque les phoques chassent à proximité de leurs reposoirs en baie de Somme, il est probable que cette méthode ne fonctionne pas convenablement (Planque, 2016). Pour cette raison, et compte tenu globalement des faibles déplacements des phoques veaux-marins, il a été choisi d'utiliser l'approche « verticale » pour identifier les zones de chasse de ces phoques pour la suite du travail. Pour les phoques gris, les zones de chasse identifiées par les deux méthodes se superposent largement (Figure 25). Les zones déterminées par l'approche « horizontale » sont cependant plus délimitées, tandis que des plongées probables de chasse sont identifiées en dehors des « hotspots ». En l'absence de preuve sur le comportement réel de capture de proie par les phoques, il est impossible de conclure sur la pertinence de ces « zones probables de chasse », notamment en dehors des « hotspots ». La concordance des deux approches distinctes sur les zones de chasse principales permet néanmoins d'être relativement confiant dans la pertinence de ces localisations à l'échelle de la Manche Est (Planque, 2016).

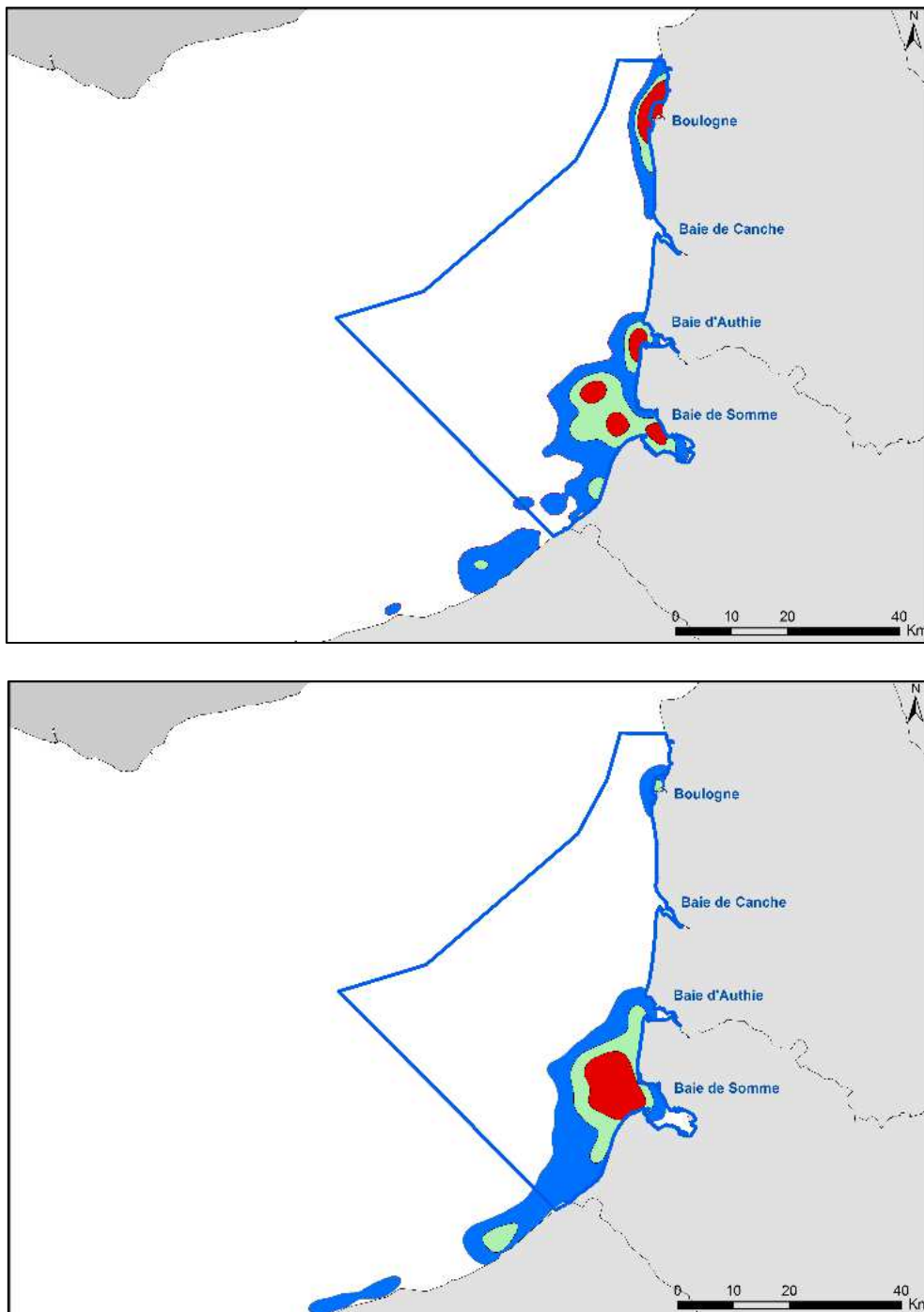


Figure 24 : Zones de chasse probables des **phoques veaux-marins** suivis par télémétrie à partir de la baie de Somme, identifiées par l'approche « horizontale » (en haut) ou « verticale » (en bas). Les zones utilisées de façon croissante vont du bleu (densités de Kernel à 95%, c'est-à-dire intégrant 95% des « localisations de chasse ») puis vert (75%) au rouge (50%).

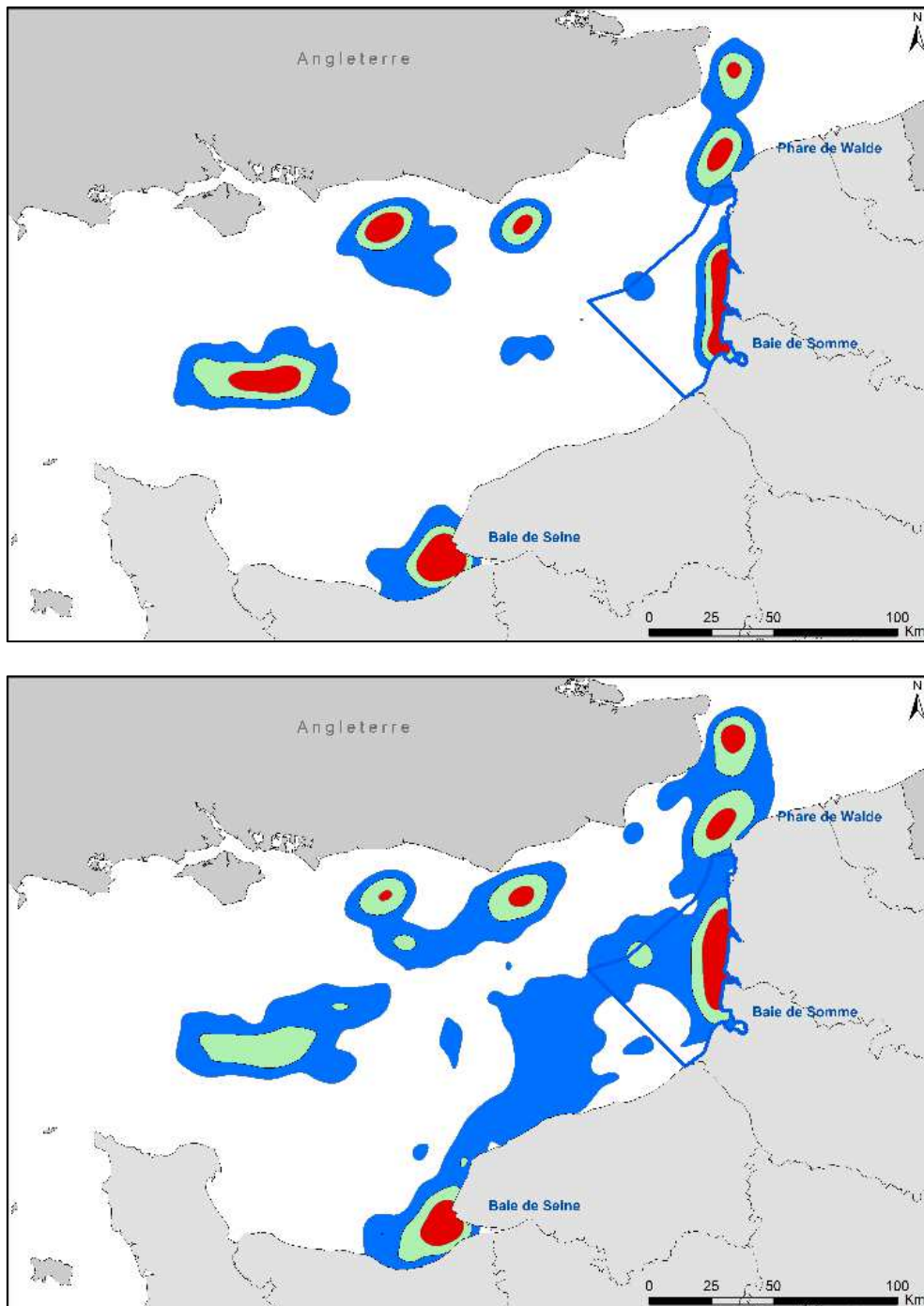


Figure 25 : Zones de chasse probables des **phoques gris** suivis par télémétrie à partir de la baie de Somme, identifiées par l'approche « horizontale » (en haut) ou « verticale » (en bas). Les zones utilisées de façon croissante vont du bleu (densités de Kernel à 95%) puis vert (75%) au rouge (50%). Seules les données acquises en Manche Est ont été étudiées ici (80% du temps passé en Manche Est, hors période de reproduction).

2.1.2 Modélisation de la sélection d'habitat de chasse par les phoques

Les plongées des phoques identifiées comme plongées de chasse (*cf.* paragraphe précédent) ont permis de modéliser la **sélection d'habitat de chasse** des deux espèces de phoques (*cf.* encadré 4). Comme l'exercice précédent, celui-ci n'a donc été possible qu'à partir des données télémétriques à partir de la baie de Somme, les seules disponibles dans la région. Pour les phoques veaux-marins, peu mobiles, cela signifie que les résultats ne sont a priori valables que pour cette colonie (et la colonie adjacente de la baie d'Authie). Pour les phoques gris en revanche, beaucoup plus mobiles à l'échelle de toute la Manche Est, ces résultats indiquent sans doute des préférences à plus large échelle, potentiellement généralisables aux colonies adjacentes. Cet exercice de modélisation consiste à analyser les caractéristiques de l'**habitat (ici de chasse) exploité** par les phoques d'après les données disponibles, de les **comparer à l'ensemble des habitats disponibles** pour identifier ceux sélectionnés **préférentiellement** par les phoques, et d'extrapoler ensuite ces préférences à l'ensemble de la zone pour éventuellement identifier des **zones propices** à la recherche alimentaire par les phoques, mais non identifiées dans les suivis télémétriques disponibles.

Pour les phoques veaux-marins, le principal facteur ressortant du modèle (influençant plus fortement la sélection de l'habitat de chasse par les phoques) est la distance à la côte (expliquant 92.4% de la déviance expliquée par le modèle ; Huon, 2017). Les autres facteurs, largement minoritaires, sont la distance au dernier reposoir utilisé, le type sédimentaire des fonds marins et les courants de marée. Ces résultats soulignent le caractère très côtier des phoques veaux marins, qui privilégient donc très fortement les voyages alimentaires très proches des côtes (et de leurs reposoirs).

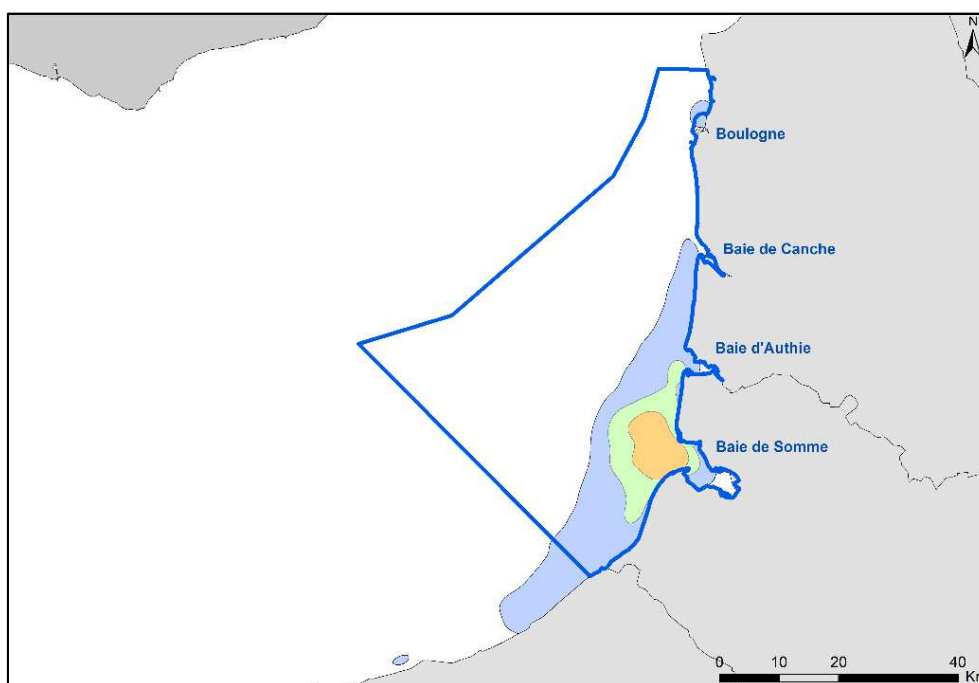


Figure 26 : Carte de distribution de l'habitat préférentiel de chasse des phoques veaux-marins obtenu par modélisation. Les zones préférentielles apparaissent en orange (Kernels 50%), les zones les moins sélectionnées en vert (75%) puis bleu (95%).

La carte de distribution des habitats de chasse sélectionnés préférentiellement par les phoques veaux-marins (Figure 26) reprend largement les zones déjà identifiées sur la Figure 24 représentant les zones de chasse. Tandis que la Figure 24 représente les zones de chasse observées, la Figure 26 représente plus largement les zones potentielles de chasse des phoques, à partir des caractéristiques de l'habitat identifié comme préférentiel : cette forte superposition souligne probablement que les phoques veaux marins de la baie de Somme exploitent déjà tout leur habitat préférentiel de chasse, à proximité immédiate de leurs reposoirs.

Pour les phoques gris, les facteurs principaux ressortant de la modélisation de la sélection de l'habitat de chasse sont la distance au dernier reposoir utilisé (56% de la déviance expliquée par le modèle), le type sédimentaire du fond de la mer (24%), la distance à la côte et les courants de marée (20% ; Huon, 2017). La modélisation des habitats de chasse préférentiels a, ici encore, permis de souligner que les phoques gris utilisent a priori la majorité des habitats préférentiels disponibles en Manche Est (cf. comparaison des Figures 27 et 25, pas d'habitat potentiel de chasse identifié par la modélisation qui ne soit déjà utilisé par les phoques gris). Cette modélisation souligne l'importance des estuaires picards comme zones alimentaires potentielles (et observées) des phoques gris, mais également la baie de Seine orientale ainsi que différentes zones situées au milieu de la Manche, au Nord-Est du Cotentin, dans le détroit du Pas-de-Calais ou autour du banc de Goodwin Sands, site de repos majeur au Sud-Est de l'Angleterre (Figure 27).

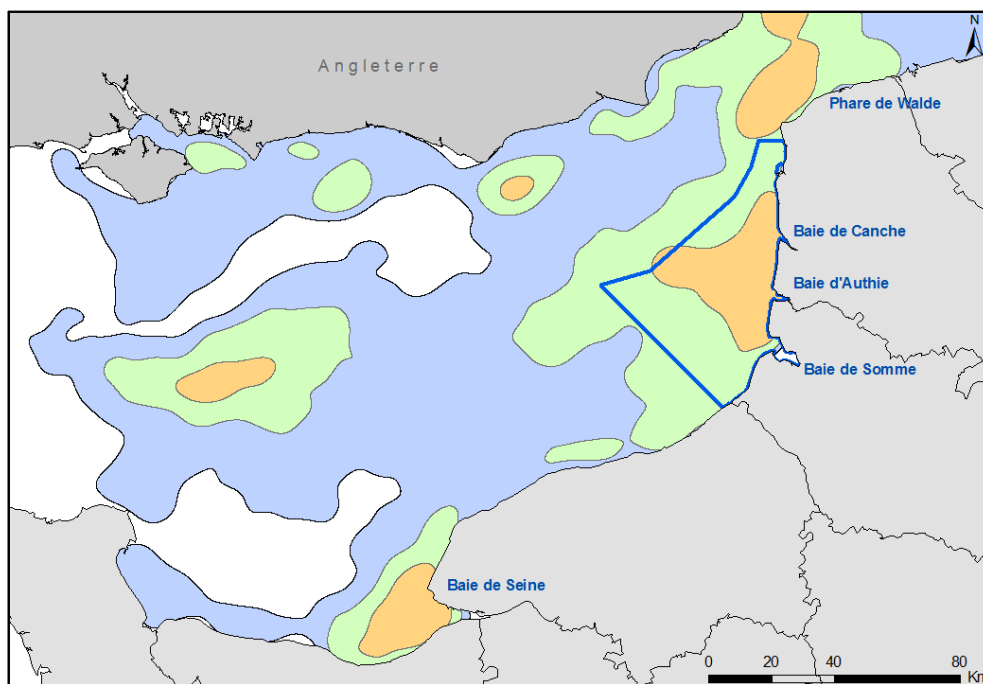


Figure 27 : Carte de distribution de l'habitat préférentiel de chasse des phoques gris obtenue par modélisation. Les zones préférentielles apparaissent en orange (Kernels 50%), les zones les moins sélectionnées en vert (75%) puis bleu (95%).

Encadré 4 : identification des zones de chasse et modélisation de l'habitat préférentiel de chasse des phoques

Deux méthodes ont été testées et comparées pour identifier les zones de chasse des phoques à partir des données télémétriques obtenues : la première méthode, dite « horizontale », est basée sur l'analyse des trajectoires des phoques en mer (en surface), tandis que la seconde méthode, dite « verticale », est basée sur l'analyse des caractéristiques des plongées des phoques. Les détails méthodologiques sont présentés par Planque (2016) (*cf.* « Valorisation »), seuls les principes généraux sont présentés ici.

La méthode « horizontale » est basée sur l'hypothèse que, lorsqu'ils rencontrent une ressource alimentaire en mer, les phoques passent d'un mode de déplacement relativement « rectiligne » à des mouvements horizontaux moins rapides en tournant plus ou moins sur place. Ils entrent alors dans ce que l'on nomme des « zones de recherche restreintes », qui peuvent être mises en évidence en calculant le temps de résidence dans des périmètres de rayons choisis (Fauchald et Tveera, 2003). Cette méthode est donc basée sur l'hypothèse que les proies sont inégalement distribuées en mer, et sont regroupées en patchs. Ainsi, les prédateurs tels que les phoques modifient leurs mouvements horizontaux lorsqu'ils rencontrent des patchs profitables pour s'alimenter, ce qui induit un comportement en « zone de recherche restreinte ». Ce comportement, détecté par l'approche « horizontale » est ainsi supposé correspondre à un comportement de chasse ou une prospection alimentaire. Ces zones de recherche restreintes sont analysées à l'échelle de chaque trajet en mer des phoques (entre deux repos à sec successifs).

La méthode « verticale » est basée sur l'analyse des caractéristiques des plongées individuelles des phoques, indépendamment des caractéristiques des trajectoires en surface. Les phoques gris comme les phoques veaux-marins sont considérés comme des chasseurs benthiques (Thompson *et al.*, 1991 ; Austin *et al.*, 2006), ce qui signifie qu'ils chassent près du fond. Cette hypothèse est ici confirmée par l'étude présentée en partie 2.1 qui a mis en évidence l'importance des poissons plats dans le régime alimentaire des phoques fréquentant la baie de Somme et Walde. Ils passent alors la majeure partie de leur temps à la même profondeur (celle du fond marin), ce qui donne à leurs plongées une forme caractéristique en « U » (Thompson *et al.*, 1991 ; Sjöberg & Ball, 2000 ; Goulet *et al.*, 2001). De telles plongées sur le fond peuvent néanmoins également correspondre à des plongées de sommeil ou de repos au fond de l'eau. Dans ce cas, la distinction entre plongées en « U » de sommeil et plongées en « U » de chasse peut être effectuée en éliminant les plongées dont la phase de descente est caractérisée par de faibles vitesses. En effet, lorsque les phoques plongent pour se nourrir, ils plongent relativement rapidement, tandis que lorsqu'ils plongent pour se reposer, ils descendent beaucoup plus doucement (Lesage *et al.*, 1999 ; Gallon *et al.*, 2007). Enfin, lorsqu'ils chassent, les phoques diminuent généralement le temps de récupération en surface de façon à passer plus de temps en profondeur, là où se trouve la ressource qu'ils convoitent (Lesage *et al.*, 1999 ; Austin *et al.*, 2006). L'ensemble de ces critères ont été appliqués sur les deux jeux de données des deux espèces de phoques : les plongées en « U » ont été sélectionnées grâce à un indice mathématique, le TAD (*Time Allocation at Depth*, Fedak *et al.*, 2001), puis les vitesses de descentes calculées à partir de la différence de profondeur et de durée entre le départ de la plongée et le premier point enregistré par la balise (à 10% de la durée totale de plongée). Le ratio a été calculé à partir du temps de récupération en surface et la durée de la plongée précédente.

Les localisations présumées de chasse des phoques ont ensuite été utilisées pour modéliser l'habitat de chasse préférentiel des phoques des deux espèces. Le choix a été fait de conserver les données de plongées de chasse pour ces modèles, puisqu'elles se sont avérées plus nombreuses et plus précises que les localisations en « zones de recherche restreintes » à l'échelle spatio-temporelle des déplacements des phoques (Huon, 2017). L'habitat de chasse préférentiel des phoques a été modélisé

grâce aux Modèles Mixtes Additifs Généralisés (GAMM). Les modèles ont intégré les localisations des plongées de chasse (*cf.* ci-dessus), les données de bathymétrie, de sédimentologie et de courants de marée en Manche Est, ainsi que les distances à la côte ou aux derniers reposoirs utilisés (Huon 2017). L'exercice a été effectué séparément pour les phoques gris et les phoques veaux-marins capturés en baie de Somme.

Afin de représenter graphiquement les résultats obtenus, tant pour comparer les zones de chasse que pour représenter les habitats sélectionnés par les phoques, des analyses de densité de Kernel ont été réalisées. Les isolignes des densités de Kernel à 95%, 75% et 50% ont été représentées, ces dernières indiquant les zones les plus fortement utilisées/sélectionnées.

2.2 Régime alimentaire des phoques

La description de l'alimentation du phoque veau-marin et du phoque gris repose sur l'analyse du contenu de fèces ramassées en baie de Somme et à Walde, et du contenu des estomacs prélevés sur des phoques échoués morts en région Hauts-de-France. L'analyse des parties dures résistantes à la digestion (otolithes, os de poissons, becs de céphalopodes) a permis d'identifier les espèces proies consommées par les phoques, et ainsi de quantifier leur abondance en nombre et les biomasses relatives ingérées (cf. encadré 5).

Les deux sources d'échantillons ont été traitées séparément, puisqu'elles apportent des informations distinctes mais complémentaires. Dans un premier temps, l'analyse des contenus de fèces a été effectuée sur un nombre d'échantillons conséquent (N = 314) contenant les restes de nombreuses proies (n = 7981). Cette taille d'échantillonnage a ainsi permis de décrire et de quantifier, en nombre et en masse, le régime alimentaire des deux espèces de phoques (Tableaux 6 et 8). Dans un second temps, l'analyse des contenus d'estomacs repose sur une taille d'échantillons bien plus réduite (N = 20) contenant un nombre plus restreint de proies (n = 465). Cette analyse intègre ainsi une incertitude plus importante dans la quantification du régime alimentaire par rapport à l'analyse des fèces. Elle apporte néanmoins une information qualitative complémentaire à un stade de digestion moins avancé que les fèces (Tableaux 7 et 9).

2.2.1 Analyse des fèces

Les contenus de **189 fèces de phoques veaux-marins** collectées en baie de Somme de **2002 à 2014** (82 de 2002 à 2011 et 107 de 2012 à 2015), principalement en été, et de **125 fèces de phoques gris** collectées en baie de Somme et à Walde en **2016 et en 2017**, de décembre à août, ont été analysés. Les fèces de phoques veaux-marins contenaient les restes de 6593 individus d'au moins 18 espèces proies différentes et les fèces de phoques gris contenaient les restes de 1388 individus d'au moins 16 espèces proies. Au total, 5221 pièces dures (otolithes de poissons ou becs de céphalopodes), présents dans les fèces de phoques veaux-marins ont été mesurés, et 1200 pièces pour les phoques gris. L'application de relations d'allométrie a ainsi permis d'estimer la taille et la masse individuelles des proies consommées (cf. encadré 5).

Les fèces de **phoques veaux-marins** collectées en baie de Somme contenaient **exclusivement des restes de poissons osseux** (Figure 28 à gauche, détails chiffrés Tableau 6). La majorité des proies consommées étaient des **poissons plats** (86% [Intervale de Confiance à 95% : 68-100%] de la biomasse consommée) incluant majoritairement des soléidés (soles communes (*Solea solea*), soles poles (*Pegusa lascaris*), petites soles jaunes (*Buglossidium luteum*) et soles perdrix (*Microchirus variegatus*)) et des pleuronectidés (plies (*Pleuronectes platessa*) et flets (*Platichthys flesus*)). Les dragonnets (*Callionymus lyra*) sont les poissons ronds qui ont été les plus consommés par les phoques veaux-marins (6% [3-9%] de la biomasse totale). Ces quatre grands types de proies représentaient à eux seuls 93% de la biomasse consommée. Les autres espèces proies constituant l'alimentation du phoque veau-marin en baie de Somme peuvent donc être considérées comme de second ordre en termes de biomasse ingérée, bien que parfois marquées par une forte occurrence. Ainsi, par exemple, les restes de bothidés (poissons plats) ont pu être observés dans près d'un tiers des échantillons, mais ne représentent pour autant qu'une très faible proportion de la biomasse totale (~1%).

Les fèces de **phoques gris** collectées en baie de Somme et à Walde contenaient une **majorité de poissons osseux** (90% [51-100%] de la biomasse), **une part significative de céphalopodes** (10% [1-23%]) et quelques traces de poissons cartilagineux (Figure 28 à droite, détails chiffrés Tableau 8). Les **poissons plats** constituaient ainsi la majorité de la biomasse consommée (61% [38-87%]), incluant majoritairement des pleuronectidés (plies et flets) et des soléidés (principalement des soles communes et soles poles). Les harengs (*Clupea harengus*) sont les **poissons ronds** qui ont ici été les plus consommés par les phoques gris. En effet, un peu moins de la moitié de l'abondance (nombre de proies) est uniquement représentée par cette espèce, et correspond à 18% [10-32%] de la biomasse totale. Un dixième de la biomasse ingérée est associée aux gadidés, incluant surtout des merlans (*Merlangius merlangus*) et tacauds (*Trisopterus* spp.). Enfin, les **céphalopodes** constituent une part non négligeable du régime alimentaire des phoques gris en baie de Somme et à Walde puisqu'un dixième de la biomasse consommée est associée aux encornets (*Loligo* spp.). Les autres espèces proies sont considérées comme secondaires puisqu'elles ne représentent qu'une infime part de la biomasse consommée. Il est intéressant de noter que des traces de **Chondrychiens** (poissons cartilagineux), associées ici à des raies ou des roussettes, ont été trouvées dans 3,2% des échantillons, ce qui n'avait jusqu'alors jamais été constaté chez les phoques en Manche Est.

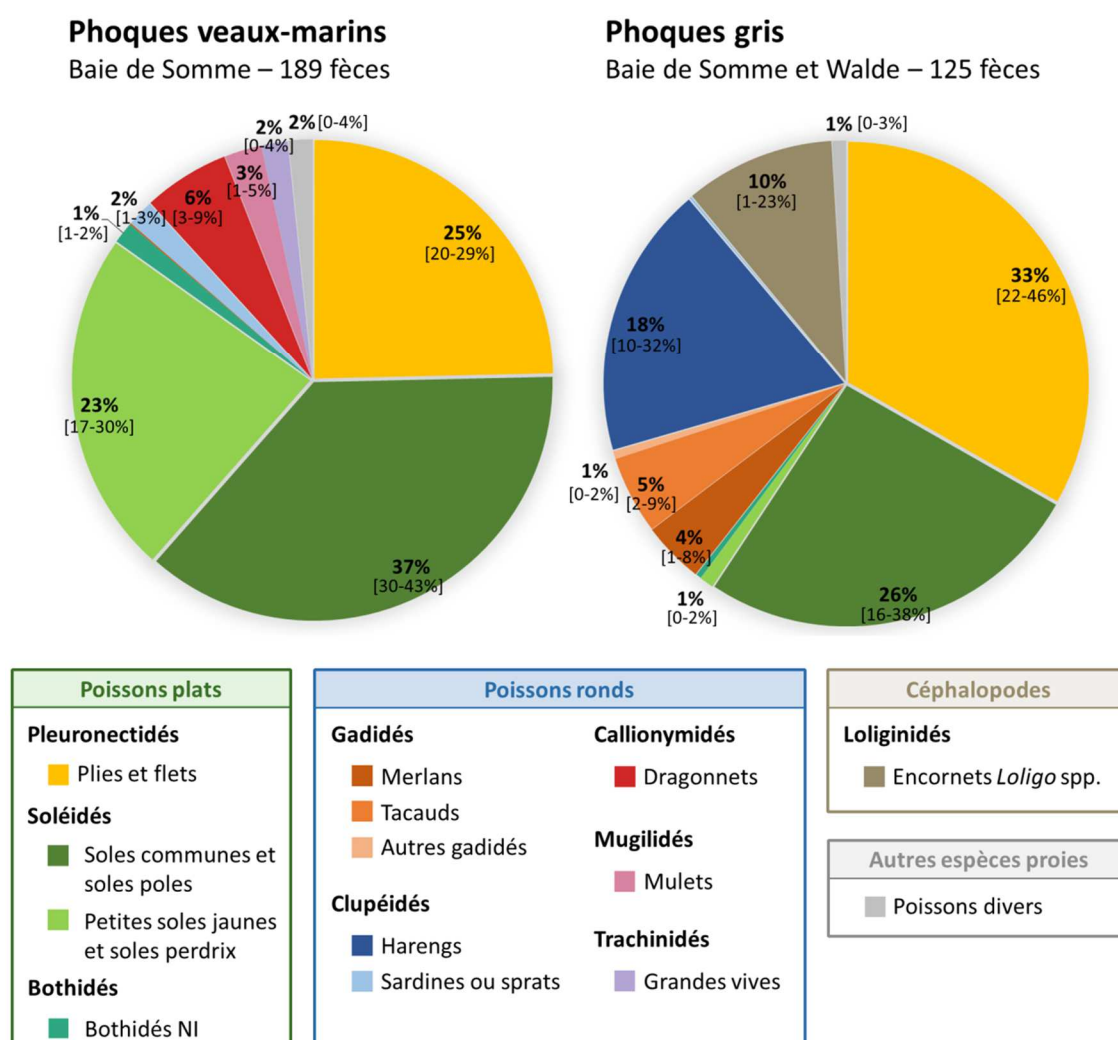


Figure 28 : Régime alimentaire des phoques veaux-marins (baie de Somme, 2002-14) et des phoques gris (baie de Somme et Walde, 2016-17) évalué à partir de l'analyse du contenu de 189 et 125 fèces respectivement. Chaque classe d'espèce proie est représentée par la proportion moyenne de la biomasse consommée, et l'intervalle de confiance à 95% associé est indiqué.

Pour résumer, l'analyse des fèces a permis de mettre en évidence que la majorité de la biomasse consommée par les phoques veaux-marins correspond à des petits individus de poissons plats. Ces mêmes espèces proies sont consommées par les phoques gris, bien que les individus consommés soient généralement de plus grande taille et que des poissons ronds de différentes espèces et de céphalopodes représentent également une part importante de leur régime alimentaire.

2.2.2 Analyse des contenus stomacaux

Les contenus d'estomacs de phoques retrouvés échoués morts en région Hauts-de-France ont été analysés, en complément des contenus de fèces. L'analyse a porté sur **12 estomacs de phoques veaux-marins** échoués de 2007 à 2010 (N = 3) puis en 2016-2017 (N = 9) et sur **8 estomacs de phoques gris** échoués en 2016-2017. Ces estomacs contenaient les restes de 397 et 68 proies respectivement. Les parties dures retrouvées dans les contenus stomacaux (otolithes de poissons et becs de céphalopodes) ont été mesurées afin d'estimer la taille et la masse des proies consommées par les phoques veaux-marins et gris (469 et 91 mesures respectivement).

Pour les phoques veaux-marins et gris, l'abondance et la proportion de biomasse estimée par espèce proie sont marquées par de très fortes valeurs d'incertitudes, liées à un faible nombre d'échantillons et une forte diversité entre échantillons (Tableaux 7 et 9). Il convient donc d'**interpréter ces résultats avec beaucoup plus de prudence** que pour les contenus de fèces. Cependant, les estomacs apportent des **informations qualitatives complémentaires** aux connaissances déjà acquises par analyse des fèces.

Globalement, il est intéressant de constater que les estomacs des deux espèces contenaient davantage de céphalopodes que les fèces. Les seiches (*Sepia* spp.) constituent le seul type de céphalopodes observé dans les estomacs de phoques veaux-marins. Cette espèce représente également une proportion importante des céphalopodes consommés chez les phoques gris ; les encornets (*Loligo* spp.) constituant la deuxième espèce de céphalopodes consommés. Ainsi, les seiches étaient présentes dans quatre des estomacs de phoques veaux-marins et dans cinq des estomacs de phoques gris, constituant respectivement 34% [IC95% : 10-56%] et 50% [22-79%] de la biomasse consommée. La présence de seiches dans les estomacs permet de supposer que **les céphalopodes constituent probablement une part plus importante du régime alimentaire des phoques que celle estimée par analyse des fèces**. Néanmoins, il est également important de préciser que, de par leur taille parfois importante, les becs de céphalopodes s'accumulent plus longtemps dans les estomacs que les otolithes de poissons, ce qui peut engendrer une surestimation de la biomasse consommée de céphalopodes à partir des estomacs.

L'occurrence, l'abondance et la biomasse des poissons plats par estomac apparaissent globalement élevées, à la fois pour les phoques veaux-marins et les phoques gris. Ainsi, les trois principaux types de poissons plats précédemment observés dans les fèces, incluant les pleuronectidés (plies et flets) et les deux types de soléidés (soles communes et soles poles, et petites soles jaunes et soles perdrix), sont ici également bien représentées. Bien que la proportion de biomasse apparaisse plus faible que pour les fèces, les forts taux d'occurrence permettent de confirmer **l'importance des poissons plats dans le régime alimentaire des phoques**.

L'analyse des estomacs a permis de mettre en évidence certaines particularités. Par exemple, pour les phoques veaux-marins, la proportion de biomasse de merlans (*Merlangius merlangus*) est

forte, alors même que cette espèce est peu représentée dans les fèces étudiées. L'importante abondance de gobies dans le contenu des estomacs de phoques veaux-marins est également un cas assez particulier (42% [0-73%] des individus proies), puisque cette abondance est 10 fois moins importante dans les fèces. Ces observations sont la conséquence de contenus d'un ou deux estomacs, ce qui souligne des comportements individuels.

Enfin, il est important de noter que les **estomacs et les fèces n'ont pas été échantillonnés sur la même aire d'étude**. En effet, pour les phoques veaux-marins, les fèces ont été exclusivement collectées en baie de Somme alors que les estomacs ont été échantillonnés sur la totalité du littoral la région Hauts-de-France (de la baie de Somme à Dunkerque). Il a été mis en évidence que les stratégies alimentaires des phoques veaux-marins étaient spécialisées à l'échelle de la colonie, plutôt qu'à l'échelle populationnelle ou individuelle (Spitz *et al.*, 2015). De plus, l'analyse de traceurs écologiques dans les vibrisses de phoques (*cf.* ci-après, en 2.3.) a mis en évidence que les stratégies alimentaires observées à l'échelle de la baie de Somme ne sont pas généralisables à l'échelle de la région. Ainsi, une partie de la variabilité alimentaire observée dans les estomacs de **phoques veaux-marins**, par rapport aux fèces de la même espèce, pourrait être liée à des **stratégies alimentaires différentes d'une aire géographique à l'autre**.

2.2.3 Tailles des proies consommées par les phoques

Outre la détermination des espèces proies, l'analyse des pièces dures permet de connaître la taille et la masse des proies consommées par les phoques. Les résultats suivants décrivent les caractéristiques des proies identifiées dans les fèces de phoques veaux-marins (baie de Somme) et gris (baie de Somme et Walde).

En baie de Somme, les phoques veaux-marins se sont principalement alimentés sur des poissons de petite taille corporelle ($15 \pm 5,5$ cm en moyenne, correspondant à une masse de 41 ± 61 g). En baie de Somme et à Walde, les phoques gris ont quant à eux consommé en moyenne des proies de taille supérieure ($17,8 \pm 5,6$ cm, correspondant à une masse moyenne de 60 ± 88 g). Il y a donc globalement une différence de distribution de tailles de proies entre les deux espèces de phoques, bien qu'un chevauchement non négligeable soit constaté (Figure 29). Les tailles et masses moyennes par espèces proies sont présentées tableaux 6 et 8.

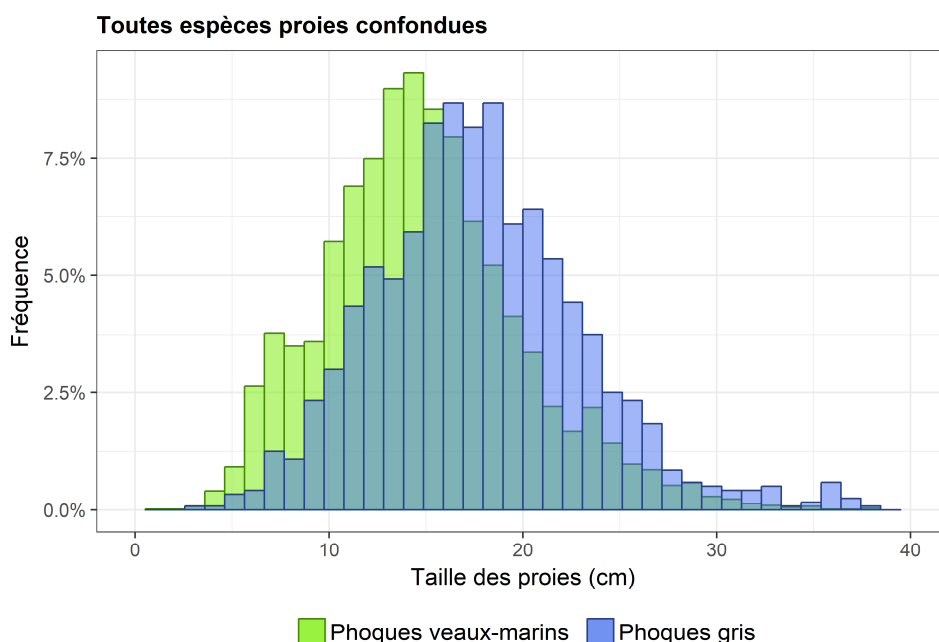


Figure 29 : Distribution de la taille des proies consommées, toutes espèces confondues, par les phoques veaux-marins (vert) et par les phoques gris (bleu). Les données proviennent de l'analyse du contenu des fèces récupérées en baie de Somme pour le phoque veau-marin (2002-14) et en baie de Somme et à Walde pour le phoque gris (2016-17). Dans un souci de représentation, 15 individus proies de plus de 40 cm ne sont pas présentés dans cet histogramme.

Les poissons plats constituent la principale source alimentaire des phoques veaux-marins en baie de Somme, et des phoques gris en baie de Somme et à Walde. La distribution de taille de proies a été comparée entre les deux espèces de phoques, à titre d'exemple, pour les deux types de poissons plats marqués par le plus fort recoupement entre phoques gris et phoques veaux-marins : les plies et flets d'une part, et les soles communes et soles poles d'autre part (Figure 30). Ces histogrammes mettent en évidence que les phoques veaux-marins ont consommé des plies et flets de petite taille (70% des proies mesuraient moins de 20 cm), alors que les phoques gris ont globalement consommé des plies et flets de plus grande taille (65% des proies mesuraient plus de 20 cm). De même pour les soles communes et soles poles, les phoques veaux-marins ont globalement consommé des individus de plus petite taille que les phoques gris, bien qu'un chevauchement persiste : 73% des soles consommées par les phoques veaux-marins mesuraient moins de 20 cm alors que la moitié des soles consommées par les phoques gris mesuraient plus de 20 cm. Ces résultats mettent en évidence **l'importance des poissons plats juvéniles dans le régime alimentaire des phoques veaux-marins**.

Les suivis télémétriques réalisés depuis la baie de Somme sur quelques individus ont mis en évidence le comportement côtier des phoques veaux-marins, puisqu'ils chassent principalement au niveau de la baie de Somme, et de la baie d'Authie dans une moindre mesure (*cf.* Figure 24 en 2.1.1). La baie de Somme et la baie d'Authie sont des estuaires macro-tidaux qui abritent des nourriceries de poissons plats ainsi que des communautés de poissons démersaux adultes migrateurs tels que les dragonnets ou les mullets (Selleslagh *et al.*, 2009). Les résultats obtenus dans cette étude permettent ainsi d'en conclure que les **phoques veaux-marins dépendent en partie de ces nourriceries de poissons plats** pour s'alimenter. En revanche, les **phoques gris ont consommé des poissons plats globalement plus adultes** que les phoques veaux-marins, ce qui apparaît concordant avec leur comportement en mer, puisqu'ils chassent généralement plus au large (*cf.* Figure 25 en 2.1.1).

Cependant, les exemples présentés en Figure 30 montrent que les phoques gris s'alimentent également sur ces jeunes poissons plats, bien qu'ils ne correspondent pas à la majorité de leur ressource.

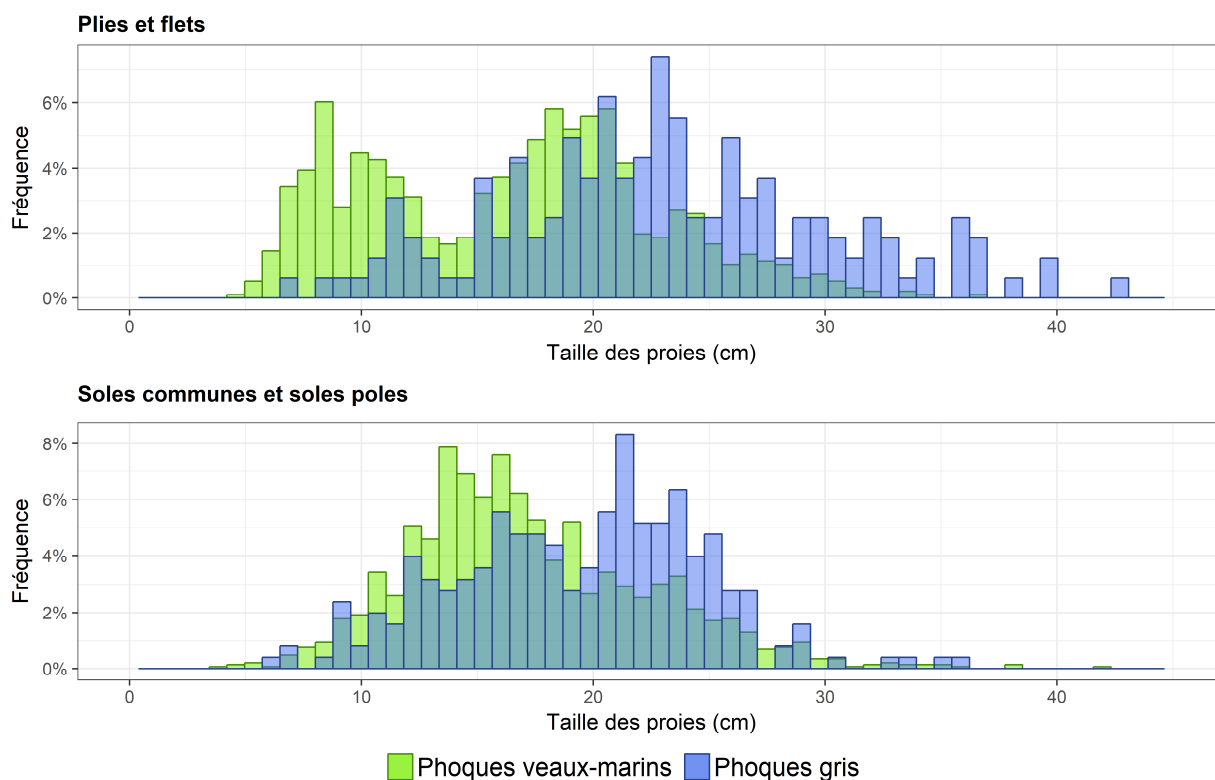


Figure 30 : Distribution de la taille des plies et flets (en haut) et des soles communes et soles poles (en bas) consommés par les phoques veaux-marins (vert) et par les phoques gris (bleu). Les données proviennent exclusivement de l'analyse du contenu des fèces récupérées en baie de Somme pour le phoque veau-marin (2002-14) et en baie de Somme et à Walde pour le phoque gris (2016-17).

2.2.4 Variations saisonnières du régime alimentaire des phoques gris

Les fèces de phoques gris ont été collectées en baie de Somme et à Walde de décembre 2016 à août 2017, de façon régulière, ce qui a permis de mettre en évidence une variation saisonnière du régime alimentaire entre l'hiver 2016-17 et le printemps-été 2017 (Figure 31).

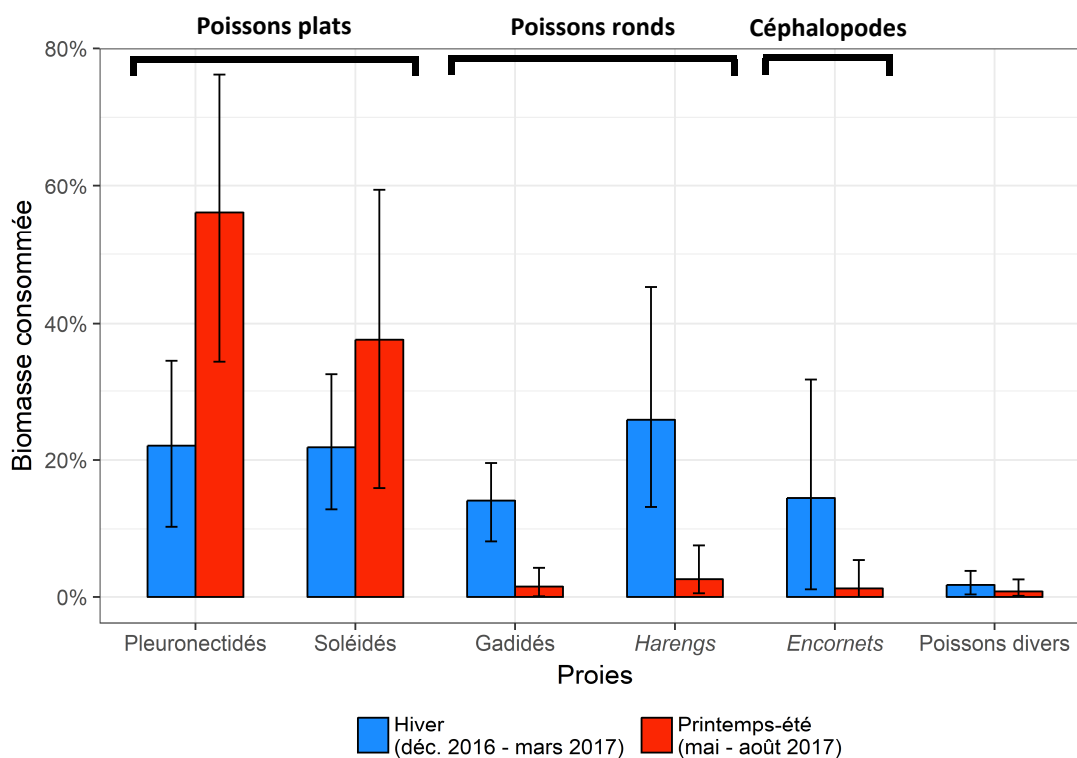


Figure 31 : Variation du régime alimentaire des phoques gris en baie de Somme et à Walde, évaluée par l'analyse du contenu de fèces entre l'hiver 2016-17 (N=70) et le printemps-été 2017 (N= 55), en pourcentage de biomasse consommée. Les barres d'erreur indiquent l'intervalle de confiance à 95%. Les catégories de proies en italique correspondent à une identification en fonction du genre et/ou de l'espèce, tandis que les autres correspondent à des regroupements par famille ou par taxon supérieur.

Au cours de l'hiver, les pleuronectidés (plies et flets) et les soléidés (principalement des soles communes et soles poles, ainsi que quelques petites soles jaunes et soles perdrix) représentaient ensemble un peu moins de la moitié de la biomasse totale consommée par les phoques. Une part importante de cette biomasse consommée au cours de l'hiver a également été associée aux poissons ronds, incluant les gadidés (e.g., merlans, tacauds communs), les harengs et les encornets. Le hareng a vraisemblablement été une source alimentaire importante pour les phoques gris au cours de cette période, puisque cette espèce représente à elle seule 26% [IC95%: 14-44%] de la biomasse consommée. En revanche, au cours du printemps-été, la quasi-totalité des proies consommées par les phoques gris étaient des poissons plats, représentés par 56% [33-76%] de pleuronectidés et 38% [16-61%] de soléidés. Ainsi, seule environ 6% de la biomasse consommée était associée à des poissons ronds (gadidés, harengs et autres), à d'autres poissons plats ou à des céphalopodes.

Malgré les variations saisonnières observées, les résultats soulignent l'**importance des poissons plats** (pleuronectidés et soléidés plus particulièrement) dans le régime alimentaire des phoques gris fréquentant la baie de Somme et Walde, de l'hiver à l'été. En période printanière et estivale, ces poissons plats deviennent même prépondérants, et donnent ainsi une composition du régime alimentaire proche de celle des phoques veaux-marins en été (principalement) en baie de Somme (cf. Figure 28 à gauche). Ces résultats peuvent être mis en relation avec le fonctionnement des écosystèmes marins en Manche Est, où les poissons plats, et plus particulièrement les soles communes, les soles poles et les plies, sont des espèces abondantes et fortement liées aux

différentes nourriceries côtières de cette aire géographique (*e.g.* Harlay *et al.*, 2001 ; Riou *et al.*, 2001). En été, les interactions trophiques entre phoques veaux-marins et gris peuvent ainsi être renforcées, entraînant potentiellement une compétition pour la ressource.

Les **poissons ronds**, et plus particulièrement les **harengs**, ainsi que les encornets semblent avoir eu un rôle important dans le régime alimentaire des phoques gris au cours de l'hiver 2016-17. Le hareng est une espèce de poisson pélagique particulièrement présente en mer du Nord. Le hareng des Downs correspond à une sous-population de harengs qui est connue pour venir se reproduire en hiver sur des zones de frayère au large de la Manche Nord-Est (Corten, 2013). Cette brève présence saisonnière de harengs adultes en Manche Est et au Sud de la mer du Nord pourrait potentiellement expliquer la présence de cette espèce dans le régime alimentaire des phoques gris en hiver. Cet exemple montre bien que le régime alimentaire des phoques gris peut varier au cours de l'année, et ce probablement selon la disponibilité en proies dans leur milieu. Les variations saisonnières du régime alimentaire sont également possibles chez le phoque veau-marin (*e.g.* Brown et Pierce, 1998), mais n'ont pas pu être étudiées ici puisque presque tous les échantillons ont été collectés en été. Il serait donc intéressant à l'avenir de **collecter des fèces de phoques veaux-marins à des saisons différentes**, afin de voir s'il existe des variations saisonnières de l'alimentation.

2.2.5 Chevauchement trophique entre phoques veaux-marins et gris

Le chevauchement trophique entre phoques veaux-marins et phoques gris a été estimé grâce à l'indice de Pianka (Pianka, 1974). Cet indice compare la représentativité (% de la biomasse) de chaque espèce proie consommée par les deux espèces de phoques, et varie de 0 où il y a une absence totale de chevauchement, à 1 lorsque le chevauchement est complet (*cf.* Encadré 5). Dans le cas présent, le **chevauchement trophique entre phoques veaux-marins en baie de Somme et phoques gris en baie de Somme et à Walde est élevé** (Indice de Pianka = 0,74). Ce résultat pose la question d'une potentielle compétition interspécifique. Cependant, l'ensemble des résultats précédents suggère que l'intensité de ce chevauchement est probablement diminuée puisque les proies consommées diffèrent en taille entre les deux espèces (*cf.* partie 2.3.1), et que la composition du régime alimentaire du phoque gris varie saisonnièrement, diminuant ainsi le chevauchement en hiver (*cf.* partie 2.2.4).

Tableau 6 : Espèces proies présentes dans **189 fèces de phoques veaux-marins** collectées en baie de Somme de 2002 à 2014. Ces échantillons contenaient les restes de 6593 individus proies.

Occurrence : proportion de fèces contenant les restes d'au moins un individu; %N : proportion du nombre d'individus ; la longueur et la masse des proies sont présentées en moyenne $\pm$ Ecart-Type (ET) ; les % d'abondance et la biomasse sont présentés avec un intervalle de confiance (IC) à 95%. NI : Non Identifié.

	Proies		Occurrence	Abondance	Longueur des proies	Masse des proies	Biomasse
	Famille / Nom scientifique / Nom vernaculaire		%	%N [IC95%]	Moyenne $\pm$ ET (mm)	Moyenne $\pm$ ET (g)	%Masse totale [IC95%]
Poissons plats	Pleuronectidés						
	<i>Pleuronectes platessa</i> et <i>Platichthys flesus</i>	Plies et flets	73,0	17,4 [13,3-22,7]	158 $\pm$ 65	54 $\pm$ 1	24,6 [20,2-29,3]
		Pleuronectidés NI	1,1	0 [0-0,1]	-	-	-
	Soléidés						
	<i>Solea solea</i> et <i>Pegusa lascaris</i>	Soles communes et soles poles	63,5	23,6 [17,2-30,2]	173 $\pm$ 52	60 $\pm$ 65	36,9 [30-43,4]
	<i>Buglossidium luteum</i> et <i>Microchirus variegatus</i>	Petites soles jaunes et soles perdrix	55,0	34,9 [26,5-43,7]	139 $\pm$ 29	26 $\pm$ 16	23,3 [17,3-29,5]
Poissons ronds	Bothidés						
		Bothidés NI	30,7	3,1 [2,2-4]	107 $\pm$ 17	18 $\pm$ 8	1,4 [1,1-1,9]
	Scophthalmidés						
	<i>Scophthalmus</i> spp.	Turbots NI	1,6	0,1 [0-0,2]	121 $\pm$ 24	26 $\pm$ 15	0,1 [0-0,1]
	<i>Phrynorhombus norvegicus</i>	Turbots norvégiens	0,5	0,0	104	15	0,0
	Gadidés						
	<i>Merlangius merlangus</i>	Merlans	1,6	0,1 [0-0,2]	170 $\pm$ 35	39 $\pm$ 31	0,1 [0-0,3]
	<i>Trisopterus</i> spp.	Tacauds	1,1	0,1 [0-0,2]	176 $\pm$ 68	72 $\pm$ 46	0,1 [0-0,4]
	Clupeidés						
	<i>Clupea harengus</i>	Harengs	0,5	0 [0-0,1]	71 $\pm$ 6	2 $\pm$ 0	0 [0-0]
	<i>Sardina pilchardus</i>	Sardines	10,1	0,5 [0,3-0,9]	227 $\pm$ 32	131 $\pm$ 54	1,8 [0,8-3,2]
	Ammodytidés						
		Lançons NI	4,2	3,1 [0,4-6,4]	157 $\pm$ 24	14 $\pm$ 5	1,1 [0,1-2,5]
	Gobidés						
		Gobies NI	15,9	4,2 [0,8-10,3]	64 $\pm$ 11	2 $\pm$ 1	0,2 [0-0,6]
	Belonidés						
	<i>Belone belone</i>	Orphies	1,6	0,1 [0-0,2]	45 $\pm$ 3	101 $\pm$ 21	0,2 [0-0,5]
	Mugilidés						
		Mulets NI	3,7	0,1 [0-0,2]	444 $\pm$ 54	802 $\pm$ 248	2,5 [0,7-4,8]
	Trachinidés						
	<i>Trachinus draco</i>	Grandes vives	5,8	1,3 [0,2-3,1]	160 $\pm$ 23	52 $\pm$ 23	1,8 [0,3-4]
	Callionymidés						
	<i>Callionymus lyra</i>	Dragonnets	33,3	11,2 [7-16,8]	137 $\pm$ 32	20 $\pm$ 16	5,8 [3,2-9,2]
	Carangidés						
	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchards	0,5	0 [0-0]	6	2	0 [0-0]
	Triglidés						
		Grondins NI	0,5	0 [0-0]	116	33	0 [0-0]
	Poissons NI		3,2	0,1 [0-0,3]	-	-	-

Tableau 7 : Espèces proies présentes dans **12 estomacs de phoques veaux-marins** échoués morts en région Hauts-de-France de 2007 à 2017. Ces échantillons contenaient les restes de 367 individus proies.

	Proies		Occurrence	Abondance	Longueur des proies	Masse des proies	Biomasse
	Famille / Nom scientifique / Nom vernaculaire		%	%N [IC95%]	Moyenne ± ET (mm)	Moyenne ± ET (g)	%Masse totale [IC95%]
Poissons plats	Pleuronectidés						
	<i>Pleuronectes platessa</i> et <i>Platichthys flesus</i>	Plies et flets	25,0	1,5 [0,2-5,3]	152 ± 71	59 ± 4	2,1 [0-6,6]
		Pleuronectidés NI	0,0	0 [0-0]	-	-	-
	Soléidés						
	<i>Solea solea</i> et <i>Pegusa lascaris</i>	Soles communes et soles poles	58,3	26,4 [5,1-64,6]	150 ± 39	37 ± 3	23,1 [9-41,5]
	<i>Buglossidium luteum</i> et <i>Microchirus variegatus</i>	Petites soles jaunes et soles perdrix	16,7	3,8 [0-16,4]	163 ± 23	39 ± 12	3,5 [0-12,7]
Poissons ronds	Bothidés						
		Bothidés NI	8,3	0,8 [0-3,4]	104 ± 8	16 ± 10	0,3 [0-1,1]
	Gadidés						
	<i>Merlangius merlangus</i>	Merlans	33,3	17,1 [0,6-52,6]	196,8 ± 14	64 ± 16	26,1 [0,7-60]
		Gadidés NI	8,3	0,3 [0-1,1]	-	-	-
	Clupeidés						
	<i>Clupea harengus</i> ou <i>Sardina pilchardus</i> <i>Sprattus sprattus</i>	Harengs ou sardines Sprats	16,7 8,3	4 [0-11,8] 0,3 [0-0,8]	180 ± 131 165 ± 0	63 ± 5 45 ± 45	6 [0-14,7] 0,3 [0-0,8]
Céphalo podes	Gobidés						
		Gobies NI	8,3	42,3 [0-73]	73 ± 16	4 ± 0	4,4 [0-14,9]
	Sepiidés						
	<i>Sepia</i> spp.	Seiches	33,3	2,8 [0,4-8,5]	164 ± 105	517 ± 126	34,2 [10,4-55,6]
		Poissons NI	25,0	0,8 [0-3,2]	-	-	-

Tableau 8 : Espèces proies présentes dans **125 fèces de phoques gris** collectées en baie de Somme et à Walde en 2016-17. Ces échantillons contenaient les restes de 1388 individus proies.

	Proies		Occurrence	Abondance	Longueur des proies	Masse des proies	Biomasse
	Famille / Nom scientifique / Nom vernaculaire		%	%N [IC95%]	Moyenne ± ET (mm)	Moyenne ± ET (g)	%Masse totale [IC95%]
Poissons plats	Pleuronectidés						
	<i>Pleuronectes platessa</i> et <i>Platichthys flesus</i>	Plies et filets	27,2	12,4 [7,6-18,3]	230 ± 70	157 ± 2	33,2 [22-46]
		Pleuronectidés NI	5,6	1,3 [0,2-3,1]	-	-	-
	Soléidés						
	<i>Solea solea</i> et <i>Pegusa lascaris</i>	Soles communes et soles poles	32,8	18,7 [10,5-28,2]	193 ± 54	82 ± 2	26 [15,7-38,2]
	<i>Buglossidium luteum</i> ou <i>Microchirus variegatus</i>	Petites soles jaunes et soles perdrix	4,8	1,5 [0,4-3]	150 ± 41	37 ± 6	0,9 [0,2-1,8]
Poissons ronds	Bothidés						
	<i>Arnoglossus</i> spp.	Arnoglosses	0,8	0,1	96	12	0 [0-0,1]
		Bothidés NI	5,6	1,2 [0,3-2,7]	101 ± 27	17 ± 5	0,4 [0,1-0,8]
	Gadidés						
	<i>Merlangius merlangus</i>	Merlans	13,6	4,5 [1,8-8,4]	183 ± 44	54 ± 3	4,1 [1,4-7,8]
	<i>Trisopterus</i> spp.	Tacauds	9,6	7,9 [2,2-15,4]	149 ± 50	39 ± 0	5,2 [1,9-9,2]
	<i>Gadus morhua</i> et <i>Pollachius</i> spp. et <i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Morues et lieus	0,8	0,1 [0-0,4]	287 ± 38	214 ± 128	0,5 [0-1,8]
		Motelles NI	0,8	0,1 [0-0,3]	93	6	0 [0-0]
		Gadidés NI	0,0	0 [0-0]	-	-	-
	Clupeidés						
	<i>Clupea harengus</i>	Harengs	37,6	43,5 [27,7-58,6]	166 ± 63	25 ± 1	18,3 [9,6-31,6]
	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprats	1,6	1,3 [0-3,6]	91 ± 21	7 ± 1	0,2 [0-0,4]
	Ammodytidés						
		Lançons NI	6,4	0,7 [0,2-1,3]	161 ± 59	18 ± 2	0,2 [0-0,5]
	Moronidés						
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bars communs	1,6	0,2 [0-0,6]	229 ± 68	191 ± 61	0,7 [0-2,2]
Céphalo podes	Gobidés						
		Gobies NI	0,8	0,1 [0-0,3]	48	0	0 [0-0]
	Loliginidés						
	<i>Loligo</i> spp.	Encornets	4,8	1,7 [0,2-4,3]	251 ± 366	340 ± 150	10,1 [1,1-22,6]
		Céphalopodes NI	2,4	0,2 [0-0,5]	-	-	-
	Chondrychiens						
		Raies/Roussettes NI	3,2	0,3 [0,1-0,6]	-	-	-
		Poissons NI	27,2	4,2 [2,3-7,2]	-	-	-

Tableau 9 : Espèces proies présentes dans 8 estomacs de phoques gris échoués morts en région Hauts-de-France de 2015 à 2017. Ces échantillons contenaient les restes de 68 individus proies.

	Proies Famille / Nom scientifique / Nom vernaculaire	Occurrence %	Abondance %N [IC95%]	Longueur des proies Moyenne ± ET (mm)	Masse des proies Moyenne ± ET (g)	Biomasse %Masse totale [IC95%]
Poissons plats	Pleuronectidés <i>Pleuronectes platessa</i> et <i>Platichthys flesus</i> Plies et filets	50,0	16,2 [5,6-28,1]	255 ± 59	194 ± 30	13,7 [5,3-23,2]
	Soléidés <i>Solea solea</i> et <i>Pegusa lascaris</i> Soles communes et soles poles	50,0	17,6 [3,1-40,4]	251 ± 31	157 ± 59	12,1 [1,8-30,6]
	Bothidés Bothidés NI	12,5	5,9 [0-17,8]	85 ± 17	10 ± 4	0,2 [0-0,9]
Poissons ronds	Gadidés <i>Merlangius merlangus</i> Merlans	37,5	4,4 [0-6,8]	226 ± 50	106 ± 27	2 [0,2-4,1]
	<i>Trisopterus</i> spp. Tacauds	12,5	10,3 [0-22,8]	213 ± 79	99 ± 29	4,5 [0-10,8]
	<i>Gadus morhua</i> et <i>Pollachius</i> spp. et <i>Melanoarammus aeglefinus</i> Morues et lieus	12,5	4,4 [0-9,8]	311 ± 42	279 ± 144	5,4 [0-13]
	Clupeidés <i>Sardina pilchardus</i> Sardines	12,5	10,3 [0-36,8]	246 ± 115	169 ± 64	7,6 [0-27,4]
	Ammodytidés Lançons NI	12,5	1,5 [0-4,4]	142 ± 1	11 ± 11	0,1 [0-0,2]
	Carangidés <i>Trachurus trachurus</i> Chinchards	12,5	4,4 [0-15]	17 ± 3	46 ± 1	0,9 [0-3,5]
Céphalopodes	Loliginidés <i>Loligo</i> spp. Encornets	12,5	4,4 [0-15]	197 ± 591	174 ± 174	3,3 [0-13]
	Sepiidés <i>Sepia</i> spp. Seiches	62,5	17,6 [4,8-35,5]	154 ± 55	651 ± 11	50,1 [21,9-79,1]
	Céphalopodes NI	12,5	1,5 [0-3,3]	-	-	-
	Poissons NI	12,5	1,5 [0-7,3]	-	-	-

Encadré 4 : Analyses du régime alimentaire des phoques

L'étude du régime alimentaire des phoques veaux-marins et gris repose ici sur l'analyse des restes alimentaires contenus dans des **fèces** et des **estomacs**. Le protocole est quasiment similaire pour les deux types d'échantillons.

Une procédure classiquement utilisée pour les pinnipèdes a ici été appliquée afin d'étudier le contenu des fèces (Pierce et Boyle, 1991 ; Ridoux *et al.*, 2007 ; Spitz *et al.*, 2010a). Les fèces ont été collectées à marée basse sur des reposoirs de phoques, puis congelés à -20°C. L'ensemble des échantillons collectés dans le cadre de l'étude étaient frais : le contenu était donc représentatif des proies consommées par un phoque producteur peu de temps avant la date de collecte. Dans un second temps, ces échantillons ont été filtrés en laboratoire sur un tamis d'une maille de 0,2 mm, afin de récupérer les **"parties dures" résistantes à la digestion des proies consommées** (otolithes et os de poissons, et becs de céphalopodes). Enfin, ces parties dures ont été identifiées au niveau de l'espèce ou, le cas échéant, au niveau du taxon supérieur, par utilisation d'informations disponibles dans des guides d'identification (Härkönen, 1986), ainsi que du matériel de référence disponible à l'Observatoire Pelagis (UMS 3462, CNRS/Université de La Rochelle). Certains otolithes de poissons sont parfois trop semblables ou trop érodés pour être identifiés à l'échelle de l'espèce. Dans ce cas, des espèces ont été regroupées (plies et flets par exemple). Il est à noter qu'un individu proie a été considéré comme présent dans les fèces dès lors qu'au moins une partie dure appartenant à cette espèce a été observée.

Les otolithes de poissons et les becs de céphalopodes ont été mesurés en longueur ou en largeur en fonction des espèces. La taille de ces parties dures est proportionnelle à la taille des individus proies consommées. Ainsi, ces mesures ont été converties en taille corporelle et en masse corporelle par application de relations d'allométrie (Härkönen, 1986 et données non publiées par l'Observatoire Pelagis). La masse totale d'une espèce proie consommée a été obtenue par application d'une moyenne des masses individuelles estimées à l'échelle d'un prélèvement, dès lors qu'au moins un otolithe ou un bec de céphalopode avait pu être mesuré, ou par application d'une moyenne des masses individuelles estimées à l'échelle de toutes les fèces, dès lors qu'aucune masse individuelle ne pouvait être estimée.

La représentativité de chaque espèce proie dans le régime alimentaire a ainsi été décrite par l'**occurrence**, c'est-à-dire la proportion de fèces contenant au moins un individu de l'espèce proie, l'**abondance**, c'est-à-dire le nombre d'individus représentant cette espèce proie, et la **biomasse**, c'est-à-dire la masse totale consommée associée à une espèce proie (ici toutes deux présentées en proportions).

Un intervalle de confiance (IC) à 95% a été estimé autour des proportions de nombre (abondance) et de biomasse de chaque espèce proie, par génération de 1000 simulations de bootstrap (méthode statistique de rééchantillonnage basée sur la distribution des valeurs réelles). L'abondance et la biomasse n'ont pas pu être calculées pour les groupes de proies où aucune relation d'allométrie ne pouvait être appliquée (poissons, céphalopodes ou chondrychiens non identifiés).

L'analyse du contenu des estomacs de phoques repose sur les mêmes méthodes de laboratoire et d'analyse des données que les échantillons de fèces. La principale différence concerne l'état moins avancé de la digestion. Ainsi, certaines proies non digérées ont parfois pu être directement mesurées. En revanche, les otolithes étaient systématiquement extraits des crânes de poissons partiellement digérés afin d'être mesurés. Le nombre de proies consommées par estomacs a ainsi été estimé en fonction du nombre d'otolithes, du nombre de becs de céphalopodes, du nombre d'os de poissons caractéristiques (mandibules, maxillaires, etc.), ainsi que du nombre de corps frais.

Le chevauchement trophique O entre les phoques veaux-marins et gris a été évalué par calcul de l'indice de Pianka (Pianka, 1974) :

$$O = \frac{\sum PiPv * PiHg}{\sqrt{\sum PiPv^2 * PiHg^2}}$$

où $PiPv$ correspond au pourcentage de biomasse de l'espèce proie i dans le régime alimentaire des phoques veaux-marins, et où $PiHg$ correspond au pourcentage de biomasse de cette même espèce proie dans le régime alimentaire des phoques gris.

2.3 Traceurs écologiques de l'alimentation des phoques

Les isotopes stables du carbone et de l'azote ont été analysés dans les vibrisses des phoques car ils constituent des marqueurs écologiques de leur alimentation renseignant la variabilité des sources d'alimentation.

Les vibrisses de phoques analysées ont été obtenues sur des individus capturés vivants dans le cadre de **suivis téléométriques** réalisés sur des phoques veaux-marins (baie du Mont-Saint-Michel, baie des Veys et baie de Somme) et sur des phoques gris (mer d'Iroise et baie de Somme), ainsi que sur des individus des deux espèces **échoués morts en région Hauts-de-France** (de la baie de Somme à la frontière belge). Dans ce second cas, il a été décidé de distinguer les sites d'échouages des phoques, sur les graphiques présentés en résultats, selon trois zones géographiques distinctes : les estuaires picards (de la baie de Somme à la baie de Canche), Boulogne↔Calais (du sud de Boulogne-sur-Mer au phare de Walde), et la Flandre maritime (du phare de Walde à la Frontière belge). Ces aires géographiques sont présentées sur la carte en Figure 32.

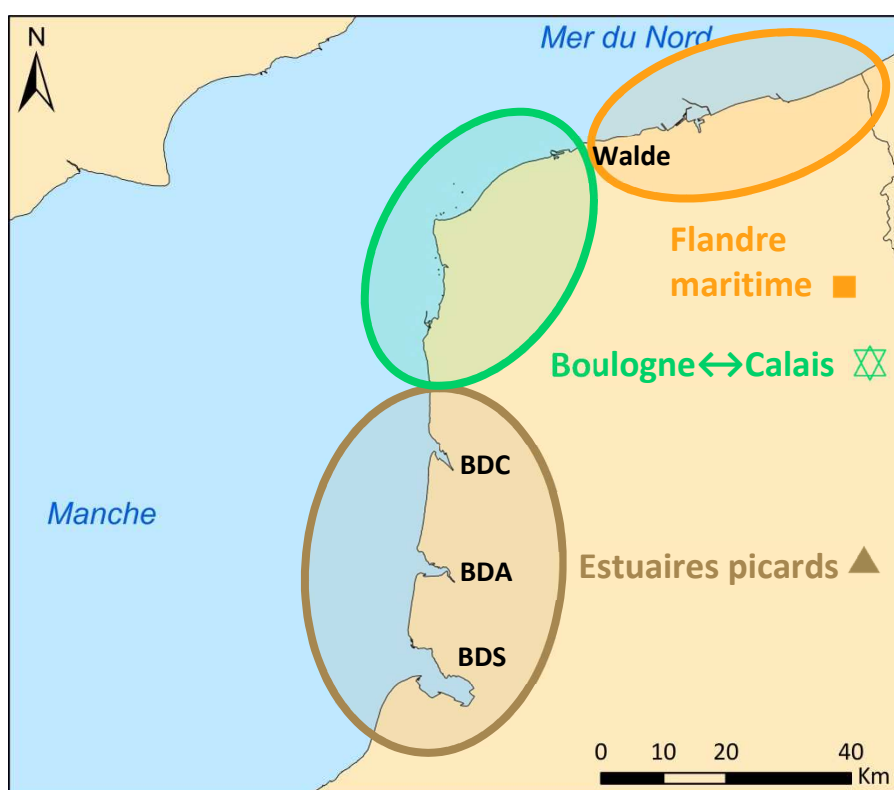


Figure 32 : Carte des trois zones géographiques choisies pour représenter les résultats des isotopes stables mesurés dans les vibrisses de phoques veaux-marins et gris échoués morts en région Hauts-de-France en 2015-17. Chaque individu échoué a été associé à l'une de ces zones : estuaires picards, Boulogne↔Calais et Flandre maritime. Le symbole associé a été réutilisé dans la représentation graphique des résultats des isotopes stables.

2.3.1 Comparaisons inter-sites et interindividuelles des signatures isotopiques

Les signatures moyennes (et leur variabilité) en $\delta^{13}\text{C}$ et en $\delta^{15}\text{N}$ de chaque individu sont représentées Figure 33 pour les phoques veaux-marins et Figure 34 pour les phoques gris. Les individus trouvés morts dans les Hauts de France sont distingués selon leur région d'échouage : estuaires picards (de la baie de Somme à la baie de Canche), Boulogne-sur-Mer à Calais et Flandre maritime (de Calais à Dunkerque). La série "baie de Somme" correspond aux animaux capturés dans cette baie et suivis par télémétrie (2008 pour les phoques veaux-marins et 2012 pour les phoques gris).

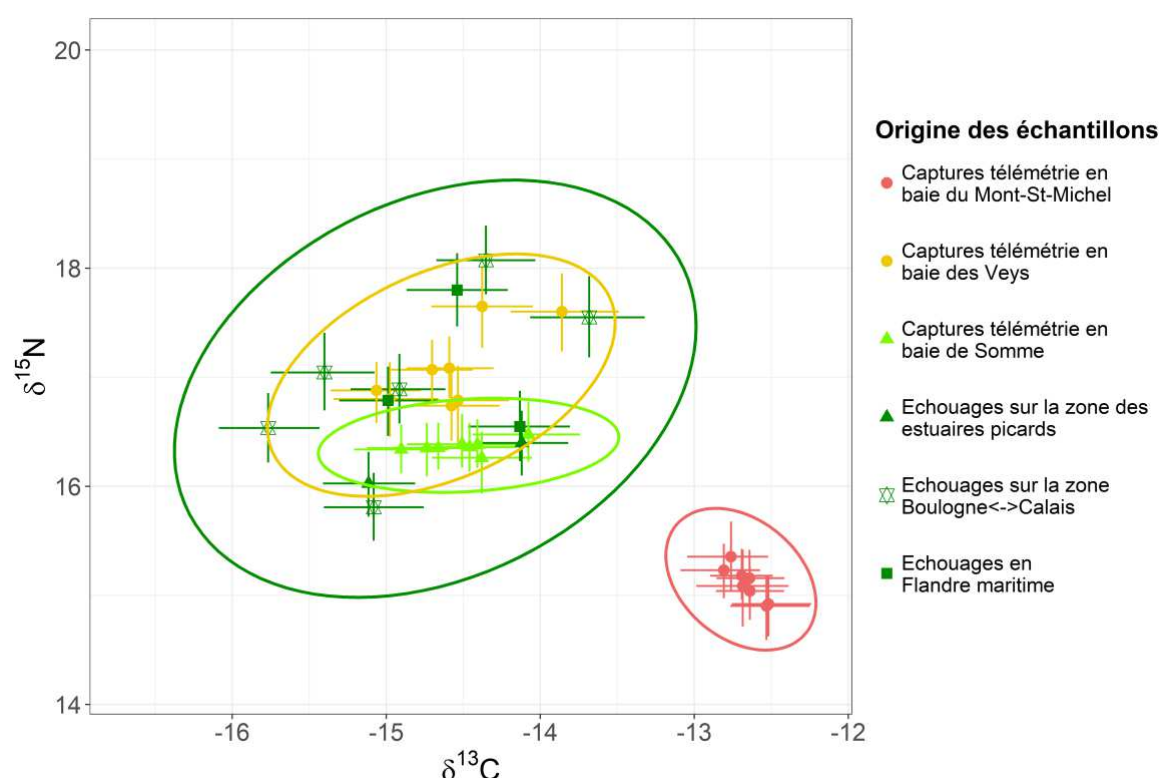


Figure 33 : Rapports isotopiques du carbone ($\delta^{13}\text{C}$ ‰) et de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$ ‰) dans les vibrisses de phoques veaux-marins capturés vivants en baie du Mont-Saint-Michel (2006-07, en rouge), en baie des Veys (2007-08, en jaune), et en baie de Somme (2008, en vert clair) dans le cadre de suivis télémétriques, ainsi que dans les vibrisses de phoques échoués morts en région Hauts-de-France (estuaires picards, Boulogne↔Calais et Flandre maritime) en 2015-17 (en vert foncé). Chaque point correspond à la moyenne de l'ensemble des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$ mesurées le long de la vibrisse d'un individu échantillonné, et les barres à l'erreur-type individuelle évaluée grâce aux valeurs théoriques générées par le modèle. Chaque ellipse décrit un intervalle de confiance à 95% à l'échelle de la série d'échantillons.

Ces données nous montrent que la signature isotopique peut caractériser un site comme la baie du Mont-Saint-Michel, dont les phoques veaux-marins présentent des signatures significativement plus élevées en carbone et plus faible en azote (p -value $< 0,001$) que les individus des autres colonies ou trouvés morts. Les phoques de cette colonie ont probablement des stratégies alimentaires qui diffèrent nettement des autres sites. Le mulot, espèce herbivore constituerait

l'espèce proie majoritaire chez les phoques de la baie du Mont-Saint-Michel (Kabumbu Bakaji, 2014), ce qui expliquerait le plus faible niveau trophique (indiqué par le $\delta^{15}\text{N}$) et sa faible variabilité.

Alors que leurs signatures en carbone ne diffèrent pas de ceux de la baie des Veys, les phoques veaux-marins de la baie de Somme présentent des niveaux trophiques ($\delta^{15}\text{N}$) significativement inférieurs (p-value <0,001). Il est également remarquable de noter que chez ces derniers, les signatures en azote varient très peu ($16,3 \pm 0,47\text{‰}$ en moyenne), indiquant un niveau trophique équivalent pour tous les individus et mettant en évidence un comportement assez homogène au niveau de la colonie.

Les signatures de carbone et d'azote des individus échoués (en région Hauts-de-France) englobent à la fois celles de la baie de Somme et de la baie des Veys (Figure 33), indiquant une plus grande variabilité des signatures, et une niche isotopique plus large. Le comportement enregistré en baie de Somme, dont on a vu qu'il était homogène entre les individus n'est probablement pas généralisable à l'ensemble de toute la région Hauts-de-France. Il est intéressant de noter que les deux individus échoués au niveau des estuaires picards ont une signature proche de celles des individus de la Baie de Somme, ce qui indiquerait leur appartenance à cette colonie. Néanmoins, le décalage temporel entre les individus échantillonnés lors de la télémétrie (2008) et les individus échoués (2015-2017) ne permet pas d'exclure une potentielle évolution des signatures isotopiques et donc des stratégies alimentaires. Ces résultats soulignent l'importance de poursuivre l'effort d'échantillonnage dans le temps et l'étude au-delà de la seule baie de Somme.

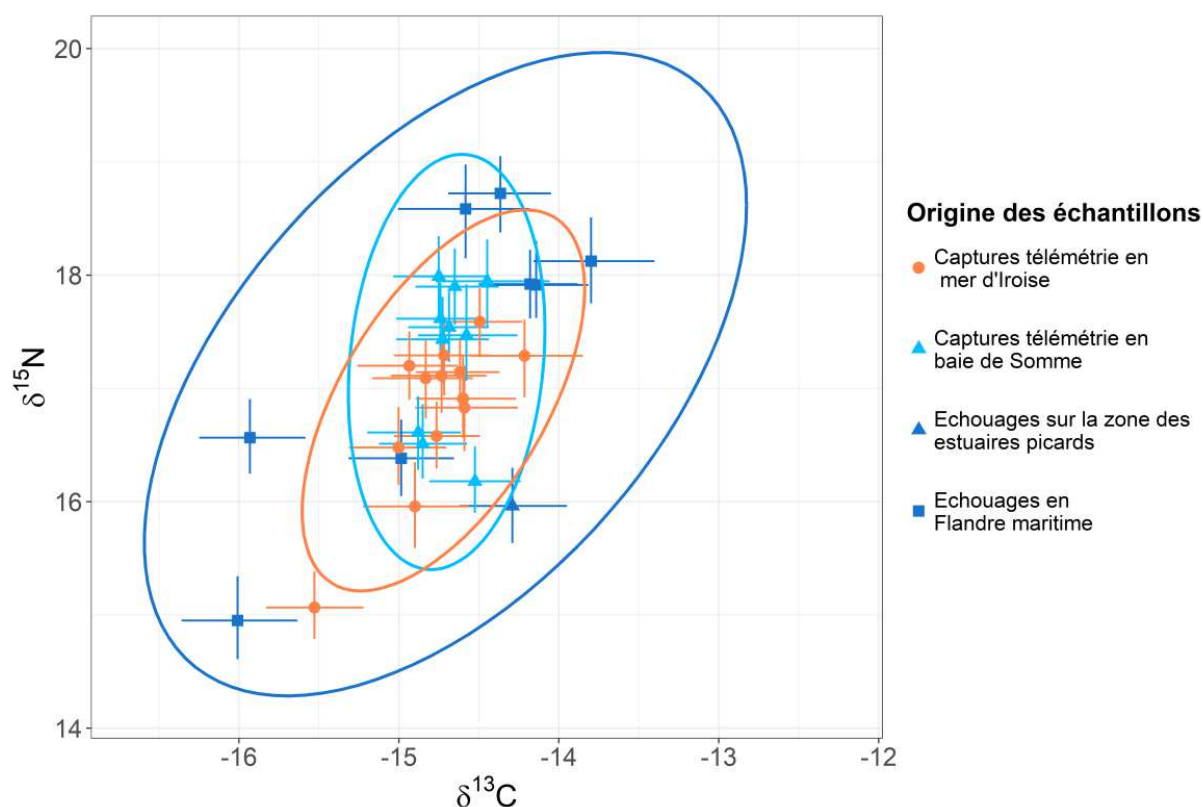


Figure 34 : Rapports isotopiques du carbone ($\delta^{13}\text{C}$ ‰) et de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$ ‰) dans les vibrisses de phoques gris capturés vivants en mer d'Iroise (2010-13, en orange) et en baie de Somme (2012, en bleu clair) dans le cadre de suivis télémétriques, ainsi que dans les vibrisses de phoques échoués morts en région Hauts-de-France (estuaires picards et Flandre maritime) en 2015-17 (en bleu foncé)).

Chaque point correspond à la moyenne de l'ensemble des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$ mesurées le long de la vibrisse d'un individu échantillonné, et les barres à l'erreur-type individuelle évaluée grâce aux valeurs théoriques générées par le modèle. Chaque ellipse décrit un intervalle de confiance à 95% à l'échelle de la série d'échantillons.

Concernant les phoques gris, les signatures en carbone ne diffèrent pas entre les individus d'Iroise et de baie de Somme, alors que le niveau trophique ($\delta^{15}\text{N}$ ‰) est globalement plus faible en Iroise ($16,7 \pm 0,83$) comparé à la baie de Somme ($17,2 \pm 0,93$) (Figure 34). Comme pour les phoques veaux-marins, on constate que les signatures isotopiques des individus échoués sont plus diverses et englobent largement celles de la baie de Somme, montrant également pour cette espèce que ce qui se passe à l'échelle de la baie de Somme n'est pas généralisable à l'ensemble de la région. Les individus échoués en Flandre maritime (sud de la Mer du Nord) sont ceux dont les signatures diffèrent le plus des phoques suivis par télémétrie, indiquant probablement des stratégies alimentaires distinctes. Cependant, il est plus difficile d'associer une stratégie alimentaire à un site d'échantillonnage dans le cadre du phoque gris, car les suivis télémétriques ont mis en évidence la forte mobilité de ces phoques en Manche Est et au sud de la mer du Nord. Ainsi, un phoque échoué en Flandre maritime peut très bien avoir principalement fréquenté la Manche Est, et plus spécifiquement la baie de Somme. Ce comportement de spécialiste à l'échelle individuelle plutôt que celui de la colonie comme le phoque veau-marin est visible en Figure 35.

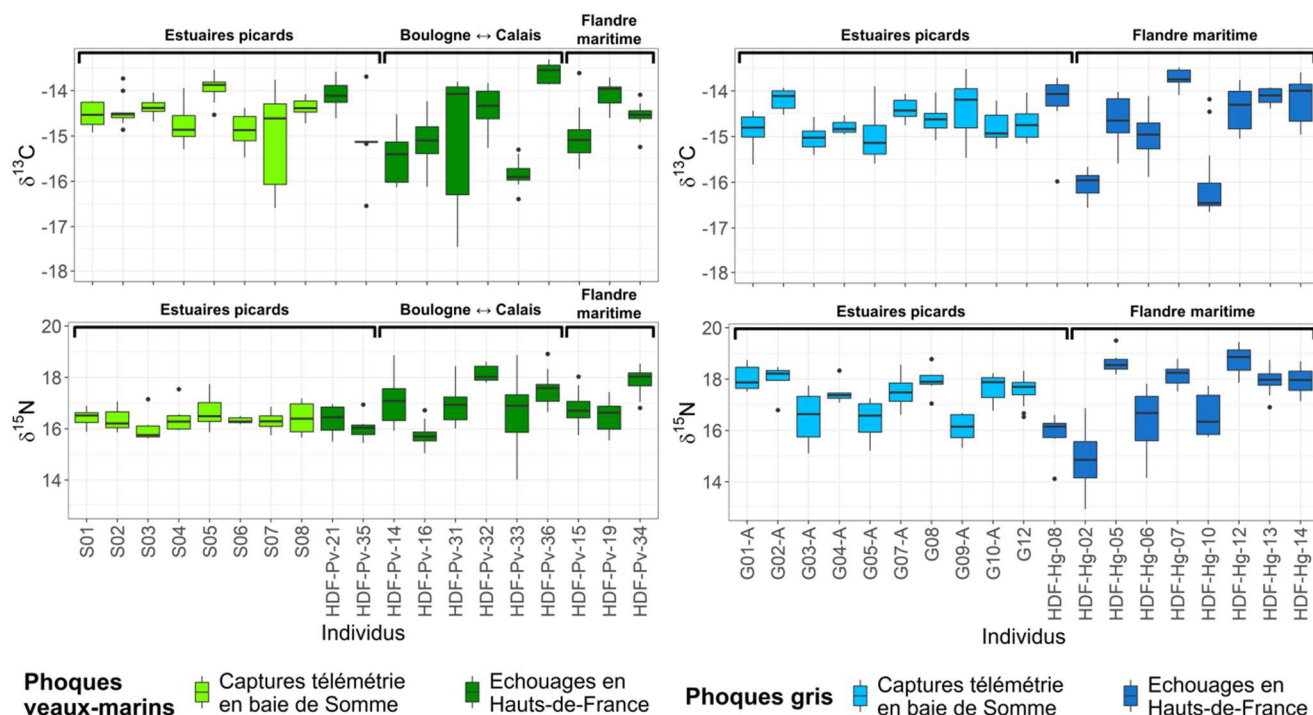


Figure 35 : Rapports isotopiques du carbone ($\delta^{13}\text{C}$ ‰) et de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$ ‰) dans les vibrisses de phoques veaux-marins (à gauche, en vert) et de phoques gris (à droite, en bleu), capturés vivants en baie de Somme dans le cadre de suivis télémétriques (2008 et 2012 respectivement) et échoués morts en région Hauts-de France en 2015-17 (de la baie de Somme à la frontière belge). Chaque boxplot représente la distribution des valeurs de l'ensemble des segments d'un individu.

On constate que les phoques échoués morts en Hauts-de-France (vert et bleu foncés, Figure 35) sont caractérisés par des signatures isotopiques individuelles plus diverses que pour les phoques échantillonnés exclusivement en baie de Somme (vert et bleu clairs). Ce constat est valable pour les signatures en carbone et azote des phoques gris et plus particulièrement pour l'azote chez les veaux-marins.

Ce type de représentation permet également de se focaliser sur certains individus en particulier. Ainsi, il est intéressant de constater que parmi les phoques gris suivis par télémétrie en baie de Somme, seuls trois d'entre eux (G03, G05, G09) présentent un niveau trophique plus faible que les autres phoques gris suivis par balises (Figure 35). L'interprétation de ces signatures peut se faire à la lumière de leur suivi télémétrique. En effet, G03 et G05 ont eu un comportement en mer semblable et très contrasté par rapport aux autres phoques gris. Ils sont restés très côtiers avec des zones de chasse au niveau des estuaires picards, et se sont peu éloignés de leur site de repos à terre. Ainsi, leurs déplacements étaient assez semblables à ceux des phoques veaux-marins suivis depuis la baie de Somme. Ces stratégies alimentaires similaires se traduisent donc par des signatures proches ce qui confirme la pertinence des isotopes stables en tant que traceurs de l'alimentation et des habitats.

2.3.2 Variabilité saisonnière des signatures isotopiques

La Figure 36 présente la comparaison de l'évolution temporelle de la signature en azote ($\delta^{15}\text{N}$ ‰) au cours du temps (le long de la vibrisse) du phoque veau-marin mâle HDF-Pv-33 échoué en février 2017 à Equihen-Plage (sur le secteur Boulogne↔Calais) (vert foncé), avec l'évolution temporelle des signatures en azote de tous les phoques veaux-marins balisés en baie de Somme en octobre 2008 (vert clair). Sur ce type de graphique, seules les courbes débutant à des périodes communes peuvent être superposées, puisque la longueur 0mm correspond à la date d'échantillonnage.

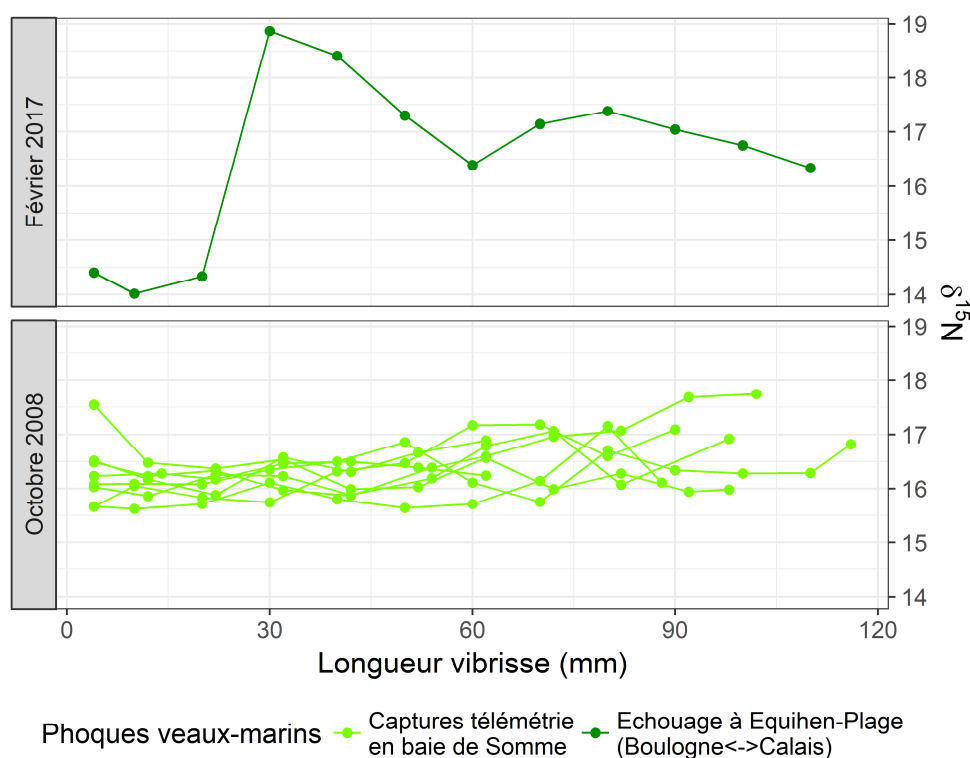


Figure 36 : Exemple de variabilité intra-individuelle de la signature en azote ($\delta^{15}\text{N}$) mesurée le long des vibrisses de 9 phoques veaux-marins capturés vivants en baie de Somme en octobre 2008 dans le cadre de suivis télémétriques ($n=8$, en bas), et 1 individu échoué mort à Equihen-Plage (zone entre Boulogne et Calais, en région Hauts-de-France) en février 2017 (en haut). La valeur 0 représente la base de la vibrisse (donc la signature la plus récente).

Ce graphique met en évidence la faible variabilité intra-individuelle et donc la faible variation saisonnière du régime alimentaire des phoques veaux-marins échantillonnés en baie de Somme qui présentent tous une signature autour de 16‰ au cours du temps. Par contre, l'individu échantillonné plus au Nord présente des changements de niveau trophique au cours du temps, témoignant probablement d'un changement de régime alimentaire (et/ou d'habitat). Ainsi, ce phoque veau-marin se serait alimenté sur des proies le faisant passer d'une signature en azote d'environ 16‰ (comme les autres individus de la baie de Somme), puis sur des proies induisant un niveau trophique beaucoup plus élevé à 19‰, et enfin sur des proies induisant un plus faible niveau trophique de 14‰ au cours des dernières semaines avant l'échantillonnage. Il est fort probable que cet individu ait eu un comportement très variable soit par les proies consommées, soit par les habitats fréquentés.

2.3.3 Comparaisons interspécifique des signatures isotopiques

La Figure 37 présente dans un même graphique les signatures isotopiques individuelles des phoques veaux-marins et des phoques gris, échantillonnés en baie de Somme (vert et bleu clairs respectivement) et en Hauts-de-France (vert et bleu foncés respectivement).

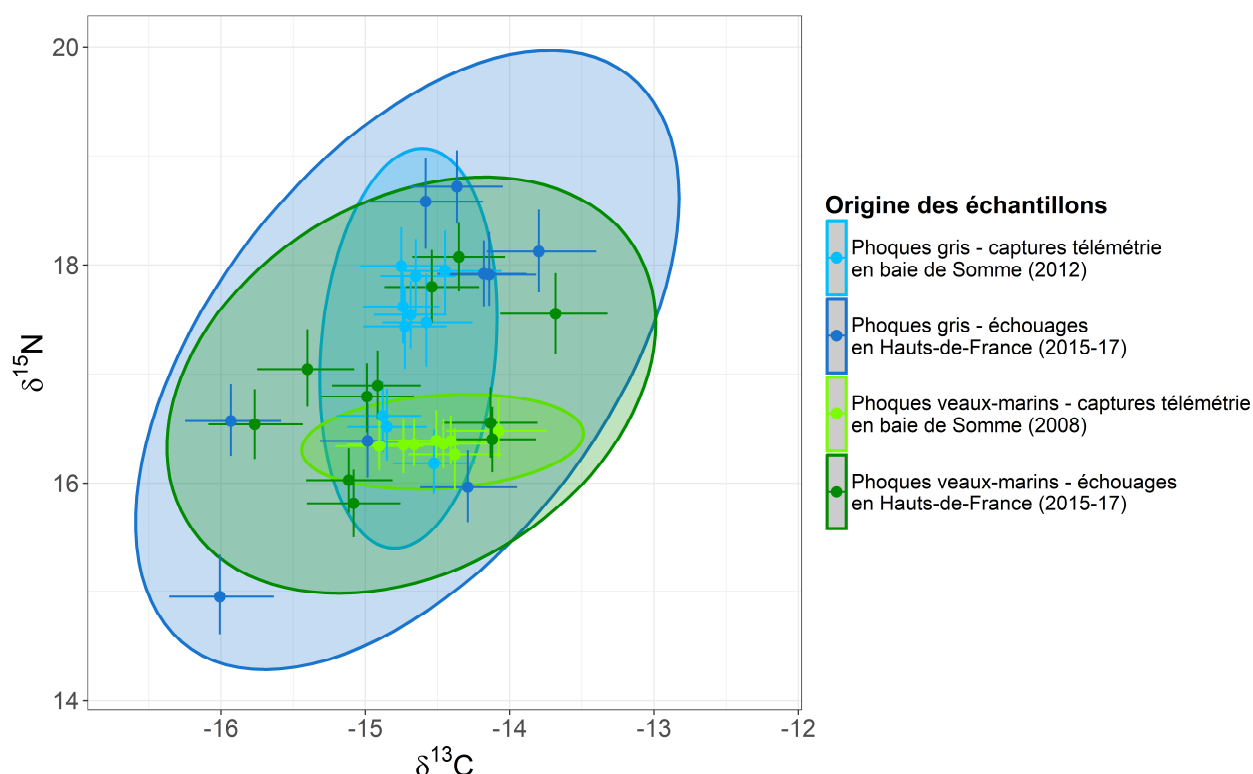


Figure 37 : Rapports isotopiques du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) et de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$ ‰) dans les vibrisses de phoques veaux-marins et gris, capturés vivants en baie de Somme dans le cadre de suivis télémétriques en 2008 et 2012 (vert et bleu clairs respectivement) et échoués morts en région Hauts-de-France en 2015-17 (vert et bleu foncés). Chaque point correspond à la moyenne de l'ensemble des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et de $\delta^{15}\text{N}$ mesurées le long de la vibrisse d'un individu échantillonné, et les barres à l'erreur-type individuelle évaluée grâce aux valeurs théoriques générées par le modèle. Chaque ellipse décrit un intervalle de confiance à 95% à l'échelle de la série d'échantillons.

Pour chaque espèce, l'ellipse qui inclut les individus de la baie de Somme est elle-même englobée dans l'ellipse qui inclut les individus échoués en région Hauts-de-France (Figure 36), ce qui montre que les stratégies alimentaires mises en évidence en baie de Somme ne sont pas systématiquement généralisables à l'échelle de toute la région. Au-delà des variabilités intra spécifiques, ces résultats permettent également d'émettre des hypothèses sur les interactions potentielles entre les phoques gris et les phoques veaux-marins. En effet, de nombreux auteurs s'intéressent à la possible compétition entre ces deux espèces, qui a d'ailleurs été exposée comme l'une des possibles causes du déclin de certaines colonies de phoques veaux-marins en Grande-Bretagne (Sharples *et al.*, 2012) ou en Atlantique Nord-Ouest (Bowen *et al.*, 2003). Sur un même espace, ces deux espèces pourraient utiliser des ressources communes ce qui induirait une possible compétition, potentiellement bénéfique au phoque gris aux dépens du phoque veau-marin. Dans la région des Hauts-de-France, les signatures isotopiques obtenues semblent indiquer que la niche écologique des phoques veaux-marins (ellipses vertes, Figure 37) est presque entièrement englobée dans la niche écologique des phoques gris (ellipses bleues), que ce soit à l'échelle de la région ou à l'échelle de la seule baie de Somme. Le recouvrement des niches isotopiques n'induit pas systématiquement une compétition directe entre les deux espèces. En effet, si l'étude du régime alimentaire montre un chevauchement trophique entre les deux espèces, les proies diffèrent par leur taille et selon la saison (*cf.* partie 2.2.5). Par contre dans l'hypothèse d'une compétition négative du phoque gris sur le phoque veau-marin pour l'utilisation des ressources, les phoques veaux-marins

pourraient se voir contraints à diversifier leur régime alimentaire, et/ou étendre leurs aires de chasses. Poursuivre l'étude des marqueurs écologiques est donc essentiel dans le contexte d'une augmentation des effectifs de phoques gris.

Encadré 6 : Ecologie alimentaire au travers de l'analyse des isotopes du carbone et de l'azote

L'analyse isotopique dans les tissus d'animaux participe à la connaissance des habitats que les individus fréquentent ainsi qu'aux ressources qu'ils exploitent, mais d'une façon très indirecte. Son utilisation est basée sur les premiers travaux de De Niro et Epstein (1978, 1981) qui ont montré que la composition isotopique du prédateur reflétait celle de ses proies. La composition isotopique s'exprime sous la forme des rapports d'abondance de l'isotope minoritaire sur le majoritaire (R), c'est-à-dire $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ pour le carbone et $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ pour l'azote (le nombre représentant le nombre de protons et de neutrons de l'isotope). On utilise couramment la mesure relative de l'abondance isotopique, soit $\delta X\text{‰} = [(R_{\text{échantillon}} - R_{\text{standard}})/R_{\text{standard}}] \times 1000$ où X représente soit ^{13}C soit ^{15}N et $R_{\text{échantillon}}$ le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ de l'échantillon concerné. R_{standard} pour le ^{13}C est le CaCO_3 et le N_2 de l'air pour le ^{15}N .

Pour ce qui concerne le carbone, la signature ($\delta^{13}\text{C}$) est pratiquement conservée entre la proie et son prédateur et nous renseigne sur la base du réseau trophique (les producteurs primaires) ; elle indique ainsi dans quels types d'habitats le prédateur se nourrit préférentiellement : océanique vs néritique ou pélagiques vs benthiques. Plus les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ sont faibles et plus l'habitat sera océanique et/ou pélagique. Concernant l'azote, il existe un enrichissement de la proie vers son prédateur et la signature en azote ($\delta^{15}\text{N}$), nous indique le niveau trophique du prédateur : plus sa valeur est élevée et plus le niveau trophique est important.

Dans le cadre de cette étude, les vibrisses des phoques ont été coupées en segments de 2mm. Les segments espacés de 10mm ont été analysés, et donc le nombre de segments analysés par vibrisse dépend de la longueur de cette dernière. Parce qu'elles sont inertes d'un point de vue métabolique (formées de kératine), les vibrisses qui incorporent les informations sur la nourriture assimilée au cours de leur période de croissance, fournissent un enregistrement intégré dans le temps des zones d'alimentation et du niveau trophique du prédateur (Hirons *et al.*, 2001 ; Waite *et al.*, 2012). Cela permet de tracer les changements de régime alimentaire sur le moyen ou long terme ainsi que les changements saisonniers. Cependant, il faut se contenter chez les phoques étudiés ici d'une information relative car la possibilité de situer exactement dans le temps les signatures est restreinte du fait du peu de connaissance des modèles et des taux de croissance des vibrisses chez ces espèces.

Nous disposions d'un total de 68 échantillons prélevés sur des phoques capturés dans le cadre de suivis télémétriques en France ou sur des phoques échoués morts en région Hauts-de-France. Ces échantillons correspondent aux vibrisses de 33 individus de phoques gris provenant de trois sites : la mer d'Iroise (n = 14), la baie de Somme (n = 10) et la façade Hauts-de-France (n = 9). Les échantillons de vibrisses de 35 individus de phoques veaux-marins provenant de trois sites ont également été étudiés : la baie du Mont Saint-Michel (n = 8), la baie des Veys (n = 8), la baie de Somme (n = 8) et la façade Hauts-de-France (n = 11).

Un modèle de mélange basé sur les isotopes a été appliqué afin de représenter plus justement la variabilité intra-individuelle des signatures isotopiques. Ce modèle est basé sur une statistique Bayésienne, puisque ce type de statistique est bien adapté pour analyser un nombre réduit d'échantillons (faible nombre d'individus échantillonnés). En effet, l'effet individuel peut parfois être surreprésenté dans un échantillon de taille réduite, ce qui peut amener à une mauvaise représentation à l'échelle de la colonie. L'objectif du modèle est ainsi de mieux représenter ces variabilités individuelles, en prenant en compte les variabilités intra- et interindividuelle au sein de chaque colonie (site d'étude). Finalement, le modèle génère des valeurs théoriques pour chaque individu, qui peuvent être représentées graphiquement, et indiquent la variabilité intra-individuelle (erreur type des valeurs théoriques) autour de la valeur moyenne.

2.4 Consommation totale de proies par les phoques

La consommation des phoques gris et veaux-marins a été estimée par application de modèles bioénergétiques prenant en compte plusieurs paramètres tels que la taille de la population, la structure de population, les besoins énergétiques des phoques, et le contenu énergétique des proies consommées. L'exercice a été effectué pour les phoques fréquentant la **baie de Somme** et la **baie d'Authie** rassemblées (cf. encadré 7). Ce calcul a été effectué à l'échelle de ces deux sites de repos à terre, considérant qu'ils constituent une même colonie de par leur proximité et la connectivité des individus entre ces sites. Ils constituent également la seule entité géographique de la région où l'ensemble des données nécessaires à l'application de ces modèles ont été acquises en quantité suffisante (taille et structure de population, régime alimentaire, distribution de l'effort de chasse déterminé par suivis télémétriques, etc.) (cf. encadré 7). Les calculs ont été effectués de 2015 à 2017, selon les trimestres associés aux deux espèces de phoques (détail des trimestres en Encadré 1).

2.4.1 Variations saisonnières de la consommation

L'application de modèles bioénergétiques a permis d'estimer la consommation (toutes espèces proies confondues) pour chaque trimestre de 2015 à 2017 (Figure 38). Les variations saisonnières de la consommation sont dépendantes des variations saisonnières d'effectifs de phoques et de leurs besoins énergétiques (liés à la biologie de l'animal au cours d'une année). Ces variations sont moins marquées pour les phoques veaux-marins que pour les phoques gris, puisque les effectifs de phoques veaux-marins sont considérés comme plus stables au cours d'une année (plutôt sédentaires). De plus, les besoins énergétiques fluctuent moins pour les phoques veaux-marins, d'un trimestre à l'autre, que pour les phoques gris (stratégies de stockage différentes entre les deux espèces). La forte évolution saisonnière des phoques gris est quant à elle liée aux phénomènes d'émigration et d'immigration pendant les périodes de reproduction et de mue (trimestres 4 et 1 successivement), ainsi qu'à une consommation moins importante au cours de ces périodes, comparées aux trimestres 2 et 3 où l'activité alimentaire est plus forte (cf. Encadré 7).

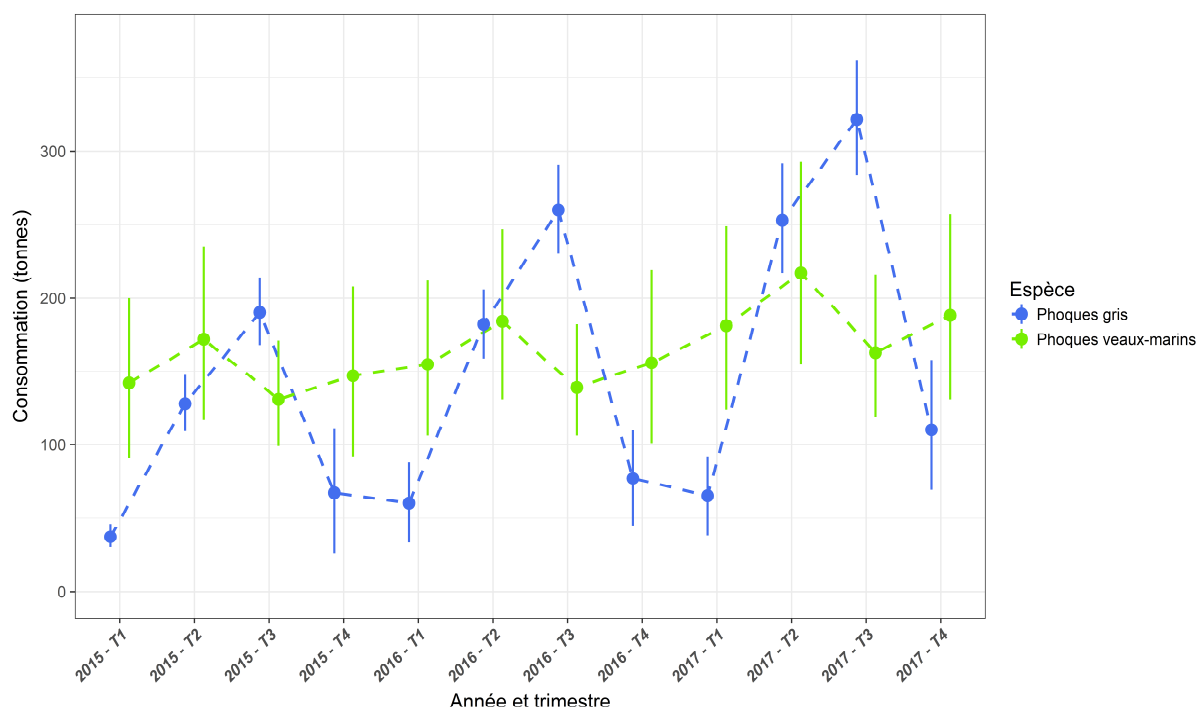


Figure 38 : Estimation de la consommation trimestrielle totale de proies par les phoques veaux-marins et les phoques gris fréquentant la baie de Somme et la baie d'Authie, de 2015 à 2017. Chaque point représente la valeur moyenne de la consommation en tonnes pour un trimestre. Les barres d'erreurs correspondent à l'intervalle de confiance (IC) à 95%. Les lignes pointillées permettent de visualiser l'évolution de la consommation d'un trimestre à l'autre.

De 2015 à 2017, les phoques veaux-marins fréquentant la baie de Somme et la baie d'Authie ont consommé entre 131 [IC95% : 99-171] et 217 [155-293] tonnes de ressources par trimestres. Cette consommation est relativement stable au cours du temps. La consommation estimée est probablement plus basse au trimestre 3 (août-octobre) de chacune des années, ce qui apparaît logique puisque cette période correspond à la mue des phoques veaux-marins. Les individus passent donc plus de temps à terre qu'aux autres trimestres, ce qui induit une diminution de leur effort de chasse. Le trimestre 2 (mai-juillet) correspond à la période où l'effort de chasse est probablement un peu plus élevé. Cependant, il est important de préciser que l'incertitude autour de la moyenne (barres d'erreurs) ne nous permet pas de mettre en évidence avec certitude des différences inter-trimestrielles marquées pour cette espèce.

La consommation des phoques gris fréquentant la baie de Somme et la baie d'Authie est quant à elle marquée par d'importantes différences saisonnières, suivant la même évolution au cours de chacune des trois années d'étude. La consommation totale par trimestre varie ainsi de 37 [30-46] tonnes au trimestre 1 de 2015, à 322 [284-362] tonnes au trimestre 3 de 2017. De 2015 à 2017, la consommation des phoques gris était systématiquement plus importante au printemps et en été (trimestres 2 et 3 respectivement). Le maximum était ainsi atteint au cours de l'été, ce qui est concordant avec les effectifs observés à cette période (Figure 4). La migration saisonnière des phoques gris de l'automne à l'hiver (trimestres 4 et 1) vers d'autres sites explique donc les plus faibles valeurs de consommation à ces périodes.

La comparaison entre les deux espèces de phoques ne peut être effectuée directement, puisque les trimestres sont décalés d'un mois pour des raisons biologiques (cf. Encadré 1). Ces

résultats permettent néanmoins de constater qu'en période estivale, la consommation totale des phoques gris tend à dépasser la consommation totale des phoques veaux-marins. Ce constat semble s'accroître d'année en année, de 2015 à 2017.

2.4.2 Evolution pluriannuelle de la consommation

La consommation par les phoques veaux-marins et gris fréquentant la baie de Somme et la baie d'Authie a également été estimée par année (Figure 39).

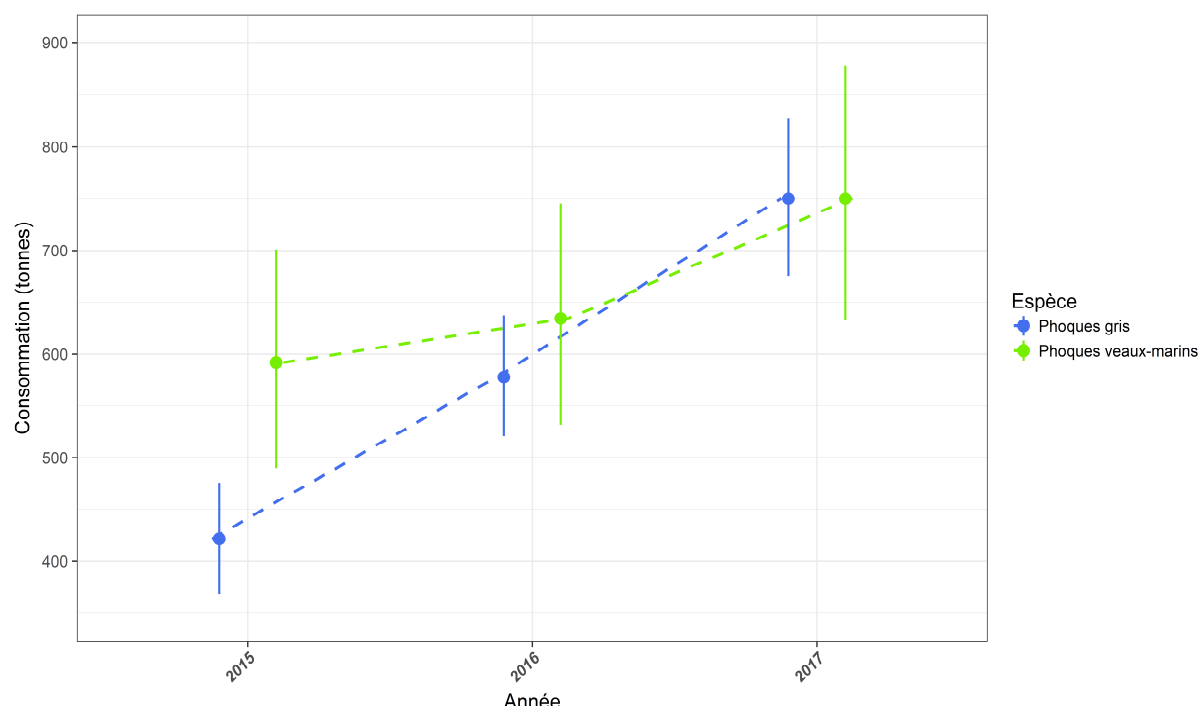


Figure 39 : Estimation de la consommation annuelle par les phoques veaux-marins et les phoques gris fréquentant la baie de Somme et la baie d'Authie, de 2015 à 2017. Chaque point représente la valeur moyenne de la consommation en tonnes pour une année. Les barres d'erreurs correspondent à l'intervalle de confiance (IC) à 95%.

De 2015 à 2017, la consommation totale annuelle a augmenté pour les deux espèces de phoques. Ainsi, elle est passée, de 2015 à 2017, de 592 [490-701] à 750 [632-878] tonnes par an pour les phoques veaux-marins et de 422 [369-476] à 750 [675-827] tonnes par an pour les phoques gris. Cependant, le chevauchement des intervalles de confiance à 95% conduit à modérer cette augmentation de la consommation par les phoques veaux-marins, au cours des trois dernières années, comparativement aux phoques gris. Ces résultats annuels ont également permis de mettre en évidence que les phoques gris ont probablement consommé autant de ressources que les phoques veaux-marins, en 2017.

Au vu des tendances obtenues, il apparaîtrait intéressant de poursuivre l'acquisition sur le long terme des données nécessaires à l'application des modèles bioénergétiques, afin de voir si la consommation par les phoques gris dépasse celle des phoques veaux-marins. Il est néanmoins important de préciser que les calculs de consommation doivent être exclusivement effectués grâce à

des données existantes (entre autres le nombre réel de phoques recensés au cours d’une période), et ne peuvent ainsi être utilisés pour prédire cette consommation dans les années avenir.

2.4.3 Quantité d’espèces proies consommées en 2017

L’estimation de la consommation des phoques veaux-marins et gris ventilée par espèces proies est basée sur les résultats de régime alimentaire obtenus par analyses de contenus de fèces récupérés exclusivement en baie de Somme. Les résultats de consommation obtenus en 2017 sont ici présentés à titre d’exemple (Figure 40).

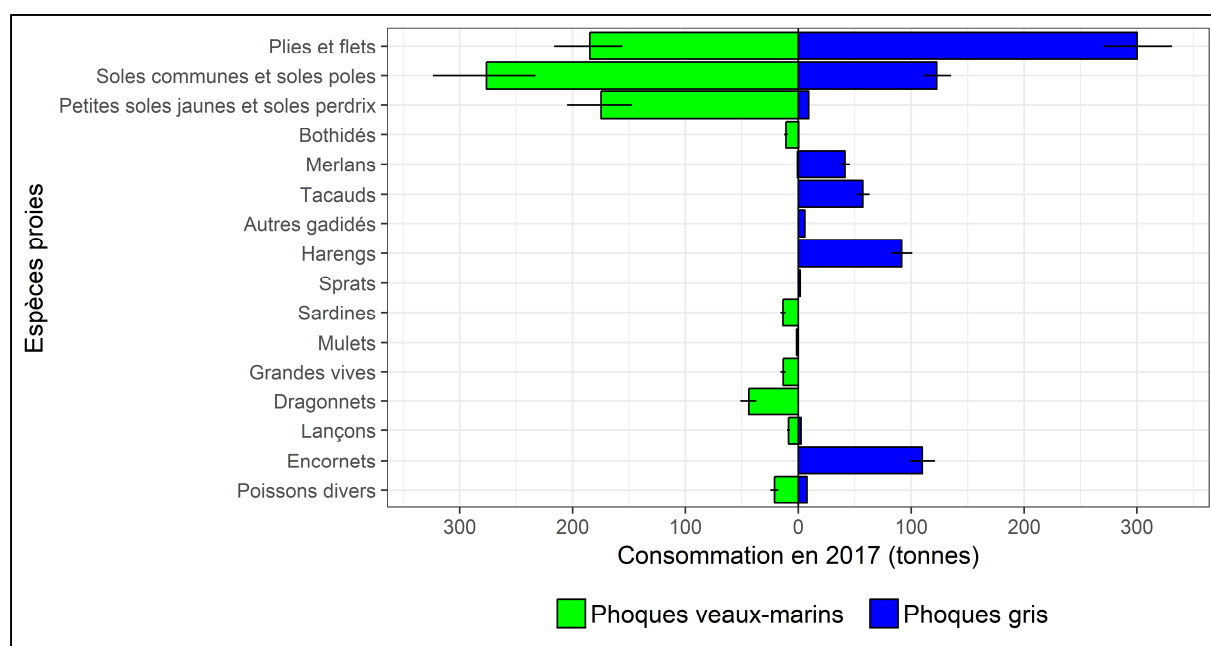


Figure 40 : Estimation de la consommation en tonnes des principales espèces proies, en 2017, par les phoques veaux-marins et les phoques gris fréquentant la baie de Somme et la baie d’Authie. Les barres d’erreurs correspondent à l’intervalle de confiance (IC) à 95%.

Les plus grandes quantités d’espèces proies consommées par les phoques veaux-marins en 2017 concernaient les poissons plats (4 groupes premiers groupes d’espèces proies en haut de la Figure 40). Ainsi, à titre d’exemple, 185 [IC95% : 156-216] tonnes de plies et flets, 276 [233-324] tonnes de soles communes et soles poles, et 175 [147-205] tonnes de petites soles jaunes et de soles perdrix ont été consommés par les phoques veaux-marins. Les dragonnets représentent ensuite l’espèce de poissons ronds la plus consommée, bien que cette quantité soit bien inférieure par rapport aux poissons plats. Comme constaté précédemment en Figure 39, la quantité de proies consommées en 2017 est sensiblement la même pour les deux espèces de phoques. En revanche, pour les phoques gris, hormis pour la quantité de plies et flets qui apparaît supérieure à celle des phoques veaux-marins, les quantités consommées sont réparties dans un plus grand nombre d’espèces proies. Ainsi, les poissons ronds et les encornets (céphalopodes) constituent également une source alimentaire non négligeable pour les phoques gris, puisque les gadidés regroupés (merlans, tacauds et autres), les harengs et les encornets représentent pour chacun une consommation d’environ 100 tonnes en 2017.

Cet exercice de calcul de consommation a ici été effectué à l'échelle des phoques veaux-marins et gris ayant fréquenté la baie de Somme et la baie d'Authie. Il serait intéressant à l'avenir d'**effectuer ce calcul à plus large échelle**, dès lors que les données indispensables à ce calcul seraient disponibles en quantité suffisante (régime alimentaire, structure de population, taille de population, *etc.*). Il apparaît également intéressant de poursuivre ce suivi de la consommation afin de comparer l'évolution des quantités de proies consommées par les phoques veaux-marins et gris, et ainsi d'évaluer au mieux les **interactions trophiques entre ces deux espèces**, dont une potentielle compétition.

Encadré 7 : Estimation de la consommation par les phoques

La consommation des proies par les phoques veaux-marins et gris en baie de Somme et baie d'Authie a été calculée par application d'un **modèle bioénergétique** (e.g. Boyd, 2002). Les paramètres utiles à ce modèle sont : le nombre total de phoques (des deux espèces), la structure de population (âge et/ou sexe), la composition du régime alimentaire, le contenu énergétique des proies consommées, et les besoins énergétiques des phoques par catégorie d'âge/sexe et par période au cours d'une année.

La consommation a **exclusivement** été calculée pour les phoques veaux-marins et gris fréquentant la baie de Somme et la baie d'Authie, puisque ces deux sites sont les seuls pour lesquels l'ensemble des paramètres nécessaires sont disponibles à ce jour en quantité suffisante. Par ailleurs, les suivis télémétriques réalisés depuis la baie de Somme ont permis de mettre en évidence la connectivité entre les deux sites, pour les deux espèces de phoques, et d'évaluer leurs zones de chasse probable. De par leur localisation géographique proche, leur structure écologique très proches (estuaires macrotidaux sablo-vaseux dits « picards » abritant tous des deux nourriceries de poissons plats), et la connectivité des phoques entre ces sites, nous avons ici considéré ces deux sites de repos à terre comme une colonie commune, composée d'une majorité d'individus communs. Ainsi, seul ce site géographique rassemblait toutes les données nécessaires au calcul de consommation, en incluant les incertitudes (régime alimentaire, taille et structure de population). La consommation a été estimée séparément pour les deux espèces de phoques, de 2015 à 2017, selon les quatre trimestres découpés en fonction de leur biologie (cf. encadré 1).

1 - Estimation des effectifs de phoques

Les effectifs totaux de phoques veaux-marins et gris ont été estimés pour chaque trimestre des années 2015 à 2017 à partir des données de recensement acquises dans le cadre du projet, mais également à partir de données acquises dans le cadre de suivis réguliers supplémentaires effectués en baie de Somme par Picardie Nature et en baie d'Authie par ADN. Ces données ont été acquises soit par comptages terrestres, soit par comptages aériens. Toutes les données de même nature et obtenues simultanément (à la même basse mer) en baie de Somme et en baie d'Authie ont été additionnées pour les analyses. Sachant que le nombre de phoques comptés à terre correspond à un « effectif relatif » de la taille totale de population, nous avons utilisé les facteurs de corrections déterminés dans l'axe 1 (partie 1.1.3), afin d'estimer la taille totale de la population.

Les effectifs de phoques ont été estimés par trimestre, avec une incertitude associée, selon des choix méthodologiques déterminés en fonction de l'espèce de phoques. Pour les **phoques veaux-marins**, nous avons choisi l'effectif maximal annuel d'individus comptés à terre comme valeur « moyenne » pour les quatre trimestres d'une même année. Ce choix est basé sur l'hypothèse que l'effectif total de phoques veaux-marins (à terre et en mer) est relativement stable au cours d'une année, puisqu'ils sont peu mobiles et chassent presque exclusivement autour de la baie de Somme et de la baie d'Authie (cf. Figure 28). Le maximum annuel de phoques recensés à terre (par comptages terrestres ou aériens) apparaît donc comme la valeur la plus représentative de la taille de la colonie (valeur « moyenne »). La borne « supérieure » de l'incertitude de la taille de population a été estimée pour l'ensemble des trimestres d'une année par application du facteur de correction sur la valeur « moyenne » (maximum annuel compté). La borne « inférieure » de l'incertitude correspond quant à elle à la moyenne trimestrielle des effectifs relatifs.

Pour les **phoques gris**, le choix méthodologique a été différent puisqu'ils sont plus mobiles au sein de la zone d'étude, et peuvent émigrer/immigrer pendant la reproduction et la mue (Figure 4). Ainsi, l'effectif absolu d'individus fréquentant la baie de Somme et la baie d'Authie a été déterminé par application du facteur de correction à l'ensemble des données de comptages terrestres. Pour chaque trimestre de chaque année, la valeur « moyenne » correspond donc à la moyenne des effectifs corrigés. Les bornes inférieures et supérieures de l'incertitude ont quant à elles été estimées par

application de 1000 simulations par bootstrap (méthode de ré-échantillonnage) sur ces données, produisant ainsi un intervalle de confiance à 95%.

Les proportions de structure de populations des phoques ont ensuite été appliquées, permettant d'obtenir des données d'effectifs par catégorie de sexe et d'âge en entrée de modèle bioénergétique.

2 - Régime alimentaire et contenu énergétique des proies

Dans le cas présent, nous nous sommes uniquement focalisés sur les **données de régime alimentaire obtenues en baie de Somme**, par analyse de contenu de fèces récoltés en nombre suffisant. L'information présentée en entrée de modèle bioénergétique correspond à la proportion de biomasse des espèces proies consommées (Tableaux 6 et 8). Le contenu énergétique moyen par unité de masse, $\bar{E}$, est :

$$\bar{E} = \sum (E_i * P_i)$$

où E_i est le contenu énergétique par unité de masse par espèce proie i ; et P_i est la proportion de biomasse consommée correspondant à l'espèce proie i . Nous avons utilisé les données de densité énergétique de proies (E_i) obtenues par calorimétrie dans le golfe de Gascogne (Spitz *et al.*, 2010b).

3 - Besoins énergétiques des phoques et consommation

Pour estimer les besoins énergétiques des phoques, nous avons appliqué un modèle générique du **taux métabolique de base** (BMR en kilojoules par jour), valable pour la plupart des homéothermes (Kleiber, 1975) :

$$BMR = 293.1 * M^{0.75}$$

où M correspond à la masse de l'individu en kilogrammes. Des valeurs moyennes de masse ont été associées à chaque classe d'âge/sexe de phoques veaux-marins et gris, sur la base de Hewer (1964) et Bigg (1969) ainsi que des connaissances naturalistes sur ces deux espèces en Manche-Est (Tableau 10). Une incertitude a également été intégrée en entrée de modèle.

Sachant que les besoins énergétiques des phoques ne sont pas les mêmes selon les classes d'âge/sexe et selon la période de l'année, leurs **besoins énergétiques journaliers** (ADMR, kJ/jour) sont :

$$ADMR = FC * FA * BMR$$

où FC correspond au **facteur de croissance**, c'est-à-dire le facteur expliquant l'allocation d'une part de l'énergie nécessaire pour la croissance de l'individu, selon sa classe d'âge et/ou son sexe, et où FA correspond au **facteur d'activité**, c'est-à-dire le facteur expliquant les besoins énergétiques des phoques en fonction des saisons. Le tableau 10 recense les valeurs de FC et de FA , avec l'incertitude associée, que nous avons ici choisies pour les phoques veaux-marins et gris.

Le facteur de croissance FC est à son maximum au moment de la naissance, puis il diminue progressivement, jusqu'à ce que l'animal ait atteint l'âge adulte (6 ans). Pour les deux espèces de phoques, nous nous sommes basés sur des valeurs publiées par Olesiuk (1993) et Mohn et Bowen (1996). Une incertitude a été associée à la catégorie "subadultes", sachant que les bornes inférieures correspondent au FC à 5 ans et les bornes supérieures correspondent au FC à 1 an.

Il a souvent été estimé que la valeur moyenne du facteur d'activité FA , utilisée pour déterminer les besoins énergétiques journaliers des phoques, était de 2 (Worthy, 1990). Certains auteurs ont également essayé d'intégrer une variabilité, en prenant des valeurs dans une distribution de

1.7 à 3.0 centrée sur 2 (Hammil et Stenson, 2000). Ici, nous avons choisi des valeurs de FA en fonction des connaissances sur le rythme d'activité des phoques au cours d'une année. Plus la valeur est élevée, plus l'activité alimentaire est importante. La période de la mue est toujours marquée par une diminution de l'activité alimentaire puisque les phoques passent plus de temps à terre (cf. résultats Axe 1). Les phoques gris possèdent un rythme biologique partiellement différent puisqu'ils ont la particularité d'effectuer des réserves aux T2 et T3, avant la période de reproduction (T4) où l'activité alimentaire est très réduite (par exemple, la mère doit s'occuper de son jeune qui reste à terre jusqu'à son sevrage). A contrario, l'activité alimentaire des phoques veaux-marins est plus régulière au cours du temps. En période de reproduction, cela se caractérise par un déplacement en mer des femelles adultes avec leurs jeunes, ce qui leur permet de continuer à chasser, bien que moins intensément qu'en dehors de la période de reproduction.

Tableau 10 : Valeurs de la masse moyenne des phoques veaux-marins et gris par classe d'âge, et du Facteur de Croissance (FC) associé (en haut), et valeurs du Facteur d'Activité (FA) déterminées pour chaque trimestre. Ces valeurs ont été utilisées en entrée de modèle bioénergétique, avec une incertitude associée. L'incertitude de la masse est basée sur des moyennes regroupant les âges, sur la base de Hewer (1964) et Bigg (1969). L'incertitude des valeurs de FC des subadultes est quant à elle basée sur les valeurs minimales et maximales d'âge annuel présentées par Olesiuk, (1993) et Mohn et Bowen (1996). Une incertitude de $\pm 0,25$ a été intégrée aux valeurs de FA.

Phoques veaux-marins			Phoques gris			
Masse et facteur de croissance	Classes d'âges	Masse (Kg)	FC	Classes d'âges/sexe	Masse (Kg)	FC
	Nouveaux nés (≤ 1 an)	20 [18-22]	1.8	Subadultes (1-5 ans)	68 [61.2-74.8]	1.25 [1.025-1.57]
	Subadultes (1-5 ans)	45 [40.5-49.5]	1.2 [1.03-1.5]	Adultes femelles (≥ 6 ans)	165 [148.5-181.5]	1
	Adultes (≥ 6 ans)	85 [76.5-93.5]	1	Adultes mâles (≥ 6 ans)	225 [202.5-247.5]	1
Facteur d'activité	Trimestres		FA	Trimestres		FA
	T1 (février-avril) Pré-reproduction		2.0 ± 0.25	T1 (janvier-mars) Mue		1.7 ± 0.25
	T2 (mai-juillet) Reproduction		2.3 ± 0.25	T2 (avril-juin) Post-mue		3.0 ± 0.25
	T3 (août-octobre) Mue		1.7 ± 0.25	T3 (juillet-septembre) Reconstitution réserve avant reproduction		3.0 ± 0.25
	T4 (novembre-janvier) Post-mue		2.0 ± 0.25	T4 (octobre-décembre) Reproduction		2.3 ± 0.25

Une fois les **besoins énergétiques journaliers par individu** (ADMR) déterminés pour chaque classe d'âges/sexe au sein de chaque trimestre, ces besoins ont été exprimés en fonction du contenu énergétique des proies (R , en Kg par jour) :

$$R = \frac{ADMR}{(0,8 * \bar{E})}$$

La consommation a été calculée par trimestre et par classe d'âges/sexe en effectuant le produit de R (consommation individuelle), de l'abondance de phoques estimée pour ce trimestre et cette classe, et du nombre de jours associés à cette période. Les chiffres de consommation des phoques veaux-marins et gris ont ainsi pu être déterminés par trimestres et/ou années. Grâce aux connaissances sur le régime alimentaire des phoques, il est également possible d'estimer la quantité d'espèces proies consommées au cours du temps (ici par trimestre et/ou par année).

4 - Calcul de l'incertitude

Chacun des paramètres utilisés pour calculer la consommation des phoques veaux-marins a été associé à sa propre **incertitude**. Le calcul de consommation a ainsi été effectué par application de 1000 **simulations de Monte Carlo**, prenant en compte ces paramètres. Cette méthode d'analyse statistique a ainsi permis de générer des **intervalles de confiance à 95%** autour des valeurs de consommation.

Axe 3 : Interactions entre activités humaines et phoques

Coordination : GEMEL

Thierry Ruellet, Ophélie Sicard, Gauthier Poiriez.



Crédits photos : Yann Planque (haut), Philippe Thiery (centre et bas)

Citation Ruellet T., Sicard O., Poiriez, G. 2018. Distribution et abondance des phoques. In : Eco-Phoques : Bases scientifiques pour une meilleure connaissance des phoques et de leurs interactions avec les activités humaines en Manche Nord-Est (Vincent *et al.*, eds). Rapport final pour la région Hauts-de-France et l'AFB. 127 PP.

L'étude des différents types d'interactions entre les phoques et les activités humaines a débuté par une analyse bibliographique de la littérature scientifique internationale. Elle a permis de lister les interactions les plus fréquentes et de mettre en place des enquêtes locales (de Dunkerque au Tréport) en adaptant les méthodologies mises en place dans d'autres régions du monde au contexte local. Les résultats des enquêtes permettent d'établir pour certaines grandes catégories d'utilisateurs, l'occurrence, la nature, la fréquence et l'intensité de ces interactions. Celles-ci ont ensuite été quantifiées en ce qui concerne la pêche, activité la plus en interaction avec les colonies de phoques.

3.1 Synthèse bibliographique

3.1.1 Méthodologie de la recherche bibliographique

Les recherches bibliographiques ont été menées à partir des deux principales bases documentaires scientifiques actuelles, à savoir ScienceDirect et Wiley Online Library.

Une série de requêtes a été utilisée, faisant intervenir un mot clef relatif aux phoques et un mot clef relatif aux activités humaines, prenant en compte quatre langues : l'anglais, le français et l'espagnol. Chaque mot clef a été recherché dans le titre, le résumé et la liste des mots-clefs.

Pour les phoques, 8 mots clefs ont été utilisés :

Seal	Phoque	Sello
Pinnipède	Pinniped	Pinnípedo
<i>Phoca vitulina</i>		
<i>Halichoerus grypus</i>		

Pour les activités humaines, 11 mots clefs ont été utilisés :

Tourism*	Turismo	
Pêche	Fish*	Pesca
Sport	Deporte	
Observation	Watch*	Observación
Mitigation		

88 requêtes ont donc été effectuées sur chacune de ces deux bases. Le nombre de résultats pour chacune des requêtes est en soit informatif. Il a donc été relevé avant "dédoublonnage" des références, puisqu'un même document peut être parmi les résultats de plusieurs requêtes. La bibliographie citée dans les articles a elle-même parfois été utilisée.

3.1.2 Les types d'interactions

Cette série de requêtes a permis d'identifier 2056 documents, dont certains sont parmi les résultats de différentes requêtes. Les interactions les plus étudiées sont relatives à l'observation (61 %) et à la pêche (37 %). Les informations dans ces articles sont très redondantes. Les activités touristiques et sportives ne sont que très rarement mentionnées (Tableau 11).

Tableau 11 : Résultats bruts des requêtes.

Nombre de documents	Seal Phoque Sello	Pinniped Pinnipède Pinnípedo	<i>Phoca vitulina</i>	<i>Halichoerus grypus</i>	TOTAL
Observation Watch* Observación	1273	34	39	28	1374
Fish* Pêche Pesca	705	52	34	45	836
Tourism* Turismo	25	2	6	1	34
Sport Deporte	1	0	0	0	1
Mitigation	92	2	2	1	97
TOTAL	2096	90	81	75	2342

Les interactions entre les activités humaines et les phoques ne sont pas dans cette littérature étudiée de façon globale. Seule une partie est étudiée dans chaque article : soit l'impact de l'Homme sur les phoques, soit l'impact des phoques sur l'activité touristique ou l'activité de pêche. Les deux espèces présentes sur notre territoire sont elles-mêmes en compétition pour l'espace et la ressource. Nos interactions avec chacune des deux espèces ont donc des répercussions sur l'autre espèce. Les phoques gris sont considérés par certains comme une source de perturbation pour les phoques veaux-marins de par leur gabarit et leur comportement (Andersen *et al.*, 2014).

Bonner (1978) a établi une classification des impacts de l'Homme (négatifs et positifs) sur les phoques qui n'est plus totalement d'actualité car les pratiques touristiques et sportives notamment ont fortement évolué depuis la fin des années 70. Quelle que soit l'activité humaine, le niveau de perturbation dépend de la saison (les phoques sont plus sensibles en période de reproduction) et de la structure de la population de phoques (Bonner, 1978 ; Andersen *et al.*, 2012 ; Cowling *et al.*, 2015).

La pêche et les ressources alimentaires des phoques

Les interactions entre pêcheurs professionnels et phoques sont souvent citées et pas toujours de façon orientée, c'est-à-dire en considérant l'impact du phoque sur le stock exploitable par l'Homme ou bien l'impact de la pêche sur les ressources disponibles pour les phoques. C'est véritablement une compétition pour l'accès aux ressources qui est décrite (Bonner, 1978 ; Arnould, 2009 ; Houle *et al.*, 2016). La surexploitation de certaines espèces de poissons a parfois favorisé la prolifération d'espèces à faible valeur commerciale mais très intéressantes pour les phoques (Bonner, 1978). Elle a aussi dans d'autres cas obligé les phoques à changer de proies et de fait à partager avec l'Homme une autre ressource que les phoques n'exploitaient pas auparavant mais qui était exploitée par l'Homme (Macdonald *et al.*, 2005).

Les impacts de l'Homme et du phoque ne se limitent pas à des impacts directs sur les ressources elles-mêmes. Les arts traînants par exemple modifient la nature des fonds et de fait les ressources disponibles pour les phoques (Bonner, 1978 ; Waldo *et al.* 2010). Les phoques sont également parfois victimes de captures accidentelles par certains engins de pêche (Bonner 1978 ; Gales 2009), d'autant que les phoques pratiquent la déprédation et endommagent donc parfois les engins de pêche (Moore, 2003 ; Kauppinen *et al.*, 2005 ; Brandt *et al.* 2013 ; Cosgrove *et al.* 2015). La protection des ressources halieutiques a même parfois nécessité des plans de tir sélectifs de phoques (Bonner, 1978 ; Butler *et al.* 2008).

Le tourisme et les activités sportives

La présence de phoques sur un territoire est en général une source d'attraction touristique, ce qui mécaniquement entraîne une augmentation des pressions exercées sur les populations de phoques soit directement (par exemple le dérangement) soit indirectement (par exemple le développement urbain côtier qui est éventuellement source de pollution et de diminution des ressources marines (Arnould, 2009 ; Hoover-Miller *et al.*, 2013 ; Paul *et al.*, 2016).

La présence des touristes affecte les populations de phoques, qui quittent notamment leurs reposoirs plus fréquemment qu'en leur absence (Kovacs et Innes, 1990 ; Granquist et Sigurjonsdottir, 2014). Ce dérangement n'est que provisoire : les phoques ne semblent pas perturbés plus d'une heure après le départ des touristes et retournent même pour certains sur leurs reposoirs durant la perturbation (Kovacs et Innes, 1990 ; Andersen *et al.*, 2012, 2014). Cette perturbation amène les phoques à rechercher de la nourriture plutôt qu'à rester sur leurs reposoirs (Andersen *et al.*, 2014). Mais ces dérangements peuvent être létaux pour les jeunes phoques en période de lactation (Bonner, 1978).

Plusieurs auteurs ont étudié les distances induisant des modifications de comportement des phoques. Certains ont même créé des perturbations expérimentales pour chiffrer les distances de dérangement. Les activités nautiques perturbent à des distances plus grandes (510 à 830 m) que les activités pédestres (165-200 m ; Andersen *et al.*, 2012). Les phoques repèrent en général les humains, à terre ou sur l'eau, à des distances plus grandes que cela (850 m en mer et 425 m à terre ; Andersen *et al.*, 2012). A moins de 10 m, les jeunes phoques ne bougent pas. Ce n'est pas pour autant qu'il faut les considérer comme non dérangés : ils sont en fait tétanisés (Kovacs et Innes, 1990 ; Cassini, 2001). Les distances de précaution recommandées varient selon les auteurs et surtout les

situations de 50 m (Cowling *et al.*, 2015) à 850 m (Andersen *et al.*, 2012). Sur le territoire des Hauts-de-France, une distance de 300 m est en général recommandée.

Le comportement des touristes conditionne fortement l'impact que leur présence peut avoir sur les phoques : des personnes isolées et calmes sont à même d'approcher les phoques sans les déranger hors période de reproduction, alors que des groupes de touristes occasionnent plus de dérangement (Cassini, 2001 ; Granquist et Sigurjonsdottir, 2014).

Les activités pédestres semblent plus préjudiciables aux colonies de phoques que le nautisme ou les vols à basse-altitude (Andersen *et al.*, 2014).

Les perturbations chroniques liées au nautisme peuvent impacter sur le long-terme la stabilité des populations de phoques, mais elles ne modifient pas pour autant la répartition des colonies (Jansen *et al.*, 2015).

La pratique du kayak est impactante sur les populations de phoques si elle n'est pas pratiquée de façon responsable. Elle peut même être selon les saisons plus impactante que le nautisme motorisé de par l'effet de masse de la pratique et le faible tirant d'eau des kayaks qui favorise une plus grande approche des phoques (Hoover-Miller *et al.*, 2013).

Des activités de baignade avec des phoques se sont développées dans certains pays sans que cela ne semble préjudiciable ni aux baigneurs ni aux colonies de phoques (Cowling *et al.*, 2014). Cette activité ne nous semble pas recommandable avec les espèces de phoques présentes sur notre littoral.

Le changement global

Le changement climatique affecte les phoques comme toutes les autres composantes de la biosphère, notamment en modifiant la migration des populations (Macdonald *et al.*, 2005 ; Waldo *et al.*, 2010; Jansen *et al.*, 2015).

Etant au sommet de la chaîne alimentaire, les phoques sont plus que d'autres organismes marins affectés par les problèmes de pollution notamment par les métaux lourds et les PCB (Bonner, 1978 ; Ruus *et al.*, 1999 ; Macdonald *et al.*, 2005, Ahrens *et al.*, 2009, Gales, 2009). Les macrodéchets impactent également les phoques (Bonner, 1978 ; Boland et Donohue, 2003).

Les autres interactions

D'autres interactions sont à noter bien que n'étant plus ou pas encore d'actualité sur la zone d'étude :

- Les constructions offshore (éoliennes en mer, pipeline, ...) peuvent modifier le déplacement des populations de phoques (Russell *et al.*, 2014, 2016).
- Les phoques peuvent être porteurs de maladies transmissibles à l'Homme et inversement (Sprague et Elschner, 2012).

- La chasse aux phoques est une activité qui a été pratiquée dans un passé lointain soit pour l'exploitation des peaux soit pour la défense des ressources halieutiques (Klein, 1972 ; Bonner, 1978 ; Hagevik, 1994 ; White, 1994 ; Butler *et al.*, 2008 ; Arnould, 2009).

3.1.3 La synthèse des interactions

Le schéma proposé ci-après (Figure 41) montre bien que les interactions entre les phoques et les activités humaines sont parfois complexes (mécanismes de rétro-contrôles) et qu'il n'y a pas d'un côté les phoques et de l'autre l'Homme. Les activités de pêche ne sont par exemple pas nécessairement à mettre en opposition avec la protection des phoques dont la présence génère du tourisme. Il a été démontré que le bénéfice économique pour la société est en général plus grand lorsque les deux activités sont pratiquées que lorsqu'une seule des deux est menée, sous réserve que la pêche soit effectuée à son Rendement Maximal Durable (Paul *et al.*, 2016).

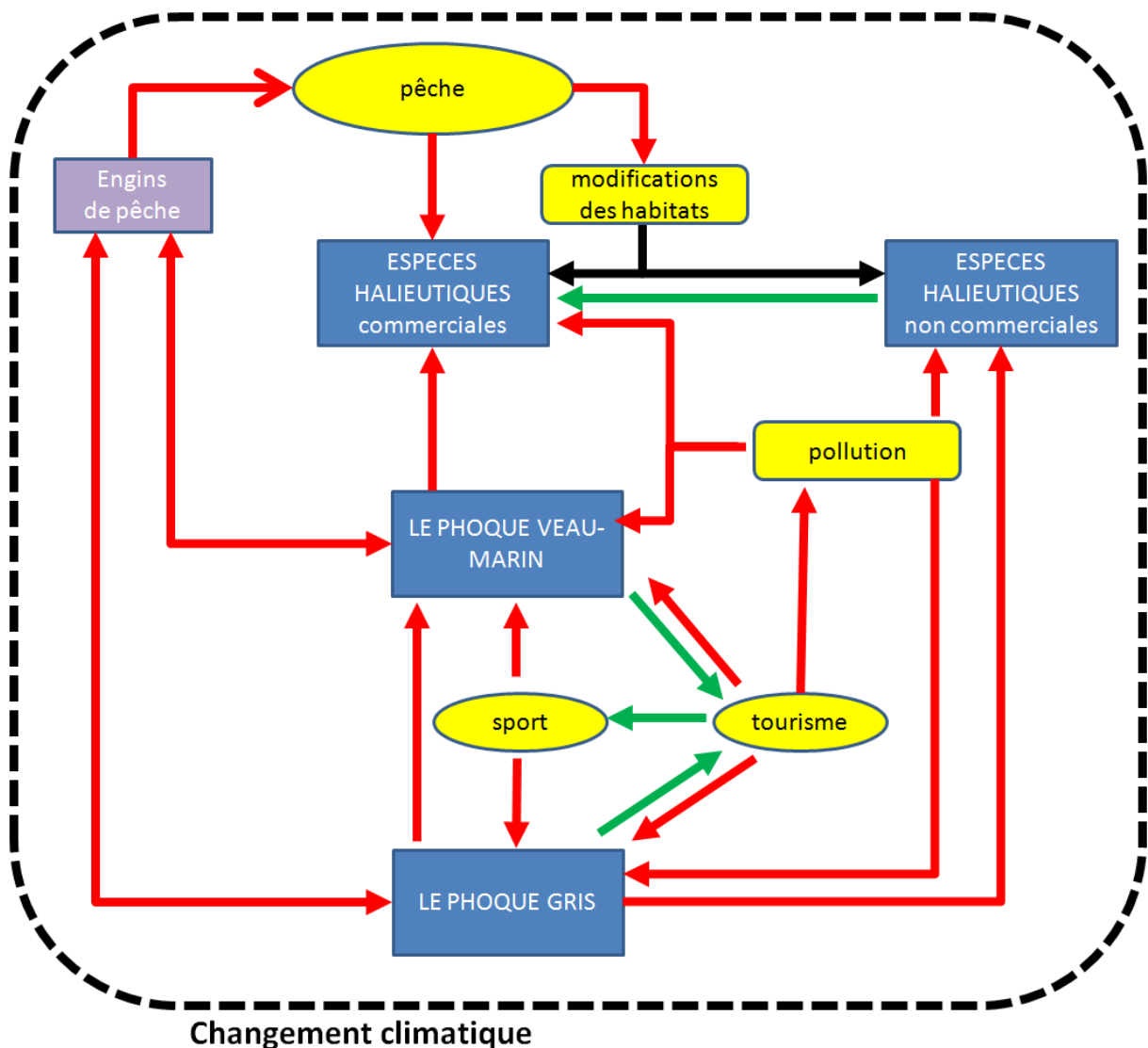


Figure 41 : Synthèse des interactions entre activités humaines et phoques.

3.1.4 Comment limiter les effets indésirables ?

Afin de favoriser le mieux vivre ensemble, deux effets indésirables sont à éviter : une trop forte pression de l'Homme sur les phoques et une trop forte pression des phoques sur l'Homme. La première préoccupation a été largement partagée lorsque les colonies de phoques se sont reconstruites sur notre littoral, pour des raisons environnementales et pour bénéficier de l'activité touristique générée. La seconde préoccupation est beaucoup plus récente et tout aussi légitime dans un contexte où les acteurs du territoire ont du mal à se projeter. Les enquêtes montrent en effet (voir plus loin) que des questions reviennent fréquemment : quels seront les effectifs de phoques demain ? quelle sera l'activité du territoire, indépendamment de cela ? comment la législation et la réglementation vont-elles évoluer ?

La présence d'écovolontaires (Figure 42) permet de réduire à faible coût l'impact des touristes sur les populations de phoques (Acevedo-Gutiérrez *et al.*, 2011). La mise en place de chartes du "bon comportement du touriste" a permis de limiter les effets du tourisme sur les populations de phoques (Gales, 2009). Une information adaptée (Figure 43) aux différents publics permet de modifier de façon significative le comportement des touristes et aide ainsi à réduire significativement (de 60 à 80 %) le niveau de perturbation (Hoover-Miller *et al.*, 2013 ; Granquist et Nilsson, 2016). Il serait probablement judicieux de mieux informer et former les acteurs du tourisme à ce sujet.



Figure 42 : En informant les touristes, les écovolontaires (ici de Picardie Nature au Hourdel) réduisent l'impact du tourisme sur les colonies de phoques.

La formation des guides nature et des moniteurs sportifs est notamment à ne pas négliger (Hoover-Miller *et al.*, 2013). Elle est en partie assurée (pas uniquement sur les phoques) au travers de journées de formation dispensées par le PNM et via le syndicat des guides nature. Ce sont des relais essentiels de l'information avec une réelle force de démultiplication des messages.



Figure 43 : Panneau d'information et de sensibilisation au niveau de la plage de Merlimont.

Certains sites à l'étranger ont toutefois été amenés à réguler la pression touristique en instituant des quotas touristiques (Gales, 2009). Cette situation extrême n'est en général mise en œuvre pas pour préserver les colonies de phoques, mais le milieu dans son entièreté et la qualité de vie des riverains. Sans aller jusque là, la phase 2 de l'opération Grand Site de France en baie de Somme prévoit de favoriser une meilleure distribution des touristes le long de notre littoral et devrait donc avoir des répercussions positives. Lors de la phase précédente de l'OGS, les panneaux indiquant la "plage de la Maye" ont par exemple été retirés, évitant ainsi un flux trop important au niveau d'un site fragile et favorisant le report sur d'autres sites moins sensibles. Cet aspect est donc en général traité dans le contexte global de la gestion des flux touristiques (pressions sur le milieu, adéquation de l'offre et de la demande en matière d'équipements, de restauration, de places de stationnement, de sécurité, ...). Trois sites retiennent notre attention : la Pointe du Hourdel, la Maye et la digue Sud de Berck-sur-Mer.

Par le passé, des plans de tir sélectifs ont été mis en place dans les pays où les populations de phoques gris étaient beaucoup plus importantes qu'en France (Bonner, 1978 ; Butler *et al.* 2008). De telles mesures de gestion sont impossibles en France compte tenu de la législation en vigueur. Par ailleurs, plusieurs études doutent de l'efficacité de ces mesures de gestion, à moins qu'elles ne soient mises en œuvre à très large échelle (spatiale et temporelle, et en nombre d'animaux abattus), généralement non faisable techniquement et/ou qui ne sont plus acceptées éthiquement et socialement (Morissette *et al.*, 2012 ; Bowen & Lidgard, 2013).

Au niveau des colonies, et lorsque les problèmes de déprédation ou de sécurité deviennent accrus, l'utilisation d'effaroucheurs ("seal scarer") permet de limiter au moins de moitié les problèmes de déprédation sur des surfaces non négligeables (Brandt *et al.*, 2013). L'adaptation des engins de pêche a également été utilisée dans le même but (Suuronen *et al.*, 2006). Ce sont des solutions qui nécessitent un accompagnement financier des collectivités (environ 6000 € pour un effaroucheur) mais qui pour le moment ne semblent pas indispensables. Plusieurs mesures du FEAMP seraient à même d'accompagner cette démarche. Même au niveau des "grandes" colonies d'Europe du Nord, ces équipements ne sont pas généralisés sans remettre en cause la cohabitation entre Homme et phoques. Les effaroucheurs sont surtout utilisés au niveau des fermes aquacoles. Il conviendra donc de s'y intéresser en cas de demandes d'installations sur notre littoral tout en ayant à l'esprit que ces dispositifs sont perçus à plusieurs kilomètres (Hermannsen *et al.*, 2015) et qu'ils ne sont pas une solution parfaite puisque les phoques présentent assez vite une accoutumance au dispositif s'il n'est pas associé à d'autres mesures (Northridge *et al.*, 2010).

Une zonation des activités de pêche a parfois dû être mise en place pour diminuer les interactions (Goldsworthy et Page, 2007). Dans un contexte de réduction des zones de pêche (développement de l'éolien offshore, mesures de protection environnementale, ...), cela semble peu judicieux vis à vis des professionnels. La question n'est pas abordée dans le Document Stratégique de Façade. Malgré tout, elle pourrait être envisagée de façon très localisée pour la pêche de bord de mer, par exemple en cantonnant les lignes sur une partie d'une digue.

3.2 Enquêtes auprès des usagers

Les entretiens semidirectifs réalisés dans le cadre d'Ecophoques ont évidemment ciblé certaines activités qui étaient ressorties lors de la synthèse bibliographique. Ils ont également permis de mettre à jour d'autres pratiques sur notre littoral qui pourraient éventuellement être en interaction avec les populations de phoques. Ces entretiens ne sont pas des sondages. Ils tentent d'accorder autant d'écoute à des pratiques de masse qu'à des pratiques plus confidentielles sur notre littoral ou en mer. Ces entretiens sont avant tout une matière première pour une analyse qualitative voire semi-quantitatives des interactions entre Homme et Phoques (quel pourcentage des voiliers par exemple ont une impression positive ou négative de la présence des phoques sur leurs activités et celles des autres usagers de la mer). L'impression que chacun peut avoir dépend non seulement des activités qu'il mène mais aussi des sites qu'il fréquente.

3.2.1 Méthodologie

Une série d'enquêtes a été menée à partir d'avril 2016 auprès de différentes catégories d'utilisateurs du littoral afin de déterminer l'occurrence, la nature, la fréquence et l'intensité des interactions avec les phoques. Les enquêtes ont été réalisées de Dunkerque au Tréport. Les différents métiers de pêche ont été ciblés (pêcheurs à pied, fileyeurs, chalutiers, ...), les touristes et les professionnels du tourisme (hôteliers, restaurateurs, guides, ...), les sportifs et leurs encadrants (nautisme, chasse, pêche de loisir, ...), les aménageurs (ports, développeurs d'éoliennes, ...) et bien entendu les habitants du littoral. Les interactions spécifiques au contexte local ont été ajoutées (par exemple les éleveurs ovins et les mytiliculteurs). Le poids de chaque catégorie d'utilisateurs a été déterminé ou estimé à partir de sources d'informations officielles.

Le traitement de ces enquêtes a été réalisé en respectant l'anonymat des sondés. Un sondé pouvait appartenir à différentes catégories d'utilisateurs. Chaque enquête a été réalisée sous forme d'un entretien semi-directif soit en face à face soit (dans de rares cas) par téléphone. Certaines questions étaient donc volontairement ouvertes afin de percevoir le ressenti des sondés en les laissant utiliser leur vocabulaire. Les questions fermées étaient plutôt relatives à la caractérisation des sondés (âge, sexe, lieu de résidence, ...). Le questionnaire a été constitué puis traité grâce au logiciel Sphinx IQ2 Quali. Une table de saisie évolutive en fonction de la catégorie d'utilisateur a été développée (Figure 44). Les questions posées étaient relatives aux pratiques des utilisateurs (types d'activité, fréquence, ...), à leur connaissance du sujet (par exemple "A combien estimez-vous le nombre de phoques sur le littoral des Hauts-de-France ?"), à leur vécu en matière d'interactions avec les phoques (par exemple "Vos activités ont-elles été impactées par la présence des phoques ?") mais aussi à leur ressenti sur le sujet (par exemple "Selon vous, la présence des phoques a-t-elle des répercussions sur les activités du territoire ?").

Variable	Valeur
1. Catégorie	Pêcheur professionnel
2. Date	11/05/2016
3. Lieu	Par téléphone
4. Heure	09:00
5. Quelle(s) espèce(s) pêchez-vous?	Poissons plats, ronds
6. Quelles sont les raisons de votre venue	
7. Où se sont localisés vos concessions?	
8. Quel type de chasse pratiquez-vous?	- ; - ; -
9. Où se situent vos zones de pâturages?	
10. Quelle est la fréquentation annuelle de	
11. Avez-vous des questions concernant les p	
12. A combien s'élève le nombre de nuitée /	
13. Quelle est la part de client qui pose de	
14. Quelles activités proposez-vous?	
15. Quelle(s) espèce(s) élevez-vous?	
16. Quelles activités pratiquez-vous? Et ou	pêche au chalut
17. Depuis combien de temps pratiquez-vous c	20 ans
18. A quelle période de l'année pratiquez-vo	Toute l'année
19. A quelle fréquence les réalisez-vous?	
20. A combien estimez-vous le nombre de phoq	200 à 300
21. Avez-vous déjà pu apercevoir des phoques	OUI
22. A quelle fréquence?	Fréquent, toute l'année on en voit à Equihen et à Wimereux
23. Avez-vous déjà été témoin d'une mise à l	NON
24. Avez-vous déjà pu observer des jeunes ph	Non
25. Selon vous, la présence du phoque a-t-el	on a parfois des arrachages sur des filets trémails mais moi je n'en ai jamais connu. Cela peut-être un peu gênant...
26. Vos activités ont-elles été impactées pa	NON
27. De quelle manière?	
28. Pensez-vous que vos activités impactent	Non

1. Catégorie

2. Pêcheur professionnel

3. Pêcheur de loisir

4. Aquaculteur

5. Maireur

6. Eleveur ovin

7. Chasseur

8. Office de tourisme

9. Restaurants / hôteliers / Boutiques / Vendeurs de poisson

10. Ports

11. Activités nautiques

12. Guide nature

13. Association naturaliste

14. Lieux et autres activités de loisirs

étape 1: saisir la catégorie de l'utilisateur interrogé afin d'être renvoyé aux questions qui le concerne

Figure 44 : Exemple de table de saisie des enquêtes. Les réponses sont saisies telles que prononcées par les sondés.

Sphinx IQ2 Quali permet d'établir des analyses de données issues d'enquêtes et de procéder à des analyses multivariées par croisement de variables. Ce logiciel a également une capacité de lecture des données à différents niveaux, ce qui est extrêmement intéressant lorsqu'il est question

d'analyser le ressenti d'une catégorie d'utilisateur sur l'ensemble d'un échantillon. Sphinx IQ2 Quali possède également des fonctions de classification et de caractérisation. Les analyses contextuelles ont été complétées par de la lemmatisation (analyse lexicale) et une analyse des opinions.

3.2.2 Structure des enquêtes

317 personnes ont échangé avec nous lors d'entretiens exploitables. Les analyses révèlent un échantillon suffisant pour produire des estimations correctes avec un taux de remplissage de plus de 85 % et une part de 95 % de questionnaires correctement documentés.

Il faut toutefois noter que le sex-ratio n'est pas équilibré : 130 femmes et 187 hommes. Cela s'explique par le fait que certaines activités ciblées lors de l'enquête présentent un grand déséquilibre en la matière (pêche professionnelle, pêche de loisir et chasse par exemple). En dehors de ces activités, le sex-ratio est équilibré (par exemple les touristes ou les professionnels de la restauration). Pour les mêmes raisons, les proportions des différentes CSP (Catégories Socio-Professionnelles) sont éloignées de celles de la population française (Tableau 12). S'ajoute à cela que nous avons volontairement évité d'enquêter auprès des jeunes de moins de 15 ans.

Tableau 12 : CSP des enquêtés et de la population française (source INSEE).

CSP	Enquête	France
Agriculteurs exploitants	10,1 %	0,8 %
Artisans, commerçants et chefs d'entreprise	18,0 %	2,5 %
Cadres et professions intellectuelles supérieures	11,4 %	6,9 %
Professions Intermédiaires	16,1 %	9,5 %
Employés	12,3 %	10,8%
Ouvriers	3,5 %	8,0 %
Retraités	21,5 %	24,0 %
Autres personnes sans activité professionnelle	6,0 %	6,5 %
Moins de 15 ans	1,3 %	31,2 %

Tous les territoires ont été couverts mais la plus grande part des entretiens (45 %) a eu lieu en baie de Somme et en baie d'Authie car c'est là que les colonies sont les plus développées à l'échelle régionale. Il faut toutefois distinguer le lieu de l'entretien du lieu de la représentation mentale du sujet, d'autant que ce sont des lieux très touristiques. Néanmoins, le site le plus représenté reste la baie de Somme (Figure 45).

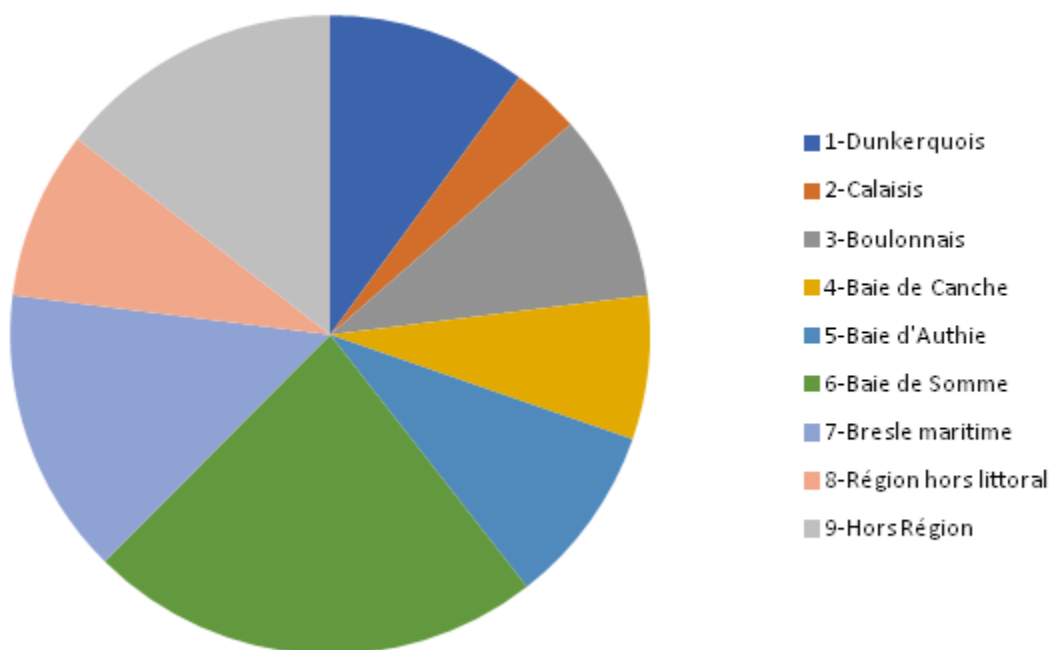


Figure 45 : Les lieux de la représentation du sujet par les enquêtés.

3.2.3 Résultats des enquêtes

84 % des sondés ont déjà vu des phoques. Les 16 % restants sont essentiellement des touristes qui n'ont pas encore pu les voir au moment de l'enquête mais aussi des professionnels qui n'ont pas le temps de se balader sur le littoral (hébergeurs et restaurateurs).

Les connaissances

A la question "A combien estimez-vous le nombre de phoques sur le littoral régional ?" (en précisant d'où à où nous allions), nous avons eu de tout, à commencer par "je ne sais pas", réponse la plus fréquente (25 % des personnes ne se prononcent pas). 44 % des personnes qui disent savoir donnent une valeur entre 500 et 1500 individus. Peu, parmi eux, évoquent les déplacements des individus mais ils sont tout de même quelques uns à le faire. Les 56 % restants de ceux qui pensent savoir ont fortement tendance à sous-estimer les effectifs (leur réponse la plus fréquente étant "une centaine"), car seuls 8 % surestiment grandement les effectifs.

Il est intéressant de constater que cette connaissance n'est pas homogène tant en fonction du territoire (Tableau 13) que des activités menées (Figure 46).

Tableau 13 : Disparité géographique de la connaissance.

	A combien estimez-vous le nombre de phoques sur le littoral régional ?			
Lieu présumé de la représentation mentale sur le sujet	NSPP	sous-estimé	entre 500 et 1500	sur-estimé
1-Dunkerquois	53%	16%	28%	3%
2-Calaisis	64%	18%	18%	0%
3-Boulonnais	30%	30%	30%	10%
4-Baie de Canche	30%	35%	35%	0%
5-Baie d'Authie	14%	52%	17%	17%
6-Baie de Somme	8%	25%	59%	8%
7-Bresle maritime	28%	41%	30%	0%
8-Région hors littoral	19%	56%	19%	7%
9-Hors Région	22%	50%	24%	4%
Total général	25%	36%	33%	6%

Ainsi, l'effort d'information en baie de Somme semble porter ses fruits (59 % des sondés ont une réponse acceptable). En revanche, d'autres territoires concernés par les populations de phoques, comme la baie d'Authie, mériteraient probablement plus d'information car le niveau de connaissance n'est guère meilleur que celui des personnes qui ne sont pas sur notre littoral. En effet, les populations interrogées ont fortement tendance à sous-estimer les effectifs, considérant fréquemment que l'essentiel des individus est chez eux (ils sous-estiment tout en disant qu'il y en a "beaucoup", "plein", "trop", ...).

Les pratiquants d'une activité susceptible d'être en interaction avec les phoques ont en général une meilleure connaissance que les autres des effectifs régionaux. Hormis les guides-nature, les relais d'information ont une mauvaise connaissance des effectifs (hébergeurs et offices de tourisme) mais adoptent une attitude de prudence. Ils préfèrent dire qu'ils ne savent pas plutôt que d'annoncer des chiffres erronés à leurs clients. Ils ont été très demandeurs en la matière lors des enquêtes. Nous leur avons systématiquement donné l'information dont nous disposions à la fin des entretiens.

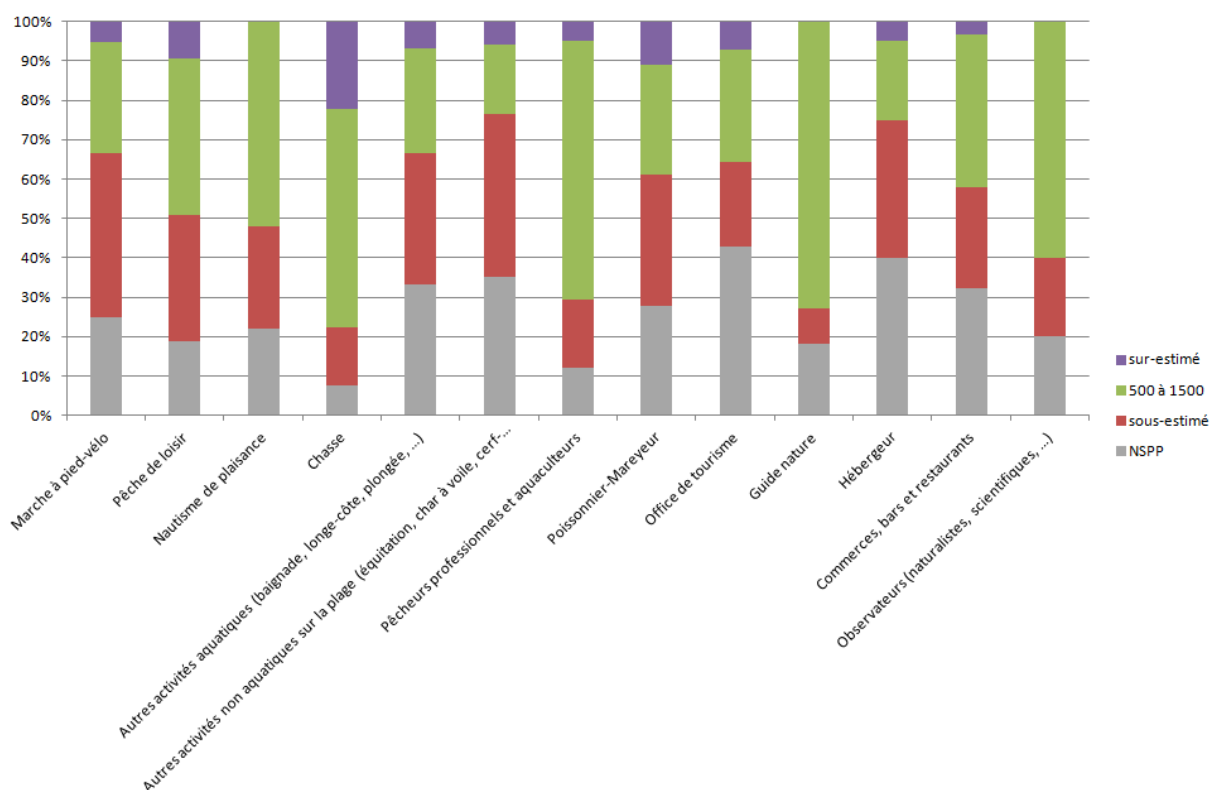


Figure 46 : Disparité sectorielle de la connaissance.

Les dérangements

Parmi ceux qui ont déjà vu des phoques sur notre littoral régional, 37 % ont été témoins d'une mise à l'eau consécutive à un dérangement, ce qui semble beaucoup eu égard à l'effort d'observation consenti par chacun. Ce pourcentage dépasse les 50 % en baie de Somme et en baie d'Authie.

Les pratiquants d'une activité susceptible d'être en interaction avec les phoques ont naturellement déjà été beaucoup plus que les autres témoins de dérangements (Figure 47), ce qui ne signifie pas que leur activité soit génératrice du dérangement. Ce sont plus que les autres des observateurs des phoques. Les guides-nature rencontrés ont tous été témoins de telles situations. Pour les autres, plus leur activité est fréquente et plus ils déclarent avoir été témoin de mises à l'eau.

Malgré ce pourcentage relativement élevé d'utilisateurs ayant été témoin d'un dérangement, peu d'utilisateurs (12 %) estiment que leur activité impacte les populations de phoques (10 % NSPP et 78 % pensent que non). La notion d'impact est souvent mal comprise par ceux qui répondent non : "non, c'est pas les quantités que je prend qui les impactent" ou "non, ils ont du poisson" (comme si la seule interaction qui soit était alimentaire).

Ceux qui répondent "oui" le font rarement en disant "je" mais plutôt "on". Comme souvent lorsque le problème est rarement individuel mais collectif, le sentiment qui prédomine c'est que ce n'est pas soi mais les autres : "Non pour mes activités, mais les activités en générales oui", " Nous non, après les plaisanciers je ne sais pas", " Par rapport aux voiliers non, par rapport aux bateaux à moteur ils pourraient y en avoir".

Cette dilution des responsabilités se fait également sentir dans la perception entre locaux et extérieurs : 9 % seulement des locaux estiment avoir un impact sur les phoques contre 21 % pour les autres. Et quand ils répondent qu'ils ont un impact, c'est parfois à modérer : "On doit les gêner je pense, mais ils se sont habitués" (donc ce ne serait plus vraiment un impact ?).

Il y a donc une grande mission d'information sur ce qui peut déranger les phoques et les conséquences de ces dérangements qu'il semble nécessaire de mettre en place auprès des populations locales.

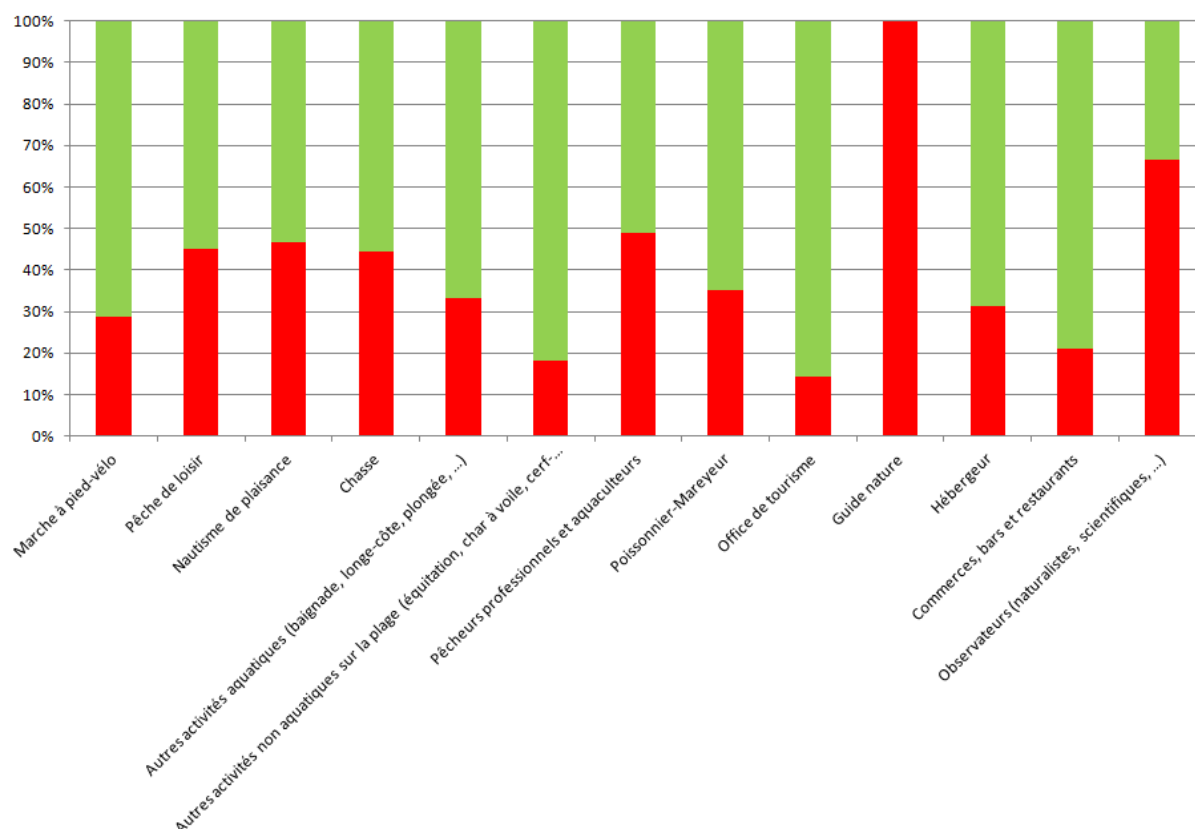


Figure 47 : Proportion de personnes déclarant avoir été témoin d'une mise à l'eau (en rouge) parmi les personnes ayant déjà aperçu un phoque en fonction du secteur d'activité.

L'impact des phoques sur les activités

27 % des interviewés disent que les phoques ont eu des répercussions sur leurs activités. Pour plus de 70 % d'entre eux, c'est un impact positif. Les usagers qui disent avoir été le plus impacté par la présence des phoques sont positivement les acteurs du tourisme (hébergeurs, restaurateurs, commerces) et négativement les pêcheurs (Figure 48). L'impact négatif est ressenti par 41 % des pêcheurs professionnels, principalement dans les ports d'Etaples, du Hourdel ou du Tréport et 24 % des pêcheurs de loisir (Figure 49). Cela dépend en fait des sites fréquentés et des activités de pêche pratiqués (les deux étant liés). Les échanges au cours de l'enquête en témoignent. Ainsi au Tréport, à la question "Vos activités ont-elles été impactées par la présence du phoque ?" nous avons pu entendre "Non, pas pour les chalutiers ! Faudrait demander aux trémailleurs" et en allant voir son

voisin trémalleur de s'entendre dire "On a parfois des arrachages sur des filets trémails mais moi je n'en ai jamais connu". Les navires de pêche n'ont pas tous été interrogés, loin de là, mais les seuls conflits rapportés en dehors de "Le problème c'est qu'ils mangent du poisson. La ressource elle diminue" concernent les trémalleurs.

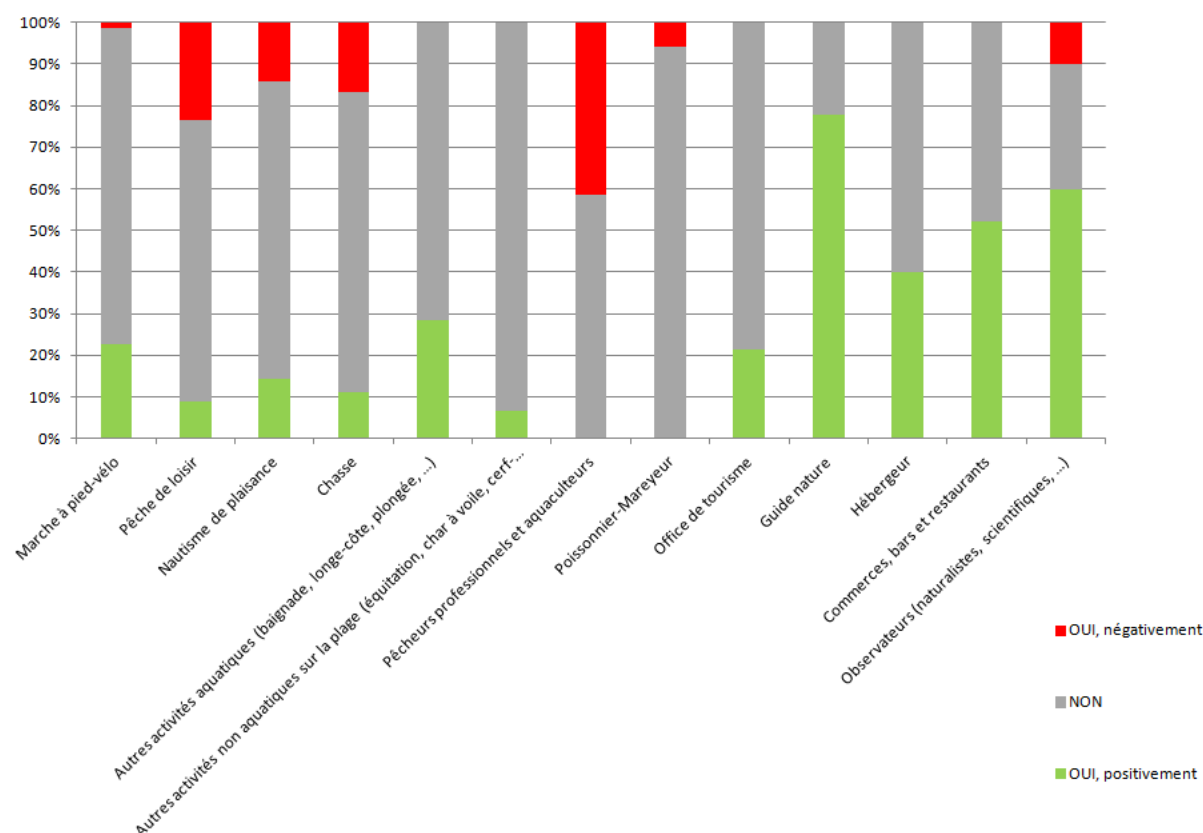


Figure 48 : Proportion de personnes déclarant avoir eu un impact des phoques sur leur activité en fonction de leurs activités.

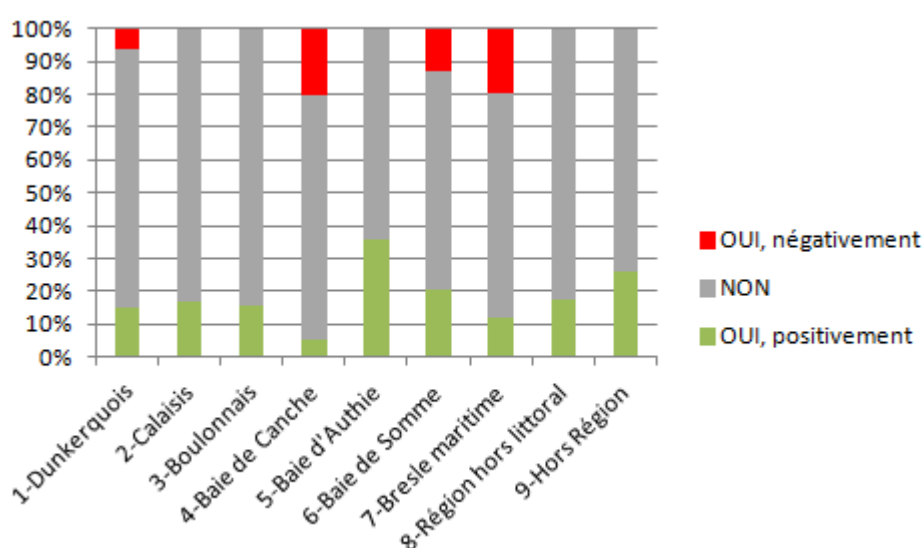


Figure 49 : Proportion de personnes déclarant avoir eu un impact des phoques sur leur activité en fonction du lieu de représentation mentale du sujet.

La prise de conscience de l'autre

Il est intéressant de noter que 43 % des personnes qui déclarent que les phoques ont un impact négatif sur leurs activités pensent que cela a un impact positif sur d'autres activités et que 41% des personnes qui déclarent que les phoques ont un impact positif sur leurs activités pensent que cela a un impact négatif sur d'autres activités. Certes cela ne fait pas une majorité mais chaque "camp" a donc conscience, dans des proportions qui plus est équilibrées, que d'autres peuvent avoir un avis légitimement différent du leur.

Il ne faut pas oublier que la grande majorité des interviewés a répondu "Non" lorsqu'il leur était demandé si les phoques avaient un impact sur leur activité. Ce sont donc eux, ceux qui n'ont pas le sentiment d'être impactés, qui font toute la différence. Seuls 19 % d'entre eux considèrent que les autres ne sont également pas impactés (Figure 50).

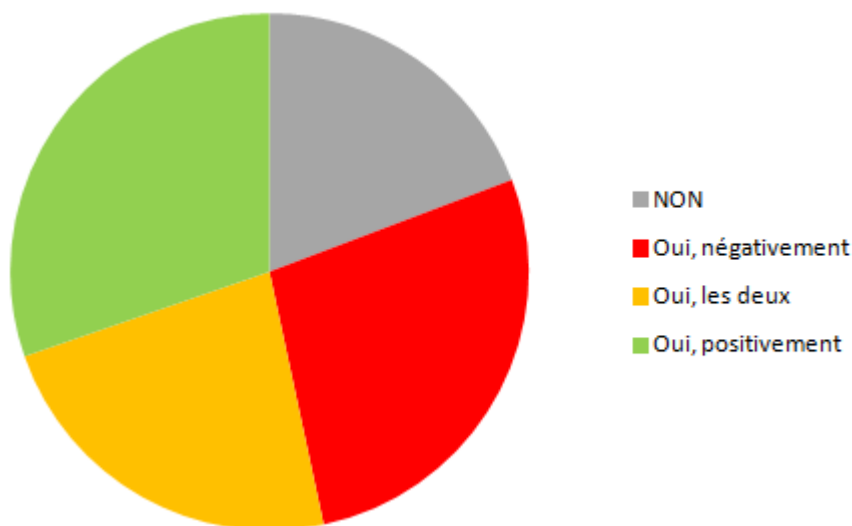


Figure 50 : L'impact des phoques sur les activités vu par ceux qui ne se sentent pas impactés.

D'où une image globale très équilibrée parmi l'ensemble des enquêtés qui montre la prise de conscience des interactions entre phoques et activités humaines :

- 14 % pensent que les phoques n'ont pas d'impact sur les activités,
- 25 % qu'ils ont un impact négatif,
- 28 % des impacts négatifs et positifs,
- 33 qu'ils ont un impact positif.

Le vocabulaire utilisé témoigne de la prise de conscience des interactions (Figure 51). Néanmoins, le diagnostic est loin d'être partagé entre les différentes catégories d'utilisateurs qui n'ont aucun mot commun à tous pour décrire leur ressenti (Figure 52).

personnes pratiqueraient leur activité ailleurs sur le territoire régional) mais le jugement global des pratiquants est plutôt équilibré puisque conscient des difficultés du monde de la pêche. Ce sont des activités pratiquées à la fois par les locaux et par les touristes. Etant donné que plus de la moitié de ces personnes déclarent pratiquer également d'autres activités, c'est probablement au travers de cette cible que le maximum de personnes sera sensibilisé. Il est possible d'imaginer des encarts dans les supports présentant les circuits de randonnée (flyers, panneaux, applis).

La baignade, bien que populaire, n'est citée que par 4 % des interrogés. Il est difficile d'estimer le nombre de baigneurs sur notre littoral car seule une partie des personnes fréquentant nos plages s'adonne à ce loisir. Les personnes rencontrées qui déclarent se baigner posent des questions en matière de sécurité et de santé publique.

Notre enquête a volontairement ciblé les pêcheurs de loisir et les pratiquant du nautisme de plaisance, compte-tenu de leurs possibles interactions avec les phoques. Sur les 180 pratiquants interviewés, seuls quatre disaient ne jamais avoir vu de phoques (dont un qui disait ne même pas savoir qu'il y en avait), ce qui n'est guère surprenant. En revanche, seuls 20 de ces 180 enquêtés (soit 11 %) disaient que leurs activités avaient été impactées par la présence des phoques, ce qui est éloigné de l'image que l'on peut se faire au travers de la presse. Ce décalage, également perçu tout au long des enquêtes, entre le vécu des interviewés et le sentiment qu'ils ont du vécu des autres se ressent même dans ces catégories de population. En effet, à la question, "Selon vous, la présence du phoque a-t-elle des répercussions sur les activités du territoire ?", ces mêmes pratiquants de pêche de loisir et de nautisme ont répondu à 34 % par oui sur la pêche ou (dans une moindre mesure) la liberté de naviguer. 3 % de la population française pratique la pêche à pied de loisir (source : Life + Pêche à Pied de Loisir), probablement plus parmi la population locale le long de notre littoral compte-tenu de ses ressources (moules et coques), mais sans pour autant doubler le pourcentage à l'échelle régionale dont l'essentiel de la population est plus tournée vers la terre que vers la mer. La pêche à la ligne est pratiquée quant à elle par environ 2 % des français, principalement en eau douce (source : FNPF). La zone d'étude compte environ 3000 anneaux pour les navires de plaisance. Potentiellement, ce sont autant de foyers concernés, soit 0,1 % de la population régionale.

La chasse, qui n'était initialement pas perçue comme en interaction avec les phoques, s'est avérée être parmi les activités avec le plus fort ressenti en la matière, probablement parce que l'essentiel des chasseurs maritimes pense à (et pratique aussi) l'activité de pêche. Les neuf associations de chasse maritime du territoire représentent près de 6000 pratiquants sur site (cela reste une estimation car une part importante des plus de 2500 membres de l'ACDPM de la Baie de Seine et du Pays de Caux n'exerce pas sur le territoire d'étude), soit là encore environ 0,1 % de la population régionale.

Concernant les activités professionnelles, il convient de ne pas opposer pêche et tourisme de par la prise de conscience mutuelle des activités de tous mais les rapports de force sont très déséquilibrés en termes d'effectifs. Ainsi il y a environ 1400 pêcheurs (embarqués ou à pied) sur la zone d'étude (source : FranceAgriMer). Le nombre de personnes travaillant dans le secteur aquacole est quant à lui bien plus faible. Le secteur aval direct (hors transformation donc) en compte quasiment autant : 1300 emplois dans le mareyage et les poissonneries régionales (source : FranceAgriMer). Si ces chiffres restent faibles, le chiffre d'affaires de ces entreprises est en revanche proportionnellement plus élevé que dans d'autres secteurs d'activité puisqu'il avoisine les 400 M€ par an. D'autre part, à l'échelle nationale, la Région représente un enjeu stratégique pour ce secteur

d'activité avec Boulogne-sur-Mer premier port de pêche en tonnage débarqué et une très forte activité de transformation des produits de la mer.

Sur le littoral de la zone d'étude, 23 communes disposent d'un office de tourisme ou d'un bureau d'information touristique. Ces lieux stratégiques de l'information accueillent chaque année plus de 600 000 visiteurs (sources : MT Nord de France et OT). Le tourisme représente près de 3,4 % de l'emploi en Région et 4,3 % du PIB (source : Région Hauts-de-France). Le site d'observation des phoques le plus visité reste Le Hourdel, en baie de Somme avec 1 million de visites par an (source : SMBSGLP).

3.3 Interactions écologiques entre phoques et pêche

L'estimation des interactions trophiques entre les populations de phoques et les pêcheries ne saurait se résumer à estimer les quantités de poissons consommées par les phoques et pêchées par les pêcheurs et à comparer ces valeurs l'une à l'autre. En effet, les évaluations de stocks de pêche ne prennent pas en compte la mortalité par la prédation des mammifères marins et cette comparaison serait donc biaisée. De plus, les interactions sont beaucoup plus complexes que cela car elles ne sont pas que directes (mêmes espèces ciblées par les pêcheurs et les phoques). Elles sont aussi indirectes : les phoques consomment par exemple des espèces qui servent de fourrage à des espèces commerciales.

La démarche est donc toute autre. Il s'agit ici de calculer un indice de chevauchement trophique sur la base de différentes hypothèses d'alimentation et de déplacement des animaux. Un tel indice tient compte des proportions (et non nécessairement des quantités) des proies dans le régime alimentaire des espèces ciblées par les pêcheurs ou les phoques. Nous nous sommes néanmoins efforcés à évaluer les quantités en sus des proportions.

L'objectif de la collecte des données est la fabrication d'une matrice devant renseigner sur trois paramètres : l'espace étudié, le temps considéré, et selon les cas soit le stock de poissons, la quantité de poissons pêchés ou la quantité de poissons prédatée par les phoques. L'espace est représenté par des carrés statistiques de 4 km de côté, le temps est comptabilisé en trimestres. Le troisième paramètre est lui plus complexe à renseigner.

Notre démarche se décompose en trois étapes préalables au calcul des indices :

- Délimiter l'espace,
- Déterminer les espèces à considérer dans le réseau trophique, c'est-à-dire les espèces ciblées par les pêcheurs et/ou les phoques,
- Construire les matrices.

La démarche n'est pas neutre, puisque chaque étape nécessite des hypothèses qui ont une influence sur le résultat final. Le choix de l'indice également. Les hypothèses sont fortement contraintes par les données disponibles.

3.3.1 Délimitation de l'espace

Les phoques vivent dans un espace ouvert. Néanmoins, il est nécessaire pour mener à bien les calculs de borner la zone d'étude. Sa limite Est est toute naturelle, puisqu'il s'agit du trait de côte. Nous avons choisi d'aller à l'Ouest jusqu'au méridien de Greenwich, au Nord jusqu'au 51ème parallèle et au Sud jusqu'au 50ème parallèle, limites de rectangles statistiques de l'ICES pour l'évaluation des débarquements de poissons. La zone d'étude ainsi définie (Figure 53) a ensuite été découpée en mailles de 4 km de côté que nous appellerons par la suite "carrés statistiques". Ils couvrent de façon cohérente l'essentiel des déplacements de phoques veaux-marins présentés dans ce rapport. En ce qui concerne les phoques gris, il serait nécessaire de prendre en compte un espace plus large mais aussi du coup d'autres colonies. Seule une approche multi-colonies à une échelle trans-nationale serait véritablement pertinente en la matière.

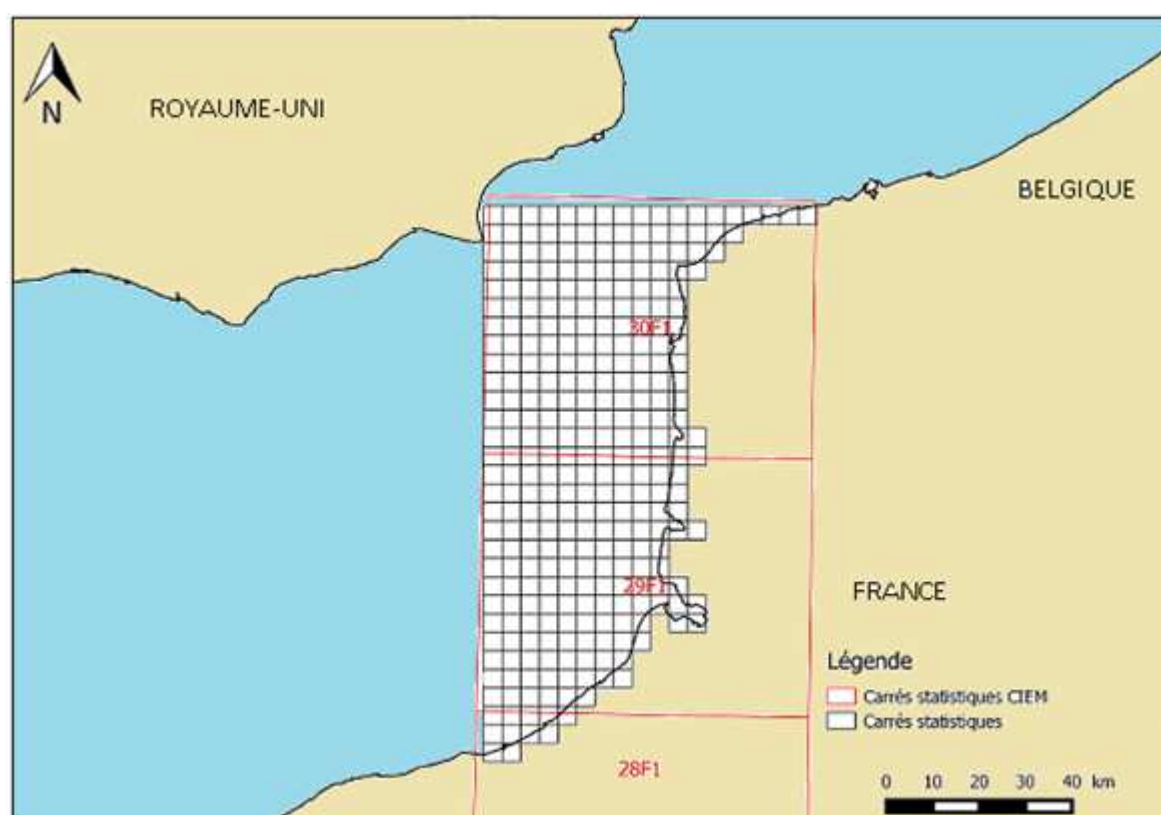


Figure 53 : La zone d'étude, qui comprend trois rectangles statistiques ICES et 310 carrés statistiques, couvre l'essentiel des déplacements de phoques veaux-marins.

3.3.2 Espèces considérées

En théorie, une espèce peut être la proie :

- des phoques ou des pêcheurs,
- des proies des phoques ou des pêcheurs,

- d'aucun de ceux-là.

Etant donné que nous nous intéressons à deux espèces de phoques, il y a ici $2^6 = 64$ cas de figure. Connaître les proies des phoques ou des pêcheurs ne pose pas de grande difficulté. En revanche, connaître les proies de leurs proies requiert beaucoup d'informations. L'exercice a été tenté mais s'est heurté à un problème de quantification des flux trophiques pour pouvoir prendre en compte les interactions indirectes entre phoques et pêcheurs. En effet, des études assez poussées existent sur le régime alimentaire de certaines espèces phares qui font l'objet d'une commercialisation. En revanche, il y a un manque évident d'informations pour la plupart des espèces. Pour être robustes, les calculs auraient dû prendre en compte toutes les proies des proies des phoques ou des pêcheurs et pas uniquement une partie d'entre elles. Nous présentons donc par la suite uniquement les interactions directes, ce qui réduit le champ des possibles à $2^3 = 8$ cas de figure (Figure 54).

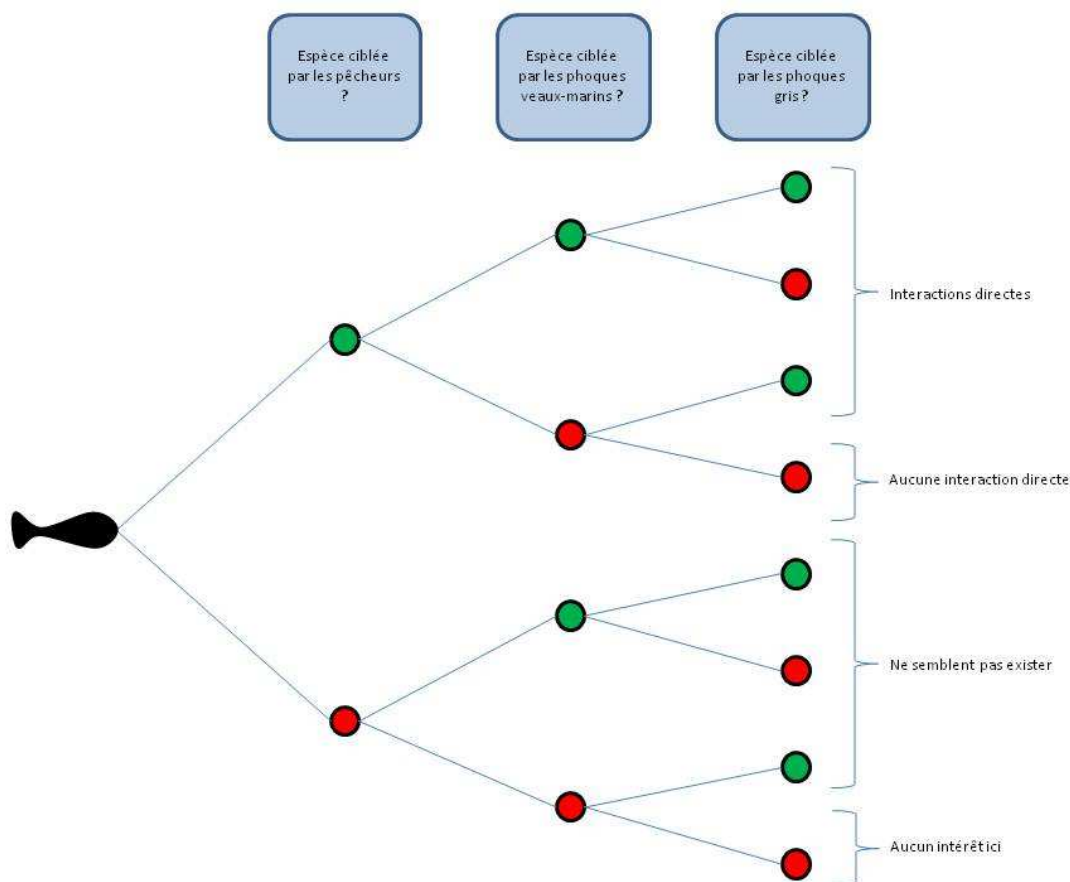


Figure 54 : Les possibilités d'interaction autour d'une ressource halieutique entre pêcheurs et phoques. Vert signifie "oui" et rouge signifie "non".

Dans la pratique, toutes les espèces consommées par les phoques semblent être des espèces ciblées par les pêcheurs, ce qui restreint encore plus le nombre de cas de figure. Il y a donc :

- les espèces qui ne sont pas consommées par les phoques et ne sont pas pêchées (ces espèces ne nous intéressent pas ici),
- les espèces non consommées par les phoques mais qui sont pêchées (aucune interaction directe),
- les espèces consommées par les phoques gris mais pas par les phoques veaux-marins et qui sont pêchées
- les espèces consommées par les phoques veaux-marins mais pas par les phoques gris et qui sont pêchées
- les espèces consommées à la fois par les phoques gris et les phoques veaux-marins et qui sont pêchées

La liste des espèces ciblées par les pêcheries a été établie à partir du rapport du SIH relatif à l'activité des navires de pêche en 2014 dans ce qui est devenu depuis la Région des Hauts-de-France (Anonyme, 2016) et des listes des dénominations commerciales des produits de la mer publiées par la DGCCRF³, en opérant quelques regroupements.

Nous avons établi une liste de 122 taxa exploités qui se répartissent sur ces critères en :

- 90 taxa non (ou peu) consommées localement par les phoques : *Alosa alosa*, *Alosa fallax*, *Amblyraja radiata*, *Anarhichas lupus*, *Anguilla anguilla*, *Atherina boyeri*, *Atherina presbyter*, *Balistes spp.*, *Belone belone*, *Boops boops*, *Buccinum undatum*, *Cancer pagurus*, *Cepola macrophthalma*, *Cerastoderma edule*, *Cetorhinus maximus*, *Chelidonichthys cuculus*, *Chelidonichthys lucerna*, *Chelidonichthys obscurus*, *Citharus linguatula*, *Crangon crangon*, *Cyclopterus lumpus*, *Dalatias licha*, *Dasyatis pastinaca*, *Dicentrarchus labrax*, *Donax spp.*, *Echiichthys vipera*, *Enchelyopus cimbrius*, *Engraulis encrasicolus*, *Esis spp.*, *Euthynnus alletteratus*, *Eutrigla gurnardus*, *Galeorhinus galeus*, *Glycymeris glycymeris*, *Glyptocephalus cynoglossus*, *Gobius niger*, *Gobius paganellus*, *Helicolenus dactylopterus*, *Hippoglossoides platessoides*, *Hippoglossus hippoglossus*, *Homarus gammarus*, *Katsuwonus pelamis*, *Labrus bergylta*, *Labrus mixtus*, *Lampetra fluviatilis*, *Leucoraja naevus*, *Limanda limanda*, *Lophius piscatorius*, *Maja squinado*, *Merluccius merluccius*, *Microstomus kitt*, *Molva dypterygia*, *Mullus surmuletus*, *Mustelus asterias*, *Mustelus mustelus*, *Myoxocephalus spp.*, *Mytilus edulis*, *Necora puber*, *Osmerus eperlanus*, *Ostrea edulis*, *Palaemon serratus*, *Paphia spp.*, *Pecten maximus*, *Pegusa lascaris*, *Petromyzon marinus*, *Polititapes rhomboides*, *Raja brachyura*, *Raja clavata*, *Raja microocellata*, *Raja montagui*, *Raja undulata*, *Reinhardtius hippoglossoides*, *Ruditapes decussatus*, *Salmo salar*, *Salmo trutta trutta*, *Scomber scombrus*, *Scrobicularia plana*, *Scyliorhinus canicula*, *Scyliorhinus stellaris*, *Sepia officinalis*, *Solen spp.*, *Sparus aurata*, *Spondyliosoma cantharus*, *Squalus acanthias*, *Tellina spp.*, *Torpedo marmorata*, *Trachurus trachurus*, *Trigla lyra*, *Trigloporus lastoviza*, *Venus spp.*, *Zeus faber*.
- 12 espèces consommées par les phoques gris mais pas (ou peu) par les veaux-marins : *Ciliata mustela*, *Clupea harengus*, *Gadus morhua*, *Gaidropsarus vulgaris*, *Loligo forbesii*, *Loligo vulgaris*, *Molva molva*, *Pollachius pollachius*, *Pollachius virens*, *Sprattus sprattus*, *Trisopterus esmarkii*, *Trisopterus minutus*.

³ <http://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Consommation/Etiquetage-des-produits/Produits-de-la-mer-et-d-eau-douce/Listes-des-denominations-commerciales>, page consultée le 13 février 2017

- 6 espèces consommées localement par les phoques veaux-marins mais pas (ou peu) par les gris : *Callionymus lyra*, *Chelon labrosus*, *Liza aurata*, *Liza ramada*, *Sardina pilchardus*, *Trachinus draco*.
- 14 espèces consommées par les deux espèces de phoques à la fois : *Ammodytes marinus*, *Ammodytes tobianus*, *Arnoglossus laterna*, *Buglossidium luteum*, *Hyperoplus lanceolatus*, *Lepidorhombus whiffiagonis*, *Merlangius merlangus*, *Microchirus variegatus*, *Platichthys flesus*, *Pleuronectes platessa*, *Scophthalmus maximus*, *Scophthalmus rhombus*, *Solea solea*, *Trisopterus luscus*.

Si nous insistons autant dans l'écriture sur "pas (ou peu)" et sur "localement", c'est que le régime alimentaire des phoques veaux-marins en particulier peut varier d'une colonie à une autre. Il pourrait également varier à l'avenir en fonction de l'état des ressources.

3.3.3 Les matrices

En ce qui concerne les stocks et les quantités de poissons pêchés, le SIH (Système d'Information Halieutique) aurait dû être la principale source d'information pour construire des matrices espace-temps-stock si son accessibilité était plus effective qu'elle ne l'est (pour des raisons de confidentialité). Nous avons donc dû procéder autrement.

En ce qui concerne les stocks, nous avons donc utilisé les données de l'atlas CHARM (Carpentier *et al.*, 2009) pour les principales espèces exploitées (données issues principalement des campagnes CGFS et BTS de 1988 à 2006). Ces données sont accessibles au format .adf sur le serveur sextant.ifremer.fr. Nous avons dû les compléter pour les secteurs plus côtiers, en particulier en baie de Somme, par des données issues des campagnes SRETIE 92 (Elkaïm, 1992) et Penly IGA de 2004 à 2008 (Halgand *et al.*, 2005, 2006, 2007 ; Schlaich *et al.*, 2008, 2009). Ces dernières avaient été compilées précédemment, ce qui nous a facilité la tâche (Meirland et Rolet, 2010).

En ce qui concerne les quantités de poissons pêchés, nous avons couplé deux informations pour obtenir des cartes de débarquement par carré statistique : d'une part les cartes de débarquement par trimestre et par rectangle statistique que fournit l'atlas CHARM (Carpentier *et al.*, 2009) pour les principales espèces exploitées et d'autre part les cartes d'abondance à l'échelle de la Manche pour les mois de juillet et d'octobre. Nous avons considéré que les cartes d'abondance du quatrième trimestre pouvaient s'appliquer au premier trimestre, et que celles du troisième trimestre pouvaient s'appliquer au deuxième.

Les données de pêche sont déterminées par utilisation des données VMS (Vessel Monitoring System). Ces données renseignent sur la localisation des bateaux de pêche (Mills *et al.*, 2007), et permettent d'obtenir des données en temps réel et en haute définition de présence de bateaux sur la zone en question (Lee *et al.*, 2010). Elles sont largement utilisées pour l'évaluation de l'effort de pêche (Lambert *et al.*, 2012). Ces données ont été obtenues par numérisation de cartes issues de groupes de travail du CIEM (Figure 55).

Les résultats des enquêtes nous ont amené à essayer une analyse à un niveau plus fin que tout métier de pêche confondu. Nous avons donc aussi créé une matrice spécifique aux trémailleurs qui se disent et dont on dit qu'ils sont plus impactés que les autres par la présence des phoques.

En ce qui concerne les quantités prédatées par les phoques, elles sont issues de l'axe 2 et tiennent compte à la fois du régime alimentaire des deux espèces et des zones de chasse (Figure 56).

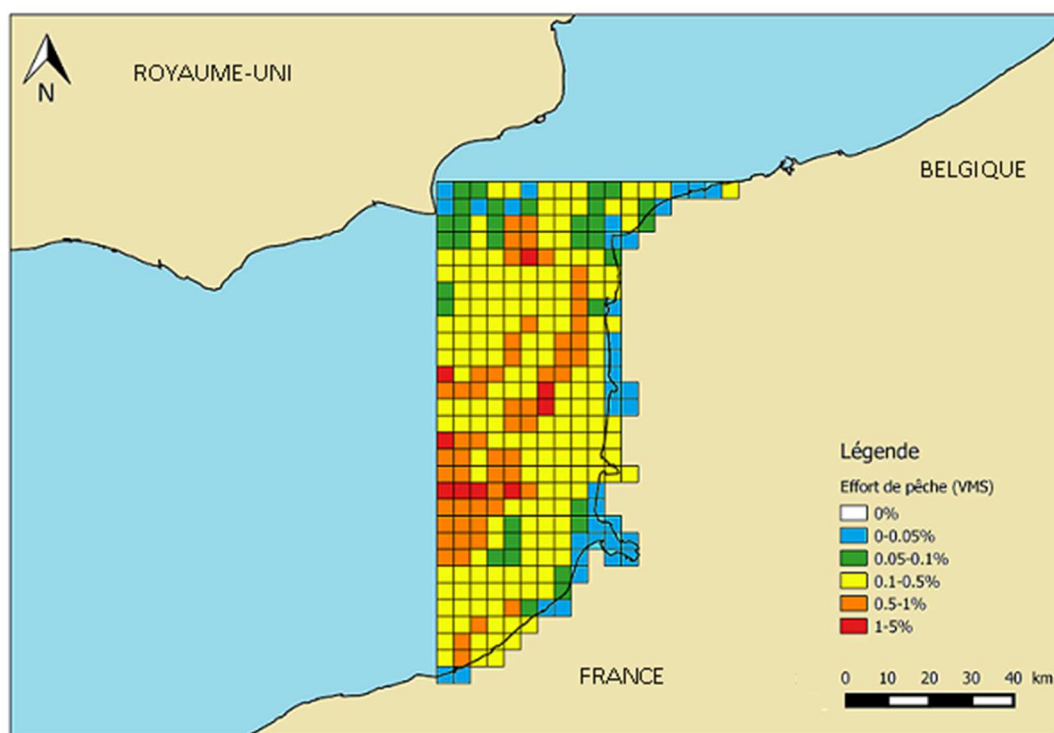


Figure 55 : Représentation de la matrice Espace-Quantités pêchées.

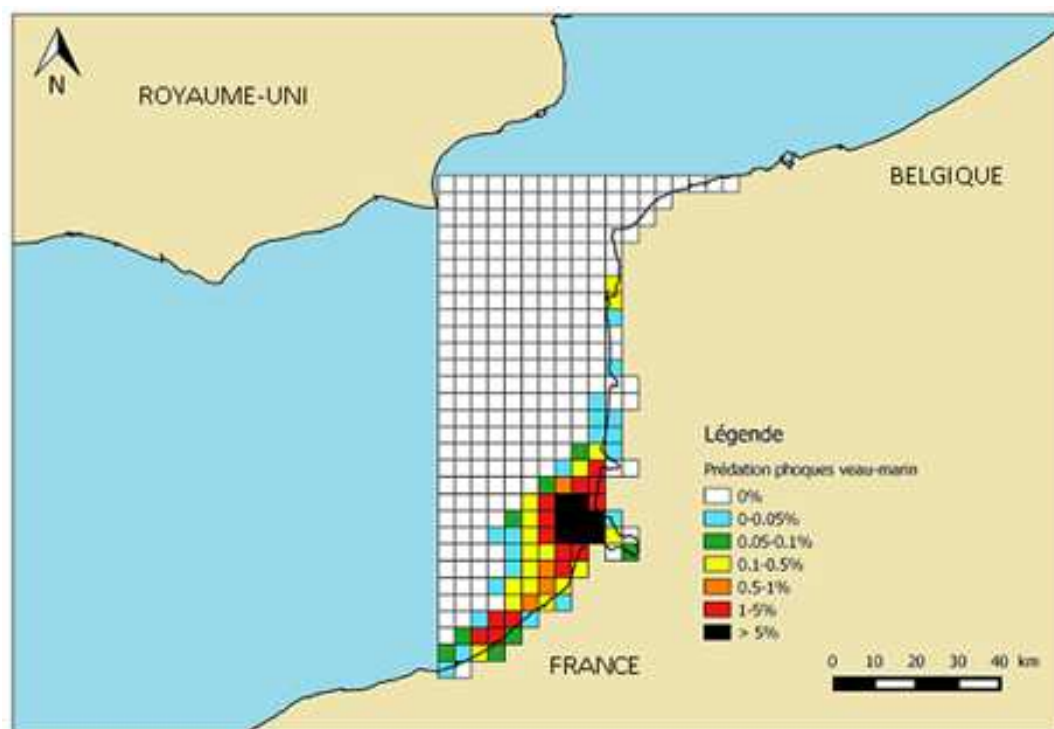


Figure 56 : Représentation de la matrice Espace-Quantités prédatées par les phoques veaux-marins.

3.3.4 Calcul des indices

L'indice de chevauchement trophique retenu repose sur le principe de Hansson, tel que présenté par Lafaille *et al.* (1999). Noté NO (pour "Niche Overlap"), il est le produit de l'indice de chevauchement alimentaire de Schoener (1970), noté dm, et de l'indice de chevauchement géographique et temporel, noté gm.

$$dm = 1 - 0,5 \times \left(\sum_{im} |P_{xi} - P_{yi}| \right)$$

$$gm = 1 - 0,5 \times \left(\sum_{km} (\% CPUE_{xk} - \% CPUE_{yk}) \right)$$

avec m le mois, P_{xi} et P_{yi} les proportions de l'espèce i dans le régime alimentaire des espèces x et y (ou la pêche si x ou y correspondent aux pêcheurs) et $CPUE_{xk}$ et $CPUE_{yk}$ les proportions des Captures par Unité d'Effort dans le carré statistique k au mois m.

Nous avons choisi de travailler à partir des pourcentages de tonnages pêchés ou prédatés (Tableau 14) et non des effectifs ou des valeurs marchandes. La plupart des données de pêche proviennent de la criée de Boulogne-sur-Mer pour les années 2015 et 2016. Elles sont complétées pour les espèces les moins abondantes de données plus anciennes donnant les proportions relatives des unes par rapport aux autres.

Tableau 14 : Données (% des tonnages à l'échelle de l'année) permettant le calcul de l'indice de chevauchement alimentaire.

Taxon	Pêche	Phoque veau-marin	Phoque gris
Ammodytidae	0,01%	1,15%	0,33%
<i>S. sprattus</i>	0,02%	0,00%	0,22%
<i>T. draco</i>	0,27%	1,80%	0,00%
<i>B. luteum/M. variegatus</i>	0,40%	23,33%	1,21%
Bothidea	0,50%	1,45%	0,03%
<i>C. lyra</i>	1,09%	5,86%	0,00%
Mugilidae	1,45%	0,20%	0,00%
<i>T. luscus</i>	1,78%	0,00%	7,63%
<i>Solea</i> spp.	2,31%	36,85%	16,36%
<i>P. platessa/P. flesus</i>	2,44%	24,65%	40,05%
<i>S. pilchardus</i>	2,74%	1,81%	0,00%

Loliginidae	4,72%	0,00%	14,64%
<i>C. harengus</i>	7,32%	0,00%	12,21%
<i>M. merlangus</i>	11,30%	0,09%	5,52%
Autres gadidés	12,50%	0,00%	0,77%
Divers	51,15%	2,81%	1,02%
TOTAL	100,00%	100%	100%

A partir de ces données, il est possible de calculer un indice de chevauchement alimentaire entre les pêcheurs et chacune des espèces de phoques et même avec les deux espèces réunies en tenant compte des quantités consommées par chacune.

Il ressort de ces calculs que le chevauchement alimentaire entre les pêcheurs et les phoques gris est deux fois plus élevé qu'entre les pêcheurs et les phoques veaux-marins (Figure 56). Mais le chevauchement alimentaire entre pêcheurs et phoques reste modéré ($dm = 0,25$).

En revanche, il est élevé entre les deux espèces de phoques ($dm = 0,44$).

Chevauchement alimentaire

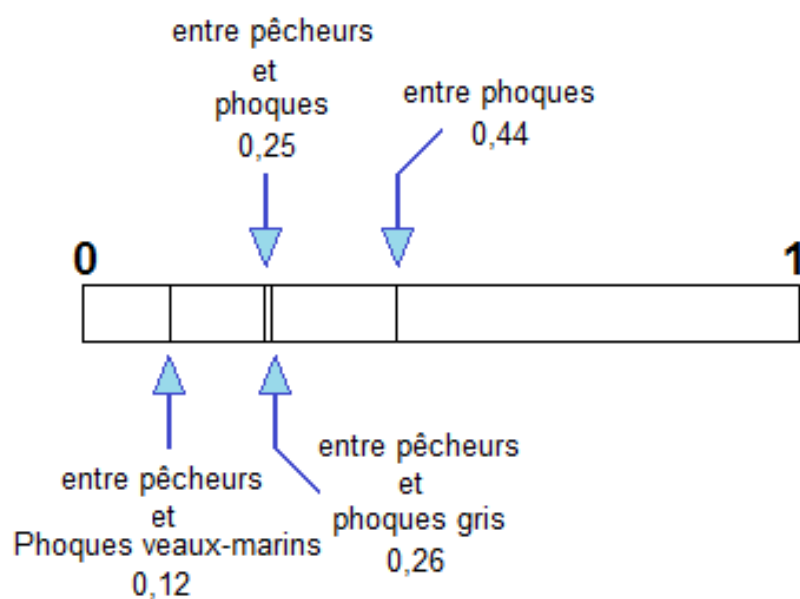
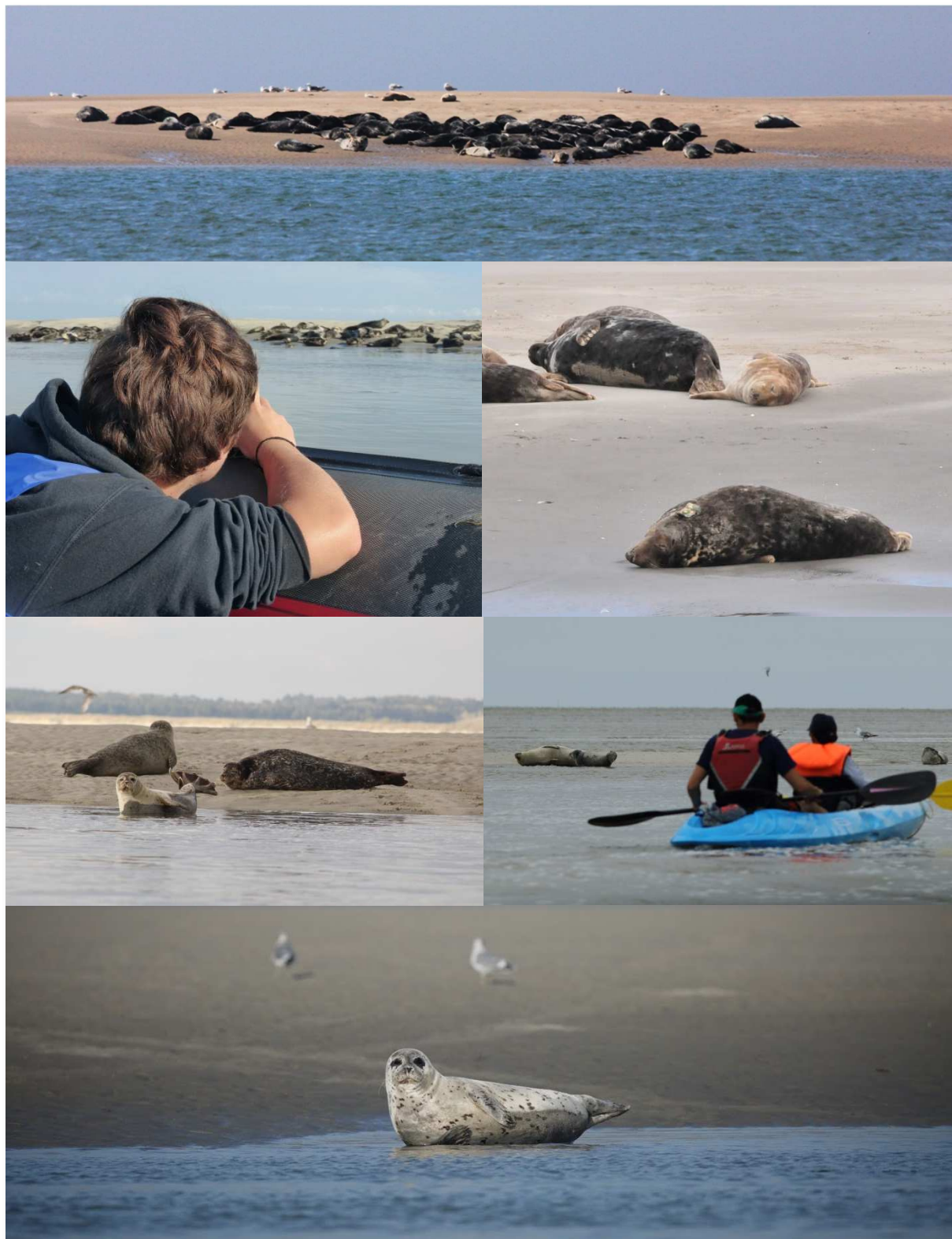


Figure 57 : Chevauchement alimentaire : 0 = aucun chevauchement ; 1 = chevauchement total.

Le chevauchement géographique et temporel est faible avec une valeur de 0,08 entre les pêcheurs et les phoques veau-marins, d'où un chevauchement trophique très faible d'environ 0,0096. Compte-tenu de la vaste zone au sein de laquelle les phoques gris s'alimentent, leur effort de prédation est beaucoup plus "étalé" dans l'espace. Le chevauchement trophique qui en découle est donc très faible. Ces calculs ont été menés en prenant tous les métiers en considération (total des débarques provenant de la zone d'étude).

Si l'on considère uniquement les trémailleurs, la valeur de dm augmente un petit peu entre eux et les phoques veaux-marins ($dm = 0,17$) et diminue fortement entre eux et les phoques gris ($dm = 0,13$), conduisant à une valeur globale de $dm = 0,16$. En revanche, il est raisonnable de penser que le chevauchement géographique et temporel augmente fortement entre phoques veaux-marins et trémailleurs sans pour autant que l'on soit capable de le calculer à la même échelle que précédemment. En effet, les petites unités de pêche (qui à l'échelle de la façade représentent un faible tonnage débarqué) ne disposent pas de VMS, données nécessaires pour calculer de temps d'effort de pêche dans chaque carré statistique. Globalement, il doit s'approcher de 1, ce qui conduirait à un chevauchement trophique de l'ordre de 0,17 entre phoques veaux-marins et trémailleurs, soit environ une interaction 18 fois plus élevée que pour l'ensemble de la profession. Cela reste une approximation. Pour mener à bien le calcul sur ce métier, il conviendrait de disposer de données de localisation des navires sur un nombre suffisant et représentatif d'unités.

Conclusion et perspectives



Crédits photos : Clémentine Brévert (haut), Yann Planque (centre haut gauche, centre bas droit), Régis Delcourt (centre haut droit), Sarah Monnet (centre bas gauche), François Méranter (bas)

Deux espèces de phoques fréquentent actuellement les eaux côtières de la Région des Hauts-de-France : leurs effectifs sont en augmentation, les deux espèces se nourrissent majoritairement de poissons, et le public non averti ne sait pas nécessairement les distinguer. De **nombreuses différences existent néanmoins entre ces deux espèces.**

Le **phoque veau-marin**, présent depuis plusieurs décennies, reste actuellement l'**espèce majoritaire** en termes de nombre d'individus recensés à terre. La baie de Somme abrite la principale colonie (dans la région mais aussi plus globalement en France métropolitaine), et les effectifs de phoques veaux-marins **continuent d'augmenter** sur tous les sites où ils sont observés dans la région. Le taux d'augmentation de population a diminué en baie d'Authie ces deux dernières années, mais la poursuite du suivi dans les années à venir apparaît nécessaire pour confirmer cette tendance. La colonie de la baie de Somme est caractérisée par une part importante de **jeunes individus**. Les phoques veaux-marins étudiés ici sont capables de **se déplacer sur quelques dizaines voire une centaine de kilomètres**, comme l'ont démontré les suivis par balises ou les recaptures photographiques réalisées de la baie de Somme à la baie de Canche. Ils restent néanmoins moins mobiles que les phoques gris, et il est donc supposé que cette population reste globalement **relativement sédentaire** (même si des échanges entre colonies sont supposés, en particulier par les plus jeunes individus). Ce comportement a d'importantes conséquences pour la **gestion de l'espèce**, qui peut plus facilement être envisagée à l'échelle de la région. En effet, compte tenu de l'espace vital probable de ces phoques veaux-marins et de leurs zones de chasse, les habitats qu'ils fréquentent et exploitent ne dépassent pas ceux des eaux territoriales françaises en région Hauts-de-France, et sont majoritairement inclus au sein du **Parc naturel marin des estuaires picards et de la mer d'Opale** qui a donc une responsabilité forte vis-à-vis de ces colonies. Cette espèce se nourrit très majoritairement de **juvéniles de poissons plats** (soléidés et pleuronectidés). Ces proies sont prélevées à **proximité des reposoirs des phoques**, en sortie de baie pour les baies de Somme et d'Authie, seules colonies pour lesquelles les zones de chasse sont décrites à ce jour. Pour ces deux baies, les données de régime alimentaire des phoques ont permis d'estimer que la population de phoques veaux-marins a **consommé de 592 [490-701] à 750 [632-878] tonnes de proies par an**, toutes espèces confondues, entre 2015 et 2017. L'incertitude liée à ces estimations est soulignée (chiffres entre crochets), et l'acquisition de données se poursuit dans les autres sites afin de disposer à l'avenir d'estimations similaires pour les autres colonies. L'une des principales interrogations sur cette espèce de phoques concerne les conséquences d'une **éventuelle compétition avec le phoque gris**. En effet, plusieurs études à l'étranger ont suggéré un possible impact négatif du phoque gris sur le phoque veau-marin. Par ailleurs, le phoque veau-marin est la plus sensible des deux espèces de phoques aux **épizooties à morbillivirus**, qui ont fortement impacté les populations européennes à plusieurs reprises ces dernières décennies. Une nouvelle épizootie n'est pas à exclure dans les années à venir, et pourrait influencer la dynamique de population des phoques veaux-marins en Manche Nord Est.

Les **phoques gris** sont **arrivés plus récemment** dans la région. Si leurs nombres sur les reposoirs de la région n'atteignent pas ceux des phoques veaux-marins, leurs effectifs ont **augmenté** exponentiellement cette dernière décennie. Ces taux d'augmentation ne sont néanmoins plus aussi importants qu'ils l'étaient il y a seulement deux ans : il est donc **impossible de projeter l'évolution des effectifs** de phoques gris, comme de phoques veaux-marins, à l'échelle de plusieurs années à venir. La provenance de ces individus est en revanche bien établie : il s'agit très certainement de phoques gris issus des colonies reproductrices de **mer du Nord**, soit côté britannique soit du côté de la mer de Wadden (Pays-Bas et Allemagne). Ces phoques gris sont principalement observés dans la région en été, c'est-à-dire en dehors de leur période de reproduction et de mue, et l'observation de naissances de phoques gris reste anecdotique : ces phoques gris, **majoritairement des mâles**

adultes, viennent donc dans la région **saisonnièrement** pour **reconstituer leurs réserves corporelles** (en chassant), avant de retourner se reproduire en mer du Nord. Les suivis par balise ont permis de confirmer ces hypothèses suggérées par la présence saisonnière des phoques gris sur les reposoirs dans les colonies. La **grande mobilité** de cette espèce est déjà connue de longue date, et explique que de nombreux auteurs considèrent qu'il n'existe qu'une seule population de phoques gris en Atlantique Nord-Est (hors mer Baltique). Cette grande mobilité a également des conséquences dans l'utilisation des habitats et ressources halieutiques par ces phoques gris. Leurs **zones de chasse** sont en effet **beaucoup plus étendues et diversifiées** que celles des phoques veaux marins : si certains individus chassent a priori le long des côtes à proximité des trois estuaires picards (Somme, Authie et Canche), d'autres partent au milieu de la Manche pendant plusieurs jours voire semaines pour s'y nourrir. Les interactions entre ces phoques gris et les activités de pêche doivent donc être étudiées à une toute autre échelle spatiale que celle préconisée pour les interactions entre pêches et phoques veaux-marins. Le régime alimentaire des phoques gris se posant en baie de Somme est majoritairement constitué de **poissons plats** (solénidés et pleuronectidés), mais en **moins grande proportion** que pour les phoques veaux-marins et avec, globalement, des **proies de plus grande taille**. Ils consomment également des **harengs** et des **encornets**, notamment. Compte tenu des effectifs de phoques gris en augmentation ces trois dernières années, en baie de Somme et d'Authie, leur consommation totale de proies a été estimée entre **422** [369-476] et **750** [675-827] tonnes par an de 2015 à 2017. Elle égale donc à présent la consommation totale de proies par les phoques veaux-marins. Ces chiffres cachent néanmoins certaines **variations saisonnières**, puisque les phoques gris prélèvent majoritairement ces ressources en **été**, période pendant laquelle leur consommation excéderait nettement celle des phoques veaux-marins. La forte mobilité des phoques gris, leur présence surtout saisonnière, leur dépendance à des sites de reproduction (et de mue) situés le long des côtes britanniques ou néerlandaises **compliquent la faisabilité et l'efficacité de mesures locales ou régionales de gestion et de conservation des phoques gris**. Elles soulignent en revanche le besoin impératif de **collaboration à l'échelle internationale** pour une meilleure compréhension et gestion de cette espèce et de ses interactions avec les activités humaines.

Les **interactions entre les phoques et les activités humaines** sont nombreuses. Elles concernent aussi bien les activités de pêche (concurrence) que les activités de tourisme et les activités sportives (attire mais aussi dérangement). La plupart des acteurs rencontrés (pêcheurs, touristes et les professionnels du tourisme, sportifs, aménageurs et habitants du littoral) témoignent de leur prise de conscience de ces interactions. Des besoins de **formation** (comment mieux tirer parti de leur présence), d'**information** (combien sont-ils ? nos pratiques sont-elles gênantes ?), de **gestion des flux touristiques** sont exprimés. Des craintes concernant l'**évolution réglementaire** et l'**état des stocks halieutiques** sont également formulées. Lorsque les impacts des activités humaines sur les phoques sont abordés, beaucoup d'acteurs ont tendance à estimer que leur pratique n'est pas impactante, contrairement à celle des autres. Le diagnostic est loin d'être partagé entre les différentes catégories d'utilisateurs qui n'ont aucun mot commun pour décrire leur ressenti. **Le rapport de force très déséquilibré entre tourisme et pêche** contribue probablement au ressenti des acteurs de la pêche. Le **chevauchement alimentaire** (sans tenir compte de la répartition spatiale) entre les pêcheurs et les phoques gris est deux fois plus élevé qu'entre les pêcheurs et les phoques veaux-marins. Il conviendra donc **de surveiller l'évolution des populations de phoques gris** et leur **impact potentiel** sur les autres compartiments des réseaux trophiques, des phoques veaux marins à l'Homme. Mais le chevauchement alimentaire entre pêcheurs et phoques reste modéré ($dm = 0,25$). Les **trémailleurs** font figure d'exception avec un niveau d'interaction 18 fois plus élevé que pour

l'ensemble de la profession avec les phoques veaux-marins, même si globalement les valeurs de chevauchement trophique restent faibles.

Les résultats décrits dans ce projet, mais aussi les incertitudes et manques qui y sont liées, nous amènent à émettre les **recommandations** suivantes, pour une meilleure connaissance des populations de phoques et une meilleure appréhension de leurs interactions avec les activités humaines, à moyen et long terme :

- Les **comptages des phoques sur leurs reposoirs terrestres** doivent être poursuivis pour préciser ou détecter les tendances dans les effectifs recensés. Les comptages réalisés pendant le projet Eco-Phoques ont en effet suggéré, sur certains sites, que les taux d'augmentation étaient inférieurs à ce qu'ils étaient il y a quelques années. Cette tendance doit être confirmée, et une attention particulière sera portée à l'impact éventuel de l'augmentation du nombre de phoques gris sur l'évolution des effectifs de phoques veaux-marins.

- La poursuite des efforts de **photo-identification** est fortement encouragée, à la fois sur les sites sur lesquels elle est déjà réalisée, mais également sur les sites non couverts, de façon à obtenir une base de données permettant, à terme, d'estimer des taux de survie, des tailles totales de population ou des taux d'émigration/immigration saisonnière grâce aux analyses par « capture-marquage-recapture ».

- L'analyse du **régime alimentaire**, et plus largement des traceurs écologiques, doit être poursuivie afin de mieux décrire les variations saisonnières d'alimentation des phoques gris et phoques veaux-marins, et de mieux appréhender les interactions entre ces deux espèces de phoques d'une part, et entre ces prédateurs marins et l'Homme d'autre part. En particulier, il est fortement recommandé de récolter des fèces, d'une part, **dans les colonies pour lesquelles ces échantillons ne sont pas disponibles** à ce jour, ou qui sont actuellement en nombre insuffisant pour décrire de façon fiable le régime alimentaire, et d'autre part, aux **saisons** non encore couvertes par les échantillonnages actuellement disponibles. Les analyses présentées dans ce rapport ont en effet souligné l'existence de variations saisonnières du régime alimentaire du phoque gris, et ceci doit également être étudié pour le phoque veau-marin. L'échantillonnage des **contenus stomacaux des phoques échoués morts**, le long du littoral des Hauts-de-France, permettra également d'apporter des informations complémentaires pertinentes sur les habitudes alimentaires de ces prédateurs.

- la comparaison, quantitative et qualitative (spatiale) des biomasses halieutiques prélevées par les phoques et par les activités humaines de pêche a été confrontée à la **difficulté d'accès à certaines données de pêche**. Un accès facilité à ces données permettrait de mieux décrire et quantifier les interactions entre les phoques et ces activités de pêche.

- Les enquêtes réalisées auprès des différents usagers du littoral ont permis de souligner un **manque d'information** auprès de tous les publics, et de **formation** des professionnels (du tourisme notamment) sur la présence et l'écologie des phoques en région Hauts-de-France. Des **initiatives visant à réduire ces lacunes** devraient être encouragées pour une meilleure connaissance de ces espèces protégées, de leur rôle dans les écosystèmes marins et des interactions potentielles entre ces mammifères marins et les activités humaines.

Références bibliographiques

- Acevedo-Gutiérrez A., Acevedo L., Boren L. 2011. Effects of the presence of official-looking volunteers on harassment of New Zealand fur seals. *Conservation Biology* 25: 623-627.
- Ahrens L., Siebert U., Ebinghaus R. 2009. Temporal trends of polyfluoroalkyl compounds in harbor seals (*Phoca vitulina*) from the German Bight, 1999–2008. *Chemosphere* 76: 151-158.
- Andersen S. M., Teilmann J., Dietz R., Schmidt N. M., Miller L. A. 2012. Behavioural responses of harbour seals to human-induced disturbances. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22: 113-121.
- Andersen S. M., Teilmann J., Dietz R., Schmidt N. M., Miller L. A. 2014. Disturbance-induced responses of VHF and satellite tagged harbour seals. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24: 712-723.
- Anonyme 2016. Activité des navires de pêche 2014. Région Nord Pas de Calais. SIH. IFREMER. 18 p.
- Anglade, M. 2017. Structure de la population de phoques veaux-marins en baie de Somme. Stage de Licence 3. Picardie Nature/Université de La Rochelle. Mai 2017. 19 PP.
- Arnould J. P. Y. 2009. Southern Fur Seals: *Arctocephalus* spp. in Würsig B., Thewissen J. G. M. (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals* (Second Edition). Academic Press, London: 1079-1084.
- Austin, D., D. Bowen, J. McMillan and D. Boness. 2006. Stomach temperature telemetry reveals temporal patterns of foraging success in a free-ranging marine mammal. *Journal of Animal Ecology* 75: 408-420.
- Bigg, M. A. 1969. The harbor seal in British Columbia. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada* 172:1-33.
- Boland R. C., Donohue M. J. 2003. Marine debris accumulation in the nearshore marine habitat of the endangered Hawaiian monk seal, *Monachus schauinslandi* 1999–2001. *Marine Pollution Bulletin* 46: 1385-1394.
- Bonner W. N. 1978. Man's impact on seals. *Mammal Review* 8: 3-13.
- Boyd, I. L. 2002. Estimating Food Consumption of Marine Predators: Antarctic Fur Seals and Macaroni Penguins. *Journal of Applied Ecology* 39 (1): 103–19.
- Bowen W., S. Ellis, S.L. Iverson, D.J. Boness. 2003. Maternal and newborn life-history traits during periods of contrasting population trends: implications for explaining the decline of harbor seals (*Phoca vitulina*), on Sable Island. *Journal of Zoology, London* 261: 155-163.
- Bowen, W. and D. Lidgard. 2013. Marine mammal culling programs: review of effects on, predator and prey populations. *Mammal Review* 43: 207-220.
- Brandt M. J., Höschle C., Diederichs A., Betke K., Matuschek R., Witte S., Nehls G. 2013. Far-reaching effects of a seal scarer on harbour porpoises, *Phocoena phocoena*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 23: 222-232.
- Butler J. R. A., Middlemas S. J., McKelvey S. A., McMyn I., Leyshon B., Walker I., Thompson P. M., Boyd I. L., Duck C., Armstrong J. D., Graham I. M., Baxter J. M. 2008. The Moray Firth Seal Management Plan: An adaptive framework for balancing the conservation of seals, salmon,

- fisheries and wildlife tourism in the UK. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18 : 1025-1038.
- Brasseur, S.M.J.M. 2017. Seals in motion – How movements drive population development of harbour seals and grey seals in the North Sea. PhD thesis. Wageningen University, August 2017. 176 PP.
- Breed G., I. Jonsen, R. Myers, D. Bowen and M. Leonard. 2009. Sex-specific, seasonal foraging tactics of adult grey seals (*Halichoerus grypus*) revealed by state-space analysis. *Ecology* 90(11): 3209-3221.
- Breed, G., W. Bowen and M. Leonard. 2011. Development of foraging strategies with age in a long-lived marine predator. *Marine Ecological Progress Series* 431: 267-279.
- Brevart C., Karpouzopoulos J. 2016. Suivi des mammifères marins dans le cadre du projet “Calais Port 2015” : Bilan année 2015 20: 11-12.
- Brown, E. G., and G. J. Pierce. 1998. Monthly Variation in the Diet of Harbour Seals in Inshore Waters along the Southeast Shetland (UK) Coastline. *Marine Ecology Progress Series* 167: 275–89.
- Butler J. R. A., Middlemas S. J., McKelvey S. A., McMyn I., Leyshon B., Walker I., Thompson P. M., Boyd I. L., Duck C., Armstrong J. D., Graham I. M., Baxter J. M. 2008. The Moray Firth Seal Management Plan: An adaptive framework for balancing the conservation of seals, salmon, fisheries and wildlife tourism in the UK. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18: 1025-1038.
- Carpentier A, Martin CS, Vaz S 2009. Channel Habitat Atlas for marine Resource Management, final report (CHARM phase II). *INTERREG programme Ifremer*. 629 PP.
- Cassini M. H. 2001. Behavioural responses of South American fur seals to approach by tourists - A brief report. *Applied Animal Behaviour Science* 71: 341-346.
- Corten, Ad. 2013. Recruitment Depressions in North Sea Herring. *ICES Journal of Marine Science* 70 (1): 1–15.
- Cosgrove R., Gosch M., Reid D., Sheridan M., Chopin N., Jessopp M., Cronin M. 2015. Seal depredation in bottom-set gillnet and entangling net fisheries in Irish waters. *Fisheries Research* 172: 335-344.
- Cowling M., Kirkwood R., Boren L. J., Scarpaci C. 2014. The effects of seal-swim activities on the New Zealand fur seal (*Arctophoca australis forsteri*) in the Bay of Plenty, New Zealand, and recommendations for a sustainable tourism industry. *Marine Policy* 45: 39-44.
- Cowling M., Kirkwood R., Boren L., Sutherland D., Scarpaci C. 2015. The effects of vessel approaches on the New Zealand fur seal (*Arctocephalus forsteri*) in the Bay of Plenty, New Zealand. *Marine Mammal Science* 31: 501-519.
- Cunningham, L. 2009. Using computer-assisted photo-identification and capture-recapture techniques to monitor the conservation status of harbour seals (*Phoca vitulina*). *Aquatic Mammals* 35(3): 319-329.
- De Niro M. J., Epstein S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42: 495–506.

- De Niro M. J., Epstein S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45: 341–351.
- Dupuis L. & Vincent C. 2013 Évolution de la colonie de phoques de la baie de Somme (France) : Phoque veau marin *Phoca vitulina vitulina* et Phoque gris *Halichoerus grypus* de 1986 à 2012. *Avocette* 37(2): 363-375.
- Elkaim B 1992. Déterminisme des mécanismes de l'évolution biosédimentaire dans un estuaire macrotidal : la Baie de Somme. *Rapport Ministère de l'Environnement*, 35-44.
- Fauchald P., Tveraa T. 2003. Using first-passage time in the analysis of area-restricted search and habitat selection. *Ecology* 84: 282-288.
- Fedak M., Lovell P., Grant S. 2001. Two approaches to compressing and interpreting time-depth information as collected by time-depth recorders and satellite-linked data recorders. *Marine Mammal Science* 17: 94-110.
- Gales N. J. 2009. New Zealand Sea Lion: *Phocarctos hookeri*. in Würsig B., Thewissen J. G. M. (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals* (Second Edition). Academic Press, London: 763-765.
- Gallon S.L., Sparling C.E., Georges J.-Y., Fedak M. A., Biuw M., Thompson D., 2007. How fast does a seal swim? Variations in swimming behaviour under differing foraging conditions. *Journal of Experimental Biology* 210: 3285-3294.
- Gérondeau M., Barbraud C., Ridoux V., Vincent C. 2007. Abundance estimate and seasonal patterns of grey seal (*Halichoerus grypus*) occurrence in Brittany, France, as assessed by photo-identification and capture-mark-recapture. *Journal of Marine Biological Association, U.K.* 86 :365-372.
- Goldsworthy S. D., Page B. 2007. A risk-assessment approach to evaluating the significance of seal bycatch in two Australian fisheries. *Biological Conservation* 139: 269-285.
- Goulet, A.M., Hammill M. O., Barrette C. 2001. Movements and Diving of Grey Seal Females (*Halichoerus Grypus*) in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Polar Biology* 24 (6): 432–39.
- Granquist S. M., Nilsson P.-Å. 2016. Who's watching whom? – An interdisciplinary approach to the study of seal-watching tourism in Iceland. *Journal of Cleaner Production* 111: 471-478.
- Granquist S. M., Nilsson P.-Å. 2016. Who's watching whom? – An interdisciplinary approach to the study of seal-watching tourism in Iceland. *Journal of Cleaner Production* 111: 471-478.
- Granquist S. M., Sigurjonsdottir H. 2014. The effect of land based seal watching tourism on the haul-out behaviour of harbour seals (*Phoca vitulina*) in Iceland. *Applied Animal Behaviour Science* 156: 85-93.
- Hagevik E. M. 1994. Le musée du Svalbard: le musée le plus septentrional du monde. *Museum International (Edition Francaise)* 46: 37-40.
- Hammill, M, et Stenson G. 2000. Estimated Prey Consumption by Harp Seals (*Phoca Groenlandica*), Hooded Seals (*Cystophora Cristata*), Grey Seals (*Halichoerus Grypus*) and Harbour Seals (*Phoca Vitulina*) in Atlantic Canada. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 26 (December): 1–23.
- Härkönen, T. 1986. Guide to the Otoliths of the Bony Fishes of the Northeast Atlantic. Hellerup, Denmark : Danbiu ApS. Biological consultants. 256PP.

- Harlay, X., Koubbi P., Grieco A. 2001. Ecology of Plaice (*Pleuronectes Platessa*) in Fish Assemblages of Beaches of the Opale Coast (North of France) during Spring 1997. *Cybiurn* 25 (March).
- Hermannsen L., Mikkelsen L., Tougaard J. 2015. Review: Effects of seal scarers on harbour porpoises. Aarhus University. 23 p.
- Hewer, H. R. 1964. The Determination of Age, Sexual Maturity, Longevity and a Life-Table in the Grey Seal (*Halichoerus Grypus*). *Proc. Zool. Soc. London* 142: 593–624.
- Hiby L. and P. Lovell. 1990. Computer aided matching of natural markings: a prototype system for grey seals. *Report of the International Whaling Commission* special issue 12: 57-61.
- Hirons, A.C., D.M. Schell and D.J. St. Aubin. 2001. Growth rates of vibrissae of harbor seals (*Phoca vitulina*) and Steller sea lions (*Eumetopias jubatus*). *Canadian Journal of Zoology* 79: 1053-1061.
- Hoover-Miller A., Bishop A., Prewitt J., Conlon S., Jezierski C., Armato P. 2013. Efficacy of voluntary mitigation in reducing harbor seal disturbance. *The Journal of Wildlife Management* 77: 689-700.
- Houle J. E., de Castro F., Cronin M. A., Farnsworth K. D., Gosch M., Reid D. G. 2016. Effects of seal predation on a modelled marine fish community and consequences for a commercial fishery. *Journal of Applied Ecology* 53:54-63.
- Huon M. 2017. Inter and intra specific interactions in marine habitat selection of two sympatric seal species in the Northeast Atlantic. Thèse de doctorat à l'Université de La Rochelle, novembre 2017. 276 PP.
- ICES 2016. Report of the Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME). ICES Advisory Committee, 8-11 February 2016, Madrid, Spain. 118 PP.
- INJEP 2017. Les chiffres clés du sport. Ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports. 16 PP.
- Jansen J. K., Boveng P. L., Ver Hoef J. M., Dahle S. P., Bengtson J. L. 2015. Natural and human effects on harbor seal abundance and spatial distribution in an Alaskan glacial fjord. *Marine Mammal Science* 31: 66-89.
- Kabumbu Bakaji A. 2014. Etude des préférences alimentaires du phoque veau marin (*Phoca vitulina*) dans les baies de Somme et du Mont Saint Michel. Rapport de Master 1, Université de La Rochelle, 17PP.
- Karlsson, O., Hiby, L., Lundberg, T., Jussi, M., Jussi, I., Helander, B. 2005. Photo-identification, site fidelity, and movement of female gray seals (*Halichoerus grypus*) between haul-outs in the Baltic Sea. *Ambio* 34(8): 628-634.
- Kauppinen T., Siira A., Suuronen P. 2005. Temporal and regional patterns in seal-induced catch and gear damage in the coastal trap-net fishery in the northern Baltic Sea: Effect of netting material on damage. *Fisheries Research* 73: 99-109.
- Kleiber, M. 1975. The Fire of Life. An Introduction to Animal Energetics. Robert E. Robert E. Krieger Publishing Co., New York. 454PP.
- Klein D. R. 1972. Problems in conservation of mammals in the North. *Biological Conservation* 4: 97-101.

- Kovacs K. M., Innes S. 1990. The impact of tourism on harp seals (*Phoca groenlandica*) in the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Applied Animal Behaviour Science* 26: 15-26.
- Laffaille P., Feunteun E., Lefeuvre J.-C. 1999. Compétition alimentaire entre deux espèces de gobies, *Pomatoschistus lozanoi* (de Buen) et *P. minutus* (Pallas), dans un marais salé macrotidal. *Compte-rendu Académie des Sciences Paris, Sciences de la vie*, 322, 897-906.
- Lambert G. I., Jennings S., Hiddink J. G., Hintzen N.T., Hinz H., Kaiser M. J., Murray L. G. 2012. Implications of using alternative methods of vessel monitoring system (VMS) data analysis to describe fishing activities and impacts. *ICES Journal of Marine Science*, 69, 682–693.
- Lee J., South A., Jennings S. 2010. Developing reliable, repeatable, and accessible methods to provide high-resolution estimates of fishing-effort distributions from vessel monitoring system (VMS) data. *ICES Journal of Marine Science*, 67, 1260–1271.
- Lesage, V., Hammill, M.O., Kovacs, K.M. 1999. Functional classification of harbor seal (*Phoca vitulina*) dives using depth profiles, swimming velocity, and an index of foraging success. *Canadian Journal of Zoology* 77: 74–87.
- Lowry, L.F., Frost, K.J., Ver Hoep, J., Delon, R.A. 2001. Movements of satellite-tagged subadult and adult harbor seals in Prince William Sound, Alaska, *Marine Mammal Science* 17(4): 835-861.
- Macdonald R. W., Harner T., Fyfe J. 2005. Recent climate change in the Arctic and its impact on contaminant pathways and interpretation of temporal trend data. *Science of The Total Environment* 342: 5-86.
- Mackey, B.L., Durban, J.W., Middlemas, S.J., Thompson, P.M. 2008. A Bayesian estimate of harbour seal survival using sparse photo-identification data. *Journal of Zoology* 274: 18–27.
- McCormack, M. 2015. Assessing the applicability of computer aided photo-identification for pinniped studies through the determination of site fidelity in long island, NY harbor seals (*Phoca Vitulina Concolor*), University of Miami, Master of Science Thesis. 111 PP.
- Meirland A., Rolet C. 2010. Synthèse des informations sur les poisons et le zooplankton de la Baie de Somme : données disponibles au GEMEL. *Rapport GEMEL*. 32 p.
- Mills C. M., Townsend S. E., Jennings S., Eastwood P. D., Houghton C.A. 2007. Estimating high resolution trawl fishing effort from satellite-based vessel monitoring system data. *ICES Journal of Marine Science*, 64, 248–255.
- Mohn R., et Bowen W. D. 1996. Grey Seal Predation on the Eastern Scotian Shelf: Modelling the Impact on Atlantic Cod. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53 (12): 2722–38.
- Moore P. G. 2003. Seals and fisheries in the Clyde Sea area (Scotland): Traditional knowledge informs science. *Fisheries Research* 63: 51-61.
- Morissette, L., W. Christensen and D. Pauly. 2012. Marine mammal impacts in exploited ecosystems: would large scale culling benefit fisheries? *Plos One* 7(9): e43966.
- Northridge S. P., Gordon J. G., Booth C., Calderan S., Cargill A., Coram A., Gillespie D., Lonergan M., Webb A. 2010. Assessment of the impacts and utility of acoustic deterrent devices. Scottish Aquaculture Research Forum. 34 PP.
- Olesiuk, P. F. 1993. Annual Prey Consumption by Harbor Seals (*Phoca Vitulina*) in the Strait of Georgia, British Columbia. *Fishery Bull* 91: 491–515.

- Paul P., Kar T. K., Ghorai A. 2016. Ecotourism and fishing in a common ground of two interacting species. *Ecological Modelling* 328: 1-13.
- Photopoulou T., Lovell P., Fedak M., Thomas L., Matthiopoulos J. 2015. Efficient abstracting of dive profiles using a broken-stick model. *Methods in Ecology & Evolution* 6: 278-288.
- Pianka, E. R. 1974. Niche Overlap and Diffuse Competition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 71 (5): 2141-45.
- Pierce G. J., et Boyle P. R. 1991. A Review of Methods for Diet Analysis in Piscivorous Marine Mammals. *Oceanography and Marine Biology* 29 (29): 409-86.
- Planque Y. 2016. Détermination des zones de chasse de deux phocidés en Manche Orientale par analyse de données télémétriques. Stage de Master 2. CEBC/Université du Littoral Côte d'Opale, juin 2016. 47 PP.
- Reijnders P. J. H. 1976. The Harbour Seal (*Phoca Vitulina*) Population in the Dutch Wadden Sea: Size and Composition. *Netherlands Journal of Sea Research* 10 (2): 223-35.
- Reijnders P. J. H. 1978. 'Recruitment in the Harbour Seal (*Phoca Vitulina*) Population in the Dutch Wadden Sea'. *Netherlands Journal of Sea Research* 12 (2): 164-79.
- Reijnders P. J. H., Verriopoulos G., Brasseur S. M. J. M. 1997. Status of pinnipeds relevant to the European Union. *IBN Scientific Contributions* 8. 195 PP.
- Ridoux, V., Spitz, J., Vincent, C., Walton, M. 2007. Grey seal diet at the southern limit of its European distribution: combining dietary analysis and fatty acid profiles. *Journal of the Marine Biological Association, U.K.*, 86: 255-264.
- Riou P., Le Pape O., Rogers S. I. 2001. Relative Contributions of Different Sole and Plaice Nurseries to the Adult Population in the Eastern Channel: Application of a Combined Method Using Generalized Linear Models and a Geographic Information System. *Aquatic Living Resources* 14 (2): 125-35.
- Russell D. J. F., Brasseur S. M. J. M., Thompson D., Hastie G. D., Janik V. M., Aarts G., McClintock B. T., Matthiopoulos J., Moss S. E. W., McConnell B. 2014. Marine mammals trace anthropogenic structures at sea. *Current Biology* 24: R638-R639.
- Russell D. J. F., Hastie G. D., Thompson D., Janik V. M., Hammond P. S., Scott-Hayward L. A. S., Matthiopoulos J., Jones E. L., McConnell B. J. 2016. Avoidance of wind farms by harbour seals is limited to pile driving activities. *Journal of Applied Ecology*. doi:10.1111/1365-2664.12678.
- Ruus A., Ugland K. I., Espeland O., Skaare J. U. 1999. Organochlorine contaminants in a local marine food chain from Jarfjord, Northern Norway. *Marine Environmental Research* 48(2): 131-146.
- Selleslagh J., Amara R., Laffargue P., Lesourd S., Lepage M., Girardin M. 2009. Fish Composition and Assemblage Structure in Three Eastern English Channel Macrotidal Estuaries: A Comparison with Other French Estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 81 (2): 149-59.
- Schoener T. W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology*, 51, 408-418.
- SCOS. 2016. Scientific Advice on Matters Related to the Management of Seal Populations: 2016. SCOS, Sea Mammal Research Unit. 169 PP.

- Sharples R., S. Moss, T. Patterson and P. Hammond. 2012. Spatial variation in foraging behaviour of a marine top predator (*Phoca vitulina*) determined by a large-scale satellite tagging program. *Plos One* 7(5): e37216.
- Sjöberg M., et Ball J. P. 2000. Grey Seal, *Halichoerus Grypus*, Habitat Selection around Haulout Sites in the Baltic Sea: Bathymetry or Central-Place Foraging? *Canadian Journal of Zoology* 78 (9): 1661–67.
- Spitz J., Mariotti L., Ridoux V., Caillot E., Elder J. F. 2010a. The diet of harbor seals (*Phoca vitulina*) at the Southern limit of its European distribution (Normandy, France). *NAMMCO Scientific Publications* 8: 313-328.
- Spitz J., Mourocq E., Schoen V., Ridoux V. 2010b. Proximate Composition and Energy Content of Forage Species from the Bay of Biscay: High- or Low-Quality Food? *ICES Journal of Marine Science* 67 (5): 909–15.
- Spitz J., L. Dupuis, V. Becquet, B. Dubief and A. Trites. 2015. Diet of the harbour seal *Phoca vitulina*: implication for the flatfish nursery in the Bay of Somme (English Channel, France). *Aquatic Living Resources* DOI: 10.1051 / alr / 2015001.
- Sprague L. D., Elschner M. C. 2012. *Burkholderia pseudomallei*: Melioidosis. in Elschner M. C., Cutler S. J., Weidmann M., Butaye P. (Eds.) BSL3 and BSL4 agents. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim (Allemagne): 47-56.
- Suuronen P., Siira A., Kauppinen T., Riikonen R., Lehtonen E., Harjunpää H. 2006. Reduction of seal-induced catch and gear damage by modification of trap-net design: Design principles for a seal-safe trap-net. *Fisheries Research* 79: 129-138.
- Thiery P., William A., Di Trani C., Renard A., Monnehay R., 1996. Suivi du relâcher en baie de Somme de trois jeunes phoques veaux-marins *Phoca vitulina*, émancipés et soignés au *Seal Rehabilitation and Reseach Centre* de Pieterburen (Pays-Bas). Contrat d'étude Picardie Nature-Ministère de l'environnement. 150 PP.
- Thiery P., Elder J.-F., Charpentier J.-M., Karpouzopoulos J., William A., 2002. Le phoque veau-marin (*Phoca vitulina*) sur les côtes de France de 1989 à 1999, in Chapron G. & Moutou F. L'étude et la conservation des carnivores. Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères. Paris 167 PP.
- Thiery P. & Kiszka J., 2005. Description et interprétation des échouages précoces de Phoques veaux-marins (*Phoca vitulina*, Linnaeus 1758) en baie de Somme (Picardie, France) *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, vol 60. 57-63.
- Thiery P., Fremau M.-H., Lejeune J., Dupuis L., 2010. Le Phoque veau-marin (*Phoca vitulina* L. 1758) et le Phoque gris (*Halichoerus grypus* F. 1791) en Baie d'Authie. Abondance, distribution et reproduction des années 2007 à 2009. Rapport méthodologique pour le « Réseau Phoque » sous sextant (Ifremer). Association Découverte Nature, Picardie Nature, Berck-sur-Mer, Juin 2010, 51 PP.
- Thompson P.M. 1989. Seasonal changes in the distribution and composition of common seal (*Phoca vitulina*) haul-out groups. *Journal of Zoology, London* 217:281-294.
- Thompson D., Hammond P., Nicholas K., Fedak M. 1991. Movements, diving and foraging behaviour of grey seals. *Journal of Zoology* 224: 223-232.

- Vincent, C., Meynier, L. & Ridoux V. 2001. Photo-identification in grey seals: legibility and stability of natural markings. *Mammalia* 65(3): 363-372.
- Vincent C., Fedak M., McConnell B., Meynier L., Saint-Jean C., Ridoux V. 2005. Status and conservation of the grey seal, *Halichoerus grypus*, in France. *Biological Conservation* 126: 62-73.
- Vincent C., Ridoux V., Fedak M.A., McConnell B.J., Sparling C.E., Leaute J.-P., Jouma'a J., and Spitz J. 2016. Foraging behaviour and prey consumption by grey seals (*Halichoerus grypus*) - spatial and trophic overlaps with fisheries in a marine protected area. *ICES Journal of Marine Science* 73(10): 2653-2665.
- Vincent C., Huon M., Caurant F., Dabin W., Deniau A., Dixneuf S., Dupuis L., Elder J.-F., Fremau M.-H. Hassani S., Hemon A., Karpouzopoulos J., Lefeuvre C., McConnell B.J., Moss S.E.W., Provost P., Spitz J. Turpin Y. Ridoux V. 2017. Grey and harbour seals in France: Distribution at sea, connectivity and trends in abundance at haulout sites. *Deep Sea Research Part II* 141: 294-305.
- Yochem P., B. Stewart, M. Mina, A. Zorin, V. Sadovov and A. Yablokov. 1990. Non-metrical analyses of pelage patterns in demographic studies of harbor seals. *Report of the International Whaling Commission* special issue 12: 87-89.
- Waite J.N., Trumble S.J., Burkanov V.N. and Andrews R.D. 2012. Resource partitioning by sympatric Steller sea lions and northern fur seals as revealed by biochemical dietary analyses and satellite telemetry. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 416-417: 41-54.
- Waldo S., Paulrud A., Jonsson A. 2010. A note on the economics of Swedish Baltic Sea fisheries. *Marine Policy* 34: 716-719.
- White K. J. 1994. Tourism and the Antarctic economy. *Annals of Tourism Research* 21: 245-268.
- Worthy GAJ. 1990. Nutritional energetics for marinemammals: Addendums. In: CRC handbook of marine mammal medicine: health, disease and rehabilitation. Dierauf L. A. (ed.). *CRC Press, Boca Raton, Florida*, pp 489-520

Valorisation des résultats du projet

Les travaux réalisés dans le cadre du projet Eco-Phoques ont été acquis au moins en partie à partir des travaux étudiants suivants, et fait l'objet des publications et présentations suivantes :

Conférences scientifiques internationales

Caurant F., Spitz J., Simon-Bouhet B., Huon M., Beaudet M., Dubois M., Dumont M., Vincent C. 2015. Stable isotope signatures in whiskers from two sympatric seals: evidence of inter-individuals and inter-colonies variability in foraging strategies. 21st biennial conference on the biology of marine mammals. San Francisco, USA, 13-18 décembre 2015. *Présentation poster*.

Caurant F., Spitz J., Simon-Bouhet B., Huon M., Beaudet M., Dubois M., Dumont M., Vincent C. 2015. Stable isotope signatures in whiskers from two sympatric seals: what do they tell us on foraging strategies of the species? SMM San Francisco, Workshop on stable isotope analysis, 13 décembre 2015. *Présentation orale*.

Huon M., Caurant F., Vincent, C. Intra and inter-specific interactions in marine habitat use between sympatric seal species at the periphery of their range. VIII UKIrrsc – Society for marine mammalogy conference – March 2014 – Saint Andrews, Ecosse. *Présentation orale*

Huon M., McConnell B., Caurant F., Vincent C. 2015. Habitat selection of two sympatric seal species, at their southern limit range in the Northeast Atlantic. 21st biennial conference on the biology of marine mammals. San Francisco, USA, 13-18 décembre 2015. *Présentation poster*.

Huon M., Planque Y., Jessop M., Cronin M., Caurant F., Vincent C. 2017. Local foraging habitat selection of grey seals in different colonies in France and Ireland. XXXIst conference of the European Cetacean Society, Middelfart, Denmark, 1-3 mai 2017. *Présentation poster*.

Huon M., Planque Y., Jessop M., Cronin M., Caurant F., Vincent C. 2017. Local foraging habitat selection of grey seals in different colonies in France and Ireland. 13th student meeting: Ecology & Behaviour, Chizé, France, 22 juin 2017. *Présentation orale*.

Planque Y., Huon M., Caurant F., Pinaud, D., Vincent C. 2017. Comparing horizontal and vertical approaches for the identification of harbour and grey seals' foraging areas. XXXIst conference of the European Cetacean Society, Middelfart, Denmark, 1-3 mai 2017. *Présentation orale*.

Planque, Y., Huon, M., Caurant, F., Pinaud, D., Vincent, C. 2017. Comparing horizontal and vertical approaches for the identification of harbour and grey seals' foraging areas. 13th student meeting: Ecology & Behaviour, Chizé, France, 22 juin 2017. *Présentation orale*.

Planque Y., Vincent C., Spitz J., Brévar C., Caurant F., Decomble M., Karpouzopoulos J., Leviez F., Monnet S., Ruellet T., Everard A., Fremau M-H., Thierry P. 2018. Population dynamics and feeding ecology of seals in the North of France. Thames Seal Forum 2018, Zoological Society of London, 19 février 2018. *Présentation orale*.

Conférences scientifiques nationales

- Caurant F., Spitz J., Simon-Bouhet B., Huon M., Beaudet M., Dubois M., Dumont M., Vincent C. 2016. Etude de la variabilité des stratégies alimentaires chez le phoque gris et le phoque veau marin en Manche au travers des signatures isotopiques le long des vibrisses. XVIII^{ème} séminaire du Réseau National d'Echouages, Prequ'île de Biens-Hyères, 15 et 16 Octobre 2016. *Présentation orale*.
- Decomble M. 2015. Suivi de la population du phoque gris de la frontière belge à la baie de Somme, par la méthode de photo-identification. XVII^{ème} séminaire du Réseau National d'Echouages, Le Conquet, 17-18 octobre 2015. *Présentation orale*.
- Planque Y., Huon M., Caurant F., Vincent C. 2016. Détermination de l'effort de chasse des phoques veaux-marins et gris en Manche Est : comparaison de deux méthodes. XVIII^{ème} séminaire du Réseau National d'Echouages, Prequ'île de Biens-Hyères, 15 et 16 Octobre 2016. *Présentation orale*.
- Planque Y., Vincent C., Caurant F., Spitz J. 2017. Ecologie alimentaire des phoques gris et veaux-marins en Manche Est. XIX^{ème} séminaire du Réseau National d'Echouages, le Croisic, 11-12 novembre 2017. *Présentation orale*.

Conférences grand public

- Planque Y., Vincent C. 2017. Les phoques en région Hauts-de-France – Etat des connaissances actuelles. Fête de la mer, Boulogne sur mer, 15 juillet 2017. *Présentation orale invitée*.
- Vincent, C. 2017. Suivis télémétriques de phoques en France - Étude de leurs stratégies d'utilisation de l'espace et des ressources, pour une meilleure gestion des interactions entre activités humaines et espèces marines protégées. Festival International de Géographie. Saint-Dié des Vosges, 30 septembre 2017. *Présentation orale invitée*.

Articles scientifiques

- Vincent C., Huon M., Caurant F., Dabin D., Deniau A., Dixneuf S., Dupuis L., Elder J-F., Fremau M-H., Hassani S., Hemon A., Karpouzopoulos J., Lefeuvre C., McConnell B.J., Moss S.E.W., Provost P., Spitz J., Turpin Y., Ridoux V. 2017. Grey and harbour seals in France: Distribution at sea, connectivity and trends in abundance at haulout sites. Deep Sea Research II 141: 294-305. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.04.004>
- Huon, M., Planque, Y., Jessopp, M., Cronin, M., McConnell, B., Hammond, P., Caurant, F., Vincent, C. *En préparation*. Linking the influence of behavioural plasticity and the effect of intra & inter-specific interactions in habitat selection of two sympatric seal species in the Northeast Atlantic.

Planque, Y., Huon, M., Caurant, F., Pinaud, D., Vincent, C. *En préparation*. Horizontal and vertical approaches highlight consistent foraging areas for harbour and grey seals.

Mémoires étudiants (rapports de stages et thèse de doctorat)

Anglade, M. 2017. Structure de la population de phoques veaux-marins en baie de Somme. Stage de Licence 3. Picardie Nature/Université de La Rochelle. Mai 2017. 19 PP.

Baudet, M. 2015. Etude de la variabilité d'utilisation des habitats et des ressources par les phoques veaux marins et de l'impact potentiel de la compétition interspécifique, par analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote dans leurs vibrisses. Stage de Master 1. CEBC/Université de Bretagne Occidentale, juin 2015. 33 PP.

Besson K., 2015. Etude du régime alimentaire du phoque veau marin en baie de Somme : implications avec les pêcheries. Stage de DUT. PELAGIS/Université de La Rochelle. 36 PP.

Blanchard A., 2015. Ecologie alimentaire du phoque veau-marin en baie de Somme. Stage de Master 1. PELAGIS/Université de La Rochelle. 17 PP.

Brabant C. 2015. Evolution des effectifs de phoques veaux-marins en Baie de Canche. Stage de Master 1. CMNF/Université de Poitiers, juin 2015. 34 PP.

Dubois, M. 2015. Etude de la variabilité inter-individuelle et inter-site d'utilisation des habitats et des ressources par les phoques gris par analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote dans leurs vibrisses. Stage de Master 1. CEBC/Université de Bretagne Occidentale, juin 2015. 25 PP.

Gosselin, D. 2017. Mammifères marins en baie de Canche : une opportunité environnementale ? Rapport de DEES. Rapport CMNF. 51 PP.

Huon M. 2017. Inter and intra specific interactions in marine habitat selection of two sympatric seal species in the Northeast Atlantic. Thèse de doctorat à l'Université de La Rochelle, novembre 2017. 276 PP.

Noël, C. 2015. Etude démographique et spatiale des phoques veaux marins « *Phoca vitulina* » et gris « *Halichoerus grypus* », et du marsouin commun « *Phocoena phocoena* » pour la zone Port Est de Dunkerque frontière belge dans le cadre du suivi « Fonds de Recherche pour la Biodiversité ». Stage de Master 1. CMNF/ Université du Littoral Côte d'Opale. 41 PP.

Picard M.-H., 2017. ECO-PHOQUE : Régime alimentaire du phoque gris. Rapport de stage, PELAGIS/Cégep de Saint-Laurent, Canada. 13 PP.

Planque Y. 2016. Détermination des zones de chasse de deux phocidés en Manche Orientale par analyse de données télémétriques. Stage de Master 2. CEBC/Université du Littoral Côte d'Opale, juin 2016. 47 PP.

Poiriez G. 2017. Interactions entre pêcheries et populations de phoques dans les Hauts-de-France : abondance de poissons et chevauchement trophique. Stage de Master 1. GEMEL/Université de La Rochelle, mai 2017. 22 PP.

Riti A., 2015. Etude de la différenciation des fèces de phoque gris (*Halichoerus grypus*) et de phoque veau-marins (*Phoca vitulina*) par l'utilisation d'outils moléculaires. Stage de Licence 3. PELAGIS/Université de La Rochelle. 20 PP.

Sicard O. 2016. Interactions entre activités humaines et populations de phoques sur le littoral des Hauts-de-France. Mémoire de Master 1. GEMEL/Université de Picardie Jules Verne. 96 PP.

Tykarska, M. 2017. Analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote dans les vibrisses de phoques. Stage Erasmus, Université de Gdańsk/Université de La Rochelle, septembre 2017 (*pas de rapport de stage*).

Windstein, M. 2017. Variabilité inter-individuelle de la sélection de l'habitat de chasse chez le phoque gris *Halichoerus grypus* en Atlantique Nord-Est. Stage de Master 2. CEBC/Université Aix-Marseille, juin 2017. 36 PP.

Rapports d'études (hors rapports de stages étudiants)

Decomble M. 2017. Suivi de la population du phoque gris (*Halichoerus grypus*, *Fabricius 1791*) de la frontière belge à la baie de Somme par la méthode de photo identification – Données de 2011 à 2015. Rapport CMNF. 26 PP.

Feunteun A. & Monnet S. *En préparation*. Synthèse des données disponibles sur la reproduction du Phoque gris (*Halichoerus grypus*) en baie de Somme. Rapport Picardie Nature.

Pages web et réseaux sociaux

<http://www.picardie-nature.org/etude-de-la-faune-sauvage/les-groupes-de-faune-etudies/les-14-reseaux-naturalistes-de/mammiferes-marins/etudes-et-observations/article/structure-de-la-population-de>

<http://www.picardie-nature.org/etude-de-la-faune-sauvage/les-groupes-de-faune-etudies/les-14-reseaux-naturalistes-de/mammiferes-marins/vie-du-reseau/article/retour-sur-le-xixe-seminaire-du>

<http://www.picardie-nature.org/etude-de-la-faune-sauvage/les-groupes-de-faune-etudies/les-14-reseaux-naturalistes-de/mammiferes-marins/etudes-et-observations/article/regime-alimentaire-des-phoques>

<http://archives.picardie-nature.org/?action=lecteur&document=1044#page11>

<http://www.gemel.org/nos-activites/eco-phoques>

<https://www.francebleu.fr/infos/politique/barbara-pompili-sera-bien-candidate-aux-legislatives-dans-la-somme-1489425527>

https://actu.fr/hauts-de-france/crotoy_80228/comment-fonctionne-les-populations-de-phoques-et-ce-que-elles-rapportent_10116920.html

<http://www.courrier-picard.fr/archive/recup%3A/region/nature-six-cents-phoques-dans-la-baie-de-somme-ia0b0n767307>

Enfin, certains résultats synthétiques des recensements réalisés pendant ce projet ont été mis à disposition des bases de données OSPAR et ICES (*Working Group on Marine Mammal Ecology*), notamment afin de renseigner les indicateurs OSPAR M3 et M5 sur la distribution et l'abondance des phoques gris et veaux marins, et la production de jeunes phoques gris, respectivement.

Remerciements

De nombreuses personnes ont participé à l'acquisition des données présentées dans ce rapport.

Outre les co-auteurs de ce rapport qui ont parfois agit sur différents secteurs de cette étude, la CMNF remercie également Thomas Ramet et Charline Fisseau pour leur aide très précieuse lors des interventions sur les échouages, tout comme l'ensemble des personnels des Services Techniques des villes du littoral qui ont œuvré pour la réussite de ce projet par leurs interventions sur les lieux d'échouages. Une mention toute particulière pour Jérémie Marion et son frère Samuel du service animalier des villes de la Communauté d'Agglomération de Boulogne sur mer (Opale Capture Environnement), toujours dévoués et très disponibles parfois en dernière minute. La CMNF remercie par ailleurs Nicolas Mestre, Angélique Petit, Nadège Lams, Jérémy Gruson, Pierre Louis Gamelin et Michel Maquerre, tous impliqués sur le terrain lors des comptages simultanés des phoques. Une autre mention toute particulière pour Martin Buuron, pilote et propriétaire de l'avion utilisé par la CMNF, toujours dévoué et très disponible surtout en dernière minute.

Outre les co-auteurs de ce rapport, ADN remercie Jean-Louis Fremau et Patricia Ghilbert pour leur participation aux sessions de terrain.

Outre les co-auteurs de ce rapport, Picardie Nature remercie également Philippe Thiery et Aurore Feunteun pour leurs recherches et leurs travaux, François Méranger et Simon Thiery pour leurs implications sur le terrain et en tant que coordinateurs bénévoles, et Jacques Herbet, Patrick Thiery, Florence Thierry, les écovolontaires de la Surveillance Estivale, ainsi que tous les bénévoles du réseau Mammifères marins de l'association pour leur investissement au sein du programme d'études et de protection.

GDEAM-62 remercie Bailleux Patrick, Beague Emilie, Cacheux Elisabeth, Dehove Maurice, Dinh Brigitte, Dinh Gerard, Everard Aymeric, Gosselin Damien, Lamour Anne, Lamour Philippe, Moeys Marie, Wartel Christophe, Wartel Marie Françoise et les gardes de la RNN. Merci à l'équipe de la CMNF et d'ADN de nous avoir lancé dans l'aventure. Enfin, nous remercions la DREAL Haut-de-France pour les financements ayant permis cette étude sur la Baie de Canche.

Le CEBC tient à remercier l'ensemble des membres du Réseau National Echouages (RNE) qui se sont investis dans la collecte d'échantillons biologiques (estomacs et vibrisses) sur des phoques échoués morts en région Hauts-de-France. Merci également à l'ensemble des membres de Picardie Nature en baie de Somme, et de la CMNF au phare de Walde, qui ont participé à la collecte des échantillons de fèces sur le terrain. Une mention toute particulière à Patrick Thiery pour son investissement en baie de Somme sur la collecte de fèces de phoques gris en 2016-17, et à Jacky Karpouzopoulos pour avoir géré et coordonné de nombreux échouages dans le Nord et le Pas-de-Calais. Merci également aux étudiants en stage au sein de l'Observatoire Pelagis (CNRS/Université de La Rochelle), qui ont participé à l'analyse de ces estomacs et vibrisses. Nous tenons également à remercier les nombreuses personnes qui se sont investies au sein de l'Université de La Rochelle (CEBC, Observatoire Pelagis et LIENSs) en apportant leur soutien pour l'analyse des échantillons en laboratoire ou pour l'analyse des données : Marie Windstein, Gaël Guillou, Vanessa Becquet, Benoît Simon-Bouhet, Matthieu Authier, Willy Dabin, Cécile Dars. Merci plus particulièrement à Fabien Demaret de l'Observatoire Pelagis pour sa très précieuse aide logistique dans la gestion des échantillons biologiques nécessaires au projet. Enfin, merci à Marie-Chrystel Gobin, Michèle

Gauteron, Virginie Bernard et Geneviève Chiali pour la gestion administrative et financière du projet au sein de l'Université de La Rochelle. Les suivis télémétriques ont bénéficié des autorisations interministérielles N° 08/346/DEROG et 11/874/DEROG délivrées à l'Université de La Rochelle. Ils ont été réalisés par le laboratoire LIENSS (CNRS/Université de La Rochelle) en collaboration avec le *Sea Mammal Research Unit* (SMRU, Université de St-Andrews, Ecosse), l'association Picardie Nature, l'Office national de la chasse et de la faune sauvage, l'observatoire PELAGIS (CNRS/Université de La Rochelle), le Zoo de La Flèche et l'Université de Liège. Leur financement a été assuré par La Compagnie du Vent, la Région Poitou-Charentes et le Contrat de Plan Etat-Région (Poitou-Charentes). Le CEBC remercie ces structures collaboratrices pour leur appui logistique sur le terrain, lors de l'équipement des phoques, et les partenaires financiers de ces suivis. De manière générale, le CEBC tient vivement à remercier l'ensemble des bénévoles ou membres des structures partenaires qui se sont investis dans l'acquisition des données nécessaires pour mener à bien ce projet. Ces données, acquises majoritairement grâce à un travail bénévole, ont très clairement permis de faire avancer les connaissances sur l'écologie des phoques en Manche Nord Est, et ouvrent ainsi de nombreuses perspectives d'étude.

Le GEMEL remercie les centaines de personnes qui ont accepté de donner de leur temps lors des entretiens semi-directifs tout en espérant ne pas avoir trahi leurs propos. Sans ces anonymes, rien n'aurait été possible.

Enfin, l'ensemble des partenaires du projet remercient la Région des Hauts-de-France et l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) pour le financement de ce projet.