Suivis télémétriques 2007-2009 de phoques veaux-marins *Phoca vitulina* en baie des Veys

Cécile Vincent (*Université de La Rochelle*)
Bernie McConnell (*Sea Mammal Research Unit*)
Willy Dabin (*Université de La Rochelle*)
Jean-François Elder (*Réserve Naturelle Nationale de Beauguillot*)
Colin Hunter (*Sirtrack*)
Vincent Ridoux (*Université de La Rochelle*)

- Avril 2010 -

Direction Régionale de l'Environnement
BASSE-NORMANDIE

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES 1

RÉSUMÉ 3

PRÉAMBULE 4

CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET 5

DESCRIPTION DE LA METHODE 7

Les balises Fastloc™ GPS/GSM 7

Les balises Argos 9

Les captures des phoques 10

Analyse des données 12

BILAN SYNTHÉTIQUE DES DONNÉES TRANSMISES 15

UTILISATION DE L'ESPACE PAR LES PHOQUES 17

Cartes générales des déplacements des phoques 17

Utilisation de l'espace terrestre par les phoques 20

Utilisation de l'espace marin par les phoques 22

RYTHMES D'ACTIVITÉ DES PHOQUES 34

Bilans d'activités 34

Rythmes des repos à terre 35

Rythmes des voyages en mer 37

Rythmes des plongées 38

DISCUSSION GENERALE 41

Stratégies d'utilisation de l'espace et des ressources par les phoques en baie des Veys 41

Recommandations 46

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE 49

ANNEXES 52

RÉSUMÉ

Cette étude a permis de suivre par balises GPS/GSM 12 phoques veaux marins (*Phoca vitulina*) de la baie des Veys, sur une durée moyenne de 138 jours et enregistrant les localisations GPS, plongées et périodes de repos à terre des phoques en continu. Les phoques ont passé la majorité de leur temps dans un périmètre de 15 km autour de leur site de capture en baie des Veys, effectuant pour 3 d'entre eux certains déplacements plus distants (à 40, 50 voire 70 km environ de la baie). Les zones les plus densément utilisées par les phoques restent, par ordre d'importance, la baie des Veys, les îles Saint-Marcouf (fréquentées par 4 des 12 individus) et les côtes ouest et est de la baie, sur parfois quelques dizaines de kilomètres. Les zones de chasse probables des phoques ont été identifiées et varient légèrement d'un individu à un autre, restant néanmoins situées dans les zones précédemment décrites. Les espaces vitaux et zones préférentielles des phoques sont ainsi conformes à ce qui a déjà été rapporté pour l'espèce, tout en se situant dans la fourchette basse des surfaces couvertes. Ceci semble souligner l'importante productivité des habitats prospectés, les phoques n'ayant pas besoin de faire de longs déplacements pour se nourrir. Ces zones sont caractérisées par leur caractère très côtier, 55% de l'espace vital (et 66% des zones centrales préférentielles) étant situées en zone d'estran. Les rythmes d'activité des phoques montrent l'influence des cycles tidaux et nycthéméraux, les phoques se reposant à terre majoritairement en milieu de journée et après-midi, principalement à marée basse, tandis qu'ils plongent plus fréquemment la nuit, et à marée haute. La présence de reposoirs de haute mer en baie des Veys leur permet néanmoins de se poser à terre également à haute mer. Seuls quelques repos à terre ont été observés en dehors de la baie, principalement sur les îles Saint-Marcouf.

Les informations recueillies permettent d'établir des recommandations de gestion pour la colonie de phoques veaux marins de la baie des Veys. La zone Natura 2000 des marais du Cotentin et du Bessin et de la baie des Veys englobe l'espace le plus utilisé par les phoques, à l'intérieur de la baie des Veys. Cet espace vital fait donc déjà l'objet de mesures de gestion. L'extension en mer des espaces protégés Natura 2000, et en particulier ici la zone Natura 2000 de la baie de Seine occidentale (mais aussi celle de Tatihou et St-Vaast-la-Hougue) va permettre d'incorporer de nouveau une large proportion de l'espace vital des phoques veaux marins fréquentant les reposoirs de la baie des Veys, et en particulier les îles St-Marcouf ainsi que l'espace marin les séparant de la baie des Veys. Il existe néanmoins toute une bande côtière entre la zone Natura 2000 « terrestre » des Marais du Cotentin et du Bessin et la zone Natura 2000 « marine » de baie de Seine occidentale, qui ne fait partie d'aucun zonage spécifique et est pourtant intensément utilisé par les phoques : il s'agit de la zone d'estran sur toute la côte ouest de la baie mais aussi à l'est (vers Grandcamp-Maisy) de la baie des Veys. L'incorporation de cette zone très côtière dans les zones protégées actuelles permettrait de mieux couvrir l'espace vital des phoques veaux marins de la baie.

PRÉAMBULE

Ce rapport compile les données obtenues lors de deux suivis télémétriques de phoques veaux marins réalisés en baie des Veys à partir de la Réserve Naturelle Nationale du domaine de Beauguillot entre 2007 et 2009. Sept phoques ont été équipés de balises en octobre 2007 puis cinq phoques en octobre 2008. Ces études ont été financées par la DIREN Basse Normandie et la Région Poitou-Charentes, et réalisées sur le terrain grâce à la collaboration suivante :

- Le Laboratoire LIENSs (Littoral Environnement Sociétés, UMR 6250 CNRS/Université de La Rochelle) ;
- Le SMRU (Sea Mammal Research Unit, Université de St Andrews, UK) ;
- Sirtrack (Nouvelle Zélande) ;
- La Réserve Naturelle Nationale du domaine de Beauguillot ;
- Le CRMM (Centre de Recherches sur les Mammifères Marins, Université de La Rochelle) ;
- Aéro'baie
- L'ONCFS (Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, Service Départemental 14 et Brigade Mobile d'Intervention Nord-Ouest) ;
- Le Zoo de La Flèche ;
- Le Zoo de Paris (Museum National d'Histoire Naturelle) ;
- La DIREN Basse Normandie.

Les suivis télémétriques réalisés à partir d'octobre 2007 ont d'ores et déjà été présentés dans le rapport suivant :

Vincent, C., Delayat, S., Elder, J.-F., Gautier, G., McConnell, B.J. & Ridoux, V. 2008. Suivi télémétrique de phoques veaux marins en baie du Mont-Saint-Miche et baie des Veys ; Suivis Fastloc™ GPS/GSM 2006-2007. Rapport de l'Université de La Rochelle pour la DIREN Basse Normandie. Juin 2008. 64 PP.

Ce présent rapport reprend néanmoins une grande partie des résultats issus de cette précédente publication pour les présenter de façon intégrée avec les suivis obtenus l'année suivante. Il ne présente en revanche que les suivis effectués en baie des Veys.

CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

Le phoque veau marin (ou phoque commun, *Phoca vitulina*) est une espèce protégée en France et classée en annexe II de la directive européenne Habitat-Faune-Flore (92/43/CEE et 97/62/CE) et fait donc partie à ce titre des « espèces animales et végétales d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation ». A l'heure de l'extension en mer du réseau Natura 2000 par la France pour répondre aux besoins de conservation cités dans la directive (cf. Figure 1), il est indispensable de connaitre les zones géographiques et habitats utilisés notamment par ces mammifères marins emblématiques des côtes de la Manche.

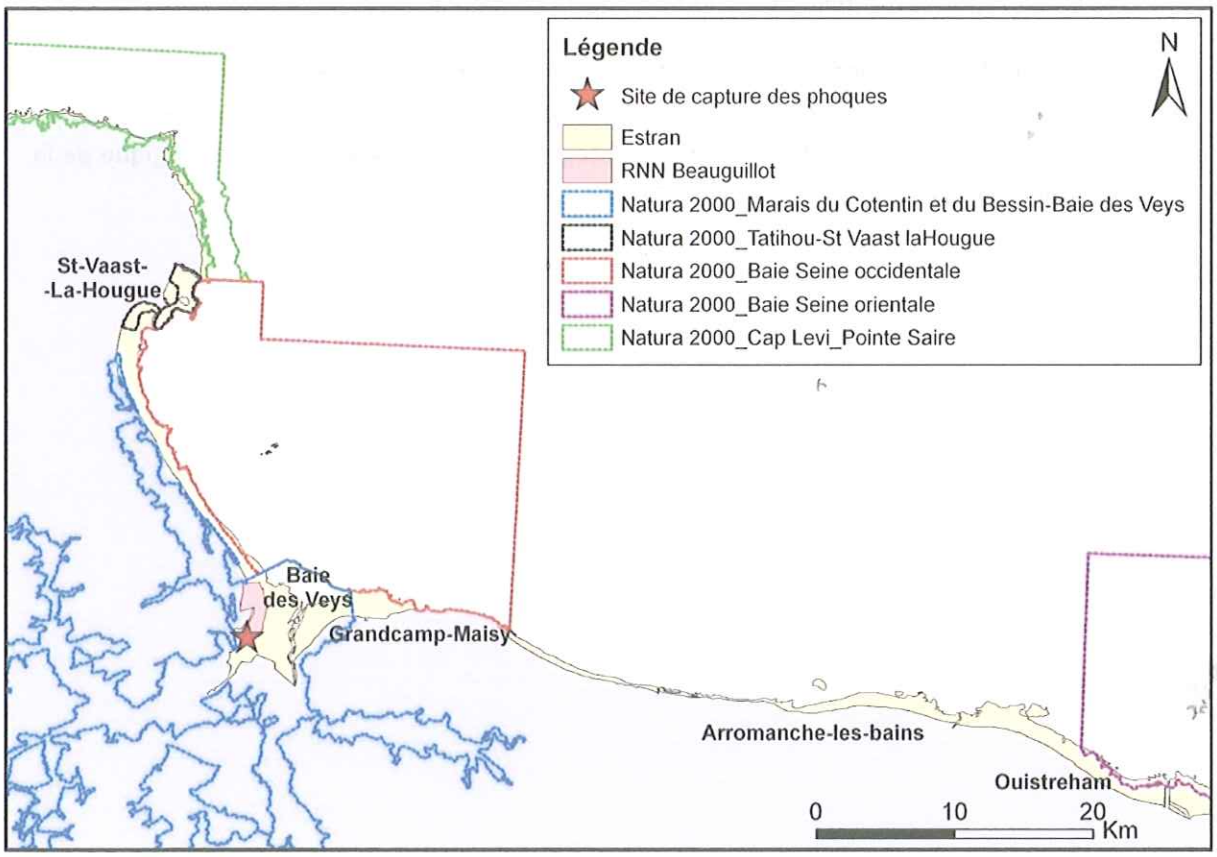


Figure 1 : Zone d'étude incluant la zone d'estran, les délimitations de la Réserve Naturelle Nationale (RNN) de Beauguillot en baie des Veys, et des zones Natura 2000 existantes (à terre) ou en cours de proposition (en mer). Le site de capture des phoques est également indiqué.

La colonie de phoques veaux marins de la baie des Veys constitue l'une des trois principales colonies de l'espèce en France, avec celles de la baie de Somme et de la baie du Mont-Saint-Michel. Le nombre de phoques recensés en baie des Veys augmente régulièrement depuis une quinzaine d'année (atteignant près d'une centaine de phoques en été), de même que le nombre de naissances qui oscille entre 10 et 15 individus depuis quelques années (Elder, 2008). Le nombre total de

phoques fréquentant la zone est cependant probablement supérieur, car tous les phoques ne sont pas à sec au même moment sur les reposoirs recensés. Les variations saisonnières généralement observées (moins de phoques sur les reposoirs en hiver qu'en été) peuvent d'ailleurs au moins en partie s'expliquer par les besoins supérieurs des phoques en temps passé à sec pendant les périodes de reproduction et de mue (été) qu'en période hivernale de reconstitution des réserves corporelles (e.g. Leopold *et al.*, 1997).

Les objectifs des suivis télémétriques réalisés pendant les hivers 2007/2008 et 2008/2009 étaient de :

- Décrire les déplacements des phoques en mer à partir de la baie des Veys ;
- Identifier les zones de repos à terre utilisées par les phoques (notamment à l'extérieur de la baie le cas échéant) ;
- Identifier les zones de chasse probables des phoques ;
- Décrire les rythmes d'activité des phoques à terre comme en mer.

L'ensemble de ces résultats doit permettre de mieux comprendre les stratégies d'utilisation de l'espace et des ressources par les phoques dans la zone d'étude et ainsi fournir les bases écologiques nécessaire à la désignation de zones protégées et au suivi du bon état écologique de la colonie de phoques veaux marins de la baie des Veys.

DESCRIPTION DE LA METHODE

Les balises Fastloc™ GPS/GSM

Les outils utilisés dans la présente étude sont les balises de type « Series 9000 GPS Fastloc/GSM » mises au point par le *Sea Mammal Research Unit* (SMRU, Université de Saint-Andrews, Ecosse[1] ; McConnel *et al.*, 2004). Les détails techniques concernant ces balises sont donnés en Annexe 2. Elles comportent globalement : un GPS de type Fastloc™, un enregistreur de pression (permettant de connaitre la profondeur pendant les plongées), un thermomètre (pour la température de l'eau), un microprocesseur, un émetteur GSM et un capteur de milieu (air/eau) permettant de connaitre le milieu occupé par le phoque (à terre ou en mer) et de déclencher l'émission des signaux lorsque le phoque est en surface (Figure 2).

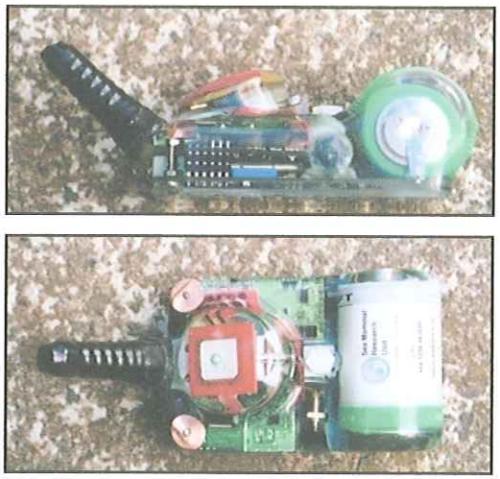


Figure 2 : vues latérale et supérieure des balises Fastloc™ GPS/GSM mises au point par le *Sea Mammal Research Unit*.

Les balises peuvent enregistrer les localisations et comportements du phoque pendant des mois, leur transmission étant déclenchée uniquement lorsque la balise se trouve en zone de réception GSM. Cette technique est ainsi particulièrement bien adaptée pour des mammifères marins très côtiers comme les phoques veaux marins (Vincent *et al.*, *in press*), dans des zones habitées telles que la zone d'étude. Les données sont transmises puis décodées au SMRU avant d'être transmises à l'utilisateur. Les informations transmises sont très nombreuses et parfois techniques, mais les principales informations biologiques d'importance pour l'étude sont résumées dans le Tableau 1.

Il est important de souligner que les donnés sont enregistrées et transmises en heure UTC (soit 1 ou 2 heures avant l'heure locale, selon la saison). Le choix a été fait de conserver cet horaire UTC et de l'appliquer également aux autres jeux de données analysées dans cette étude (par exemples horaires de marées). Ce choix est justifié par l'absence de changement d'heure lors du passage de l'heure d'hiver à l'heure d'été.

[1] http://www.smru.st-and.ac.uk/Instrumentation/pageset.aspx?psr=287

Tableau 1 : Principales informations apportées par les balises Fastloc™ GPS/GSM sur les déplacements et le comportement des phoques (hors paramètres purement techniques sur la qualité des données). D'autres paramètres sont estimés a posteriori à partir de ces informations.

Paramètre	Détail et unités	Fréquence des enregistrements
Localisation	Date, heure (UTC), latitudes et longitude	une tentative de localisation toutes les 20 minutes
Repos à terre	Date et heure (UTC) à partir de laquelle la balise est restée à sec pendant au moins 10 minutes. Fin lorsque retour dans l'eau	Continu
Plongée	Date et heure (UTC) de début de plongée, définie lorsque la balise franchit le seuil des -1.5m	Toutes les 4.5 secondes
Durée de plongée	Durée en minutes entre le début et la fin de la plongée	Toutes les 4.5 secondes
Profondeur maximale de plongée	Profondeur maximale atteinte lors d'une plongée individuelle (en mètres)	Toutes les 4.5 secondes
10 points d'inflexion par plongée	Date, heure (UTC) et profondeur de plongée des 10 points par plongée répartis uniformément dans le temps de la plongée	Pour chaque plongée
Index TAD	Indice sans unité variant de 0 à 1 permettant de savoir dans quelle zone de profondeur de la plongée le phoque a concentré son activité	Pour chaque plongée
Durée en surface	Temps passé en surface (en minutes) avant plongée suivante	Toutes les 4.5 secondes
Localisation de la plongée	Estimée par interpolation entre la localisation GPS précédent et celle suivant la date et heure de plongée	Interpolation entre deux localisations GPS successives
Bathymétrie	Profondeur du fond marin à la verticale de la localisation estimée de la plongée (calculée à partir de *Smith & Sandwell*)	Pour chaque plongée
Bilans d'activités	Pourcentage de temps passé à terre, en surface ou en plongée par périodes de 2 heures (Dates et heures UTC)	Toutes les 2 heures
Nombre de plongées	Nombre total de plongées effectuées par le phoque par période de 2 heures (Dates et heures UTC)	Toutes les 2 heures

Quelques précisions sont nécessaires quant à la signification de l'indice TAD (*Time Allocation at Depth* ; Fedak *et al.*, 2001). Cet indice sans unité, variant de 0 à 1, permet de définir de façon simple la forme de la plongée, et plus particulièrement la gamme de profondeurs dans laquelle le phoque a éventuellement concentré son activité (Figure 3). Il est indépendant de la profondeur maximale de cette plongée. Lorsque l'indice TAD est proche de 0, le phoque a passé la majorité de son temps à de faibles profondeurs, mais a effectué un rapide aller-retour plus profond. Les valeurs proches de 0,5 correspondent à ce que l'on appelle des plongées « en V », au cours desquelles le phoque a réparti son temps de façon uniforme dans toutes les profondeurs de sa plongée. Enfin, un TAD proche de 1 correspond à des plongées « en U », au cours desquelles le phoque descend rapidement, passe la totalité de son temps à la profondeur maximale atteinte, et remonte rapidement à la surface. Abstraction faite du temps de nage nécessaire pour atteindre cette profondeur maximale (qui peut être peu profonde comme très profonde, le TAD est indépendant de la valeur absolue de la profondeur atteinte), le phoque a alors passé la totalité de son temps 'utile' à la profondeur maximale de sa plongée.

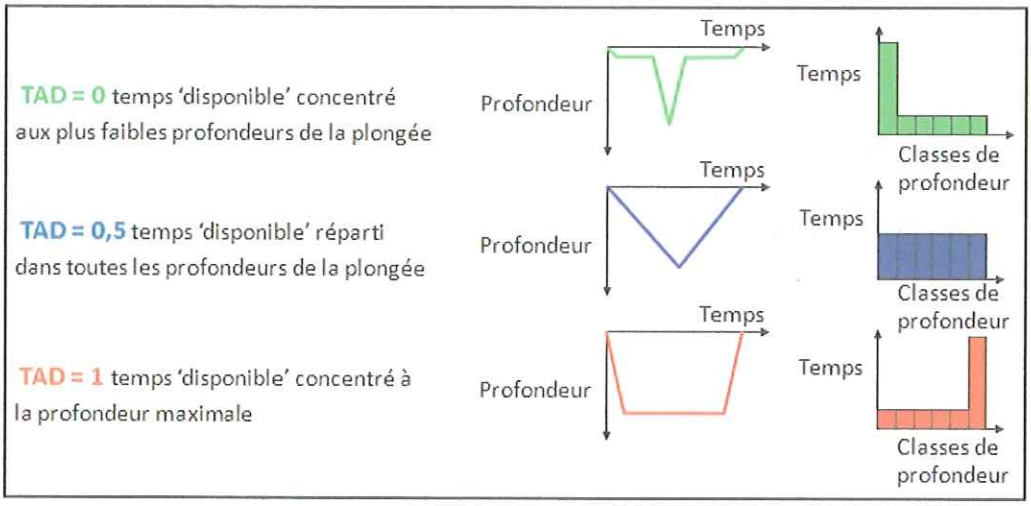


Figure 3 : Représentation symbolique des formes de plongée et distribution du temps de plongée par classes de profondeurs relatives de plongée correspondant aux valeurs de TAD de 0, 0.5 et 1 respectivement. Le temps 'disponible' de plongée correspond à la soustraction de la durée totale de la plongée, du temps de descente et de remontée à la vitesse optimale de nage. Pour plus de détails concernant les formules de calcul de l'indice, consulter Fedak *et al.*(2001).

Les balises Argos

Les balises GSM citées précédemment sont, comme la quasi-totalité des instruments de suivi télémétriques déployés sur des pinnipèdes, directement collées sur le poil. Ce système d'attache a l'avantage d'être simple et relativement non invasif pour l'animal (aucune chirurgie, et l'instrument tombe automatiquement lors de la mue annuelle, soit toujours moins de 12 mois après le début de l'expérience). Son principal inconvénient tient cependant dans cette perte systématique de la balise au début de la période de mue suivante : compte tenu des quelques mois pendant lesquels le poil n'est pas entièrement renouvelé mais trop dégradé pour retenir une balise collée, la fenêtre temporelle de suivi possible ne dépasse habituellement pas 9 ou 10 mois. Il n'est donc pas possible de suivre un individu sur plus d'un cycle annuel, ni même de le suivre pendant la période de reproduction, précédant juste la période de mue (et pendant laquelle le poil commence à se dégrader). Afin de palier à ce problème lié au système d'attache, nous avons utilisé, en plus des balises GPS/GSM décrites ci-dessus, de petites balises ARGOS mises au point spécialement pour ce suivi par Sirtrack (Nouvelle Zélande). Ces petites balises sont basées sur le principe de baguage des phoques dans la palmure arrière de l'animal : les émetteurs de plus petite taille disponible ont été utilisés, inclus dans un moulage inédit permettant la fixation par poinçonnage à travers la peau interdigitale des membres inférieurs des phoques (Figure 4). La description détaillée de ces petites balises est fournie en Annexe 3. Contrairement aux balises GPS/GSM, ces balises n'enregistrent aucun paramètre comportemental. Seules les localisations ARGOS obtenues à partir des émissions de signaux reçues par les satellites sont disponibles (CLS, 2008).

Figure 4 : Balise ARGOS mise au point par Sirtrack, attachée dans un membre inférieur de l'un des phoques suivis en 2008/2009

Les captures des phoques

Les captures des phoques veaux marins, espèce protégée en France, sont réalisées après délivrance par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (Direction de la Nature et des Paysages) et le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture) d'une dérogation ministérielle N° 08/347 à l'Université de La Rochelle.

Les phoques sont capturés individuellement dans des filets à large maille spécialement construits pour ces opérations, sans risque de coupure pour l'animal. Ils sont capturés dans les chenaux des molières à marée descendante, après approche terrestre, grâce à des « *hoopnets* » (filets en forme de grande poche, ouvertes à leur entrée par un cerceau de diamètre légèrement supérieur à celui d'un phoque). Après capture, une injection de Zoletil© (Virbac, France) permet de calmer l'animal et de l'immobiliser. Seuls les phoques de plus de 50 kg sont capturés, manipulés et équipés de balises. Les dates, lieux des captures et données morphométriques relatives aux animaux capturés sont données dans le tableau 2.

Les balises GPS/GSM sont fixées au poil de l'animal, à l'arrière de la nuque, grâce à de la colle epoxy à prise rapide (Figure 5), tandis que les balises ARGOS sont fixées dans une patte arrière grâce à une pince Dalton. Les phoques se réveillent spontanément environ une demi-heure après l'injection de Zoletil et repartent d'eux-mêmes dans l'eau.

Signalons que l'un des individus capturés en octobre 2008 (V08), est le même que l'un des 5 individus capturés l'année précédente (V05). Cette information a été apportée par la bague (57 138) portée par cet individu dans la palme arrière lors de sa seconde capture. Le suivi de ce phoque sur deux années consécutives permet ainsi d'illustrer la variabilité comportementale de ce phoque d'un cycle annuel sur l'autre.

Tableau 2 : Caractéristiques individuelles des phoques capturés et équipés de balises Fastloc™ GPS/GSM et éventuellement balises Argos en baie des Veys en 2007 et 2008.

Phoque	Date de capture	Sexe	Poids corporel (kg)	Longueur corporelle standard (cm)	Périmètre thoarcique (cm)	Numéro de bague (palmure arrière)	Balise Argos	Remarques
V01	24/10/2007	M	76	148	107	57 142	non	
V02	24/10/2007	M	76	140	107	57 141	non	
V03	24/10/2007	M	66	130	105	57 139	non	
V04	24/10/2007	F	74	126	108	57 140	non	
V05	24/10/2007	M	75	131	106	57 138	non	
V06	29/10/2007	F	76	136	110	57 144	non	
V07	29/10/2007	F	48	114	101	57 146	non	
V08	27/10/2008	M	76	125	109	57 138	oui	même individu que V05
V09	27/10/2008	M	81	142	110	58 603	oui	phalange cassée patte arrière droite
V10	27/10/2008	M	66	122	100	58 604	oui	
V11	27/10/2008	M	76	139	109	58 606	oui	
V12	27/10/2008	M	65	147	100	58 607	oui	ancien bagué (trou patte arrière droite)

Figure 5 : Phoque veau marin de la équipé d'une balise Fastloc™ GPS/GSM en baie des Veys. *Photo J.-F. Elder*

Analyse des données

Les données enregistrées par la balise GPS/GSM et transmises aux chercheurs sont filtrées puis analysées de la façon suivante.

Les localisations GPS sont filtrées selon la méthode décrite par McConnell *et al.* (1992), afin d'éliminer les éventuelles localisations aberrantes. Les localisations en mer étant plus difficiles à obtenir qu'à terre (absence de communication du GPS avec les satellites sous l'eau), des localisations théoriques peuvent être interpolées à intervalles réguliers (toutes les deux heures) à partir du jeu de localisations réelles (calcul effectuée suivant l'hypothèse d'un déplacement rectiligne et à vitesse constante entre deux localisations de date et heure connues). Ces localisations interpolées sont utilisées pour le calcul des densités d'utilisation de l'espace marin notamment. Celles-ci sont estimées par des densités de Kernels, en choisissant les densités de Kernel à 95% pour définir le domaine vital et celles à 50% pour définir leur habitat préférentiel (Bjørge *et al.,* 2002; Smith *et al.,* 2006).

Les enregistrements de début et fin des repos à terre sont utilisés pour définir les « voyages en mer », définis comme toute incursion en mer entre deux repos à terre successifs (sans contrainte de distance ou durée).

La localisation des repos à terre des phoques est estimée pour chaque enregistrement à partir des localisations GPS filtrées obtenues pendant le repos à terre. A défaut, les localisations obtenues moins d'une demi-heure avant ou après le repos à terre sont utilisées pour une interpolation. Si aucune localisation GPS n'est disponible pendant ce laps de temps, la localisation du repos à terre n'est pas estimée.

Les périodes et durées de repos à terre sont analysées en relation avec les rythmes tidaux (heures, coefficients de marées issues du SHOM) et diurnes (heures de la journée, en heures UTC). Les données météorologiques sont également disponibles à l'échelle horaire ou tri-horaire (climathèque MétéoFrance), mais ces analyses ne seront pas présentées dans cette étude.

Les probables zones de chasse des phoques ont été déterminées à partir des données de plongée. De nombreux travaux ont permis d'étudier le comportement de chasse du phoque veau marin, le décrivant globalement comme un chasseur benthique (chassant près du fond), avec des plongées principalement en forme de « U » pendant les phases de recherche ou de prise alimentaire (Bjørge *et al.*, 1995; Tollit *et al.*, 1998; Lesage et al., 1999; Baechler *et al.*, 2002). Le phoque veau marin étant relativement sédentaire par rapport à d'autres pinnipèdes, la profondeur de ces zones de chasse préférentielles varie en fonction de l'habitat disponible (Härkönen , 1987; Tollit *et al.*, 1998) : la seule indication de la profondeur de plongée n'est donc pas un indicateur pertinent pour déterminer une zone de chasse. La forme générale de la plongée, résumée par l'indice TAD, ainsi que le ratio entre la profondeur maximale de la plongée et la profondeur disponible à la verticale de la plongée (bathymétrie) sont utilisés. La durée totale de plongée est également prise en compte, une trop longue plongée sur le fond pouvant correspondre à une plongée de sommeil, tandis qu'une plongée très courte a une faible probabilité de permettre la capture d'une proie. Comme pour les évènements de repos à terre, les localisations de chaque plongée individuelle sont estimées par interpolation entre les localisations GPS précédent et suivant la plongée (dont la date et l'heure sont

connues avec précision). Cette interpolation est basée sur l'hypothèse d'un déplacement rectiligne entre deux localisations GPS successives, et à vitesse constante. Même si ces hypothèses sont naturellement peu probables, la marge d'erreur résultante est considérée comme acceptable compte tenu du nombre de localisations GPS transmises par jour et de leur précision. L'imprécision des localisations des plongées est cependant à l'origine de la difficulté d'estimation de la bathymétrie à la verticale des plongées individuelles (une erreur sur la localisation vraie entraînant fatalement une erreur sur la profondeur prise en référence, elle-même étant moyennée sur un maillage spatial ; e.g Gjertz *et al.*, 2001).

La plupart des graphiques de distribution des paramètres sont présentés sous forme de courbes et non d'histogramme : bien que moins rigoureuse d'un point de vue scientifique, cette présentation rend plus lisible la comparaison des données entre les 12 phoques suivis par balise.

Les localisations ARGOS obtenues à partir des balises ARGOS (Sirtrack) n'ont pas été filtrées car trop peu nombreuses (hors localisations aberrantes). Pour la signification des classes de localisations (LC), se reporter à CLS (2008).

BILAN SYNTHÉTIQUE DES DONNÉES TRANSMISES

Sept phoques ont été suivis par balises GPS/GSM à partir d'octobre 2007, et 5 individus (dont un déjà suivi l'année précédente) à partir d'octobre 2008. Seuls les individus suivis en 2008 ont également été suivis par balises ARGOS.

Sur les deux années de suivi par balises GPS/GSM, les suivis ont duré en moyenne 138±40 jours (Tableau 3). Ils ont permis d'obtenir en moyenne 15 localisations GPS filtrées par jour et par phoque. Plus de 91% des évènements de repos à terre ont été correctement enregistrés et transmis par la balise. Sur les 2027 repos à terre enregistrés, 90% ont pu être localisés avec précision (localisation Fastloc GPS disponible pendant le repos à terre ou dans la demi heure précédent ou suivant l'évènement ; Tableau 3). Enfin, 80% des plongées individuelles des phoques ont été enregistrées et transmises, soit 225 plongées par jour et par phoque en moyenne.

Tableau 3 : Bilan synthétique des données transmises par les balises GPS/GSM au cours du suivi des 12 phoques.

Phoque	Début GSP	Fin GPS	Durée en jours	Localisations GPS			Evènements de repos à terre		Plongées individuelles	
				% jours fonctionnement GPS	nombre total	% rejetées	nombre total	Nombre avec localisation *	nombre total transmises	% de tranmission **
V01	24/10/07	12/03/08	140	98%	1788	3.3%	206.0	200.0	48619	100%
V02	24/10/07	25/01/08	93	91%	1950	0.8%	121.0	108.0	22985	75%
V03	24/10/07	23/02/08	122	100%	2669	3.6%	199.0	196.0	23978	60%
V04	24/10/07	01/05/08	190	96%	3805	3.5%	163.0	155.0	17845	46%
V05	24/10/07	02/02/08	101	97%	2257	1.0%	143.0	136.0	25313	78%
V06	29/10/07	16/05/08	200	87%	1538	1.9%	167.0	159.0	25168	65%
V07	29/10/07	25/03/08	148	88%	2214	3.5%	80.0	75.0	10898	38%
V08	27/10/08	10/02/09	106	98%	1569	0.8%	113.0	100.0	37976	100%
V09	27/10/08	01/02/09	97	95%	1625	69.2%	180.0	79.0	49057	100%
V10	27/10/08	01/04/09	156	98%	3021	1.7%	243.0	226.0	42361	100%
V11	27/10/08	12/02/09	108	100%	1434	1.1%	198.0	186.0	26253	100%
V12	27/10/08	09/05/09	193	75%	1847	1.0%	214.0	199.0	41907	100%

** Les localisations des évènements de repos à terre proviennent soit de des localisations GPS obtenues pendant cet évènement, soit de l'interpolation entre les localisations obtenues dans la demi-heure qui précède et/ou qui suit l'évènement.*

*** Le pourcentage de transmission des plongées est le ratio entre le nombre total de plongées effectuées par le phoque (renseignées dans les bilans « Summary ») et le nombre de plongées individuelles transmises, pour lesquelles les durée, profondeurs, TAD et points d'inflexion sont renseignés.*

Les balises ARGOS n'ont permis d'obtenir que très peu de données (Tableau 4). Les quelques localisations non erronées obtenues sont présentées en Figure 6. Elles sont toutes situées autour de la baie des Veys et ont été obtenues pendant la durée de suivi par balise GPS/GSM : la précision des localisations ARGOS étant bien moindre de celle des localisations Fastloc GPS, elles sont peu utiles dans le cadre de cette étude et ne seront pas plus détaillées dans la suite de ce rapport. Des conclusions techniques et tactiques seront néanmoins tirées de l'échec de ce prototype pour une poursuite des développements technologiques de cet outil.

Tableau 4 : Liste des localisations obtenues à partir des balises ARGOS (Sirtrack).

Phoque	Date et heure	Longitude	Latitude	LC
V10	2008/10/29 15:54:42	**-1.27250**	**49.31972**	B
V10	2008/10/31 15:31:17	**-1.22639**	**49.29139**	B
V12	2008/11/02 07:29:08	**-1.23806**	**49.46139**	0
V10	2008/11/02 15:33:37	**-1.13389**	**49.39028**	B
V09	2008/11/06 07:30:52	**-1.12889**	**49.38056**	1
V11	2008/11/06 07:33:21	**-1.12806**	**49.39333**	A
V09	2008/11/06 07:50:30	**-1.04444**	**49.45833**	A
V09	2008/11/08 09:32:33	**-1.11333**	**49.41389**	A
V10	2008/11/08 12:49:50	**-1.20806**	**49.40222**	A
V11	2008/11/18 06:06:34	**-1.13167**	**49.31639**	B
V11	2008/11/26 12:40:26	**-1.23194**	**49.28722**	B

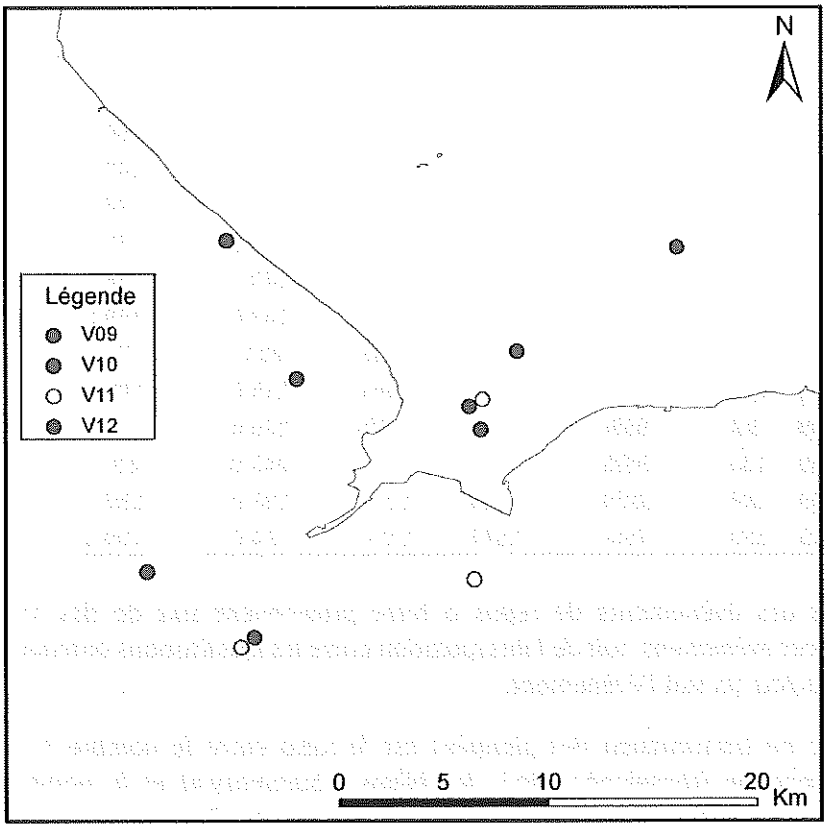


Figure 6 : Localisations ARGOS obtenues lors du suivi par balises Argos des 5 phoques veaux marins en baie des Veys en 2008.

UTILISATION DE L'ESPACE PAR LES PHOQUES

Cartes générales des déplacements des phoques

Les 12 phoques suivis par balises GPS/GSM ont passé la majeure partie de leur temps à proximité de la baie des Veys (Figure 7). Trois d'entre eux (4 si l'on considère séparément V08 et V05 qui correspondent en fait au même individu sur 2 années différentes) se sont rendus régulièrement aux îles Saint-Marcouf distantes d'environ 12 km du centre de la baie des Veys. La majorité des phoques est restée dans un périmètre de 20 km de la baie, mais 3 phoques s'en sont un peu plus éloigné : à près de 40 km pour V06 (vers la Pointe de Saire), 50 km pour V12 (à l'ouest d'Arromanches-les-Bains) ou 70 km pour V11 (baie de l'Orne) (Figure 8).

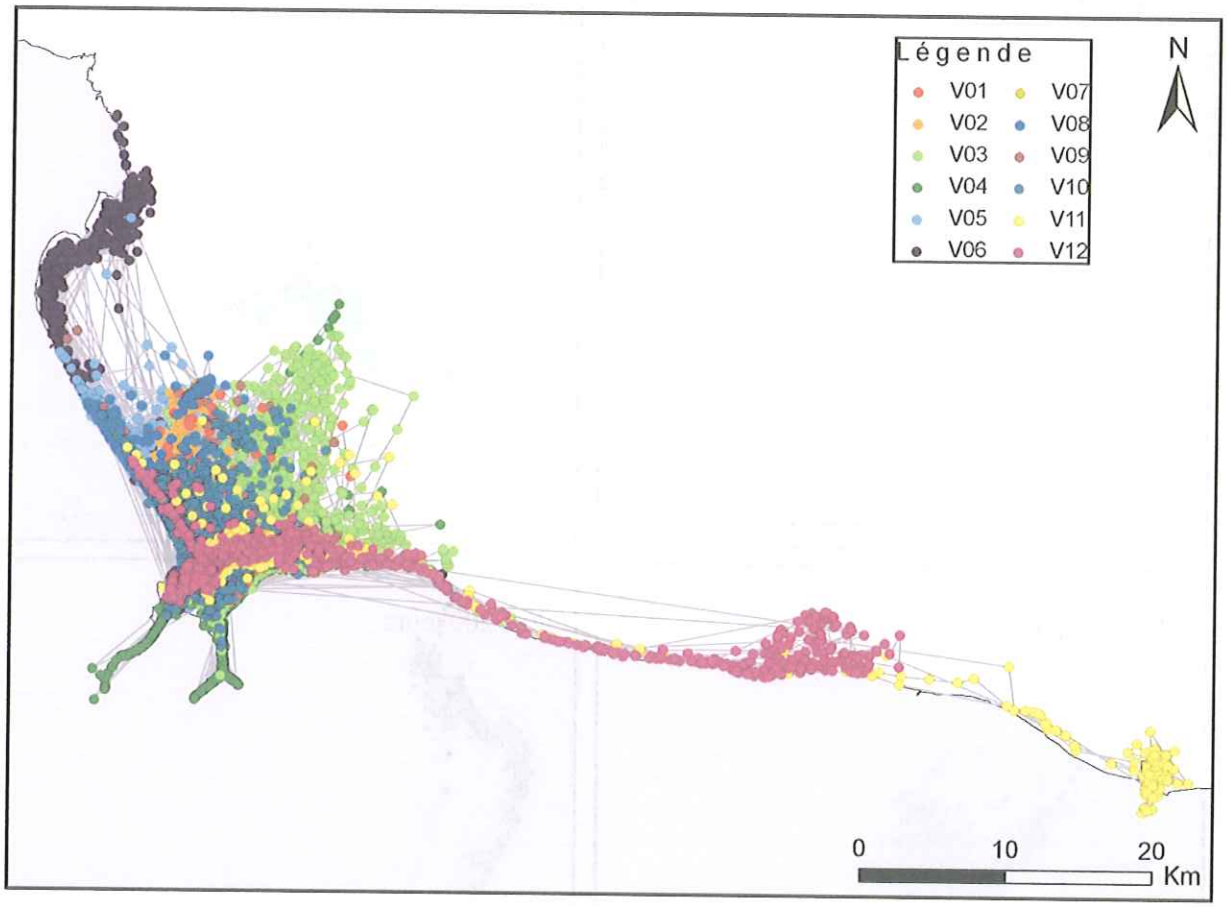
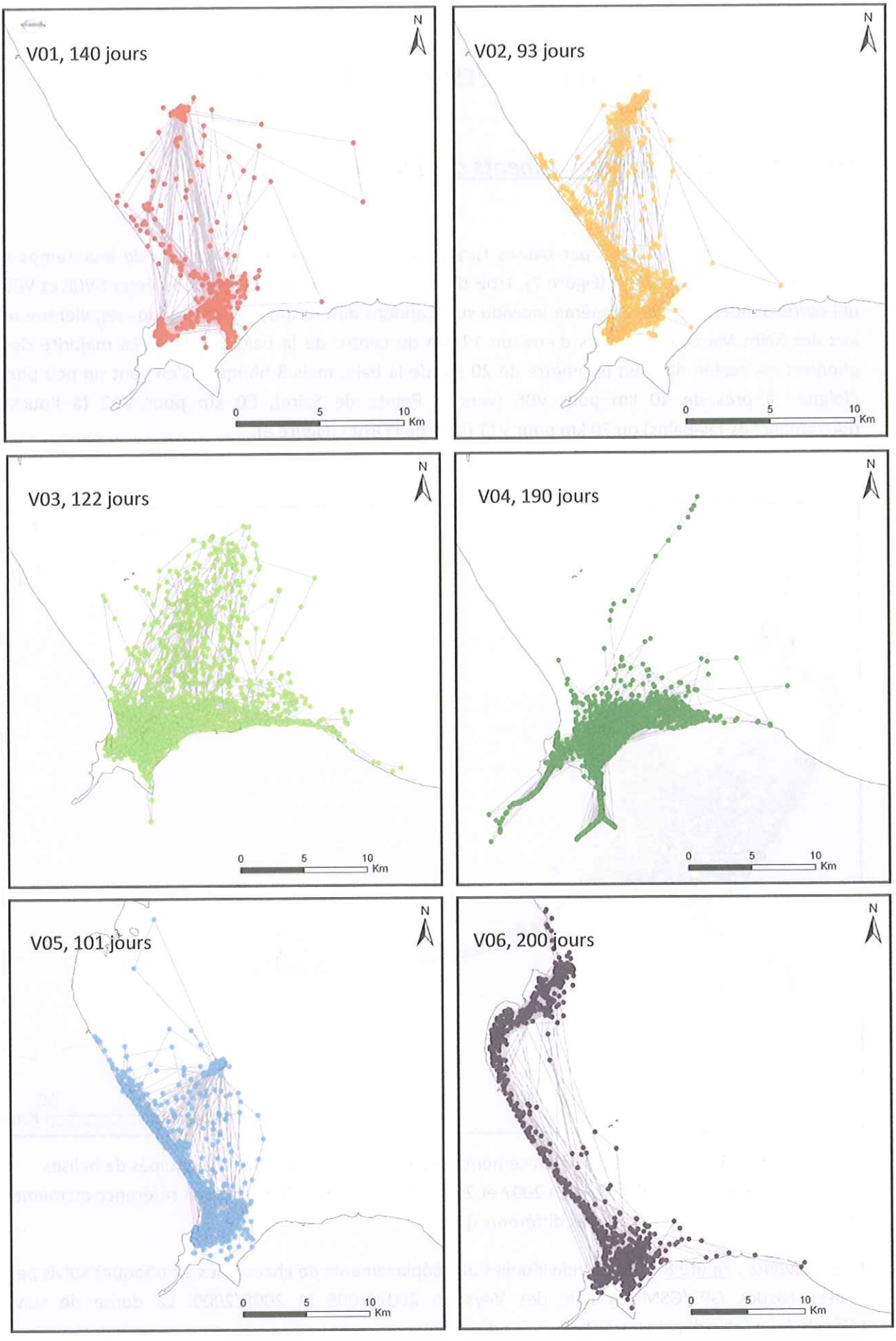
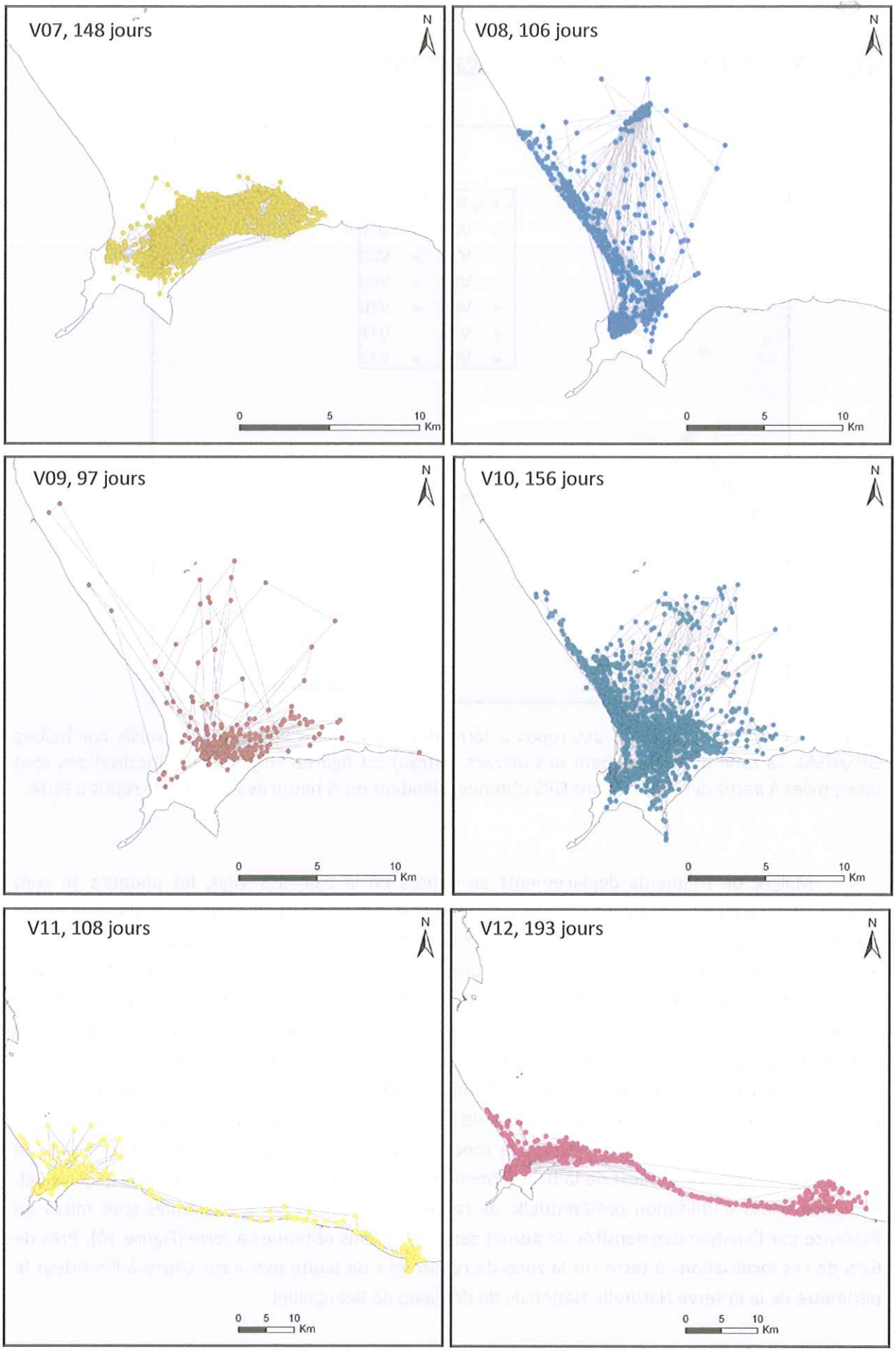


Figure 7 : Carte de l'ensemble des déplacements des 12 phoques veaux marins équipés de balises Fastloc GPS/GSM en baie des Veys en 2007 et 2008 (les numéros V05 et V08 font référence au même individu mais suivi sur deux années différentes).

Page suivante : Figure 8 : Cartes individuelles des déplacements de chacun des 12 phoques suivis par balises Fastloc GPS/GSM en baie des Veys en 2007/2008 et 2008/2009. La durée de suivi télémétrique est indiquée après le numéro du phoque.


V01, 140 jours
V02, 93 jours
V03, 122 jours
V04, 190 jours
V05, 101 jours
V06, 200 jours
N
0 5 10 Km


V07, 148 jours
N
0 5 10 Km
V08, 106 jours
N
0 5 10 Km
V09, 97 jours
N
0 5 10 Km
V10, 156 jours
N
0 5 10 Km
V11, 108 jours
N
0 5 10 Km
V12, 193 jours
N
0 5 10 Km

Utilisation de l'espace terrestre par les phoques

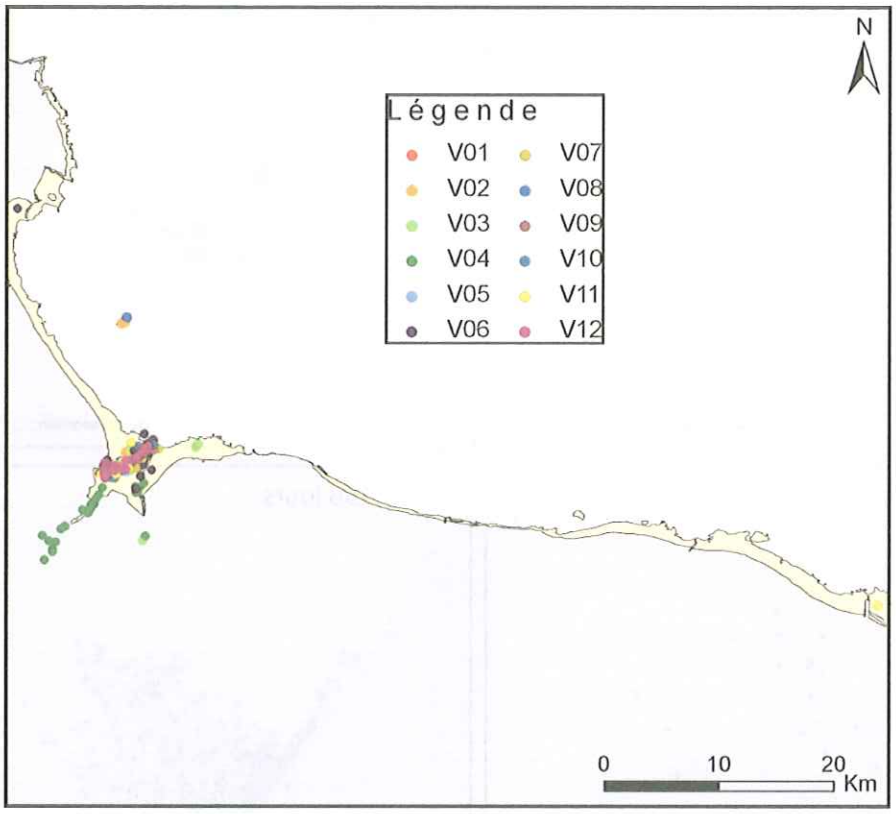


Figure 9 : Carte de répartition des repos à terre des 12 phoques veaux marins suivis par balises GPS/GSM. La zone de balancement des marées (estran) est figurée en jaune. Les localisations sont interpolées à partir des localisations GPS obtenues pendant ou ½ heure avant/après le repos à terre.

Malgré de fréquents déplacements en dehors de la baie des Veys, les phoques se sont reposés à terre en grande majorité à l'intérieur de la baie (Figure 9). Les phoques V05 et V08 (qui sont en fait le même individu mais suivi en 2007 et 2008 respectivement) se sont posés à seulement 3 reprises en tout sur des reposoirs terrestres situés dans les îles Saint-Marcouf, contre 20 fois pour le phoque V02 (Figure 9b). Tous les autres phoques (à l'exception d'une localisation unique de V06 à sur la plage de Saint-Vaast-la-Hougue) se sont posés à terre uniquement dans la baie des Veys (Figure 9b). Le phoque V04 s'est posé à de nombreuses occasions sur les bords des chenaux remontant dans les terres à partir de la baie. Il est facile de distinguer sur la Figure 9c les deux principales zones de repos à terre des phoques dans la baie : l'une de ces zones, s'étalant le long des chenaux proches du pied de mer en aval de la baie, constitue la zone de repos à basse mer, tandis que la zone plus en amont proche de la côte ouest de la baie représente la zone de reposoirs de haute mer (Figure 9c). Ces deux zones d'utilisation préférentielle de reposoirs terrestres par les phoques sont mises en évidence par l'analyse des densités de Kernel des localisations obtenues à terre (Figure 10). Près de 62% de ces localisations à terre sur la zone de reposoirs « de haute mer » est située à l'intérieur le périmètre de la Réserve Naturelle Nationale du domaine de Beauguillot.

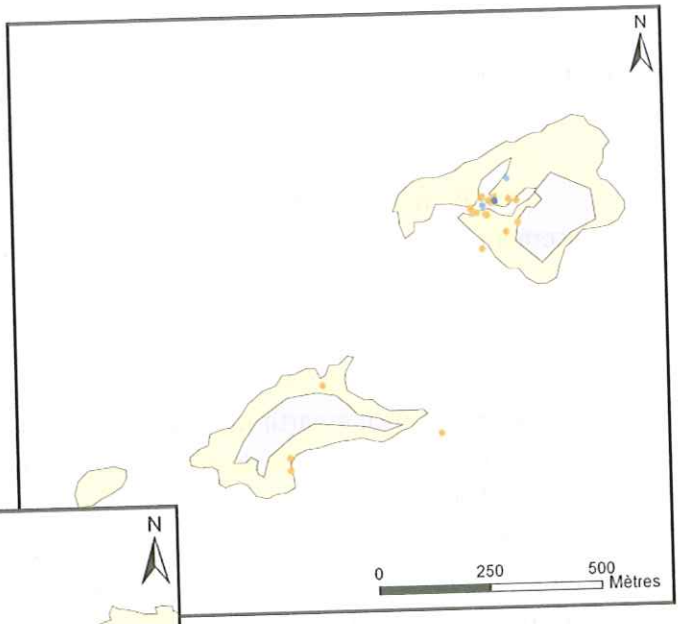


Figure 9b : Vue détaillée de la répartition autour des îles Saint-Marcouf des localisations GPS obtenues à terre lors du suivi de 3 des 12 phoques veaux marins (voir légendes en Figure 9).

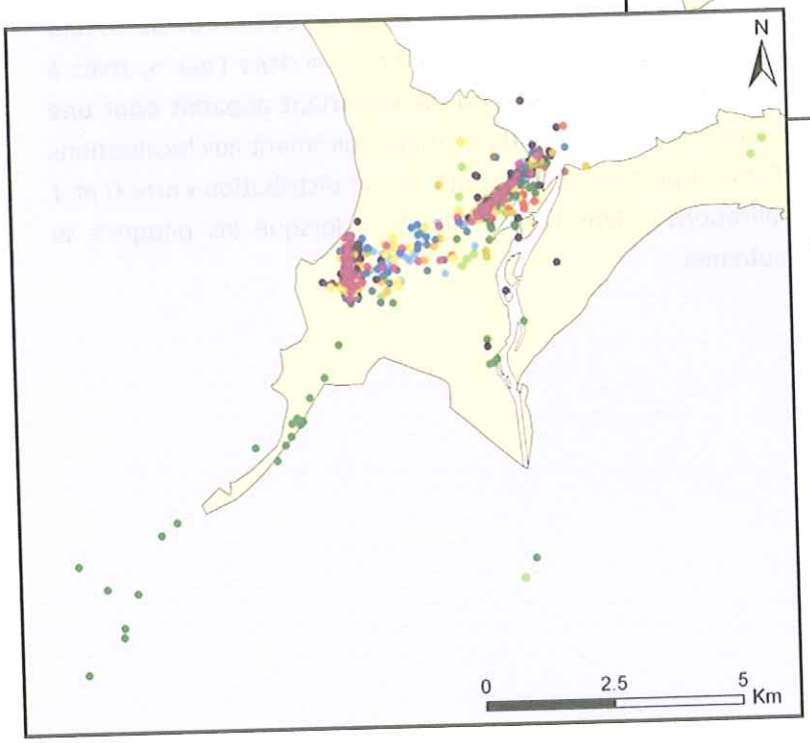


Figure 9c : Vue détaillée de la répartition en baie des Veys des localisations GPS obtenues à terre lors du suivi des 12 phoques veaux marins (voir légendes en Figure 9).

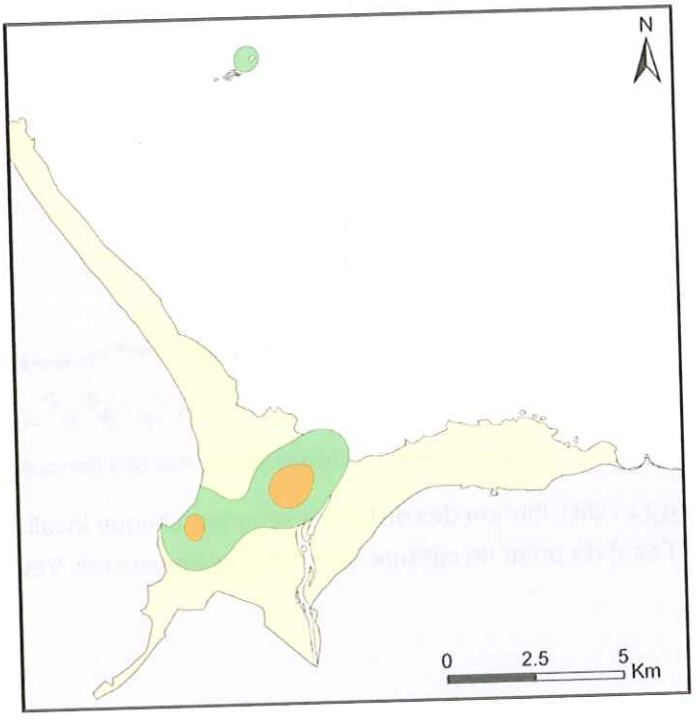


Figure 10 : Densités d'utilisation de l'espace « terrestre » par les 12 phoques suivis par balise : la zone préférentielle (orange) est représentée par la densité de Kernel à 50%, la zone globale (vert) par la densité de Kernel à 95%.

Utilisation de l'espace marin par les phoques

L'espace marin est défini ici au sens large, incluant la zone estuarienne : il s'agit d'étudier les déplacements des phoques lorsqu'ils se trouvent dans l'eau.

La Figure 11 illustre la distribution des localisations GPS « en mer » (lorsque le phoque est dans l'eau) en distance à partir du point de capture dans la baie des Veys (autour des reposoirs de haute mer). Il est ainsi possible de distinguer deux pics de distribution. Le premier apparait à 3-4 km de distance de ce site de capture, distance séparant les reposoirs de pleine mer et ceux de basse mer à l'intérieur de la baie des Veys. Il s'agit bien des localisations obtenues « dans l'eau », mais à proximité immédiate de ces reposoirs de basse mer. Un second pic important apparait pour une distance de 13-14 km du site de capture, et celui-ci correspond très majoritairement aux localisations obtenues autour des îles St-Marcouf. Moins important, le plus petit pic de distribution entre 0 et 1 km correspond naturellement aux localisations « dans l'eau » obtenues lorsque les phoques se trouvent autour de leurs reposoirs de haute mer.

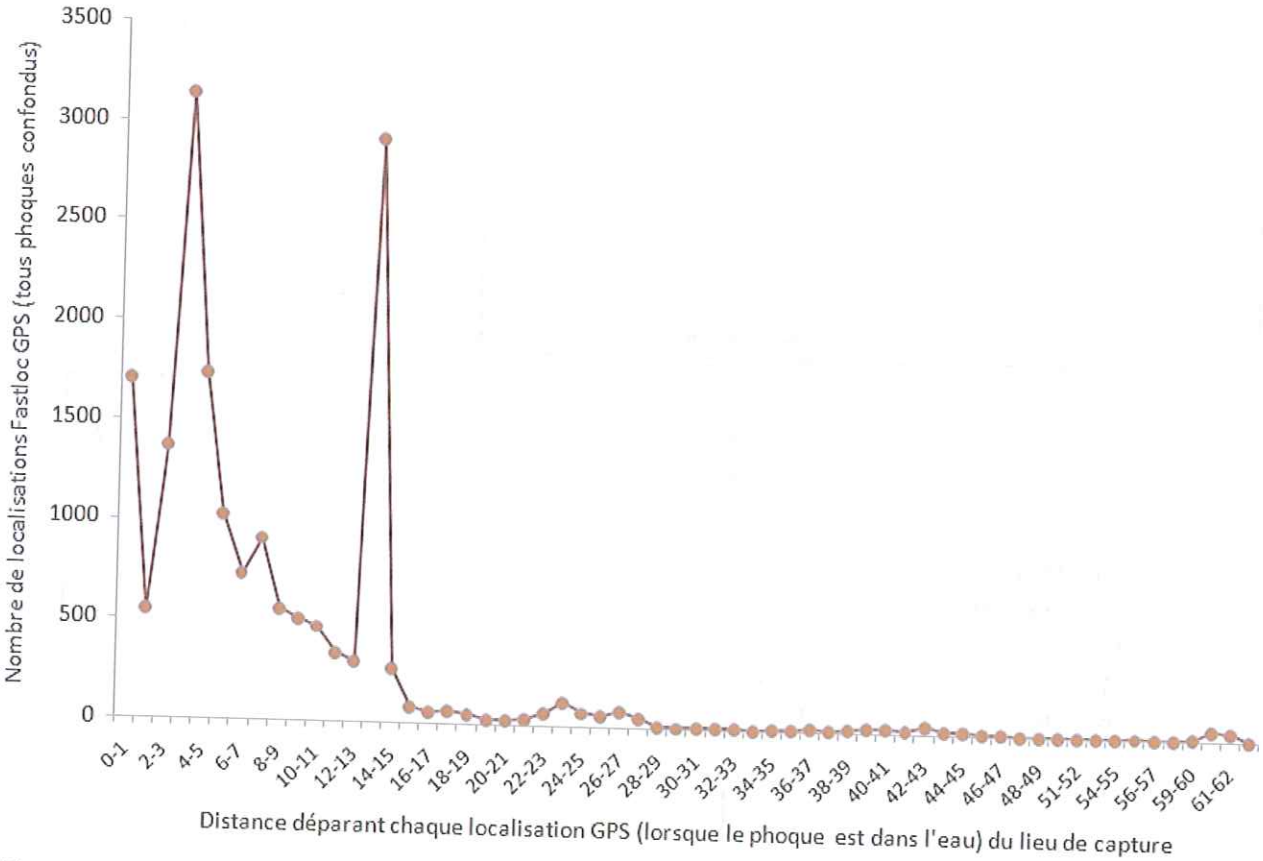


Figure 11 : Distribution des distances séparant chaque localisation Fastloc GPS « en mer » (phoque dans l'eau) du point de capture des phoques en baie des Veys.

La Figure 12 présente les densités de Kernel obtenues à partir des localisations des 12 phoques lorsqu'ils se trouvent dans l'eau. Les « zones préférentielles » (Kernels à 50%) sont situées principalement dans la baie des Veys et autour des îles Saint-Marcouf, tandis que la « zone globale » utilisée par les phoques (Kernel à 95%) s'étend à l'est comme à l'ouest de la baie le long des côtes, avec des prolongements discontinus jusque Saint-Vaast-la-Hougue à l'ouest et la baie de l'Orne à l'est. Ces zones définies par les densités de Kernel chevauchent largement la zone d'estran puisque les « zones préférentielles » la chevauchent à 66% et les « zones globales » à 55%.

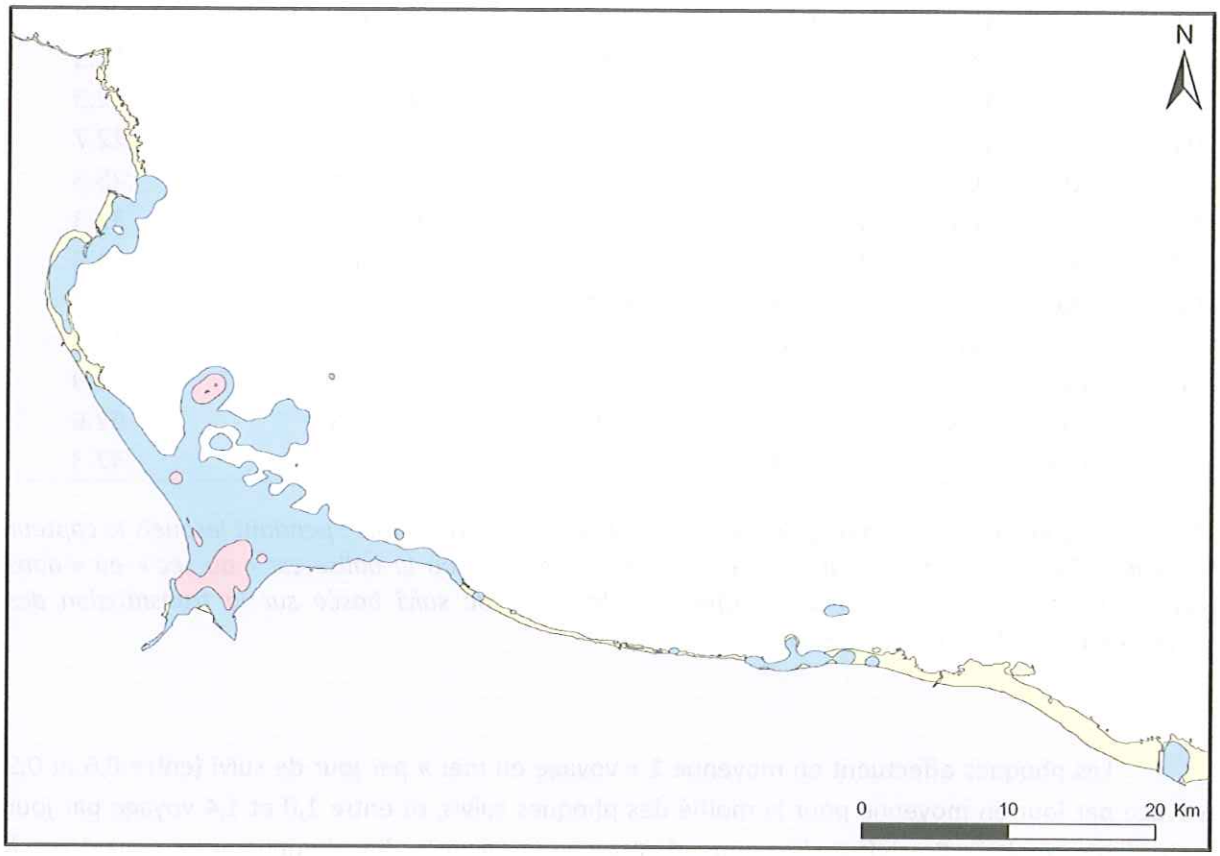


Figure 12 : Densités d'utilisation de l'espace « marin » (toutes localisations obtenues lorsque la balise est dans l'eau) par les 12 phoques suivis par balise : la zone préférentielle (rouge) est représentée par la densité de Kernel à 50%, la zone globale (bleu foncé) par la densité de Kernel à 95%. L'estran est représenté en jaune.

Chaque retour dans l'eau après un repos à terre est défini ici comme un « voyage en mer » (au sens large). Les fréquences, durées et distances à la baie des Veys de ces voyages en mer sont présentées dans le Tableau 5.

Tableau 5 : Principales caractéristiques des voyages en mer des phoques suivis par balises. La distance maximale au site de capture est la distance à vol d'oiseau, donc sous-estimée par rapport au trajet réellement parcouru.

Phoque	Nombre de jours de suivi*	Voyages en mer				
		N	durée (moyenne±S.D) en heures	durée maximale en heures	distance max (moyenne±S.D) au site de capture, en km	distance max au site de capture (maximum), en km
V01	140	134	13.4±15.4	68.0	6.9±4.4	16.3
V02	93	85	15.5±15.0	63.5	9.5±5.3	14.3
V03	120	163	12.2±8.1	66.1	9.5±6.0	22.3
V04	108	135	12.2±10.0	64.5	7.0±3.9	22.7
V05	101	107	15.5±14.6	66.5	9.0±5.7	25.3
V06	156	104	20.1±29.1	135.4	9.0±8.9	32.3
V07	91	66	15.8±9.6	42.5	8.2±3.0	11.9
V08	106	63	23.7±24.7	133.9	10.2±4.8	16.0
V09	97	61	9.4±7.5	45.5	7.9±3.6	18.8
V10	156	183	12.4±10.3	89.5	6.6±3.3	14.9
V11	108	125	9.6±13.0	106.5	6.9±9.5	62.6
V12	191	125	15.9±28.8	220.5	9.0±9.6	47.3

** Le nombre de jours de suivi rapporté ici correspond au nombre de jours pendant lesquels le capteur air/eau a fonctionné, permettant de déterminer les périodes où la balise est « au sec » ou « dans l'eau ». Ce chiffre peut légèrement différer de la durée de suivi basée sur la transmission des localisations Fastloc™ GPS (Tableau 3).*

Les phoques effectuent en moyenne 1 « voyage en mer » par jour de suivi (entre 0,6 et 0,9 voyage par jour en moyenne pour la moitié des phoques suivis, et entre 1,0 et 1,4 voyage par jour pour l'autre moitié). Ce chiffre n'est cependant qu'une moyenne : les phoques ne se posant pas à terre tous les jours (cf. chapitre suivant sur les rythmes d'activité), ils peuvent certains jours effectuer plusieurs retours à terre et voyages en mer.

La durée de chacun de ces voyages est très variable (cf. écarts-types des durées de voyages en heures, Tableau 5), mais elle est en moyenne d'une douzaine à une quinzaine d'heures pour la majorité des phoques. La durée maximale des voyages en mer (périodes pendant lesquelles le phoque ne se pose pas du tout à terre) varie de moins de 2 jours (V07 et V09) à plus de 9 jours (V12). Si la distance maximale séparant le point le plus éloigné du voyage au site de capture reflète les observations des cartes individuelles de déplacements des phoques (62 km pour V11 qui s'est rendu dans la baie de l'Orne, 47 km pour V12 voyageant le long de la côte est de la baie, 32 km pour V06 voyageant jusqu'à St-Vaast-la-Hougue, moins de 30 km pour les autres phoques), la distance maximale moyenne (sur l'ensemble des voyages effectués) est de 10 km ou moins pour l'ensemble des phoques, indiquant que même les phoques s'étant le plus éloignés de la baie des Veys ont également fait de fréquents déplacements à plus faible distance (Tableau 5).

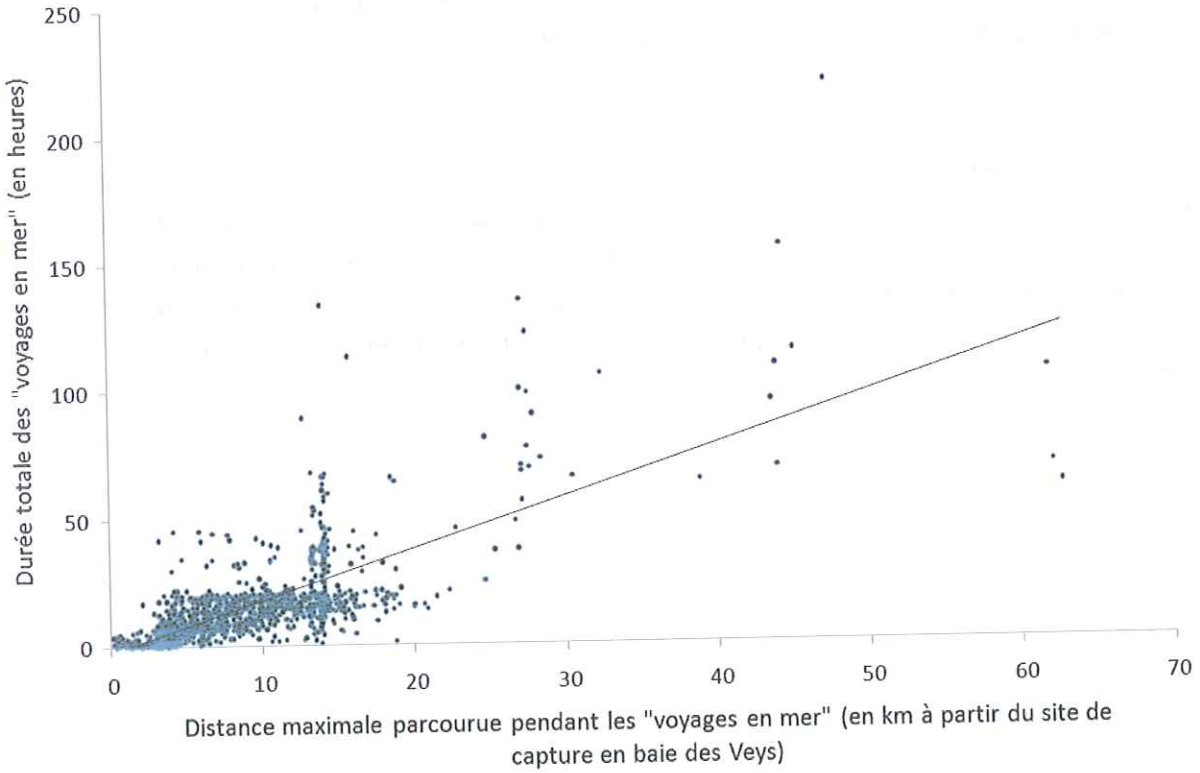


Figure 13 : Distribution des durées de voyages en mer des phoques suivis par balises (en heures) en fonction de la distance maximale parcourue depuis le site de capture en baie des Veys (en km).

La durée totale des voyages en mer est significativement corrélée à la distance maximale au site de capture en baie des Veys (Figure 13 ; test de Spearman, $p<0.001$, $R^2=0.633$). Il est possible d'observer sur cette figure la série des déplacements des phoques V01, V02, V05 et V08 autour des îles Saint-Marcouf, distantes d'environ 14 km du site de capture, dont les durées des voyages ont été plus hétérogènes qu'ailleurs.

Le comportement en plongée des phoques peut être étudié grâce à plusieurs paramètres enregistrés par la balise. Toute incursion sous l'eau à plus de 1.5 mètre de profondeur est enregistré comme une plongée individuelle (jusqu'au retour à la surface).

Près de 40% des plongées individuelles des phoques suivis par balises à partir de la baie des Veys ont duré moins d'une minute, et plus de 95% ont duré moins de 5 minutes (Figure 14). Outre les très courtes plongées prédominantes, on observe un second pic de distribution des durées de plongées entre 2 et 3 minutes environ. La durée maximale de plongée enregistrée est de 15 minutes pour le phoque V12 (mais seulement 20 plongées tous phoques confondus ont duré plus de 10 minutes lors des suivis).

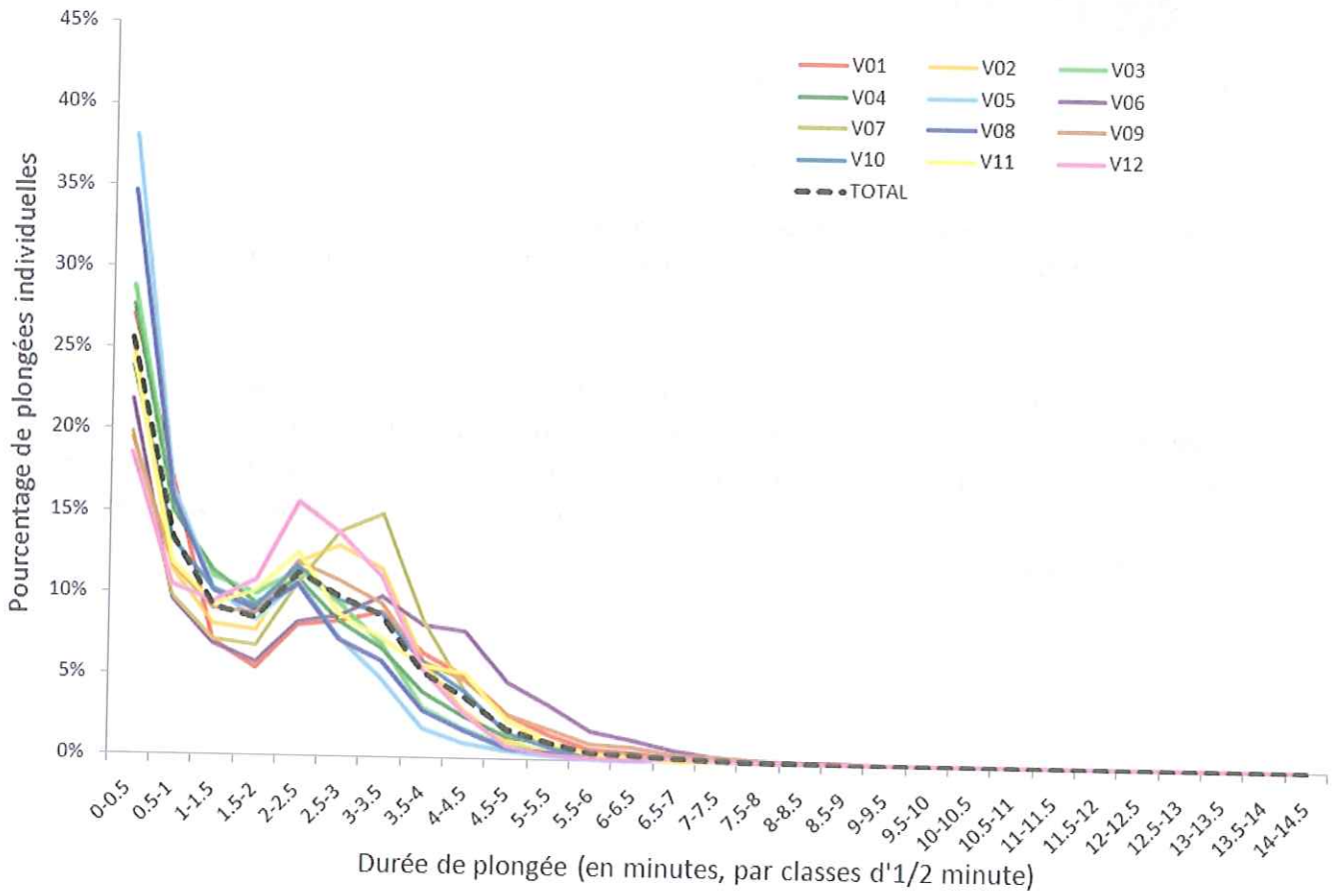


Figure 14 : Distribution des durées de plongées individuelles des phoques suivis par balises.

La distribution des profondeurs maximales de plongées individuelles est remarquablement homogène parmi les 12 phoques suivis (Figure 15). Au total, 66% des plongées sont profondes de moins de 5 m (pourcentage variant de 56 à 83% selon les individus), et 86% sont profondes de moins de 10 mètre. La profondeur maximale enregistrée est de 30.8 m pour le phoque V01.

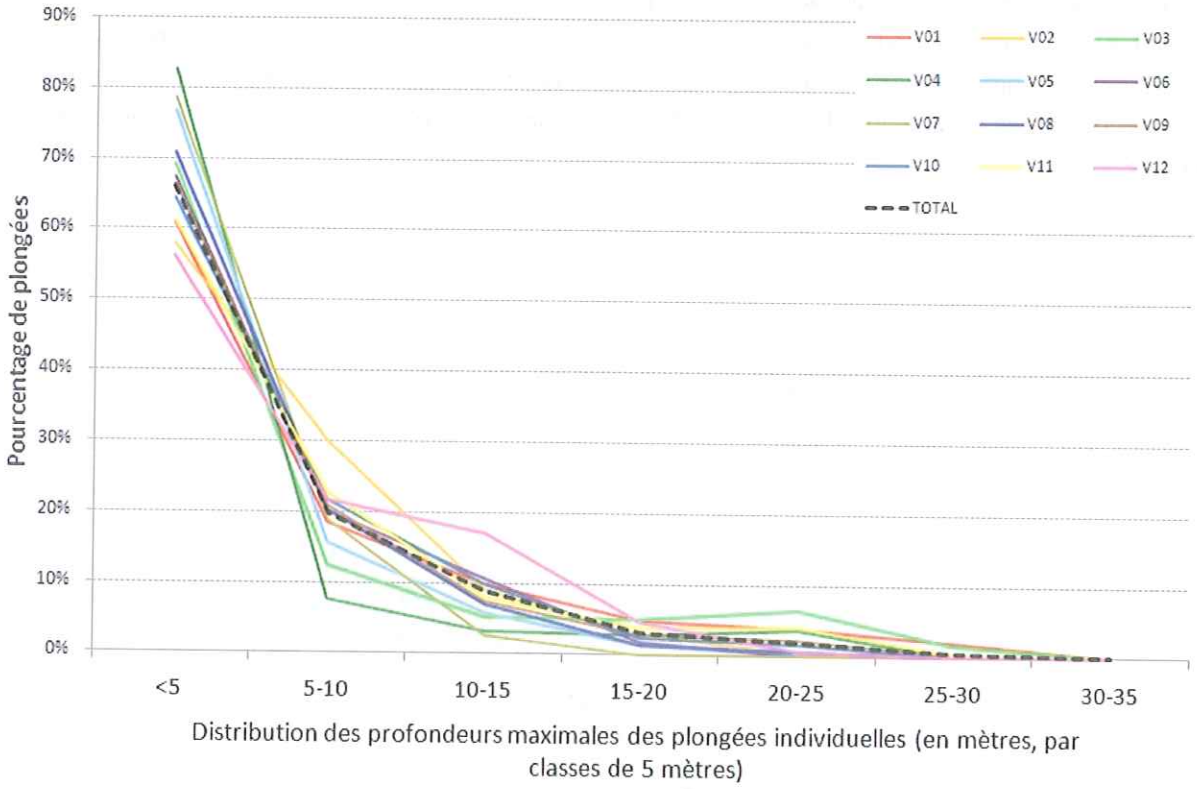


Figure 15 : Distribution des profondeurs maximales de plongées individuelles des phoques.

Les profondeurs de plongée des phoques ne peuvent malheureusement pas être comparées de façon suffisamment rigoureuse aux profondeurs disponibles (bathymétrie), en raison des localisations extrêmement côtières des phoques lors de ces plongées. La majorité ayant lieu sur la zone d'estran, il serait nécessaire de modéliser la hauteur de marée à tout moment et en tout point de la baie ou de l'estran, ce qui n'est pas réalisable dans le cadre de cette étude. Il est cependant suggéré, compte tenu de la bathymétrie des zones prospectées par les phoques et de la distribution globale de ces plongées, que les phoques plongent majoritairement près du fond lorsque leurs plongées dépassent 5 mètres.

La forme générale des plongées effectuées par les phoques peut être étudiée de façon synthétique grâce au calcul de l'indice TAD (Fedak *et al.*, 2001). La distribution des valeurs prises par cet indice lors de chaque plongée permet de savoir dans quelle portion relative de la colonne d'eau le phoque a concentré son activité (relative à la profondeur maximale de plongée) : lorsqu'il tend vers 1 le TAD indique que le phoque a passé la majorité ou totalité de son temps « disponible » (hors temps nécessaire à la descente et la remontée) à la profondeur maximale de la plongée (plongées dites « en U »). Lorsqu'il est de 0.5, le TAD indique que le phoque a réparti équitablement son temps entre toutes les profondeurs (cas typique des plongées dites « en V »).

La distribution des indices TAD des plongées individuelles des 12 phoques suivis par balises montre un pic dans les valeurs de 0,8-0,9 pour la majorité des phoques, et situé plutôt entre 0 ,6 et 0,8 pour les phoques V02, V05 et V08 (Figure 16). Les plongées dont l'indice TAD est supérieur à 0,8 peuvent être considérées comme des plongées « en U », celles dont l'indice est compris entre 0,6 et 0,8 sont moins typiques (temps réparti plus uniformément dans la plongée et pas seulement à la profondeur maximale). On remarque un faible pourcentage, pour l'ensemble des phoques, de plongées typiques « en V » (indice TAD d'environ 0,5). Les phoques passent donc globalement plus de temps dans la moitié plus profonde de leur plongée, mais ne poussent pas particulièrement leurs limites physiologiques puisque les plongées de TAD proche de 1 ou supérieures sont peu nombreuses voire rares.

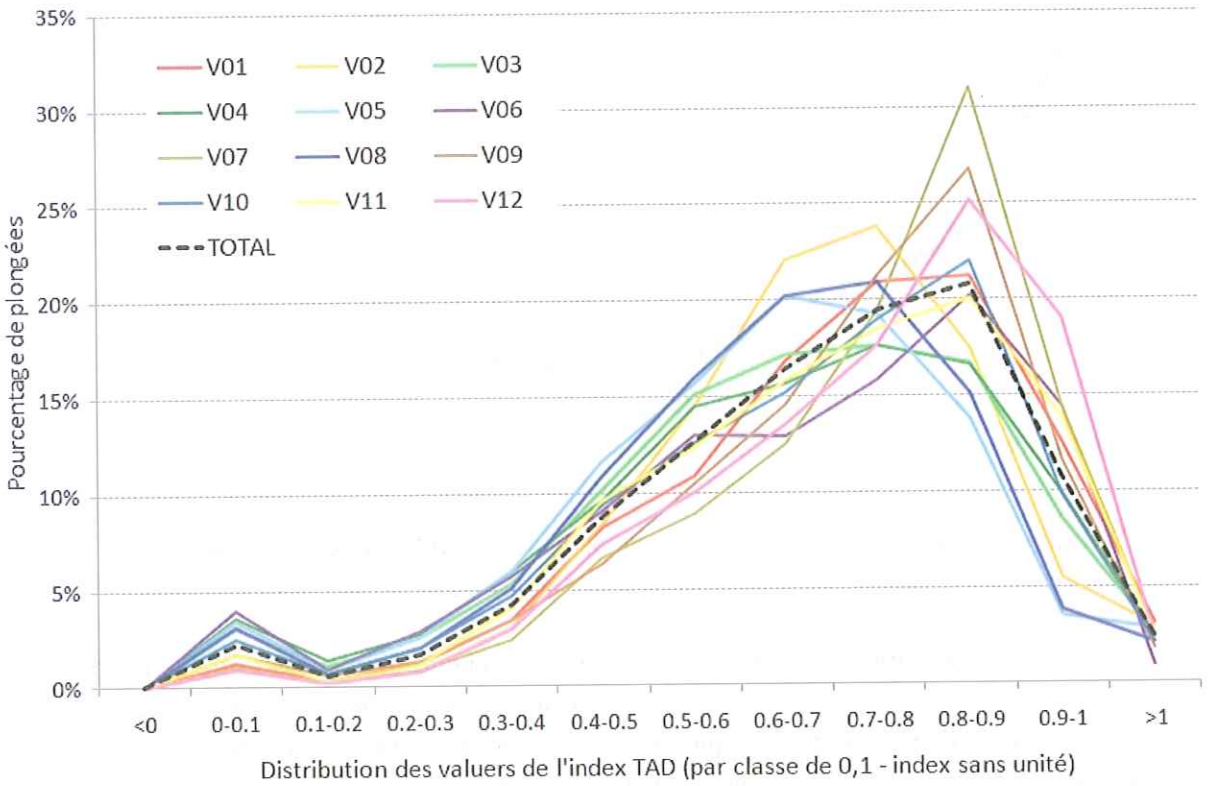


Figure 16 : Distribution des valeurs de l'indice TAD des plongées individuelles des phoques

L'indice TAD est l'un des paramètres retenus pour identifier les zones probables de chasse (ou prospection alimentaire) des phoques : les « plongées en U », au cours desquelles le phoque descend et remonte rapidement après avoir passé un maximum de temps au fond, sont les plus caractéristiques d'une plongée de chasse. Elles correspondent à des plongées dont l'indice TAD est proche de 1. D'autres paramètres sont à prendre en compte : lorsqu'un phoque plonge sur une zone de chasse, il se déplace a priori peu longitudinalement, sa vitesse de déplacement (estimée entre deux localisations GPS successives avant et après la plongée individuelle) est donc plus faible que lorsque l'animal se déplace entre deux zones d'intérêt (reposoirs et zones de chasse par exemple). La durée de plongée, enfin, est prise en compte (mais avec un plus faible poids) : une plongée très courte a peu de chances d'être synonyme de succès pour la capture d'une proie, tandis qu'une

plongée trop longue correspondra plutôt à une plongée de repos sous l'eau. Des coefficients de pondération ont ainsi été déterminés à partir des courbes de distribution de ces paramètres pour calculer un coefficient de probabilité de comportement de chasse des phoques lors des plongées (Tableau 6).

Tableau 6 : Critères utilisés pour la détermination des zones probables de chasse et poids donné à ces critères en fonction de valeurs obtenues. La somme de ces coefficients pour chacune des plongées individuelles (pour lesquelles une localisation Fastloc GPS a pu être calculée) varie donc de 0 à 5.

Coefficients attribués pour les paramètres de plongée en fonction des seuils suivants :

TAD			Vitesse de déplacement (en m/s)			durée de plongée (en minutes)		
≥ 1	:	**2**	< 0,1	:	**2**	< 0,15	:	**0**
entre 0,8 et 1	:	**1,5**	< 0,25	:	**1,5**	entre 0,15 et 0,30	:	**0,5**
entre 0,6 et 0,8	:	**1**	< 0,40	:	**1**	entre 0,30 et 5	:	**1**
entre 0,4 et 0,6	:	**0,5**	< 0,55	:	**0,5**	entre 5 et 10	:	**0,5**
< 0,4	:	**0**	< 0,70	:	**0**	> 10	:	**0**

La pondération des plongées individuelles par la somme de ces coefficients a permis de séparer les plongées de faible, moyenne ou forte probabilité de chasse (Tableau 7). Cette estimation reste néanmoins subjective et arbitraire, et il conviendra dans le futur d'utiliser d'autres outils pour vérifier la validité de ces paramètres et valeurs seuils pour déterminer la prise alimentaire réelle par les phoques (voir discussion).

Tableau 7 : Probabilité de comportement de chasse ou de prospection alimentaire du phoque pendant la plongée, en fonction de la valeur obtenue par addition des coefficients calculés d'après le Tableau 6.

Somme des coefficients	Probabilité de comportement de chasse / prospection alimentaire
0 - 2	peu probable
2 - 3,5	possible
3,5 - 5	fortement probable

Nous avons choisi de ne conserver que les plongées dont la somme des coefficients atteint au moins 3,5/5, soit celles pour lesquelles la probabilité de chasse ou prospection alimentaire est considérée comme élevée (Tableau 7). A partir des localisations de ces plongées, les cartes de densités de Kernel permettent d'établir la répartition globale des zones probables de chasse de chacun des individus (Figure 17).

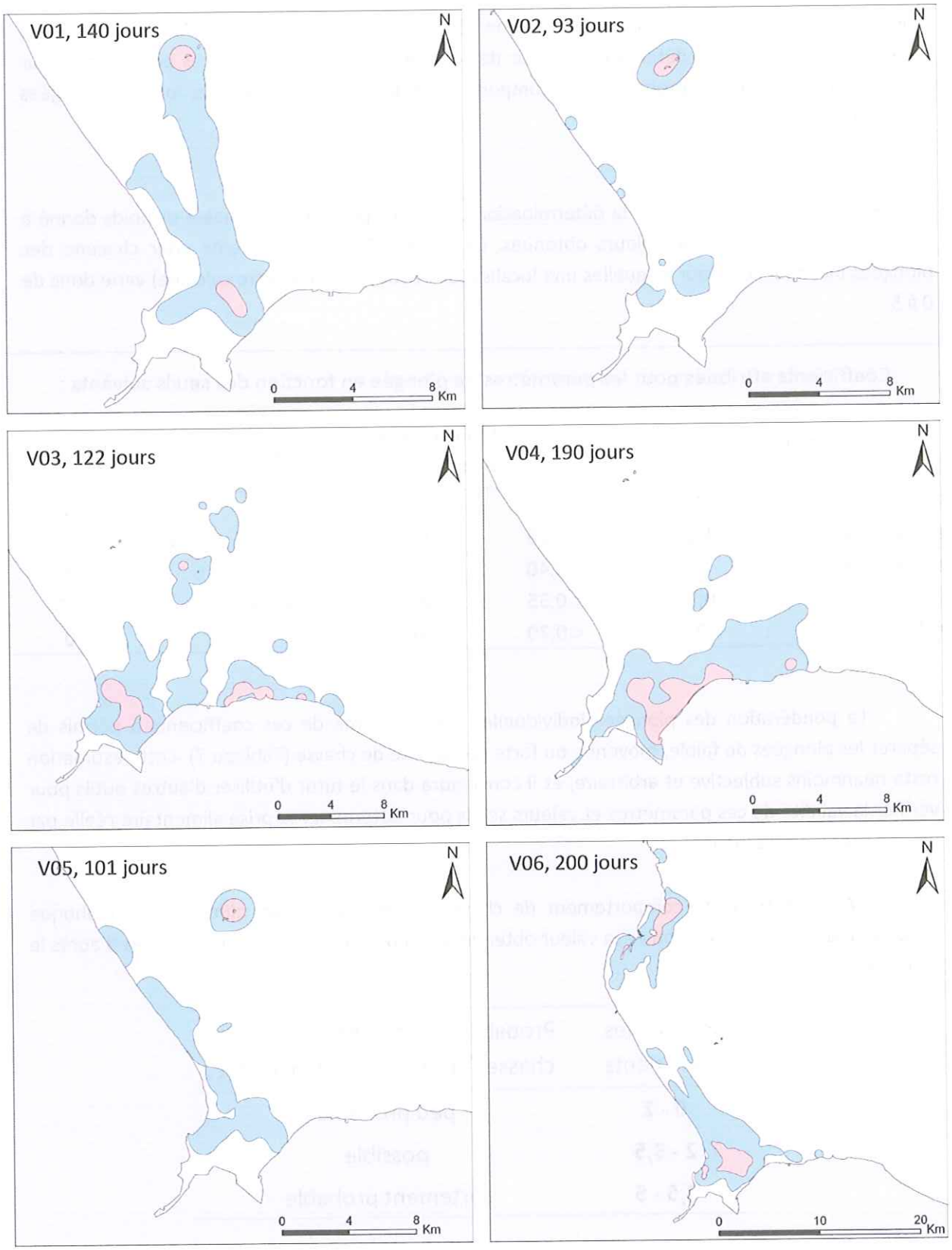


Figure 17 : Répartition spatiale des zones probables de chasse des phoques (plongées de coefficient supérieur à 3,5 : cf. tableaux 6 et 7) : les zones préférentielles (rouge) sont représentées par la densité de Kernel à 50%, les zones globales (bleu foncé) par la densité de Kernel à 95%.

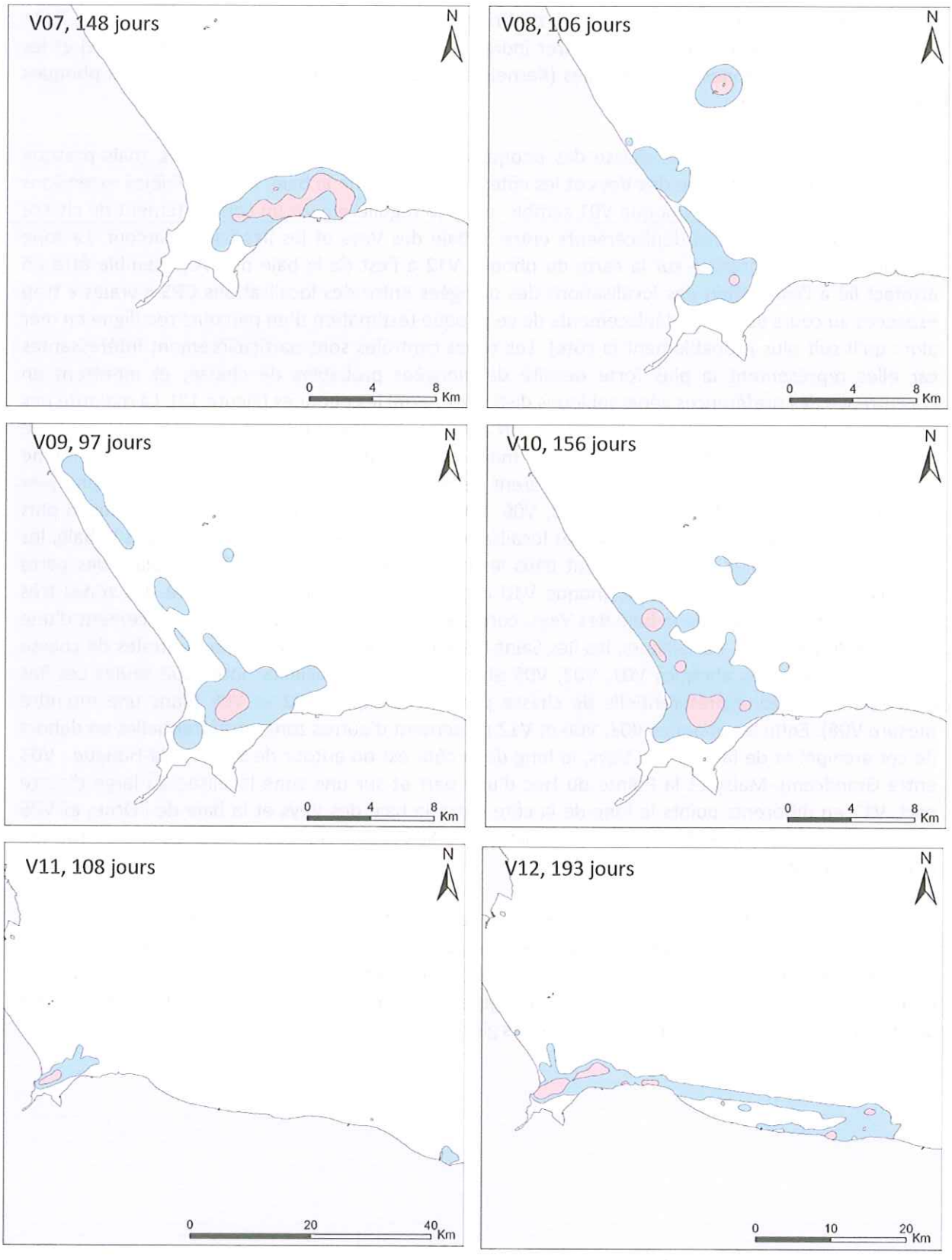


Figure 17 (suite) : Répartition spatiale des zones probables de chasse des phoques (plongées de coefficient supérieur à 3,5 : cf. tableaux 6 et 7) : les zones préférentielles (rouge) sont représentées par la densité de Kernel à 50%, les zones globales (bleu foncé) par la densité de Kernel à 95%.

Les densités de Kernel calculées à partir des localisations supposées des plongées de forte probabilité de chasse permettent d'illustrer individuellement la zone globale (Kernels à 95%) et les zones centrales, ou zones préférentielles (Kernels à 50%) probablement exploitées par les phoques pour leur alimentation.

Les zones globales de chasse des phoques sont généralement discontinues, mais presque toujours restreintes à la baie des Veys et les côtes est et ouest de la baie, avec de faibles extensions en mer (Figure 17). Seul le phoque V01 semble avoir eu régulièrement un comportement de chasse en pleine mer, lors de ses déplacements entre la baie des Veys et les îles Saint-Marcouf. La zone globale rectiligne observée sur la carte du phoque V12 à l'est de la baie des Veys semble être un artefact lié à l'estimation des localisations des plongées entre des localisations GPS « vraies » trop espacées au cours des longs déplacements de ce phoque (estimation d'un parcours rectiligne en mer alors qu'il suit plus probablement la côte). Les zones centrales sont particulièrement intéressantes car elles représentent la plus forte densité de plongées probables de chasse, et montrent en l'occurrence des préférences géographiques distinctes parmi les phoques (Figure 17). La majorité des phoques (à l'exception de V02, V05 et de façon anecdotique pour V08) ont une zone préférentielle de chasse à l'intérieur de la baie des Veys, mais celles-ci ne sont pas toujours situées au même endroit. Les phoques V01, V04 et V07 préfèrent visiblement chasser à l'est de la baie, les phoques V11 et V12 à l'ouest, et les phoques V03, V06, V09 et V10 au centre de la baie ou de façon plus largement répartie dans la baie. Selon ces localisations précises des zones centrales dans la baie, les phoques chassent plus particulièrement dans les chenaux et/ou à proximité immédiate des parcs ostréicoles (à l'est de la baie). Le phoque V10 a par ailleurs exploité intensément des zones très localisées sur la côte est de la baie des Veys, correspondant respectivement à l'emplacement d'une épave et de bouchots. Par ailleurs, les îles Saint-Marcouf constituent des zones centrales de chasse importantes pour les phoques V01, V02, V05 et V08. On peut d'ailleurs noter que seules ces îles constituent une zone préférentielle de chasse pour les phoques V02 et V05 (dans une moindre mesure V08). Enfin les phoques V03, V06 et V12 présentent d'autres zones préférentielles en dehors de cet archipel et de la baie des Veys, le long de la côte est ou autour de St-Vaast-la-Hougue : V03 entre Grandcamp-Maisy et la Pointe du Hoc d'une part et sur une zone localisée au large d'autre part, V12 en différents points le long de la côte entre la baie des Veys et la baie de l'Orne, et V06 dans les parcs ostréicoles dans l'anse du cul de loup à St-Vaast-la-Hougue, autour de l'île de Tatihou et de la pointe de Saire.

L'ensemble des zones « centrales » de chasse des 12 phoques sont rassemblées sur la Figure 18, qui permet de mieux visualiser le recoupement partiel de ces zones référentielles mais aussi leur superposition sur la zone d'estran : au total, 66% des zones centrales de chasse des 12 phoques suivis (densités de Kernel à 50% à partir des plongées « de chasse ») sont situées dans la zone de balancement des marées, contre 55% des zones globales (Kernels à 95%).

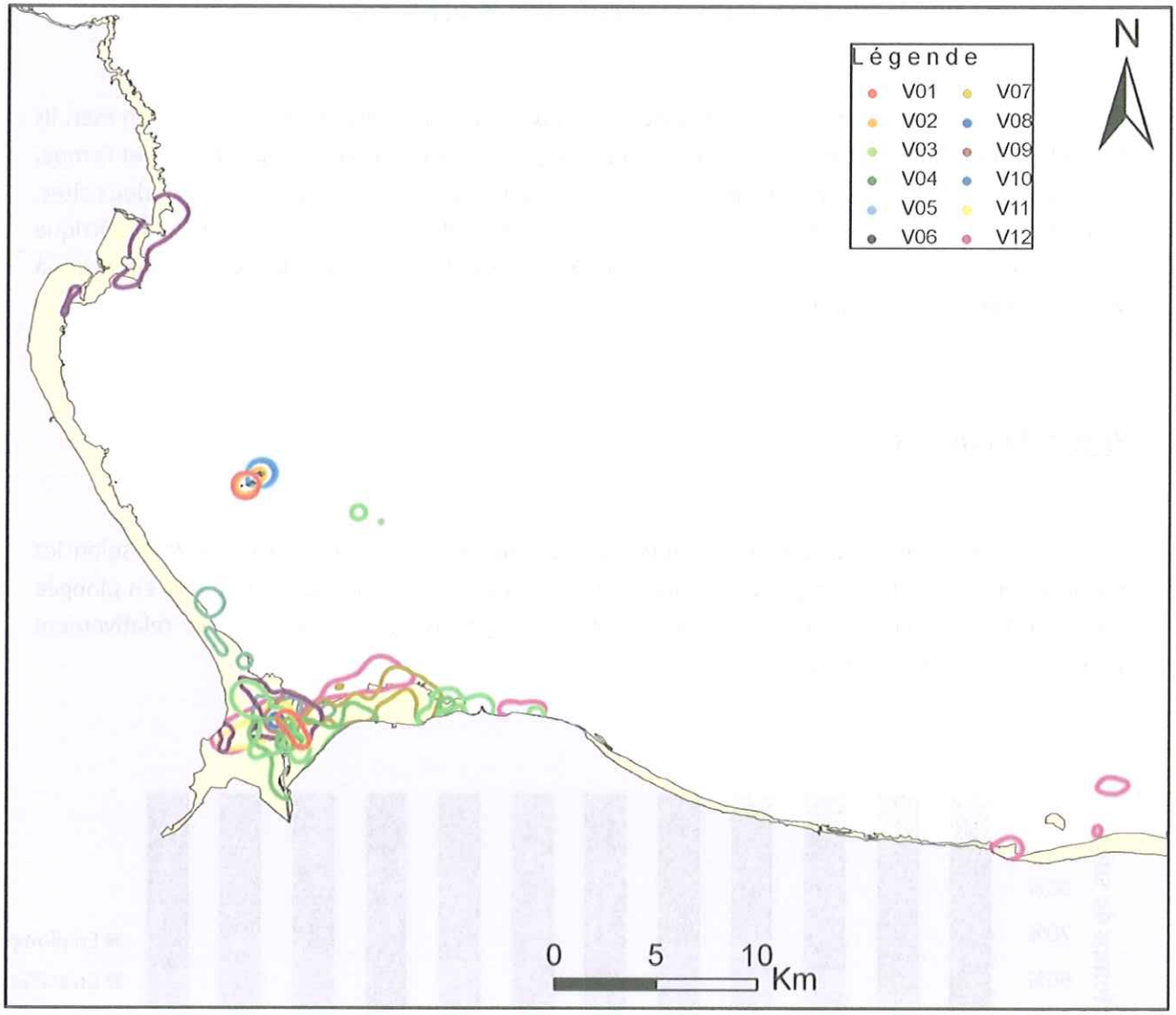


Figure 18 : Carte récapitulative de la répartition spatiale des probables zones centrales de chasse des phoques suivis par balise à partir de la baie des Veys (Kernel à 50% uniquement). Voir tableaux 6 et 7 pour la détermination de ces zones à partir des paramètres de plongées individuelles.

RYTHMES D'ACTIVITÉ DES PHOQUES

Comme tous les pinnipèdes, les phoques veaux marins alternent vie à terre et vie en mer. Ils dépendent de l'habitat terrestre (ou glacé, selon les régions) pour le repos, la reproduction et la mue, tandis qu'ils exploitent l'habitat marin principalement pour chasser et se déplacer entre deux sites. Nous établissons dans un premier temps un bilan de la répartition du temps de suivi télémétrique des 12 phoques entre ces deux milieux, puis nous décrivons plus précisément les rythmes des repos à terre, voyages en mer et plongées.

Bilans d'activités

Les 12 phoques ont passé, en moyenne, 18% de leur temps à terre (13 à 24% selon les individus) et 82% de leur temps dans l'eau, dont 42% du temps total en surface et 40% en plongée (Figure 19). La répartition du temps entre ces trois grands types d'activité est relativement homogène entre les individus.

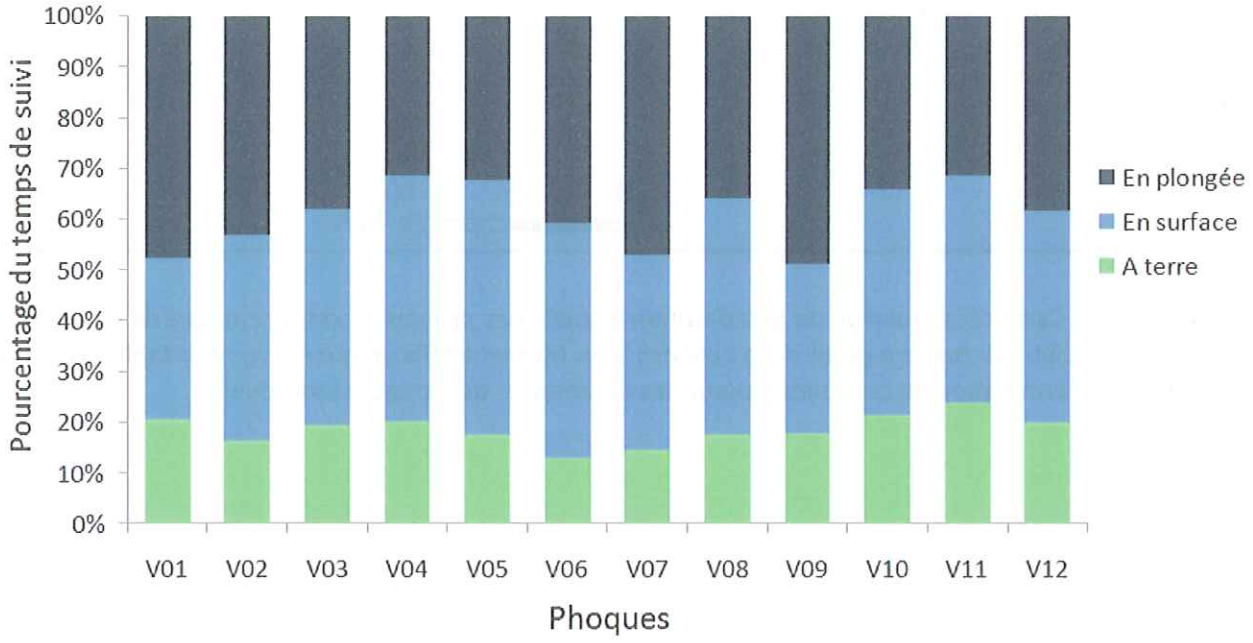


Figure 19 : Pourcentage de temps total passé à terre, dans l'eau en surface ou en plongée par les 12 phoques suivis par balises.

Rythmes des repos à terre

Dans 18% des jours de suivis télémétriques, les phoques ne se sont pas posés à terre (Figure 20). Ce pourcentage varie entre 3 et 36% selon les phoques. Dans la majorité des cas (68% des jours de suivis), les phoques ont effectué entre 1 et 2 repos à terre (37% et 31% respectivement). Certains jours (10% en moyenne) les phoques ont effectué 3 repos à terre distincts (avec retour à l'eau entre deux), et plus rarement entre 4 et 5 évènements journaliers (3% des jours).

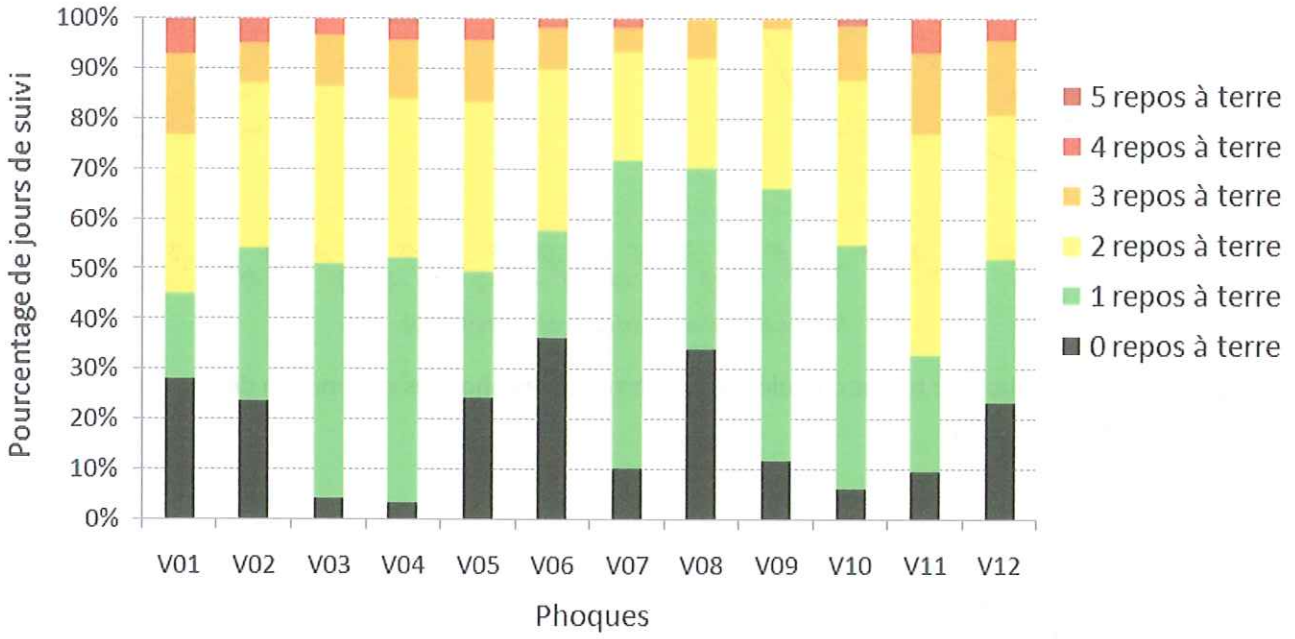


Figure 20 : Distribution du nombre d'évènements de repos à terre par jour au cours des suivis télémétriques, selon les individus.

L'influence du rythme nycthéméral sur l'alternance de repos au sec et de retours dans l'eau est présentée en Figure 21. On y observe une certaine homogénéité inter-individuelle, avec un très net pic de distribution des repos à terre en milieu de journée et après-midi, entre 9-10 et 17 heures (UTC). A partir de 17H UTC la durée cumulée de repos à terre chute pour tous les phoques pour arriver à un seuil minimum vers 23H. La seconde partie de nuit est un peu plus variable d'un individu à un autre, particulièrement entre 2H et 9H UTC, mais la durée globale de repos au sec est très nettement réduite pendant la nuit par rapport au milieu de journée (Figure 21).

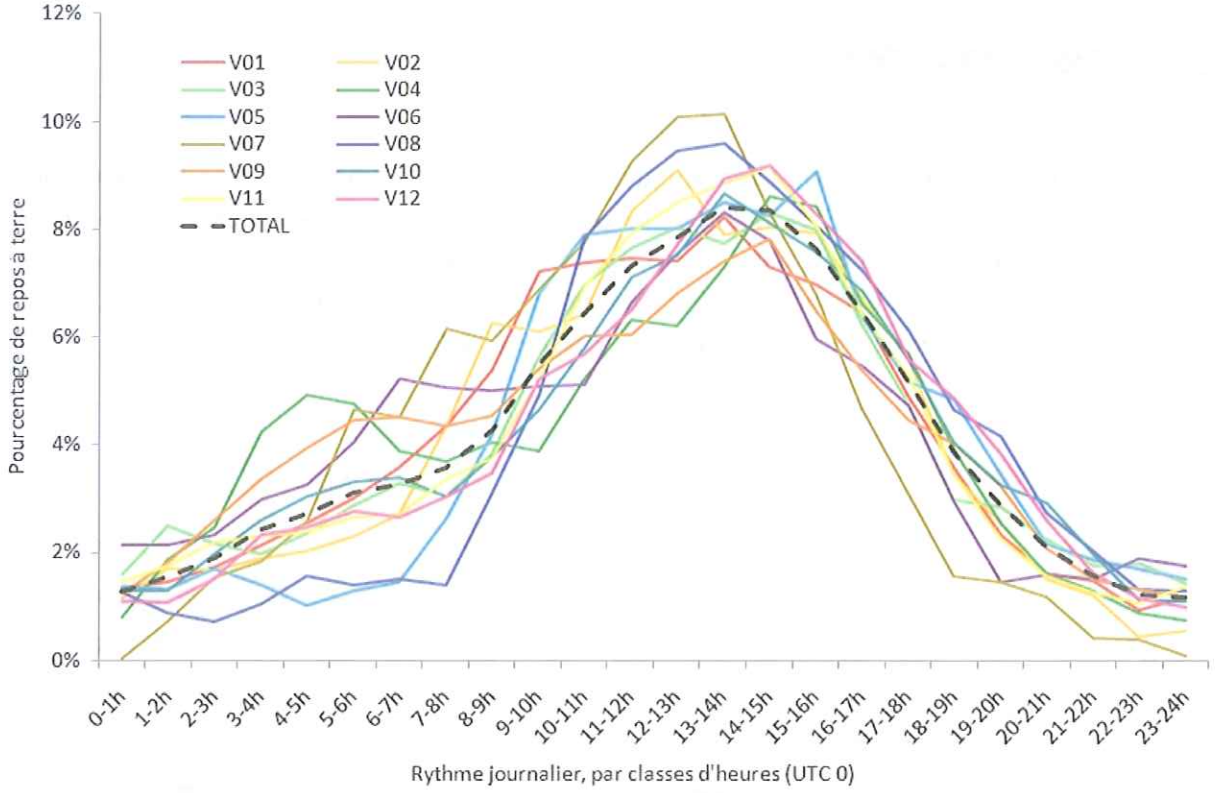


Figure 21 : Distribution du temps cumulé passé à terre par les phoques en fonction des heures de la journée (en heures UTC).

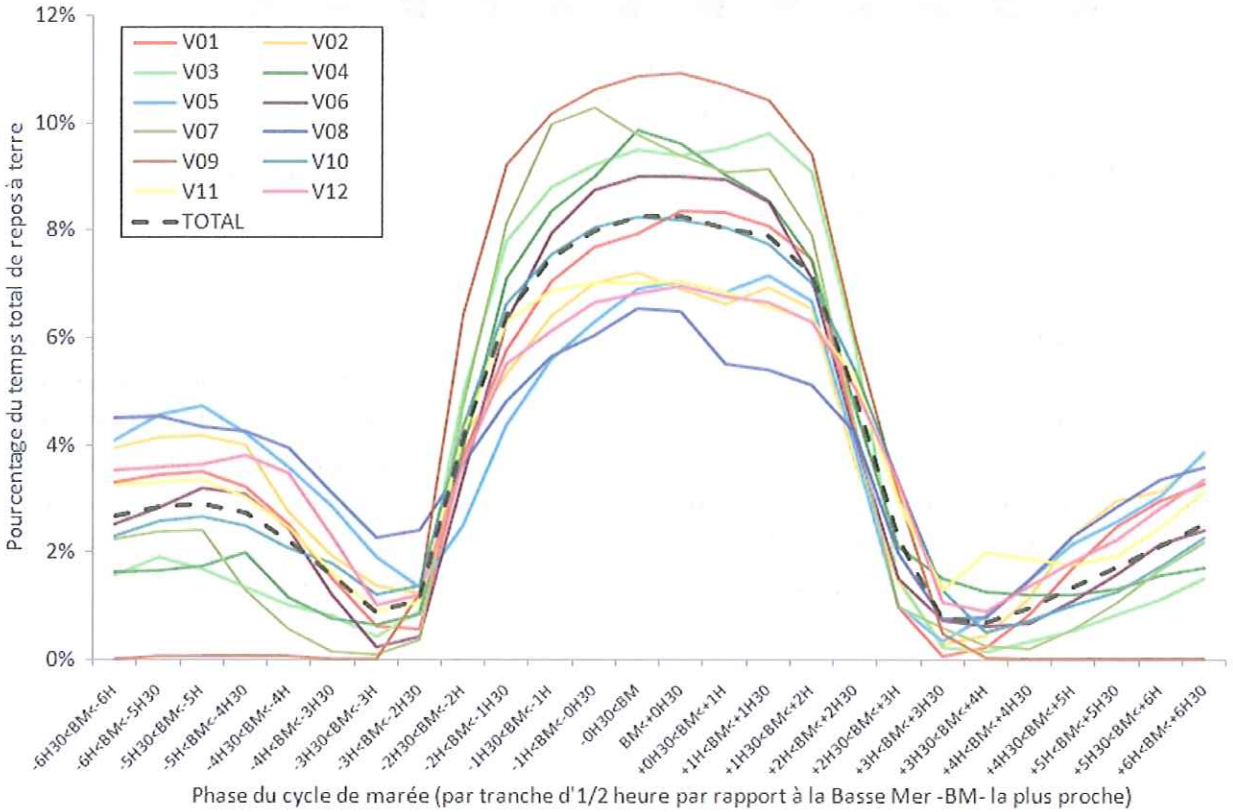


Figure 22 : Distribution du temps cumulé passé à terre par les phoques en fonction du cycle de marée (en temps relatif par rapport à la Basse Mer la plus proche, par classes de 30 minutes).

L'influence du rythme tidal sur les durées cumulées de repos à terre des phoques montre également une tendance générale commune : Cette durée cumulée de repos à terre est maximale autour de la basse mer, entre environ 2H avant et 2H30 après la basse mer (Figure 22). Au total, 66% du temps passé à terre par les phoques est concentré pendant cette période du cycle de marée. Ce pourcentage est le plus faible 2h30 à 3h avant la basse mer, puis 3 à 4 heures après la basse mer. Il existe cependant un pic secondaire d'activité de repos à terre autour de la haute mer, concentrés principalement entre environ 1h avant et 2h après la pleine mer : les phoques profitent pour cela des reposoirs disponibles à haute mer sur le schorre, à l'ouest de la baie des Veys dans la Réserve Naturelle de Beauguillot. Globalement, 75% des repos à terre sont centrés sur la basse mer, contre 25% sur la haute mer.

Rythmes des voyages en mer

Entre deux repos à terre successifs, les phoques retournent dans l'eau, ce qui constitue ce que nous définissons ici comme un « voyage en mer ».

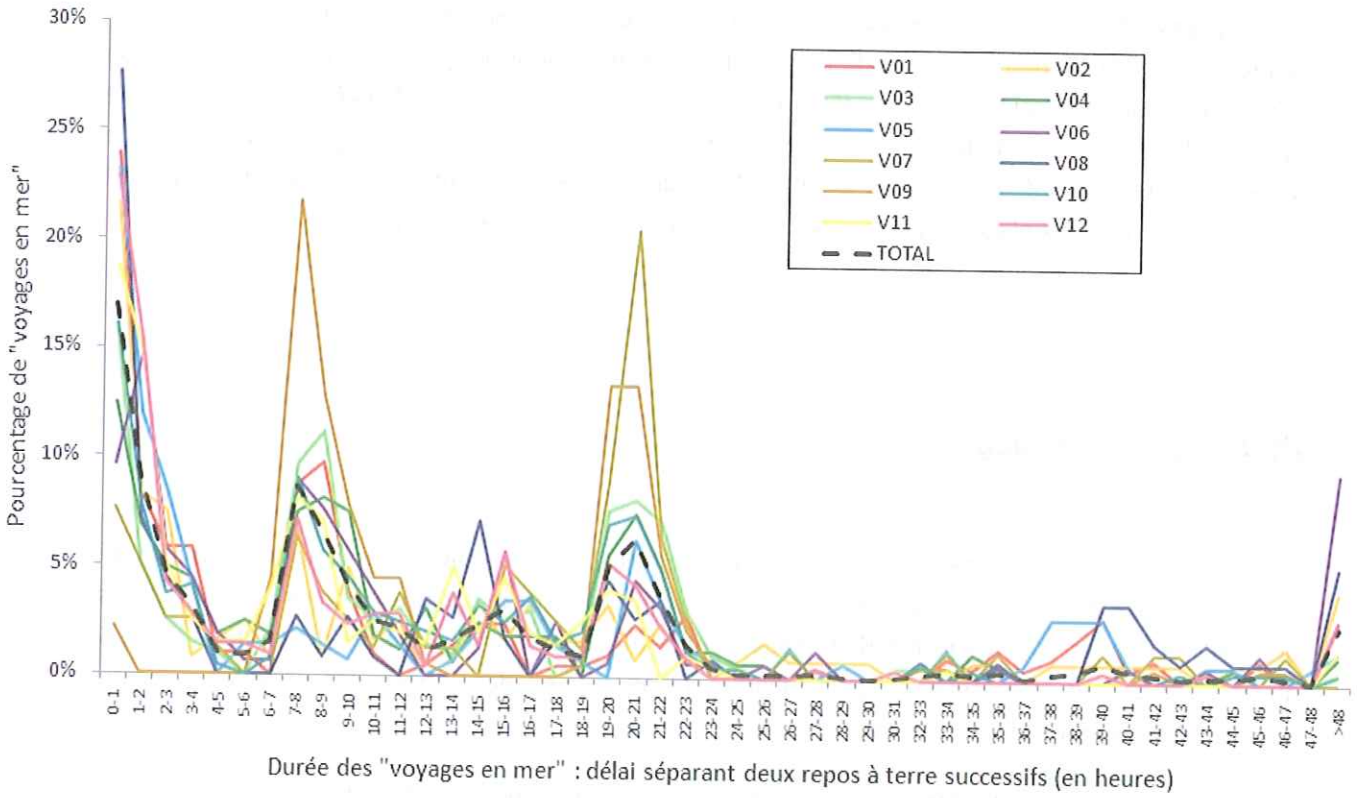


Figure 23 : Distribution des durées de voyages en mer des phoques suivis par balises (en heures, par classes d'une heure).

Parmi tous les voyages en mer effectués par les phoques, 17% durent moins d'une heure (2-24% selon les individus ; Figure 23). Bien que la trop courte durée entre deux repos à sec successifs ne permette pas d'obtenir des localisations GPS pour étayer cette hypothèse, il est supposé que les « voyages en mer » de moins d'une heure correspondent plus probablement à de courts déplacements d'un site de repos à terre à un autre (ou de courtes incursions dans l'eau suite à un dérangement, rapidement suivi d'un retour au sec), plutôt que de réels déplacements en mer pour l'alimentation notamment.

La distribution des durées de voyages en mer individuels (Figure 23) montre plusieurs pics de distribution qui pourraient être mis en relation avec une influence du rythme tidal. Outre les voyages de courte durée, un premier pic autour de 7-8 heures de « voyage en mer » correspondrait à des voyages de phoques ayant quitté leur reposoir terrestre environ 3 heures après la basse mer et revenant environ 2h30 avant la basse mer suivante (cf. Figure 22), conformément aux observations rapportées en Figure 22. Le second pic principal, de durées de voyages d'environ une vingtaine d'heures, pourrait correspondre à des voyages échelonnés sur deux cycles de marée, l'animal revenant à sec à la basse mer du jour suivant (probablement de jour). Il apparait cependant un plus léger pic autour d'une quinzaine d'heures qui pourrait correspondre à un retour à terre pendant la haute mer séparant deux basses mers successives après celle où le phoque s'était précédemment posé à terre (Figure 23).

Pour 4 des 12 phoques suivis, les voyages de plus de 36 heures représentent entre 8 et 14% des voyages effectués. Ces 4 phoques (V01, V02, V05 et V08) sont précisément ceux qui se sont rendus aux îles St-Marcouf au cours de leur suivi et en ont fait leur unique zone centrale ou l'une de leurs deux zones centrales de chasse (Figure 17). Pour les phoques V05 et V08 (qui représentent le même individu suivi sur deux années successives), on observe que 9% des voyages en mer longs de 37 à 40 heures et 10% des voyages de 39 à 42 heures respectivement (Figure 23) correspondent effectivement à des déplacements pour la chasse autour de ces îles au nord de la baie des Veys.

Rythmes des plongées

Lorsqu'ils ne sont pas au sec, les phoques peuvent être, d'après les catégories d'activité enregistrées par la balise, « en surface » ou « en plongée ». Dans le cas présent, ces deux situations pendant lesquelles le phoque est dans l'eau sont distinguées par le seuil de profondeur de -1.5 mètres. Nous nous intéressons ici particulièrement au rythme de plongée des phoques, à partir desquelles est supposée l'activité de recherche alimentaire.

Le temps passé par les phoques en surface (entre deux plongées) reste relativement stable au cours de la journée (Figure 24) : il oscille entre 36 et 49% du temps, alors que le pourcentage de temps passé à terre varie de 5 à 38% en fonction du moment de la journée, et celui passé en plongée entre 21 et 58% (tous phoques confondus ; Figure 24).

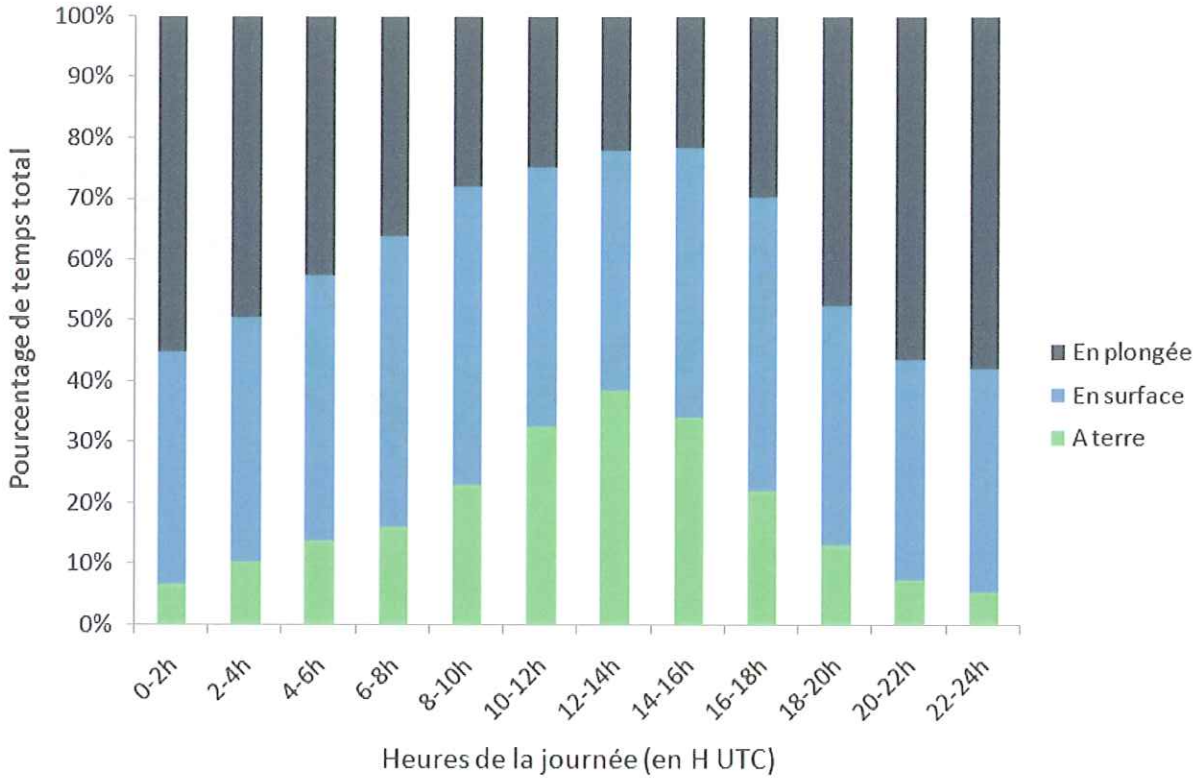


Figure 24 : Répartition du temps de suivi télémétrique passé par les phoques « à terre », « en surface » (dans l'eau à moins de 1,5 m de profondeur) ou « en plongée » (dans l'eau à plus de 1,5 m de profondeur) en fonction des heures de la journée (par tranches de 2H UTC).

Le pourcentage de temps passé en surface par les phoques restant relativement constant en fonction du rythme nycthéméral (Figure 24), la distribution des rythmes de plongées individuelles en fonction de l'heure du jour est logiquement globalement inversée par rapport à celle des repos à terre (Figure 25). Malgré quelques variations individuelles, on peut ainsi observer une baisse de l'activité de plongée en milieu de journée et après-midi (de 9H à 17H UC). Inversement les plongées sont plus nombreuses entre 19H et 5H UTC, et ce pour tous les individus (Figure 25).

L'influence du rythme tidal est également prépondérante sur la distribution temporelle des plongées des phoques (Figure 26). Les plongées des phoques sont plus fréquentes entre 2,5H avant et 4H après la pleine mer, avec quelques variations en fonction des individus (certains plongeant plus après qu'avant la haute mer, d'autres plongeant encore fréquemment plus tard pendant le jusant). Une tendance assez nette dessine deux pics d'abondance des plongées individuelles avant et après cette pleine mer, l'un 2.5 heures avant, l'autre 3.5 à 4 heures après. Enfin l'activité de plongée est réduite au minimum entre 5.5 heures après la pleine mer et 5.5 heures avant la suivante (c'est-à-dire autour de la basse mer).

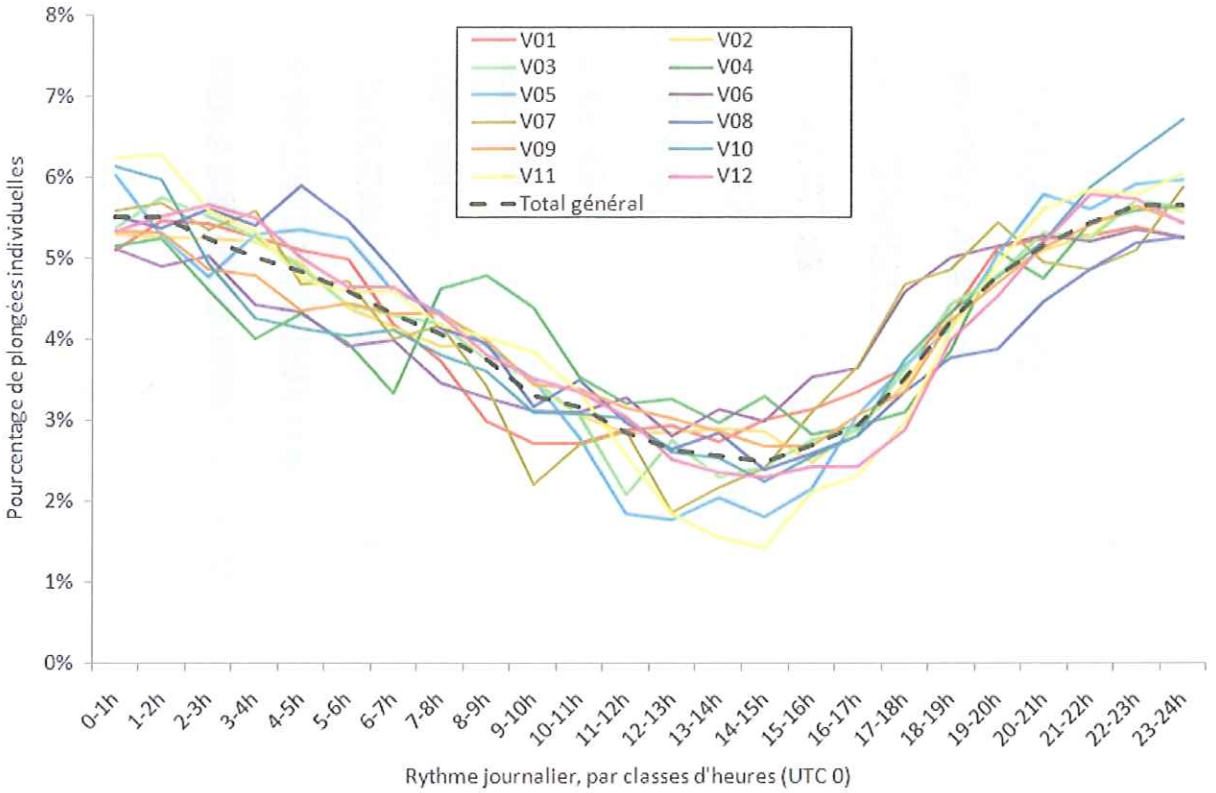


Figure 25 : Distribution des plongées individuelles des phoques selon les heures de la journée (en heures UTC).

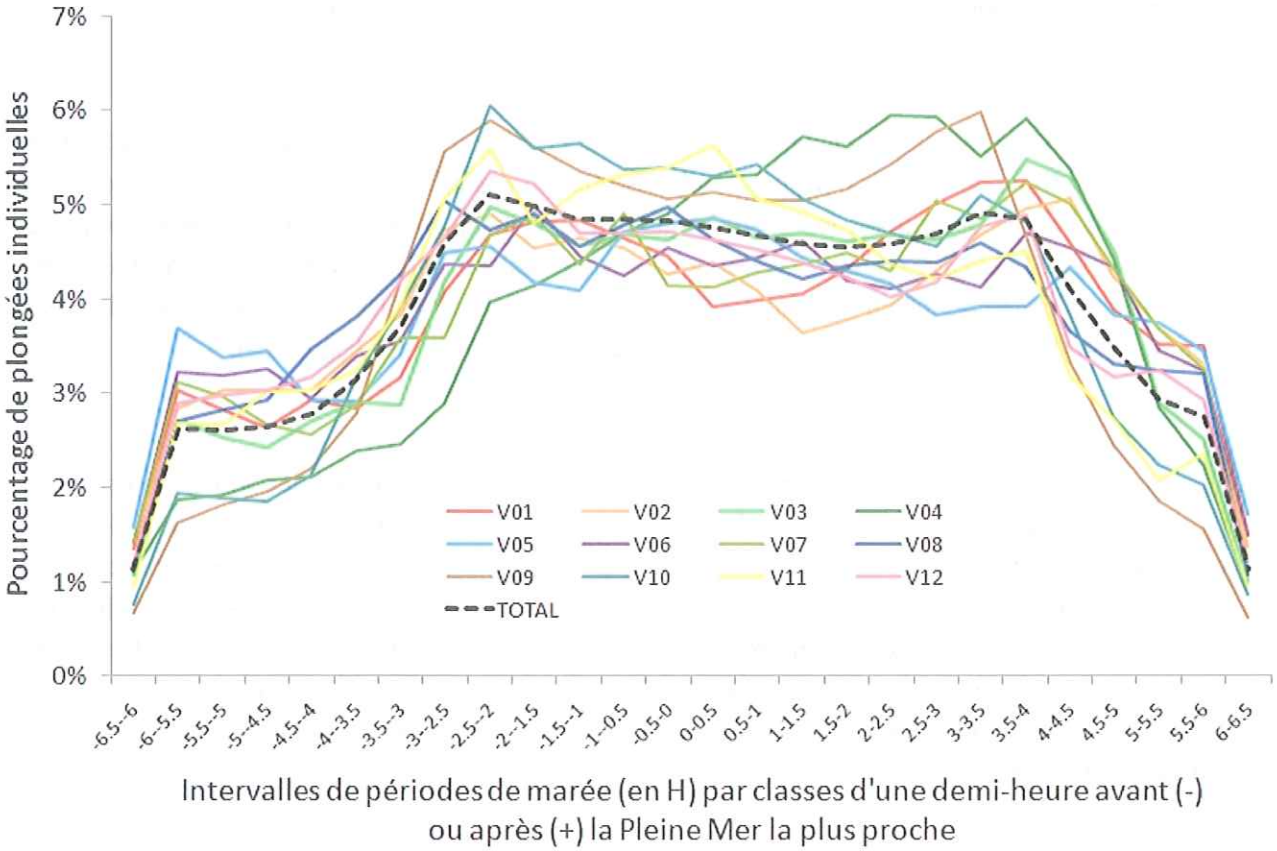


Figure 26 : Distribution des plongées individuelles des phoques en fonction du cycle de marées (en temps relatif par rapport à la Pleine Mer la plus proche).

DISCUSSION GENERALE

Les suivis télémétriques réalisés au cours de cette étude répartie sur 2 ans ont permis de décrire pour la première fois les déplacements individuels, rythmes d'activités et habitats exploités en mer par les phoques veaux marins de la baie des Veys. Ils permettent d'une part de décrire le comportement et les stratégies individuelles de l'espèce en limite sud de son aire de répartition, dans un environnement tidal, et d'autre part d'émettre des recommandations de gestion précises dans le cadre de la mise en application locale de la directive européenne Habitat-Faune-Flore (92/43/CEE et 97/62/CE).

Stratégies d'utilisation de l'espace et des ressources par les phoques en baie des Veys

Les suivis télémétriques ont été réalisés en hiver, entre les mois d'octobre et de mai. La période hivernale correspond, pour les phoques veaux marins, à la période de reconstitution des réserves corporelles en prévision de la prochaine saison de reproduction et de mue. C'est donc pendant cette période que les phoques passent le plus de temps à chasser, se déplaçant fréquemment à plus grande distance de leurs reposoirs terrestres que pendant l'été (Härkönen, 1987; Thompson *et al.*, 1989; Frost *et al.*, 2001; Gjertz *et al.*, 2001). S'il est possible que certains individus de la colonie (non suivis dans cette étude) se déplacent dans des zones nouvelles et potentiellement plus lointaines de la baie des Veys que celles observées ici, il est peu probable qu'ils le fassent en été car ils restent plus près de leurs reposoirs à cette période.

Les 12 individus suivis ne représentent naturellement qu'un échantillon de la population totale, dont la représentativité est difficile à estimer (en l'absence d'estimation d'abondance absolue de la colonie et de ses taux d'émigration saisonnière). Nous pouvons néanmoins signaler que, malgré le souhait initial d'équilibrer le sex-ratio lors des captures, seules 3 femelles ont été capturées pour 9 mâles. Les femelles sont en effet souvent plus farouches que les mâles à l'approche de l'équipe sur le terrain lors des captures. Par ailleurs, les individus les plus jeunes ne sont pas non plus représentés, dans le souci de ne pas équiper d'individus de moins de 50 kg. Il enfin important de rappeler que les « 12 » phoques mentionnés tout au long de ce rapport ne représentent en fait que 11 individus différents, l'un d'entre eux ayant été capturé et équipé d'une balise GPS/GSM en octobre 2007 (balise ayant cessé de fonctionner en février 2008) puis il a été recapturé en octobre 2008 et de nouveau équipé de balise : il s'agit donc bien du même individu, mais suivi sur deux périodes différentes. Ce suivi sur 2 ans a permis d'observer que ce phoque a conservé les mêmes rythmes d'activité (e.g. Figures 19 et 23) et les mêmes zones de chasse (Figure 17) d'une année sur l'autre, la variabilité intra-individuelle étant bien moindre que celle entre individus différents.

La durée moyenne des suivis (138 jours) couvre une large proportion de la période hivernale des phoques, et elle permet en particulier de vérifier la faible variabilité mensuelle de leurs déplacements. Dans un souci de synthèse de présentation des résultats, les cartes mensuelles des

mouvements des phoques n'ont pas été présentées ici, mais il est important de souligner leur remarquable constance au cours des suivis télémétriques. Les déplacements observés correspondent à des routines acquises par chaque individu et répétées (à différentes fréquences en fonction des rythmes d'activités de chacun) tout au long de l'hiver. Ainsi, la variabilité temporelle intra-individuelle d'utilisation de l'espace est beaucoup plus faible que la variabilité interindividuelle.

Les phoques suivis au cours de cette étude ont passé la plus grande majorité (voire la totalité) de leur temps dans un périmètre de moins de 15 km de leurs reposoirs terrestres en baie des Veys (Figure 11). La baie des Veys elle-même et les îles St-Marcouf sont les zones majoritairement fréquentées par les phoques, et dans une moindre mesure (en termes de nombre de localisations) les côtes est et ouest de part et d'autre de la baie des Veys. Les distances maximales parcourues par les phoques au cours des suivis varient de 14 à 63 km (Tableau 5).

A l'échelle régionale, les espaces vitaux et zones préférentielles des phoques veaux marins de la baie des Veys peuvent être comparés à ceux obtenus en baie du Mont-Saint-Michel en 2006 et 2007 à partir de la même méthodologie (balises GPS/GSM, densités de Kernel à 50 et 95% des localisations obtenues dans l'eau). L'espace vital (Kernel à 95%) des phoques veaux marins de la baie des Veys n'est pas significativement différent de celui des phoques de la baie du Mont-Saint-Michel (test de Kolmogorov-Smirnov, p=0.214). Bien qu'il soit en moyenne de 88 km² en baie des Veys contre 124 km² en baie du Mont-Saint-Michel, cette différence est principalement liée à un seul phoque ayant effectué un déplacement à grande distance à partir de la baie du Mont-Saint-Michel, et la variabilité interindividuelle reste très supérieure à la variabilité inter-sites (Figure 27).

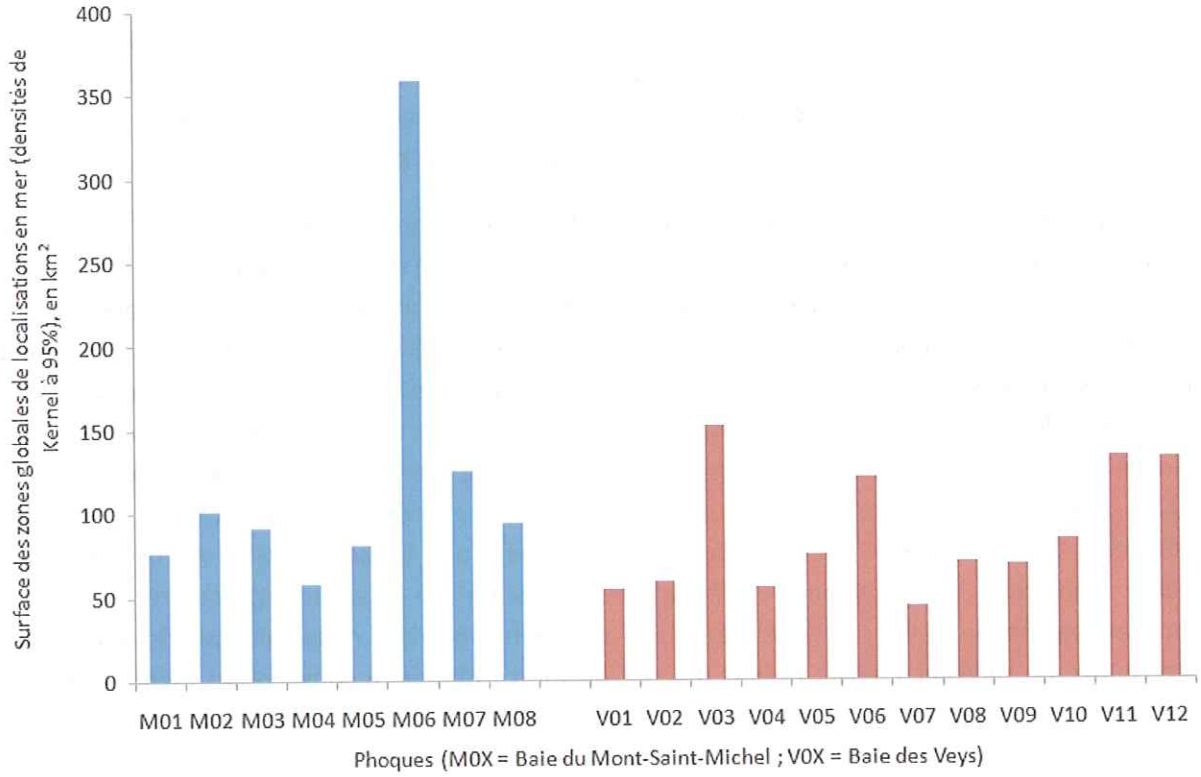


Figure 27 : Distribution des surfaces des espaces vitaux (ou zones globales, estimées par les densités de Kernel à 95% des localisations des phoques dans l'eau) des phoques veaux marins de la baie du Mont-Saint-Michel (2006-2007) et de la baie des Veys (2007-2008).

Les surfaces des zones centrales (estimées par les Kernels à 50% des localisations obtenues « dans l'eau »), ne sont pas non plus significativement différentes entre les deux sites (Figure 28 ; test de Kolmogorov-Smirnov, p=0.150). Elles ont une surface moyenne de 15 km² en baie des Veys, contre 20 km² en baie du Mont-Saint-Michel, avec une variabilité individuelle particulièrement forte en baie des Veys. Les valeurs obtenues sont en moyenne relativement faibles comparativement aux données issues de la littérature (Smith *et al.,* 2006), et il est suggéré que cela souligne la forte productivité des habitats fréquentés par les phoques sur ces sites.

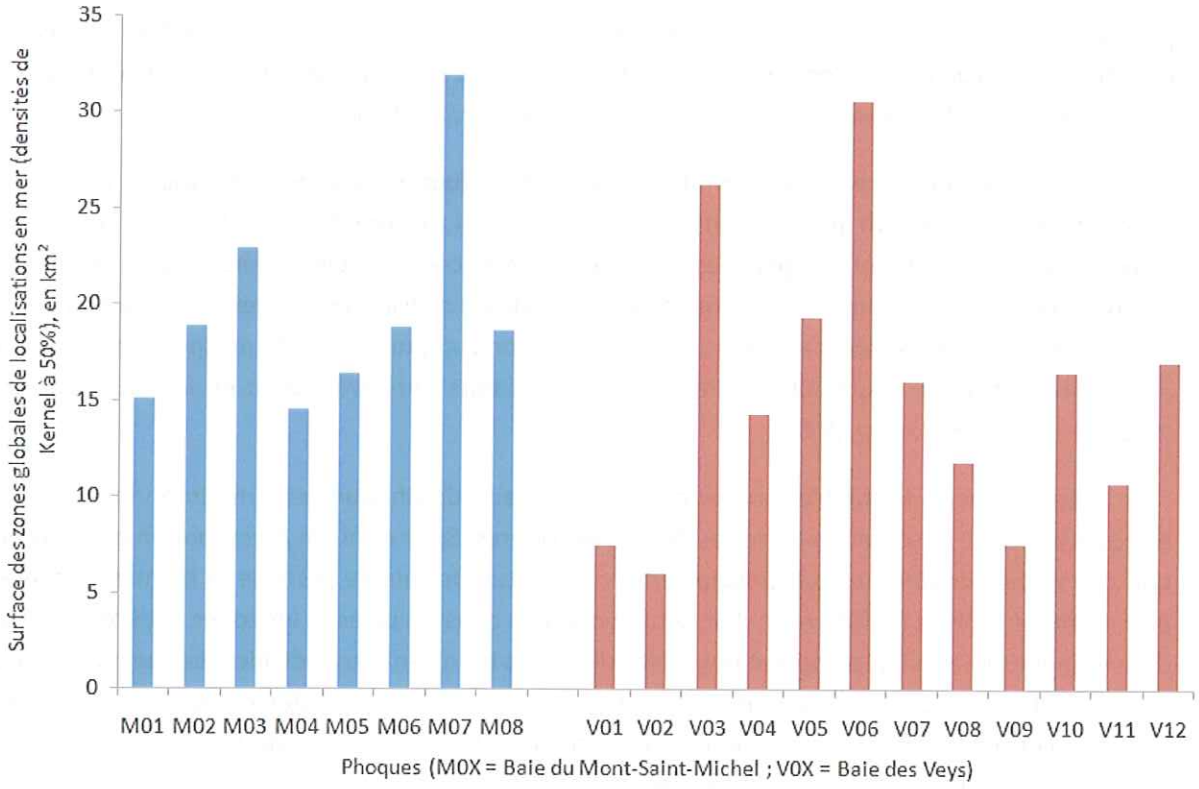


Figure 28 : Distribution des surfaces des zones centrales (estimées par les densités de Kernel à 50% des localisations des phoques dans l'eau) des phoques veaux marins de la baie du Mont-Saint-Michel (2006-2007) et de la baie des Veys (2007-2008).

Les espaces vitaux des phoques de la baie des Veys sont très côtiers : 55% de leur surface est localisée dans la zone d'estran, contre 66% des zones centrales. Bien que le phoque veau marin soit relativement sédentaire et se déplaçant à moins grande distance que d'autres espèces de Phocidés, la littérature rapporte des mouvements des veaux marins fréquemment plus éloignés des côtes (Thompson *et al.*, 1996 ; Frost *et al.*, 2001 ; Bjørge *et al.*, 2002 ; Adelung *et al.*, 2006). L'explication avancées pour les déplacements des phoques à distance des côtes est la plus grande abondance de proies (Adelung *et al.*, 2006). En baie des Veys, l'abondance et/ou la disponibilité des proies supérieures dans la zone d'estran aux zones plus au large constitueraient donc les principales explications à ces déplacements très côtiers des phoques (confirmées par le régime alimentaire, cf. plus loin).

Le comportement de recherche alimentaire des phoques a pu être étudié grâce aux enregistreurs de plongées. Le phoque veau marin est un chasseur benthique (chassant ses proies, principalement des poissons, à proximité du fond), le comportement en plongée caractéristique de la chasse est donc une plongée dite « en U » à la profondeur maximale, au cours de laquelle l'animal passe le maximum de temps sur ou à proximité du fond marin (Bjørge *et al.*, 1995; Tollit *et al.*, 1998; Lesage *et al.*, 1999; Baechler *et al.*, 2002). La majorité des plongées effectuées par 8 phoques sur 12 sont des plongées typiques « en U » (indice TAD supérieur à 0.8 ; Figure 16). Les profondeurs des plongées sont faibles, tout comme la bathymétrie en ces zones très côtières... Une comparaison fine de la profondeur de plongée et de la profondeur bathymétrique à la verticale de chaque plongée des phoques nécessiterait une modélisation des hauteurs de marées, non réalisable ici, mais la distribution globale des profondeurs et des zones de plongées semblent indiquer que la majorité de ces plongées ont effectivement été effectuée sur ou à proximité du fond marin.

Les zones de chasse ainsi identifiées dans cette étude sont donc très côtières et de faible profondeur (moins de 10 mètres dans 86% des plongées ; Figure 15). Ces habitats ne sont pas toujours privilégiés par cette espèce, comme l'ont montré certains suivis télémétriques de phoques veaux marins se nourrissant plus au large, ce qui a conduit à considérer que cette espèce montre une importante plasticité comportementale pour adapter son comportement de prospection alimentaire aux habitats et proies disponibles à proximité des reposoirs terrestres (Tollit *et al.*, 1998 ; Gjertz *et al.*, 2001 ; Eguchi & Harvey, 2005).

Les données disponibles sur le régime alimentaire du phoque veau marin en baie des Veys corroborent cette observation de zones de chasse côtières. Spitz *et al.* (*in press*) ont en effet observé que ce régime alimentaire était principalement constitué de mulets (49% de la biomasse ingérée), plies (29%) et orphies (19%). Les mulets sont abondants dans les baies et les zones côtières, ainsi que d'assez jeunes plies (cf. distribution des tailles de proies montrant des individus de quelques années, sous la taille commerciale). L'orphie enfin, se rapproche sensiblement des côtes pendant la saison chaude : cette espèce est particulièrement observée en abondance autour des îles St-Marcouf pendant la période estivale (Elder, pers. comm.).

Les zones probables de chasse préférentielles des 12 phoques suivis dans cette étude sont situées en majorité dans la baie des Veys, parfois à quelques kilomètres des reposoirs terrestres, ou à une douzaine de kilomètres autour des îles St-Marcouf (Figure 27). Plus rarement quelques zones de chasse individuelles sont localisées à une trentaine voire une quarantaine de kilomètres, mais ce cas est plus rare (2 phoques). Des études précédentes ont déjà observé des déplacements réguliers entre zone de repos et zone de chasse de quelques dizaines à plus d'une centaine de kilomètres de distance (Thompson *et al.*, 1990; Thompson *et al.*, 1996; Tollit *et al.*, 1998; Thompson et al., 1998; Gjertz *et al.*, 2001 ; Tougaard *et al.*, 2006). De plus petits déplacements ont également été rapportés, à 5-10 km (Thompson, 1993 ; Lowry *et al.*, 2001). Les mouvements individuels observés dans cette étude sont donc conformes à ce qui a déjà été observé dans d'autres colonies, et se situent globalement dans la fourchette « basse » des distances parcourues par les phoques veaux marins entre reposoirs terrestres et zones exploitées en mer.

L'utilisation répétée des mêmes zones « en mer » relativement restreintes par les phoques de la baie des Veys souligne une fois de plus la forte spécialisation des individus, acquises lors de l'ontogénèse du comportement de chasse (Tollit *et al.*, 1998 ; Hastings *et al.*, 2004 ; Tougaard *et al.*,

2006). La faible surface des espaces vitaux et zones préférentielles mesurées ici suggère que la disponibilité des proies est suffisante et peu limitante pour les phoques veaux marins de la baie des Veys. Cette hypothèse est également étayée par les données de plongées, les phoques ayant plongé moins profondément et/ou passé moins de temps en plongée que dans la plupart des autres études rapportées dans la littérature (Bowen *et al.*, 1999; Frost *et al.*, 2001; Gjertz *et al.*, 2001; Baechler *et al.*, 2002; Hastings *et al.*, 2004).

Les rythmes d'activité des phoques ont également été présentés ici. Les phoques passent en moyenne 82% de leur temps dans l'eau, et 18% de leur temps au sec. Ces résultats sont proches de ceux rapportés dans la littérature, citant 68 à 80% environ de temps passé dans l'eau en moyenne par les phoques veaux marins (Frost *et al.*, 2001 ; Kraft *et al.*, 2002 ; Hastings *et al.*, 2004). Ce temps passé à terre augmente cependant significativement en été, période de reproduction et de mue pendant lesquelles les phoques veaux marins ont un besoin accru de leurs reposoirs terrestres.

Nous avons souligné l'importance des cycles tidaux et nycthéméraux sur les rythmes d'activité des phoques. Compte tenu de l'espace exploité par les phoques lors de cette étude, largement superposé à l'estran de la baie des Veys, il n'est pas surprenant d'observer une influence prépondérante de la marée, dictant la disponibilité même de l'habitat marin comme terrestre. Pour leurs repos à terre, les phoques utilisent majoritairement les bancs de sable découverts à marée basse (à 75%), mais aussi, dans une moindre mesure, des reposoirs de haute mer situé dans ou à proximité de la Réserve Naturelle du domaine de Beauguillot. Ce cycle tidal n'a que peu ou pas d'influence sur le rythme de repos à terre des phoques veaux marins dans les zones où les reposoirs sont disponibles en toutes circonstances (Pauli & Terhune, 1987 ; Godsell, 1988 ; Grigg *et al.*, 2002). Le pic de présence à terre en milieu d'après-midi, observé en baie des Veys comme dans les autres colonies françaises, est conforme à la littérature et s'explique par le besoin de thermorégulation des phoques aux heures les plus chaudes de la journée (Pauli & Terhune, 1987 ; Yochem *et al.*, 1987 ; Grigg *et al.*, 2002). Logiquement, les phoques passent plus de temps dans l'eau et en particulier plongent plus fréquemment à marée haute, puisqu'ils se reposent au sec majoritairement à marée basse. Thomspon et al. (1993) suggèrent ainsi que l'influence du cycle tidal sur les rythmes d'activité des phoques agit en premier lieu sur la disponibilité en reposoirs. Ils signalent néanmoins que la marée peut avoir une influence sur la disponibilité des proies, et d'autres auteurs ont confirmé cette influence (Zamon, 2001). Nous avons également observé une plus forte fréquence de plongée et donc d'activité de chasse pendant la nuit, ce qui rejoint la majorité des études précédentes sur cette espèce (Thompson *et al.*, 1993 ; Bjørge *et al.*, 1995 ; Frost *et al.*, 2001 ; Kraft *et al.*, 2002 ; Hastings *et al.*, 2004). Certaines études n'ont cependant détecté aucune influence du rythme nycthéméral sur la chasse (Ries *et al.*, 1997), voire une préférence pour la chasse le jour (Thompson et al., 1991).

Recommandations

Les zones globales et centrales exploitées par les 12 phoques en mer (densités de Kernel à 95% et 50% respectivement des localisations obtenues « dans l'eau ») sont synthétisées sur la Figure 29 et superposées aux espaces protégés existants ou en cours de soumission à la Communauté Européenne (Zones Natura 2000 en mer). La zone Natura 2000 des marais du Cotentin et du Bessin et de la baie des Veys englobe l'espace le plus utilisé par les phoques, à l'intérieur de la baie des Veys. Cet espace vital fait donc déjà l'objet de mesures de gestion. L'extension en mer des espaces protégés Natura 2000, et en particulier ici la zone Natura 2000 de la baie de Seine occidentale (mais aussi celle de Tatihou et St-Vaast-la-Hougue) va permettre d'incorporer de nouveau une large proportion de l'espace vital des phoques veaux marins fréquentant les reposoirs de la baie des Veys, et en particulier les îles St-Marcouf ainsi que l'espace marin les séparant de la baie des Veys. Il existe néanmoins toute une bande côtière entre la zone Natura 2000 « terrestre » des Marais du Cotentin et du Bessin et la zone Natura 2000 « marine » de baie de Seine occidentale, qui ne fait partie d'aucun zonage spécifique et est pourtant intensément utilisé par les phoques : il s'agit de la zone d'estran sur toute la côte ouest de la baie mais aussi à l'est (vers Grandcamp-Maisy) de la baie des Veys. L'incorporation de cette zone très côtière dans les zones protégées actuelles permettrait de mieux couvrir l'espace vital des phoques veaux marins de la zone.

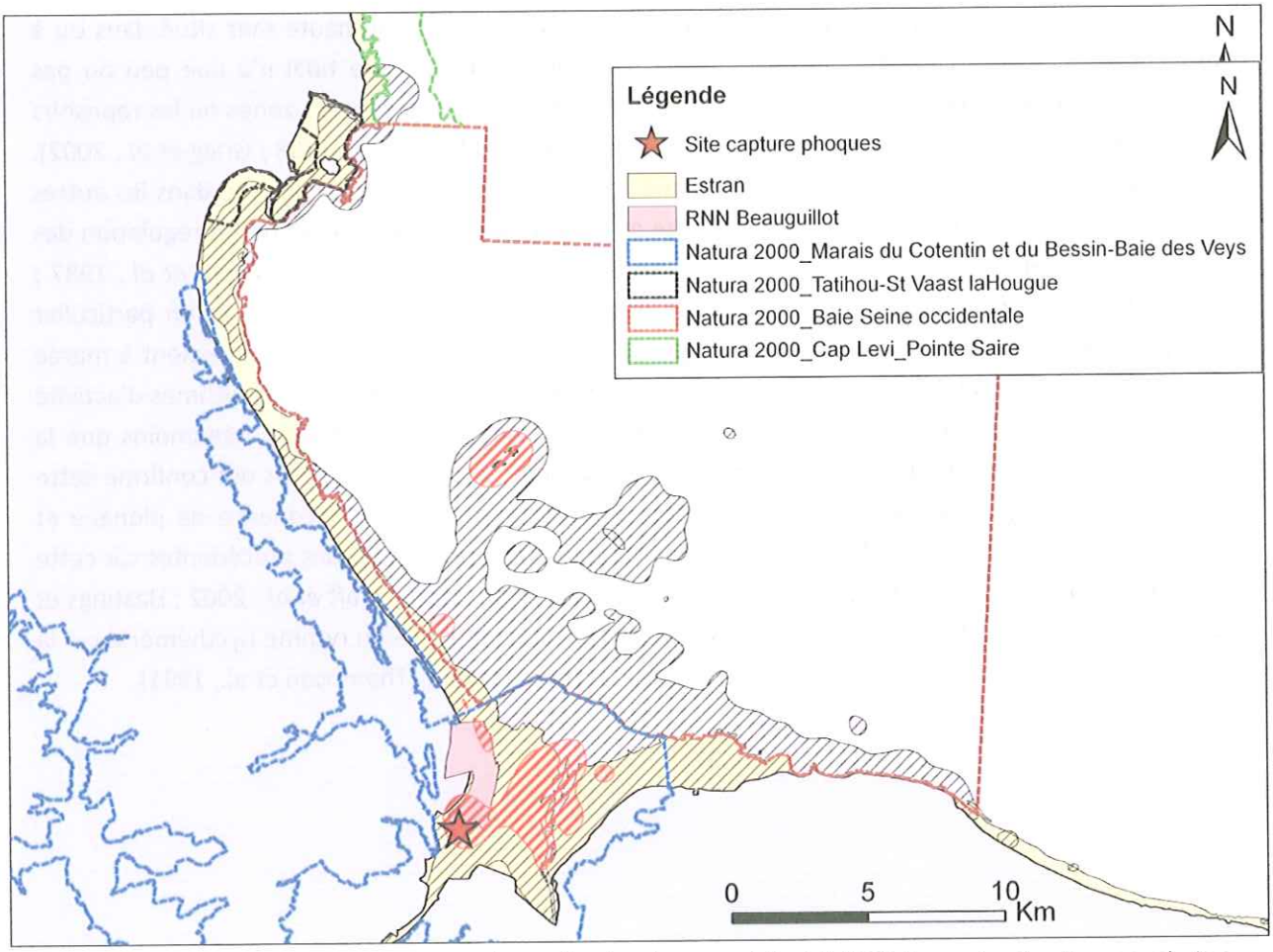


Figure 27 : Densités de kernel à 95% (zone hachurée en noir) et à 50% (zone hachurée rouge) des localisations « en mer » des phoques suivis par balises GPS/GSM à partir de la baie des Veys.

De nouveaux suivis télémétriques permettraient d'augmenter le nombre d'individus suivis et donc de mieux couvrir l'ensemble des stratégies individuelles, et potentiellement de découvrir de nouvelles zones exploitées par les phoques. Il semble néanmoins probable que les principaux enseignements tirés des présents suivis (utilisation majeure de la baie des Veys par les phoques, ainsi que des îles Saint-Marcouf, et des déplacements très côtiers pour les autres localisations) ne seraient pas contredits par de nouveaux suivis mais sans doute renforcés.

Quelques recommandations techniques peuvent être formulées pour d'éventuels futurs suivis. Les prototypes de balises Argos utilisés pour la première fois lors du présent suivi (2008) n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Très peu de données ont été obtenues et les balises ont probablement été perdues prématurément dans tous les cas. Les raisons précises de ce mauvais fonctionnement et de ces pertes prématurées ne peuvent pas être connues avec certitude et de nouveaux tests devront être réalisés, si possible sur des animaux captifs de façon à pouvoir observer l'évolution réelle du système d'attache et la fréquence des localisations Argos, avant d'envisager de nouveaux essais sur des animaux sauvages. D'autres pistes peuvent également être explorées comme l'utilisation de balises implantées, pour étendre les suivis individuels télémétriques aux périodes estivales de reproduction et de mue (non accessibles via la méthode de colle des balises sur le poil).

Par ailleurs, les stratégies de chasse en milieu très côtier (et donc peu profond) des phoques veaux marins de la baie des Veys rend très difficile l'interprétation des paramètres de plongées habituellement utilisés pour la détermination du comportement de chasse. Les paramètres et seuils choisis ici sont basés sur les références bibliographiques disponibles, mais celles-ci ne sont pas toujours applicables en milieu très peu profond, et leur pertinence dans ces conditions spécifique est parfois difficile à évaluer. Il serait nécessaire, à l'avenir, de coupler l'utilisation de balises GPS/GSM (toujours nécessaire pour l'obtention de localisations fréquentes et de bonne précision) à des capteurs d'évènements de prise alimentaire. Plusieurs types de capteurs existent ou sont en développement depuis quelques années (capteurs de température stomacale, accéléromètres, caméras embarquées, capteurs d'ouverture de la gueule, etc...) et des tests préliminaires sur des animaux captifs (de la même espèce) seront sans doute nécessaires avant la mise en application sur des animaux sauvages. Ces outils, une fois validés, permettraient de mettre directement en relation les paramètres de plongée (entre autres) enregistrés par les balises GPS/GSM et les captures réelles de proies par les phoques.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

Adelung, D., Kierspel, M.A.M., Liebsch, N., Müller, G. & Wilson, R.P. 2006. Distribution of Harbour Seals in the German Bight in Relation to Offshore Wind Power Plants. *In*: Offshore Wind Energy – Research on Environmental Impacts (eds.: Köller, J., Köppel, J. & Peters, W.) Springer Berlin Heidelberg: 65-75.

Baechler, J., Beck, C.A., Bowen, W.D. 2002. Dive shapes reveal temporal changes in the foraging behaviour of different age and sex classes of harbour seals (*Phoca vitulina*). *Can. J. Zool.* 80:1569-1577.

Bjørge, A., Thompson, D., Hammond, P., Fedak, M.A., Bryant, E., Aarefjord, H., Roen, R., Olsen, M. 1995. Habitat use and diving behaviour of harbour seals in a coastal archipelago in Norway. *In*: Whales, seals, fish and man (eds: Blix, A.S., Walloe, L., Ulltang, O.). Elsevier, Amsterdam, 211-223.

Bjørge, A., Bekkby, T., Bryant, E.B. 2002. Summer home range and habitat selection of harbour seal (*Phoca vitulina*) pups. *Mar. Mamm. Sci.* 18(2):438-454.

Bowen, W.D., Boness, D.J., Iverson, S.J. 1999. Diving behavior of lactating harbor seals and their pups during maternal foraging trips. *Can. J. Zool.* 77:978-988.

CLS 2008. Argos user's manual. Worldwide tracking and environmental monitoring by satellite. Available online at : http://www.argos-system.org/manual/

Eguchi, T., Harvey, J. 2005. Diving behavior of the Pacific harbor seal (*Phoca vitulina richardii*) in Monterey Bay, California. *Mar. Mamm. Sci.* 21(2): 283-295.

Elder, J.-F. 2008. Le phoque veau marin (*Phoca vitulina*) en Normandie : un élément du patrimoine naturel à découvrir et protéger. Réserve Naturelle du domaine de Beauguillot, 64 PP.

Fedak, M.A., Lovell, P., Grant, S.M. 2001. Two approaches to compressing and interpreting time-depth information as collected by time-depth recorders and satellite-linked data recorders. *Mar. Mamm. Sci.* 17:94-110.

Frost, K., Simpkins, M., Lowry, L.F. 2001. Diving behavior of subadult and adult harbor seals in Prince William Sound, Alaska. *Mar. Mamm. Sci.* 17(4): 813-834.

Gjertz, I., Lydersen, C., Wiig, O. 2001. Distribution and diving of harbor seals (*Phoca vitulina*) in Svalbard. *Polar Biol.* 24:209-214.

Godsell, J. 1988. Herd information and haul-out behaviour in harbour seals (*Phoca vitulina*). *J. Zool., London* 215:83-98.

Grigg, E.K., Green, D.E., Allen, S.G. & Markowitz, H. 2002. Nocturnal and diurnal haul-out patterns of harbor seals (*Phoca vitulina*) at Castro Rocks, San Francisco Bay, California. *California Fish and Game* 88:15-27.

Härkönen, T.J. 1987 . Influence of feeding on haul-out patterns and sizes of sub-populations in harbour seals. *Netherlands Journal of Sea Research* 21:331-339.

Hastings, K.K., Frost, K.J., Simpkins, M.A., Pendleton, G.W., Swain, U.G., Small, R.J. 2004. Regional differences in diving behavior of harbor seals in the Gulf of Alaska. *Can. J. Zool.* 82:1755-1773.

Krafft, B.A., Lydersen, C., Gjertz, I., Kovacs, K.M. 2002. Diving behavior of sub-adult harbor seals (*Phoca vitulina*) at Prins Karls Forland, Svalbard. *Polar Biol.* 25:230-234.

Leopold, M.F., Van Der Werf, B., Ries, E.H., Reijnders, P.J.H. 1997. The importance of the North Sea for winter dispersal of harbor seals *Phoca vitulina* from the Wadden sea. *Biological Conservation* 81:97-102.

Lesage, V., M. 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. *Can. J. Zool.* 77:74-87.

Lowry, L., Frost, K., Ver Hoef, J.M., DeLong, R.A. 2001. Movements of satellite-tagged subadult and adult harbor seals in Prince William Sound, Alaska. *Mar. Mammal Sci.* 17(4): 835-861.

McConnell, B.J., Chambers, C., Fedak, M.A. 1992. Foraging ecology of southern elephant seals in relation to the bathymetry and productivity of the southern ocean. *Antarct. Sci.* 4:393-398.

McConnell, B.J., Beatoçn, R., Bryant, E., Hunter, C., Lovell, P., Hall, A. 2004. Phoning home – a new GSM mobile phone telemetry system to collect mark-recapture data. *Mar. Mamm. Sci.* 20:274-283.

Pauli, B.D. & Terhune, J.M. 1987. Tidal and temporal interaction on harbour seal haul-out patterns. *Aquatic Mammals* 13 :93-95.

Ries, E.H., Traut, I.M., Paffen, P. & Goedhart, P.V. 1997. Diving patterns of harbour seals (*Phoca vitulina*) in the Wadden Sea, the Netherlands and Germany, as indicated by VHF telemetry. *Can. J. Zool.* 75: 2063-2068.

Smith, R., Cox, T.M., Westgate, A.J. 2006. Movements of harbour seals (*Phoca vitulina mellonae*) in Lacs des Loups Marins, Quebec. *Mar. Mammal. Sci.* 22(2):480-485.

Spitz, J., Mariotti, L., Ridoux, V., Caillot, E. & Elder, J.-F. *in press*. The diet of harbor seal *Phoca vitulina* at the southern limit of its European distribution (Normandy, France). Nammco Special Publication 00:000-000.

Thompson, P.M., Fedak, M.A., McConnell, B.J., Nicholas, K.S. 1989. Seasonal and sex-related variation in the activity patterns of common seals (*Phoca vitulina*). *J. Appl. Ecol.* 26:521-535.

Thompson, P.M., Miller, D. 1990. Summer foraging activity and movements of radio-tagged common seals (*Phoca vitulina A.* L.) in the Moray Firth, Scotland. *J. Appl. Ecol.* 27: 492-501.

Thompson, P.M., Pierce, G.J., Hislop, J.R.G., Miller, D. & Diack, J.S.W. 1991. Winter foraging by common seals (*Phoca vitulina*) in relation to food availability in the inner Moray Firth, NE Scotland. *J. Anim. Ecol.* 60:283-294.

Thompson, P.M. 1993. Harbour seal movement patterns. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 66:225-239.

Thompson, P.M., McConnell, B.J., Tollit, D.J., Mackay, A., Hunter, C., Racey, P.A. 1996. Comparative distribution, movements and diet of harbour and grey seals from the Moray Firth, N.E. Scotland. *J. Appl. Ecol.* 33:1572-1584.

Thompson, P.M., Mackay, A., Tollit, D.J., Enderby, S., Hammond, P. 1998. The influence of body size and sex on the characteristics of harbour seal foraging trips. *Can. J. Zool.* 76:1044-1053.

Tollit, D.J., Black, A.D., Thompson, P.M., Mackay, A., Wilson, B., Van Parijs, S.M., Grellier, K., Parlane, S. 1998. Variations in harbor seal (*Phoca vitulina*) diet and dive-depths in relation to foraging habitat. *J. Zool., Lond.* 244:209-222.

Tougaard, J., Tougaard, S., Cording Jensen, R., Jensen, T., Teilmann, J., Adelung, D., Liebsch, N., Müller, G. 2006. Harbour seals on Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final report to Vattenfall A/S. Viological Papers from the Fisheries and Maritime Museum N°5, Esbjerg, Denmark. Available at www.hornsrev.dk

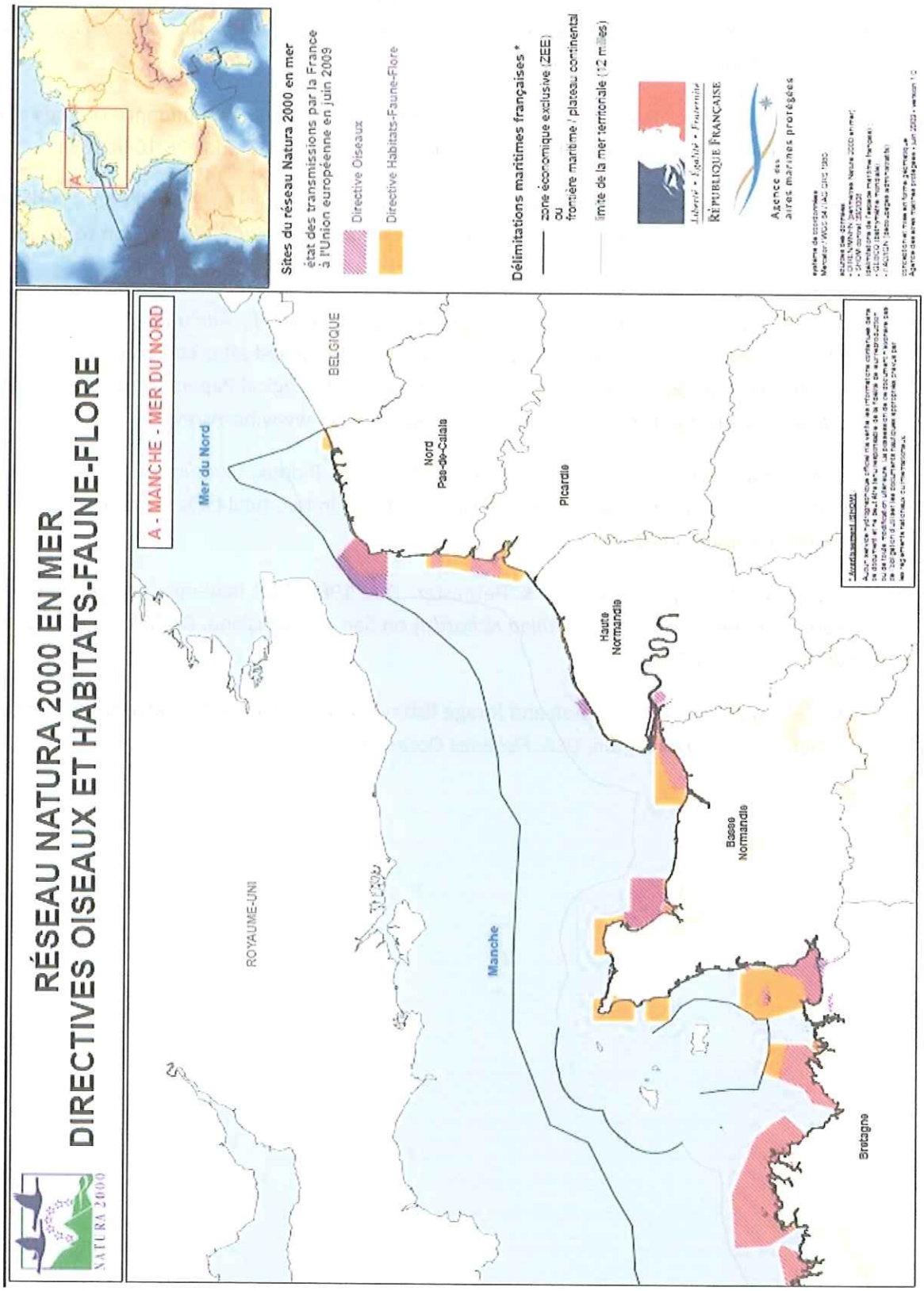
Vincent, C., McConnell, B.J., Delayat, S., Elder, J.-F., Gautier, G. & Ridoux, V. *in press*. Winter habitat use of harbour seals fitted with fastloc™ GPS/GSM tags in two tidal bays in France. Nammco Special Publication 00:000-000.

Yochem, P.K., Stewart, B.S., DeLong, R.L. & DeMaster, D.P. 1987. Diel haul-out patterns and site fidelity of harbor seals (*Phoca vitulina richardsi*) on San Miguel Island, California, in autumn. *Mar. Mamm. Sc.* 3(4):323-332.

Zamon, J. 2001. Seal predation on salmon and forage fish schools as a function of tidal currents in the San Juan Islands, Washington, USA. *Fisheries Oceanography* 10(4): 353-366.

ANNEXES

Annexe 1 : Zones proposes par la France à la Communauté Européenne en juin 2009 dans le cadre de Natura 2000 en mer (région Manche).



Annexe 2 : Balises « Series 9000 GPS Fastloc/GSM » du *Sea Mammal Research Unit (http://www.smru.st-andrews.ac.uk/protected/downloads/GPS_Phone_Tag22.pdf)*

Sea Mammal Research Unit
University of St Andrews

GPS Phone Tags

A major advance in marine mammal telemetry, featuring:

- GPS quality locations
- Detailed individual dive and haulout data
- Efficient and cheap data relay via mobile phone GSM

Introduction

The use of conventional GPS to track marine mammals is very limited due to their short surfacing periods. This restriction has been overcome by the incorporating the Fastloc GPS system (Wildtrack Telemetry Systems, UK) that collects the data required for a GPS location within a fraction of second. The rate at which locations are calculated is at the control of the user, offering the possibility of attempting a location at every surfacing.

The tag also uses detailed data from wet/dry, pressure and temperature sensors to form detailed individual dive (max depth, shape, time at depth, etc) and haulout records along with temperature profiles and more synoptic summary records as in standard SMRU SRDLs. Both location and behavioral data are then stored in memory.

For species that come near shore – within GSM coverage – the entire set of data records stored in memory are relayed via the GSM mobile phone system. Visits ashore may be infrequent – up to six months of data can be stored onboard the tag – and these data may also be downloaded if the tag is retrieved. GSM data-relay offers very high data bandwidth and is over one hundred times more energy efficient than Argos – all for the cost of a couple of hours of phone calls!

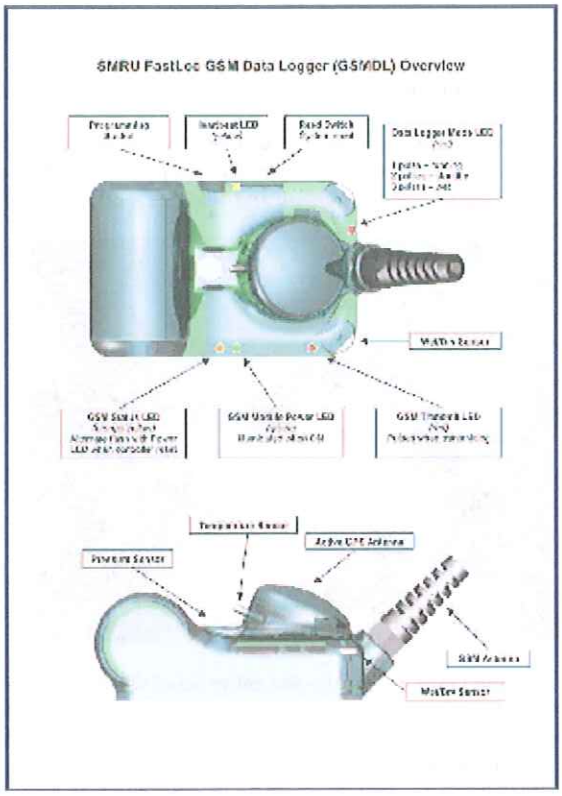
The tag works on all international GSM frequencies. Please tell us about your application and we can discuss how the Series 9000 GPS Fastloc/GSM tag can be configured to your needs.

www.smru.st-and.ac.uk
e-mail: telemetry@st-and.ac.uk
NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL

Sea Mammal Research Unit
University of St Andrews

Physical Characteristics

Housing:	- Solid epoxy body, rated to 500m (reinforced 2000m)
Standard sensors:	- Pressure (resolution 5m @ 2000m, 0.5m @ surface) - Wet/dry saltwater switch - Real-time clock - Temperature (resolution 0.1 °C)
GSM engine:	- Siemens MC55/56 modem. - All four GSM bands available
Longevity:	- 6 months at default parameter settings - Shelf life of 24 years
Dimensions (max):	- 100 x 70 x 40 (height) mm



Operation

Most of the operating parameters may be readily changed. For illustration we show [in square brackets] the default values.

GPS Fastloc Locations

Traditionally, the use of GPS to track most marine mammals at sea has been impractical due to their brief surfacing intervals and thus insufficient time to reliably gather GPS ephemeris data. The Fastloc system (http://www.wildtracker.com/prod01.htm) overcomes this problem by splitting the GPS location determination into to separate phases. A snapshot (< 0.2 s) of satellite data is captured and the pseudo-ranges are calculated on board and stored. After these pseudo-ranges are relayed ashore, they are combined with publicly available archived ephemeris information to compute locations.

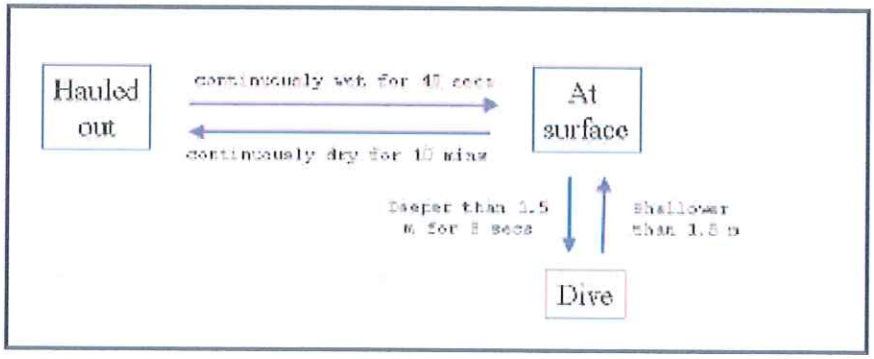
By default the tag attempts to capture location data every [20] minutes. The attempt is delayed if the seal is underwater. When the tag is in a haulout state the rate of attempts is reduced. The rate of location attempts affects the energy drawn from the battery and thus the tag longevity.

Data Sampling

Samples of depth and temperature are recorded every 4 seconds. Each tag contains its own specific calibration information, which allows it to immediately convert its sensor readings into real-world units (metres, degrees Centigrade etc). Depth is automatically reset to zero whenever the wet-dry sensor detects the surface. Rapid sampling [0.5 sec] of the wet-dry sensor is instigated when approaching the surface [6 metres].

Behavioural States

The tag continually monitors the sensor data it is collecting and maintains a three-state model of the animal's activity, determined from surface sensor/depth sensor/ time interactions.



As the tag monitors transitions from one state to another, data records of two complementary types are constructed and made available for transmission.

Data Types

Dive Record

Constructed at the end of each dive. When a dive begins, all the samples are accumulated at until the end of the dive is detected, creating a full-resolution dive profile. The tag then calculates the [9] internal points in the profile that give the best fit to the entire profile. Dives are transmitted in groups of consecutive dives. The timestamp refers to the most recent one – previous dives are positioned in time using the dive duration and surface duration fields. All other fields are optional. A post-dive surface duration exceeds [9] minutes, a termed a Cruise.

```
Time of start of last dive (required)
Dive Number
for each dive:
      Maximum depth
      Dive duration (required)
      Post-dive surface duration (required)
      Mean speed
      Dive index (%)
      Inflection points:
            Profile depth values
            Profile temperature values
            Profile speed values
            Residual of profile fit
```

Haulout Record

Constructed at the end of each Haulout. Haulout (and Cruise) records simply contain the start- and end-times of unbroken periods spent in the "Hauled Out" (or "At Surface") states. These records require only a few bits to transmit but can account for long periods of the total data record.

```
Haulout Start (date-time)
Haulout End (end-time)
Haulout number (sequence, cycling 1 through 32)
```

Summary Record

Constructed for every [2] hours This contains summary statistics such as the proportion of time spent in each of the three states; the number of dives; mean, maximum and standard deviation of maximum dive depth; mean, maximum and standard-deviation of dive duration.

```
Summary period start (date-time)
% time in state Dive
% time in state Haulout
% time in state At Surface
Maximum depth
```

Temperature Cast Records

If a dive is one of the [2] deepest dives in each [2] hour period, the tag monitors the depth during the central phase and then collects temperature data at [1] second intervals on the ascent. Filtering and compression is performed by the conventional broken-stick method used for XBT casts, producing [12] temperature-depth pairs.

Sea Mammal Research Unit
University of St Andrews

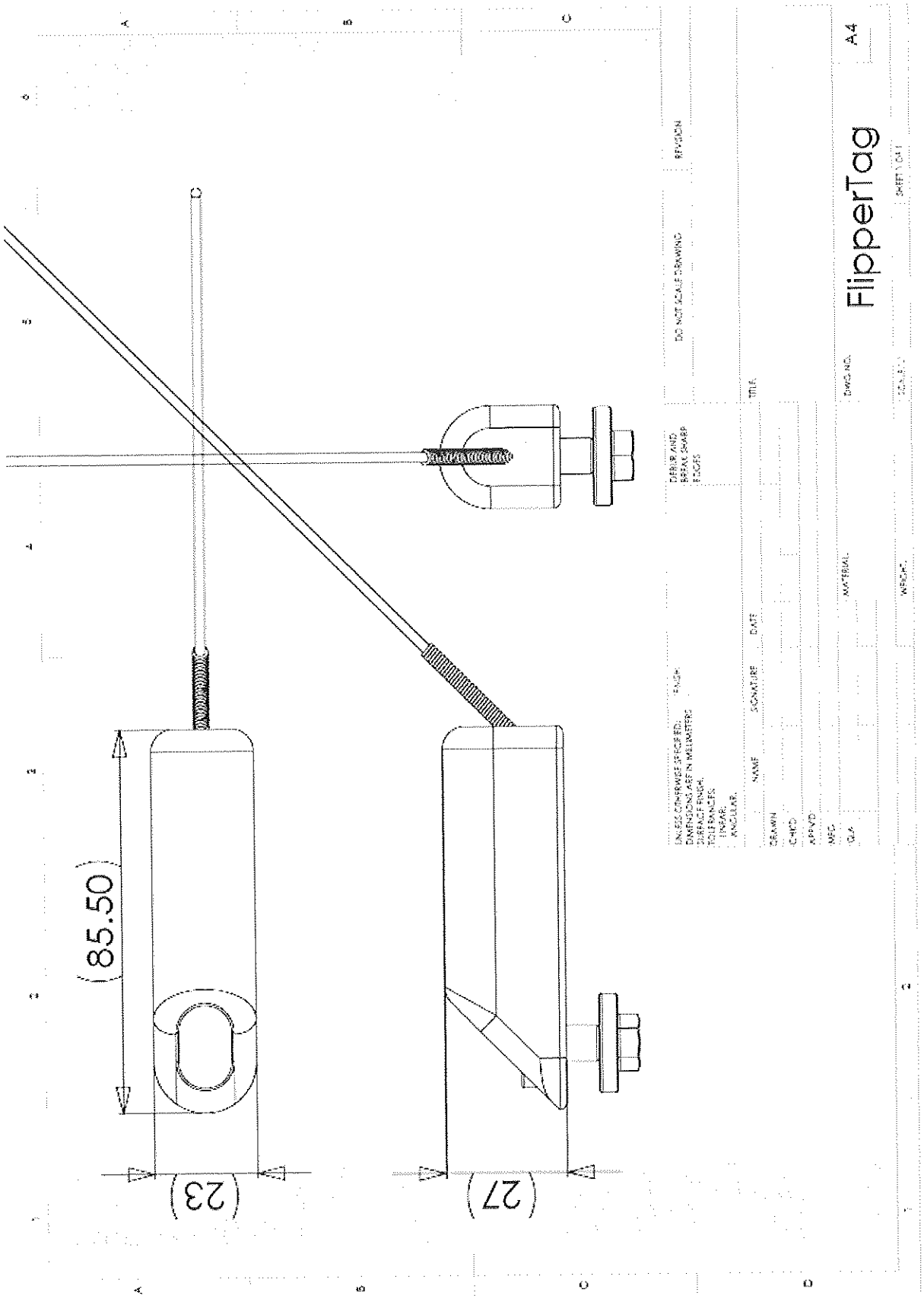
GSM Data Relay

Every [6] hours the tag will attempt to register with a local GSM mobile phone service provider. GSM coverage may extend up to 20 km or more from the nearest GSM base station and many parts of the World's coastline and nearshore waters are covered (see http://www.gsmworld.com/roaming/gsminfo/index.shtml). If the tag registers successfully a GPRS session is established and data are FTPd to a server at SMRU, St Andrews. These data are then decoded and made available for the user. Following successful data transfer the tag will delay a further attempt to register for [48] hours. Diagnostic SMS text messages are also sent.

Normally we incorporate a Vodafone SIM, and this will allow international roaming. If the attempt to register is unsuccessful, perhaps because the seal being far out to sea, data will accumulate in the internal memory until the next successful registration. Data can be stored on board for up to six months.

Using GSM to relay data ashore is far more efficient, allows higher bandwidth, and is much cheaper than the Argos system. However, if a seal travels far out to sea, the user must be patient and wait for the seal's return to get a data update!

www.smru.st-and.ac.uk
e-mail: telemetry@st-and.ac.uk

NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL

Annexe 3 : Prototype de balises Argos développés par Sirtrack