



## Suivi Aérien de la Méga-faune Marine en France métropolitaine



### Rapport final

Pettex Emeline<sup>1</sup>, Lambert Charlotte<sup>2</sup>, Laran Sophie<sup>1</sup>, Ricart Amandine<sup>1</sup>, Virgili Auriane<sup>2</sup>, Falchetto Hélène<sup>1</sup>, Authier Matthieu<sup>1</sup>, Monestiez Pascal<sup>2</sup>, Van Canneyt Olivier<sup>1</sup>, Dorémus Ghislain<sup>1</sup>, Blanck Aurélie<sup>3</sup>, Toison Vincent<sup>3</sup> & Ridoux Vincent<sup>1,2</sup>

Avec la contribution des chefs de mission : Léa David, Emmanuelle Levesque, Eric Stéphan

Et des observateurs : Thomas Barreau, Ariane Blanchard, Vincent Bretille, Alexis Chevallier, Cécile Dars, Nathalie Di-Méglio, Emilie Durand, Marc Duvilla, Alessio Maglio, Marie Pellé, Morgane Perri, Sandrine Serre

<sup>1</sup> Observatoire PELAGIS - UMS 3462 Université de La Rochelle – CNRS - Pôle analytique – 5 allées de l'Océan - 17000 La Rochelle  
e-mail : [crmm@univ-lr.fr](mailto:crmm@univ-lr.fr) - Web : <http://www.observatoire-pelagis.cnrs.fr>

<sup>2</sup> Centre d'Etudes Biologiques de Chizé – UMR 7273 Université de La Rochelle – CNRS – 2 rue Olympe de Gouges - 17000 La Rochelle  
Web : <http://cebc.cnrs.fr>

<sup>3</sup> Agence des Aires Marines Protégées - 16 quai de la douane CS 42932 - 29229 Brest Cedex 2





# SOMMAIRE

Remerciements .....	7
Introduction.....	9
I) La stratégie du programme PACOMM .....	9
II) Objectifs principaux des campagnes SAMM .....	10
Matériel et Méthodes .....	13
I) Description des campagnes aériennes.....	13
II) Protocole de double-plateforme.....	16
III) Analyses.....	17
A) Estimation de la densité et de l'abondance par <i>Distance Sampling</i> .....	19
1) Transect en bande ( <i>strip transect</i> ) .....	19
2) Transect en ligne ( <i>line transect</i> ) .....	20
B) Modélisation géostatistique de la distribution par krigeage 'Poisson' .....	22
1) Le variogramme.....	22
2) Le krigeage .....	23
C) Modélisation d'habitats .....	25
1) Principes et groupes modélisés.....	25
2) Variables environnementales.....	26
3) Modélisation d'habitat.....	28
D) Evaluation des Aires Marines Protégées par extraction des densités prédites.....	29
E) Analyses double-plateforme .....	30
1) Analyses exploratoires et identification des doublons .....	31
2) Analyse par <i>Distance sampling</i> .....	31
3) Modèle d'occupation .....	32
4) Analyse de puissance .....	33
Résultats .....	35
I) Cétacés .....	35
A) Abondance et distribution .....	35
1) Atlantique.....	35
a) Manche.....	36
b) Golfe de Gascogne .....	36
2) Méditerranée Nord Occidentale .....	39
B) Modélisation d'habitat.....	43
1) Atlantique.....	43
a) Marsouin commun .....	43
b) Petits delphininés.....	44
c) Grand dauphin .....	44
d) Globicéphalinés .....	45
2) Méditerranée Nord Occidentale .....	46
a) Petits delphininés .....	46
b) Grand dauphin.....	47

c) Globicéphalinés .....	47
d) Rorqual commun .....	48
II) Oiseaux marins .....	49
A) Abondance et distribution .....	49
1) Atlantique .....	49
a) Procellariidés .....	52
Fulmar boréal .....	52
Petits puffins .....	52
Grands puffins .....	53
b) Hydrobatidés .....	53
c) Sulidés .....	54
d) Phalacrocoracidés .....	54
e) Stercorariidés .....	55
Grand labbe .....	55
f) Laridés .....	56
Sternes .....	56
Mouette pygmée .....	56
Mouette tridactyle .....	57
Mouettes rieuses et mélanocéphales .....	57
Grands goélands gris .....	58
Grands goélands noirs .....	59
g) Alcidés .....	59
h) Anatidés .....	60
i) Gaviidés .....	60
2) Méditerranée Nord Occidentale .....	61
a) Procellariidés .....	63
Petits puffins .....	63
Grands puffins .....	63
b) Hydrobatidés .....	64
c) Sulidés .....	64
d) Phalacrocoracidés .....	65
e) Laridés .....	65
Sternes .....	65
Mouette pygmée .....	66
Mouettes rieuses et mélanocéphales .....	66
Grands goélands gris .....	67
g) Alcidés .....	67
B) Modélisation d'habitat .....	68
1) Atlantique .....	68
a) Procellariidés .....	68
Fulmar boréal .....	68
Petits Puffins .....	69
Grands Puffins .....	69

b) Hydrobatidés .....	70
c) Sulidés.....	70
d) Phalacrocoracidés .....	71
e) Stercorariidés .....	72
f) Laridés .....	73
Sternes.....	73
Mouettes rieuses et mélanocéphales .....	74
Mouette Tridactyle.....	74
Grands goélands gris .....	75
Grands goélands noirs .....	76
g) Alcidés.....	77
h) Anatidés.....	78
i) Gaviidés .....	78
2) Méditerranée Nord Occidentale .....	79
a) Procellariidés .....	79
Petits puffins.....	79
Grands puffins .....	80
b) Hydrobatidés .....	81
c) Laridés.....	81
Sternes.....	81
Mouettes rieuses et mélanocéphales .....	82
Grands goélands gris .....	82
III) Evaluation des Aires Marines Protégées par extraction des densités prédites .....	84
A) Cétacés.....	84
B) Oiseaux marins.....	88
1) Atlantique.....	88
2) Méditerranée Nord Occidentale .....	89
IV) Analyses double-plateforme .....	99
A) Résultats exploratoires .....	99
B) Analyse par Distance sampling .....	100
C) Modèle d'occupation .....	101
D) Analyse de puissance.....	102
Discussion et synthèse .....	103
I) Bilan des campagnes SAMM .....	103
A) Un bilan très positif.....	103
B) Les limites des campagnes SAMM .....	104
II) Distributions saisonnières et habitats préférentiels .....	105
A) Cétacés.....	105
B) Oiseaux marins.....	107
1) Les espèces plus abondantes en hiver .....	107
2) Les espèces plus abondantes en été .....	109
3) Les espèces à distribution et effectifs peu variables.....	110
III) Implications pour la conservation des cétacés et des oiseaux marins .....	110

A) Protection des cétacés.....	111
B) Protection des oiseaux marins.....	112
C) La désignation des grands secteurs au large.....	113
IV) Effets du protocole d'observation plurispécifique .....	113
V) Conclusions et perspectives.....	114
Références bibliographiques.....	117
Annexes .....	123

## Remerciements

---

Les campagnes SAMM constituent un suivi inédit de la distribution de la mégafaune pélagique dans les eaux françaises métropolitaines. Elles n'ont été rendues possibles que par l'action de nombreuses institutions et personnes que nous souhaitons remercier ici.

Le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE), l'Agence des aires marines protégées (AAMP), l'Université de La Rochelle ont assuré le financement du projet, avec le concours d'EDF Énergies Nouvelles pour la campagne SAMM 2.

Cette mission a été réalisée grâce à la participation d'organisations non gouvernementales impliquées dans l'étude et la conservation des espèces marines en France : l'Association Pour l'Étude et la Conservation des Sélaciens, EcoOcéan Institut et la Ligue pour la Protection des Oiseaux et la LPO Haute-Normandie.

Nous remercions Aurore Sterckeman (AAMP) pour son rôle de coordination pour la préparation et la réalisation des campagnes SAMM.

Ces campagnes n'auraient pu se réaliser sans l'investissement et la disponibilité des chefs de mission et des observateurs que nous tenons à remercier pour la qualité de leur travail: Thomas Barreau, Ariane Blanchard, Vincent Bretille, Alexis Chevallier, Cécile Dars, Léa David, Nathalie Di-Méglio, Emilie Durand, Marc Duvilla, Emmanuelle Levesque, Alessio Maglio, Marie Pellé, Morgane Perri, Sandrine Serre et Eric Stéphane .

Nous tenons également à remercier nos partenaires techniques, l'ensemble du personnel aéronautique de Pixair Survey : Matthieu André, Pierre-Emmanuel Costa, Julien Huyghues des Etages, Yohan Gavalda, Delphine Grit, Christian Morales et Jean-Jérôme Houdaille, ainsi que la société SINAY qui a assuré la logistique de la mission et la gestion des contrats des observateurs : Fabrice Leroy, Yanis Souami, Philippe Lemée, Alice Badin, et Hélène Herpin.





# INTRODUCTION

Aux niveaux communautaire et international, les Etats Membres de l'Union Européenne se sont engagés à enrayer la perte de biodiversité et à valoriser le patrimoine naturel communautaire. Les objectifs européens en matière de protection de la nature et de préservation de la biodiversité prévoient notamment la mise en œuvre d'un réseau de sites écologiques à l'échelle européenne. Ce réseau, identifié sous le nom de Natura 2000, repose sur les deux directives majeures « Habitats Faune-Flore » et « Oiseaux ». La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM, 2008/56/CE) complète ces deux dispositifs pour la mise en place de politiques de conservation ou de restauration des habitats marins inclus dans la Zone Economique Exclusive (ZEE). L'extension du réseau Natura 2000 au domaine marin présente d'importants défis, notamment à cause du manque de connaissances de la distribution et l'abondance des espèces marines et de leurs habitats préférentiels ainsi que de la variabilité spatiale et temporelle associée à ces paramètres biologiques. La grande mobilité de ces espèces, le caractère dynamique des écosystèmes pélagiques et les difficultés engendrés par la surveillance de grandes aires protégées au large rendent complexe la mise en place de politiques de conservation définies spatialement, mais les avancées récentes en matière de conservation ont montré la faisabilité et l'efficacité des aires marines protégées (Game et al., 2009). Lors du Séminaire biogéographique Atlantique Marin tenu à Galway en 2009, l'évaluation du réseau Natura 2000 en mer pour la France a mis en évidence des insuffisances de sites au-delà des eaux territoriales (12 milles nautiques) et surtout un manque de données scientifiques pour la désignation de sites offshore pour le grand dauphin et le marsouin commun (MNHN, 2009). Il était donc nécessaire de constituer un socle de connaissances en organisant l'acquisition de nouvelles données. Si les zones côtières sont mieux documentées grâce à leur meilleure accessibilité, les zones hauturières et océaniques sont encore peu connues et doivent faire l'objet d'une attention particulière dans ce contexte de conservation.

## 1) La stratégie du programme PACOMM

---

Le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie et l'Agence des Aires Marines Protégées ont récemment identifié des indicateurs de la biodiversité, dans le cadre de la stratégie nationale pour la biodiversité et du tableau de bord des mers françaises. L'abondance et la distribution de la mégafaune marine (mammifères marins, oiseaux marins et tortues marines) faisaient partie des indicateurs retenus. Quatre raisons ont justifié ce choix : des pressions anthropogéniques croissantes s'exercent sur les écosystèmes marins et donc sur les prédateurs supérieurs (Halpern et al., 2008; Worm et al., 2006); les taux d'accroissement de population sont généralement faibles et confèrent à ces espèces une capacité limitée à restaurer des situations démographiques dégradées quand les causes du déclin sont corrigées (faible résilience) ; des bénéfices pour la biodiversité marine dans son ensemble sont attendus de la conservation de ces

espèces, du fait de leur niveau trophique généralement élevé et de leur domaine vital étendu (effet "parapluie", Sergio et al., 2006) ; et enfin, dans les vastes secteurs maritimes de la ZEE française, peu d'éléments de la biodiversité pélagique se prêtent autant que les prédateurs marins supérieurs à être recensés sur de grandes surfaces permettant d'en déduire certaines propriétés des écosystèmes marins sous-jacents (valeur d'indicateur, Boyd et al., 2006).

Dans le cadre des engagements communautaires relatifs au réseau Natura 2000 en mer, le Ministère en charge de l'écologie a donc délégué à l'Agence des aires marines protégées la mise en œuvre d'un Programme d'Acquisition de Connaissances sur les Oiseaux et les Mammifères Marins (PACOMM) afin de répondre aux deux questions suivantes:

- quel est l'état initial du patrimoine ornithologique et céologique dans les eaux sous juridiction française et plus particulièrement dans les aires marines existantes?
- quelles sont les nouvelles zones à désigner pour compléter le réseau au large ?

L'Agence s'est appuyée sur le travail d'un groupe de scientifiques issus du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), référent scientifique pour les questions relatives aux oiseaux marins auprès du Ministère de l'écologie, de l'Observatoire PELAGIS (ex CRMM) - UMS 3462 (Université de La Rochelle – CNRS), référent scientifique sur les mammifères marins auprès du Ministère de l'écologie, du Centre d'Etude Biologique de Chizé (CNRS-CEBC) et du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier (CNRS-CEFE), pour l'élaboration de ce programme. Ainsi, quatre études scientifiques ont été réalisées à l'échelle des façades maritimes, dont les protocoles ont été adaptés pour répondre aux deux problématiques « évaluation initiale des sites déjà désignés » et « désignation de nouveaux sites au large ». La première d'entre elles prévoyait un recensement par observation aérienne de la mégafaune pélagique, en particulier des oiseaux et des mammifères marins, au sein du domaine maritime métropolitain français (Zone Economique Exclusive française) étendu aux eaux limitrophes dans un souci de cohérence écologique en Manche, dans le sud du golfe de Gascogne et dans l'emprise du sanctuaire *Pelagos*.

## II) Objectifs principaux des campagnes SAMM

---

Les campagnes de Suivi Aérien de la Mégafaune Marine (SAMM) avaient pour objectif de produire un état des lieux de la distribution spatiale et de l'abondance relative des oiseaux et mammifères marins dans les eaux françaises métropolitaines. Les tortues marines, raies, requins et grands poissons visibles en surface ainsi que les activités humaines (pêche, trafic maritime, déchets) ont également été répertoriées. Afin de prendre en compte les effets de la variabilité saisonnière sur la distribution de la mégafaune marine, le programme a couvert deux saisons consécutives et distinctes durant l'hiver 2011/12 et l'été 2012. Initialement, quatre campagnes étaient prévues, sur deux années successives, afin d'estimer la part de variabilité interannuelle, cependant les budgets n'ont finalement pas permis la réalisation des deux dernières campagnes.

Pour la première fois, la totalité des eaux françaises des trois façades maritimes métropolitaines a pu être échantillonnée simultanément avec un protocole standard et une plateforme d'observation identique. Les campagnes SAMM constituent ainsi le plus important effort d'observation de la mégafaune déployé dans cet espace jusqu'à présent. Le protocole retenu permettra d'établir des comparaisons avec des programmes partiellement similaires conduits dans les eaux des pays voisins et à l'échelle européenne comme les recensements de cétacés SCANS et SCANS II (*Small Cetaceans in the European Atlantic and North Sea*; Hammond et al., 2002, 2013) ainsi que dans les eaux françaises d'outre-mer comme le programme d'étude de la distribution de la mégafaune marine REMMOA (Recensement des Mammifères marins et autres Mégafaunes marines par Observation Aérienne; Mannocci et al., 2013, 2014a, 2014b). Les données acquises au cours de ces campagnes viendront alimenter une réflexion commune pour la désignation d'aires marines protégées répondant aux objectifs communautaires de conservation des espaces maritimes. Le protocole utilisé lors des campagnes SAMM et REMMOA répond à une nécessité de mutualiser les moyens de suivi aérien pour réaliser des campagnes de recensement pour l'ensemble de la mégafaune pélagique. Mais les conséquences, d'un point de vue scientifique, d'une telle optimisation des moyens ne sont pas connues à ce jour. Avec la mise en place d'un protocole de double-plateforme d'observation sur une partie de la deuxième campagne SAMM (Ricart, 2013), les données récoltées permettront d'évaluer si le protocole plurispécifique employé pour l'ensemble des campagnes SAMM et REMMOA entraîne un biais dans la détection des cétacés.

Les données collectées ont été analysées selon plusieurs voies complémentaires. Dans un premier temps les protocoles de collecte des données d'observation de la mégafaune permettent l'estimation de l'abondance et de l'incertitude associée par transect linéaire pour les cétacés, et par transect en bande pour les oiseaux. Ces mêmes données ont ensuite été analysées pour l'étude de leurs propriétés spatiales par krigeage, ce qui permet de décrire la distribution de la mégafaune pendant les deux saisons de réalisation des campagnes. L'analyse des variables environnementales les plus corrélées avec la densité de chaque taxon de la mégafaune marine, permet ensuite d'identifier les habitats favorables à chacun d'eux et de prédire leur distribution. Enfin, ces prédictions sont utilisées pour évaluer la pertinence du réseau existant d'aires marines protégées, (réseau Natura 2000 ; parcs et réserves existants, secteurs envisagés au large) pour la conservation en mer des espèces considérées, sur la base de la proportion des populations prédites dans des aires marines protégées par rapport aux populations prédites dans l'ensemble des eaux françaises de chaque façade maritime.

Le présent rapport fait suite aux deux rapports de campagne (Pettex et al., 2012a, 2012b) et au rapport intermédiaire (Pettex et al., 2013), qui décrivent l'ensemble des données collectées (incluant les données de tortues, requins, macro-déchets et activités humaine) et l'analyse des taux de rencontre.

Ce rapport final a pour objectif de présenter les résultats des campagnes SAMM pour les cétacés et oiseaux marins. Nous détaillerons en première partie la méthodologie utilisée pour la réalisation des analyses réalisées après un bref rappel du protocole de recensement aérien. Dans une seconde

partie, nous présenterons les résultats obtenus pour les deux zones biogéographiques de la Méditerranée et de l'Atlantique (Manche / Mer du Nord et golfe de Gascogne) : (1) estimations de densité et d'abondance relatives en mer accompagnées de cartes de densités locales obtenues par analyse géostatistique (dit de krigeage Poisson) (2) modélisation des habitats préférentiels (GAMs) (3) évaluation du rôle du réseau d'aires marines protégées existant et des grands secteurs identifiés lors de l'atelier PACOMM 2013 (importance relative de chaque AMP par rapport à la distribution globale des espèces) et enfin (4) évaluation du biais potentiel induit sur la détection de petits cétacés par le protocole multi-cible utilisé sur l'ensemble des campagnes d'observation de la mégafaune pélagique REMMOA et SAMM (analyse de double-plateforme).

Dans une troisième et dernière partie, nous dresserons une synthèse des résultats obtenus par les campagnes SAMM et les enseignements utiles à la mise en place de politiques de conservation dans l'espace maritime français.

# MATERIEL ET METHODES

## 1) Description des campagnes aériennes

Les campagnes se sont déroulées sur deux saisons distinctes, en hiver entre le 3 novembre 2011 et le 15 février 2012 puis en été entre le 15 mai et le 15 août 2012 sur l'ensemble la ZEE métropolitaine étendue aux eaux anglaises et anglo-normandes de la Manche, à une partie des eaux espagnoles dans le sud du golfe de Gascogne et des eaux italiennes permettant d'englober l'ensemble du sanctuaire Pelagos (Figure 1a). La zone d'échantillonnage a été découpée en trois strates définies par leurs propriétés bathymétriques : strate néritique (< 200 m de profondeur, correspondant au plateau continental), strate de pente (comprise entre 200 et 2000 m de profondeur sur le talus) et la strate océanique (> 2000 m correspondant aux plaines abyssales). Une quatrième strate, dite côtière, a été ajoutée pour densifier l'effort d'observation dans les sites Natura 2000 existants ; cette strate se limite aux eaux territoriales (12 miles nautiques de la côte) et recouvre la partie côtière de la strate néritique (Figure 1b) ; elle englobe la majorité des sites Natura 2000 actuels.

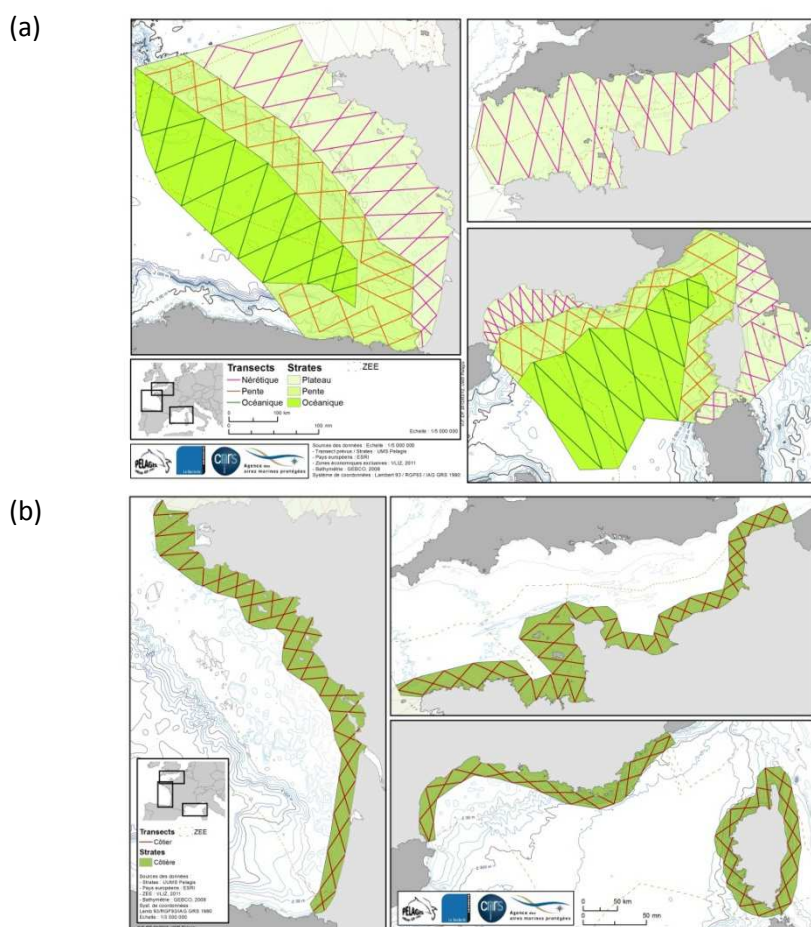


Figure 1 : Plan global d'échantillonnage : stratification des secteurs et design des transects : (a) transects néritiques, de pente, océaniques (de la côte vers le large) (b) transects côtiers.

La méthodologie générale est identique à celle mise en place lors des campagnes du programme REMMOA (Mannocci et al., 2013). Les équipes sont embarquées à bord d'avions à ailes hautes équipés de hublots-bulle permettant une vision à la verticale (Figure 2a et 2b). L'avion se déplace le long de transects, à une vitesse constante de 90 nœuds ( $167 \text{ km.h}^{-1}$ ) et à une hauteur de 600 pieds (183 m). Deux observateurs relèvent à l'œil nu les observations (Figure 2c) pour lesquelles un ensemble de paramètres est enregistré (variable selon les taxons) : espèce ou groupe d'espèces, nombre d'individus, âge, angle, présence de jeunes, comportement... Pour les oiseaux, un échantillonnage en bande est réalisé dans un couloir de 200 m de part et d'autre du transect (protocole dit de *strip transect*), tandis que les observations de mammifères marins et des autres espèces de la mégafaune marine (tortues, requins et raies, poissons) sont relevées selon un échantillonnage en ligne (*line transect*) comprenant une mesure d'angle pour estimer la distance de l'observation au transect (Buckland et al., 2001). Les observations de bateaux et de déchets sont enregistrées par les observateurs dans des bandes de 500 m et 200 m respectivement. Au-delà de 500 m, le navigateur peut relever les observations de bateaux s'il les voit et prend une mesure d'angle pour évaluer la distance au transect. Il faut noter que les bateaux et les déchets ne sont pas relevés dans la strate côtière. Toutes les informations sont saisies par le navigateur (Figure 2d) sur un ordinateur équipé du logiciel VOR (Hammond et al., 2013) et relié à un GPS qui enregistre la position de l'avion toutes les deux secondes.



Figure 2 (a) Avion à ailes hautes de type BN2; (b) hublot-bulle ; (c) postes d'observation ; (d) saisie des données et navigation.

Les conditions environnementales déterminantes pour la détection des animaux (état de la mer, turbidité et transparence de l'eau, couverture nuageuse et éblouissement) sont également renseignées par les observateurs ainsi qu'un indice de détectabilité basé sur les petits delphinidés, déterminé de manière subjective par l'observateur (conditions d'observation excellentes, bonnes, moyennes, pauvres). La description détaillée du déroulement des vols et du protocole est disponible dans les rapports de campagne de SAMM (Pettex et al., 2012a, 2012b; disponibles en ligne <http://cartographie.aires-marines.fr/?q=node/45>). Les bases de données obtenues ont été corrigées et validées à l'aide du logiciel FME Desktop 2013 (Veremes - Safe Software) et ArcGIS 10 (ESRI). La préparation des jeux de données (linéarisation et segmentation de l'effort) pour l'ensemble des analyses a été réalisée à l'aide du logiciel FME Desktop 2013.

Un total de 98 610 km de transect a été parcouru au cours des deux campagnes, tous secteurs confondus (Tableau 1), 91% de cet effort a été réalisé avec un état de la mer < 4 Beaufort et des conditions subjectives au minimum bonnes pour l'un des deux côtés et moyennes pour l'autre (i.e. > 3 pour des conditions numérotées de 0 à 7 de nulles à excellentes).

*Tableau 1 : Effort d'observation réalisé par secteur et par strate en km : effort total, effort réalisé dans les meilleures conditions d'observation (en km et % de l'effort total), couverture spatiale par strate (%)*

Strate	Aire totale (km <sup>2</sup> )	Effort total hiver (km)	Effort avec Beaufort <4 et cond subj >3 (km & %)		Effort avec Beaufort <4 cond subj >3 / Aire totale (%)	Effort total été (km)	Effort avec Beaufort <4 et cond. Subj. >3 (km & %)		Effort avec Beaufort <4 cond subj >3 / Aire totale (%)
<b>Golfe de Gascogne</b>									
Côte	27 293	4 459	3 816	86%	14%	4 336	4 004	92%	15%
Plateau	103 374	7 345	6 329	86%	6%	7 135	6 500	91%	6%
Talus	87 584	6 411	5 185	81%	6%	6 419	6 340	99%	7%
Océanique	91 183	2 599	2 365	91%	3%	5 087	4 831	95%	5%
Sous-total	282 141	20 814	17 695	85%	6%	22 977	21 675	94%	8%
<b>Manche</b>									
Côte	26 682	4 467	4 079	91%	15%	4 410	4 065	92%	15%
Plateau	92 875	7 162	6 292	88%	7%	6 477	5 687	88%	6%
Sous-total	92 875	11 629	10 371	89%	11%	10 887	9 752	90%	11%
<b>Total ATL</b>	<b>375 016</b>	<b>32 443</b>	<b>28 066</b>	<b>87%</b>	<b>7%</b>	<b>33 864</b>	<b>31 427</b>	<b>93%</b>	<b>8%</b>
<b>Méditerranée</b>									
Côte Cont.	11 544	2 012	1 965	98%	17%	2 095	2 082	99%	18%
Côte Corse	11 214	1 210	1 088	90%	10%	2 268	2 156	95%	19%
Plateau (Lion)	12 796	2 371	2 347	99%	18%	2 376	2 048	86%	16%
Plateau (Tyrr)	33 398	1 347	1 188	88%	4%	1 510	1 482	98%	4%
Talus	53 068	4 008	3 877	97%	7%	4 786	4 352	91%	8%
Océanique	82 115	2 814	2 668	95%	3%	5 416	5 098	94%	6%
<b>Total MED</b>	<b>181 377</b>	<b>13 762</b>	<b>13 133</b>	<b>95%</b>	<b>7%</b>	<b>18 451</b>	<b>17 218</b>	<b>93%</b>	<b>9%</b>

## II) Protocole de double-plateforme

Lors de la campagne de l'été 2012, un protocole d'observation en double plateforme a été appliqué sur certaines portions de la zone échantillonnée, entre le 27 juin et le 17 juillet 2012. Les transects réalisés selon cette méthode sont situés dans les secteurs Atlantique et Méditerranée, et ils sont présents dans chacune des quatre strates bathymétriques (Figure 3). Ce protocole a nécessité la mise en place de quatre hublots-bulle, de façon à avoir deux équipes indépendantes de deux observateurs embarquées à bord de l'avion.

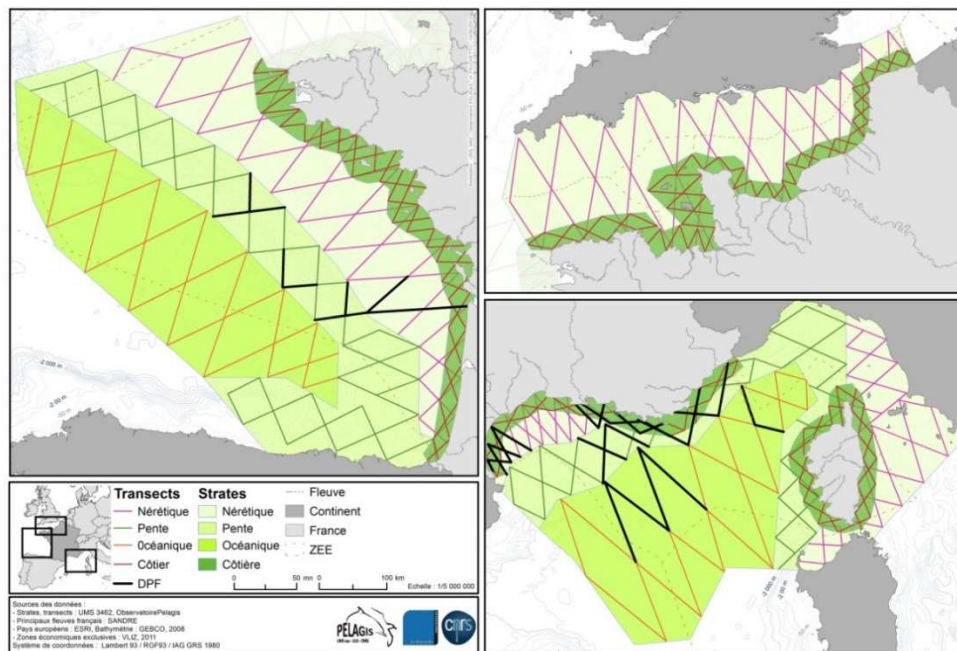


Figure 3 Plan d'échantillonnage de la campagne d'été 2012. Les transects en noir sont ceux réalisés en double plateforme.

La première équipe (située à l'arrière de l'avion) doit suivre le protocole plurispécifique des campagnes SAMM, c'est-à-dire relever les observations de l'ensemble de la mégafaune pélagique (mammifères marins, oiseaux marins, tortues, requins, poissons) ainsi que les activités humaines (bateaux, déchets). Cette équipe est appelée « plateforme Standard ». La deuxième équipe (située à l'avant de l'avion) a pour consigne de relever uniquement les observations de mammifères marins. Cette équipe est appelée « plateforme Mammifères Marins ». Les vols en double plateforme ont été réalisés sur 21 jours et tous les observateurs ont appliqué les deux protocoles, afin que les biais d'observation (liés à la capacité de détection de chaque observateur) soient répartis entre les deux plateformes.

En comparant la détection des cétacés entre les deux plateformes, ce dispositif permet de tester si le protocole standard entraîne un biais sur la détection des cétacés. Les biais inverses, qui seraient introduits sur la détection des oiseaux ou autre mégafaune marine par la recherche des cétacés, n'ont pas été testés.



### III) Analyses

Pour l'ensemble des analyses, des regroupements d'espèces ont été effectués, que ce soit pour les cétacés (Tableau 2) ou les oiseaux marins (Tableau 3). Ces regroupements reposent sur des critères à la fois taxonomiques (plusieurs espèces d'un même genre), morphologiques (espèces proches, difficiles à différencier dans le contexte de l'observation aérienne) ou écologiques (afin d'obtenir des estimations pour des espèces ou groupes d'espèces qui représentent un enjeu en termes de conservation). Certaines espèces sont clairement identifiées depuis l'avion et peuvent être traitées individuellement.

La stratégie d'analyse repose sur plusieurs approches complémentaires. La première étape a consisté à la vérification de l'ensemble du jeu de données qui se compose des données d'effort et des observations collectées. Les bases de données obtenues ont été corrigées et validées à l'aide du logiciel FME (Veremes) et ArcGIS 10.2 (ESRI). Après vérification des données, l'effort a été linéarisé et segmenté en 5 et 10 km pour les besoins d'analyses. Cinq types de traitement ont été menés conjointement (voir Encadré 1): estimation de l'abondance par transect linéaire pour les cétacés et par transect en bande pour les oiseaux, cartes de distribution de la densité par traitement géostatistique, modélisation des habitats préférentiels et analyse des données de double-plateforme. Les prédictions issues des modèles d'habitats ont été utilisées pour une cinquième analyse afin d'évaluer la pertinence du réseau existant d'aires marines protégées.

Encadré 1 : Description de la stratégie d'analyse

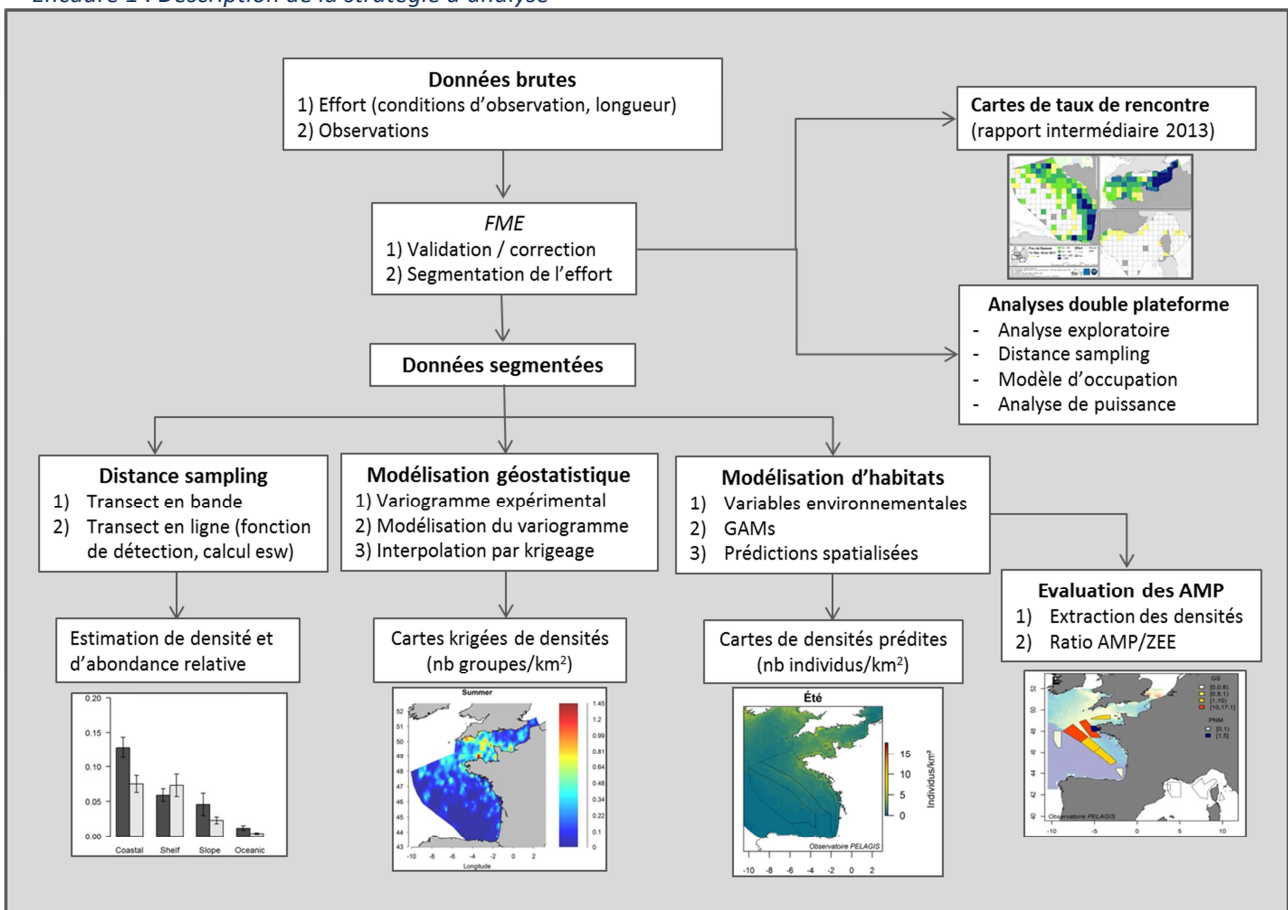


Tableau 2 Description des groupes d'espèces appliqués pour les cétacés.

(Sous) Famille	Groupes ou espèces	Espèces associées
<b>Phocoenidae</b>	Marsouin commun	<i>Phocoena phocoena</i>
<b>Delphininae</b>	Petits delphininés	Dauphin commun <i>Delphinus delphis</i> Dauphin bleu et blanc <i>Stenella coeruleoalba</i>
	Grands delphininés	Grand dauphin <i>Tursiops truncatus</i>
<b>Globicephalinae</b>	Globicéphalinés	Globicéphale noir <i>Globicephala melas</i> Dauphin de Risso <i>Grampus griseus</i>
<b>Physeteridae</b>	Cachalot macrocéphale	<i>Physeter macrocephalus</i>
<b>Balenopteridae</b>	Rorquals	Rorqual commun <i>Balaenoptera physalus</i> Petit rorqual <i>Balaenoptera acutorostrata</i>

Tableau 3 Description des groupes d'espèces appliqués pour les oiseaux marins.

Famille	Groupes ou espèces	Espèces associées
<b>Procellariidae</b>	Fulmar boréal	<i>Fulmarus glacialis</i>
	“ Petits puffins “	Puffin des anglais <i>Puffinus puffinus</i> Puffin yelkouan <i>Puffinus yelkouan</i> Puffin des Baléares <i>Puffinus mauretanicus</i>
	“ Grands puffins “	Puffin majeur <i>Puffinus gravis</i> Puffin fuligineux <i>Puffinus griseus</i> Puffin cendré <i>Calonectris diomedea</i>
		Océanite tempête <i>Hydrobates pelagicus</i> Océanite culblanc <i>Hydrobates leucorhous</i> Océanite de Castro <i>Hydrobates castro</i>
<b>Hydrobatidae</b>	Océanites	
<b>Sulidae</b>	Fou de Bassan	<i>Morus bassanus</i>
<b>Phalacrocoracidae</b>	Cormorans	Grand cormoran <i>Phalacrocorax carbo</i> Cormoran huppé <i>Phalacrocorax aristotelis</i>
<b>Stercorariidae</b>	Grand labbe	<i>Catharacta skua</i>
	“Petits labbes”	Labbe à longue queue <i>Stercorarius longicaudus</i> Labbe parasite <i>Stercorarius parasiticus</i> Labbe pomarin <i>Stercorarius pomarinus</i>
		Sterne arctique <i>Sterna paradisaea</i> , Sterne pierregarin <i>Sterna hirundo</i> , Sterne naine <i>Sterna albifrons</i> , Sterne caugek <i>Thalasseus sandvicensis</i>
<b>Laridae</b>	Sternes	
	Mouette pygmée	<i>Larus minutus</i>
	Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>
	Mouette rieuse/mélanocéphale	<i>Larus ridibundus</i> , <i>Larus melanocephalus</i>
	Goéland d'Audouin/cendré	<i>Larus canus</i> , <i>Larus audouinii</i>
	“Grand goéland noir”	Goéland marin <i>Larus marinus</i> , Goéland brun <i>Larus fuscus</i>
	“Grand goéland gris”	Goéland argenté <i>Larus argentatus</i> Goéland leucophée <i>Larus michahellis</i>
	“Grand goéland spp”	Grands goélands indéterminés (souvent immatures)
Laridés spp	Toutes les espèces de laridés (indéterminés)	
<b>Alcidae</b>	Alcidés	Macareux moine <i>Fratercula arctica</i> Guillemot de Troïl <i>Uria aalge</i> Pingouin torda <i>Alca torda</i>
<b>Anatidae</b>	Macreuses	Macreuse noire <i>Melanitta nigra</i> Macreuse brune <i>Melanitta fusca</i>
<b>Gavidae</b>	Plongeurs	Plongeur catmarin <i>Gavia stellata</i> , Plongeur arctique <i>Gavia arctica</i> , Plongeur imbrin <i>Gavia immer</i>

## A) Estimation de la densité et de l'abondance par Distance Sampling

### 1) Transect en bande (*strip transect*)

Pour les oiseaux marins, les observations sont relevées selon la méthode du *strip transect*, qui postule que les individus présents à l'intérieur d'une bande de 200 mètres de large sont tous détectés. La probabilité de détection est donc égale à 1 quelle que soit la distance perpendiculaire au transect, entre 0 et 200 mètres. Dans ce cas, il est possible d'extrapoler directement des valeurs de densités obtenues pour la portion de la zone couverte par les transects à l'ensemble de la strate. Le logiciel *Distance* calcule donc directement des estimations de densité et d'abondance pour ces animaux. Des estimations ont été produites pour tous les groupes d'oiseaux ayant un nombre d'observations suffisant. Les segments d'effort retenus pour les analyses de densité et d'abondance ont été réalisés avec un état de la mer < 4 et des conditions subjectives au minimum bonnes pour l'un des deux côtés et moyennes pour l'autre (i.e. > 3 pour des conditions numérotées de 0 à 7 de nulles à excellentes). Pour le calcul des abondances, le quantile 99% de la taille des groupes est calculé ; il est ensuite attribué à toutes les observations dont la taille de groupe excède cette valeur afin de ne pas surestimer la moyenne. Pour chaque strate, la densité des groupes est calculée selon la formule suivante :

$$D = \frac{n}{2wL}$$

Où  $n$  est le nombre d'observations,  $w$  la largeur de la bande observée (multipliée par deux pour prendre en compte les deux côtés) et  $L$  la longueur d'effort d'observation en km.

Pour obtenir l'estimation d'abondance associée, il faut multiplier la densité de groupe obtenue par la taille moyenne de groupe calculée et par la surface totale de la strate :

$$N = \frac{nA}{2wL} \cdot t$$

Les coefficients de variation sont calculés pour les abondances de chaque strate, ils expriment l'incertitude associée à l'estimation. Plus leur valeur est élevée, plus l'incertitude autour de la valeur estimée est grande. Pour l'abondance globale, un intervalle de confiance est présenté, qui indique les valeurs minimale et maximale de l'abondance à 95% de probabilité.

A partir des densités calculées précédemment, nous avons calculé une densité globale par strate pour l'Atlantique (réunissant la Manche et le golfe de Gascogne pour la strate côtière et le plateau) et la Méditerranée (réunissant le continent et la Corse pour la strate côtière et le plateau continental). Les valeurs obtenues pour chaque saison ont été comparées à l'aide d'un test Z, sous le logiciel R (R Development Core Team 2013).

Il est important de souligner que les **estimations d'abondance produites dans ce rapport ne reflètent que les individus présents en mer** et ne tiennent pas compte des oiseaux à terre (plages, falaises). Pour les groupes très grégaires et côtiers, ces résultats devront être comparés avec les comptages côtiers, certainement plus fiables pour ces espèces.

## 2) Transect en ligne (*line transect*)

Pour les mammifères marins, les estimations par secteur ou par strate bathymétrique, les taux de rencontre, en nombre d'observations par kilomètre de transect ont été calculés par espèce ou regroupement d'espèces. Dès cette première étape, une troncation des observations les plus éloignées de chaque côté du transect a été appliquée par convention, et environ 5% des observations les plus éloignées du transect ont été supprimées (Buckland et al., 2001). Les données ont été post-stratifiées avec différentes options pour améliorer les estimations : la taille de groupe, le secteur (golfe de Gascogne, Manche, Méditerranée), l'état de la mer en Beaufort (0-1 et 2-3), l'éblouissement (0-1 et 2-3), les conditions subjectives (moyen à bon et bon à excellent) et la saison.

L'estimation de la densité des peuplements met en jeu des méthodes qui sont déterminées en amont de l'échantillonnage, lors du choix du protocole et de la conception du plan d'échantillonnage. Pour cette étude, nous avons utilisé la méthode du transect linéaire développée par Buckland *et al.* (2001). Les données collectées ont permis d'établir des estimations de densité relative (nombre d'individus par unité de surface) et d'abondance relative (nombre d'individus dans une zone donnée) à l'aide du logiciel *Distance 6.1* (Thomas et al., 2010) par espèce ou regroupement d'espèces pour lesquels le nombre de détections était suffisant (généralement >30). Cette méthode permet de tenir compte de la diminution de la probabilité de détection en fonction de la distance perpendiculaire entre l'observation et le transect. La méthode standard admet comme hypothèse que les objets situés sur la route, ou à proximité, sont tous détectés ( $g(y=0) = 1$ ), mais que cette probabilité de détection décroît quand la distance perpendiculaire ( $y$ ) augmente. Cette méthodologie s'appuie sur une estimation de  $g(y)$ , la fonction de détection, qui dépend de la distance perpendiculaire  $y$ . Seule une proportion des objets ( $P_a$ ) est détectée sur la surface échantillonnée. La demi-largeur effective de détection  $\mu$  (également nommée *esw* pour *Effective Strip half-Width*) est alors déterminée de manière à ce que le nombre d'objets détectés au-delà de cette distance soit égal au nombre d'objets non détectés avant cette limite. Une fois la valeur de  $\mu$  estimée, la densité en nombre d'individus par unité de surface est déterminée par l'équation :

$$D = \frac{n}{L} \cdot \frac{1}{2 \cdot \hat{\mu} \cdot g(0)} \cdot \bar{s}$$

avec  $n$  : le nombre de détections (réalisées à une distance perpendiculaire  $< \mu$ ),  $s$  : l'effectif des groupes,  $L$  : la longueur d'effort d'observation réalisée et  $g(0)$  : la probabilité de détecter un objet qui se trouve sur le transect ( $y=0$ ) et considérée comme égale à 1 dans cette analyse.

Les tailles moyennes de groupes de chaque espèce (ou regroupement) ont été estimées par saison et région. Lorsque la régression de  $\ln(s)$  par rapport à la probabilité de détection estimée  $g(y)$  était significative à un niveau  $p < 0.15$ , l'estimation a été privilégiée sur l'effectif moyen. Ceci traduisant l'influence du nombre d'individus composant le groupe sur la détectabilité, avec une tendance à détecter plus facilement des grands groupes que des individus isolés en s'éloignant du transect.

La densité relative de groupes calculée avant la multiplication par l'effectif est notée  $DS$  dans les résultats. L'estimation de  $D$  (ou  $DS$ ) étant le produit de variables supposées normales, il est admis

que la densité suit une loi log-normale, l'intervalle de confiance de  $D$  devient alors :  $[D/C, Dx C]$  (Buckland et al., 2001) avec :

$$C = \exp \left[ 1,96 \cdot \sqrt{\text{Log}_e \cdot \left( 1 + (cv(\hat{D}))^2 \right)} \right]$$

La variance a été estimée par le **coefficient de variation** (CV) en pourcentage:

$$CV(\hat{D}) = \frac{\sqrt{\text{var}(\hat{D})}}{\hat{D}}$$

Sachant que la variance d'échantillonnage empirique est déterminée par :

$$\text{var}(\hat{D}) = \hat{D}^2 \cdot \left\{ \frac{\text{var}(n)}{n^2} + \frac{\text{var}(\hat{f}(0))}{f(0)^2} + \frac{\text{var}(E(s))}{E(s)^2} \right\}$$

avec  $f(0)=1/\mu$  ,  $\mu$  étant la demi-largeur effective de détection et  $E(s)$  : l'effectif moyen ou régressé.

Pour les mammifères marins les estimations de densité et d'abondance ont été ajustées pour tenir compte du biais de disponibilité des différents groupes taxonomiques. La proportion de temps moyen passé en surface et collecté à travers la littérature a été utilisée (Tableau 4).

*Tableau 4 Données bibliographiques des pourcentages de temps passés en surface et biais de disponibilité considérés dans cette étude  $g(0)$  d'après la littérature scientifique.*

Groupe	Espèce	Zone	<b>G(0)</b>	% du temps en surface	Référence
	Rorqual commun	Méditerranée	<b>30%</b>	19%-24%	(Jahoda et al., 2003)
		Groenland		34%	(Heide-Jørgensen et al., 2007)
	Cachalot	Méditerranée	<b>20%</b>	17%	(Drouot et al., 2004)
Globicephalinés	<i>Globicephala spp.</i>	Monde	<b>70%</b>	67% (0-10m)	(Hooker et al., 2011)
	Globicéphale noir	Golfe de Californie		67%	(Barlow and Forney, 2007)
	Dauphin de Risso			Pas de données	(Ropert-Coudert & Kato, 2012)
Grands delphininés	Grand dauphin	Floride	<b>77%</b>	89.7%	(Mate et al., 1995)
		Méditerranée		77%	(Forcada et al., 2004)
	<i>Tursiops spp.</i>	Est Australie		64.2%	(Corkeron and Martin, 2004)
Petits delphininés	Dauphin bleu et blanc	Méditerranée	<b>65%</b>	65-67%	(Segura et al., 2006)
	Marsouin	Atlantique NE	<b>30%</b>	31%-45%	(Hammond et al., 2013)
		Atlantique NE		14%-37%	(Scheidat et al., 2008)

## B) Modélisation géostatistique de la distribution par krigeage 'Poisson'

Afin de représenter la distribution spatiale des cétacés et des oiseaux marins dans les eaux françaises, nous avons utilisé un modèle géostatistique de type « krigeage Poisson » développé pour analyser des données de comptage (Monestiez et al., 2006). Cette modélisation géostatistique permet de produire des cartes de densités locales en nombre d'observations visuelles (autrement dit en nombre de groupes d'animaux) sur toute la zone échantillonnée et donc de prédire des valeurs de densités dans les espaces qui n'ont pas été survolés. L'approche géostatistique permet de corriger l'autocorrélation spatiale entre les observations et les transects ainsi que l'hétérogénéité de la distribution des transects en zig-zag dans une surface d'échantillonnage irrégulière (Van der Meer and Leopold, 1995 ; Strindberg and Buckland, 2004).

### 1) Le variogramme

Cette analyse se déroule en deux étapes. La première est la construction du variogramme, qui modélise la relation de dépendance spatiale entre les données d'observation. A partir des paramètres de cette relation modélisée, la seconde étape consiste à prédire la densité des groupes d'animaux sur toute la surface échantillonnée, afin d'obtenir une carte des densités minimisant les erreurs d'interpolation. L'hypothèse sous-jacente de cette analyse est la stationnarité de la distribution des groupes, c'est-à-dire que les processus qui sous-tendent la distribution des animaux sont indépendants de la localisation ou de la direction (Wackernagel, 2003). Cette hypothèse a pour conséquence que la covariance entre deux échantillons du jeu de données dépend seulement de la distance entre ceux-ci.

Préalablement à l'analyse, l'effort a été découpé en segments de 5 km, auxquels les observations visuelles ont été assignées. Pour un taxon donné, le nombre d'observations réalisées sur un segment d'effort est sommé et ce résultat est attribué au segment. Pour la construction du variogramme, tous les segments sont comparés deux à deux en fonction de la distance qui les sépare. On obtient donc pour chaque classe de distance, une valeur de variance du nombre d'observations réalisées sur chaque segment, pondérée par le nombre de couples de segments. Comme les données de comptage sont positives, discrètes et comportent un grand nombre de zéro (segments d'effort sans observation), la normalité peut ne pas être vérifiée. Suivant Monestiez et collègues, nous avons estimé un variogramme expérimental incluant une distribution de Poisson et pondéré par l'effort d'observation :

$$\gamma_{(h)}^* = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\alpha, \beta} \left\{ \frac{l_\alpha l_\beta}{l_\alpha + l_\beta} \left( \frac{Z_\alpha}{l_\alpha} - \frac{Z_\beta}{l_\beta} \right)^2 - m \right\}$$

où  $l_\alpha$  et  $l_\beta$  représentent la longueur des segments  $\alpha$  et  $\beta$ ,  $Z_\alpha$  et  $Z_\beta$  sont le nombre total d'observations enregistrées sur les segments  $\alpha$  et  $\beta$  distants de  $h$  (et  $h \neq 0$ ),  $N(h)$  est une constante de normalisation et  $m$  une estimation de la densité moyenne. Une fois le variogramme expérimental

obtenu, une fonction (exponentielle, matern ou gaussienne) est ajustée selon la méthode des moindres carrés (Figure 4). Afin de prendre en considération la probabilité de détection des animaux et d'estimer la part des observations manquées par les observateurs, la demi-largeur effective de détection calculée pour chaque taxon lors de l'analyse de *Distance sampling* a été intégrée comme un paramètre du variogramme et du krigeage. Les deux régions (Méditerranée et Atlantique) et les deux saisons ont été traitées séparément. Les segments pour lesquels l'état de la mer était supérieur à 3 et la condition subjective était inférieure à moyenne-bonne n'ont pas été pris en compte dans le calcul du variogramme expérimental ; pour chaque classe de distance un minimum de 100 paires de segments était requis.

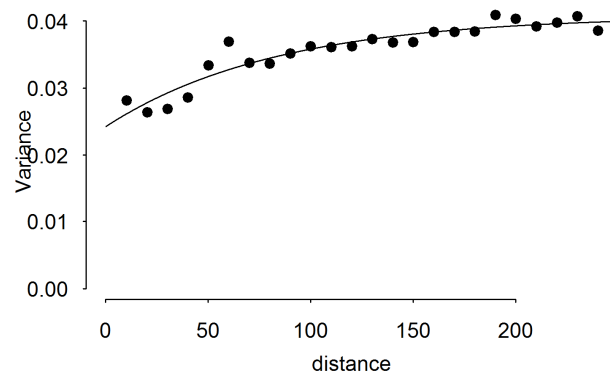


Figure 4 : Exemple de variogramme expérimental (représenté par les points noirs) à partir duquel la relation entre la variance et la distance en km est modélisée (fonction exponentielle représentée par la ligne noire continue) : cas des dauphins bleu et blanc en Méditerranée en été.

## 2) Le krigeage

La seconde étape de cette analyse géostatistique opère une interpolation spatiale afin de prédire des valeurs locales de densité des observations sur toute la zone d'étude et de produire des cartes de distribution. Nous postulons que la stationnarité est vérifiée (i.e. moyenne et variance constantes) et nous définissons une grille de maille  $0.05^\circ$  de longitude par  $0.05^\circ$  de latitude sur la région d'étude. Soit une variable aléatoire de densité  $Y(s)$ , positive et stationnaire, et un échantillon de  $n$  sites  $s(\alpha)$  où  $Z_\alpha$ , le nombre d'observations (correspondant à des groupes d'animaux) est mesuré et où la densité vaut  $Y(\alpha)$ . A partir du variogramme  $\gamma(h)$ , l'estimateur du krigeage est le meilleur prédicteur de  $Y(s_0)$  dans tous les sites non échantillonnés  $s_0$  de la zone d'étude :

$$Y_o^* = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_\alpha \frac{Z_\alpha}{l_\alpha}$$

où  $\lambda_\alpha$  sont les poids obtenus par résolution du système  $(n + 1)$  équations :

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_\beta \gamma(Y_\alpha - Y_\beta) + \lambda_\alpha \frac{m}{l_\alpha} + \mu = \gamma(Y_\alpha - Y_\beta) \text{ for } \alpha = 1, \dots, n$$

$$\sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} = 1$$

avec  $\mu$  multiplicateur Lagrangien et  $\gamma(h)$  le variogramme défini précédemment.

La prédiction de variance associée est définie comme :

$$\text{Var}(Y_o^* - Y_o) = \sigma_Y^2 - \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} \gamma(Y_{\alpha} - Y_o) - \mu$$

Pour chaque taxon, les cartes de densités obtenues pour la saison d'hiver et la saison d'été ont été jumelées afin d'utiliser une échelle commune de densité (en nombre d'observations par km<sup>2</sup>). Pour éviter que les valeurs maximales de densité ne masquent les valeurs plus faibles, nous avons saturé la gamme de couleur au quantile 99%. Toutes les analyses géostatistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (*R Development Core Team*). Ces analyses de distribution par méthode de krigeage Poisson ont été réalisées pour tous les groupes d'espèces pour lesquels un nombre suffisant d'observations était disponible (Tableau 5).

*Tableau 5 Résumé des modèles géostatistiques réalisés. « Insuffisant » signifie que le groupe est présent à la saison considérée dans la zone concernée, mais que ses effectifs observés ne sont pas suffisants pour réaliser un krigeage.*

	Atlantique - Manche		Méditerranée	
	Hlver	Eté	Hlver	Eté
Marsouin commun	✓	✓	Absent	Absent
Petits delphininés	✓	✓	✓	✓
Grand dauphin	✓	✓	✓	✓
Globicéphalinés	✓	✓	✓	✓
Cachalot	Insuffisant	Insuffisant	Insuffisant	Insuffisant
Rorquals	Insuffisant	✓	Insuffisant	✓
Fulmar boréal	✓	✓	Absent	Absent
Petits puffins	Insuffisant	✓	✓	✓
Grands puffins	Absent	✓	Insuffisant	✓
Océanites	✓	✓	Insuffisant	✓
Fou de Bassan	✓	✓	✓	✓
Cormorans	✓	✓	✓	✓
Grand labbe	✓	✓	Insuffisant	Insuffisant
Sternes	✓	✓	✓	✓
Mouette pygmée	✓	Insuffisant	✓	Insuffisant
Mouette tridactyle	✓	✓	Insuffisant	Absent
Mouettes rieuse et mélanocéphale	✓	✓	✓	✓
Grands goélands gris	✓	✓	✓	✓
Grands goélands noirs	✓	✓	Absent	Absent
Alcidés	✓	✓	✓	Absent
Macreuses	✓	Insuffisant	Absent	Absent
Plongeurs	✓	Absent	Absent	Absent



**L'interprétation des cartes pour les espèces pour lesquelles peu d'observations ont été relevées doit être faite avec précaution** (une observation pouvant dans ce cas se traduire par une « tâche » visible sur la carte krigée). **Globalement, il convient de considérer les ensembles de zones denses et non pas chaque tâche visible.** Ceci est particulièrement vrai pour les cétacés.

### C) Modélisation d'habitats

#### 1) Principes et groupes modélisés

La modélisation d'habitat se focalise sur le marsouin commun, le petits delphininés, le grand dauphin, les globicéphalinés, les rorquals (seulement en Méditerranée), le fou de Bassan, les alcidés, le fulmar boréal, les petits puffins, les grands puffins, les océanites, le grand labbe, les cormorans, les plongeurs, les macreuses, les sternes, la mouette tridactyle, le groupe mouettes rieuses et mélanocéphales, les grands goélands gris et les grands goélands noirs (Tableau 6).

*Tableau 6 Résumé des modèles d'habitats réalisés. « Insuffisant » signifie que les effectifs observés ne sont pas suffisants pour réaliser un modèle d'habitat. « Aucun Modèle » signifie que des modèles d'habitats ont été réalisés, mais qu'aucun n'a permis de reproduire la distribution observée.*

	Atlantique - Manche		Méditerranée	
	Hiver	Été	Hiver	Été
Marsouin commun	✓	✓	Absent	Absent
Grand dauphin	✓	✓	✓	✓
Globicéphalinés	✓	✓	✓	✓
Petits delphininés	✓	✓	✓	✓
Cachalot	Insuffisant	Insuffisant	Insuffisant	Insuffisant
Rorquals	Insuffisant	Insuffisant	✓	✓
Fulmar boréal	✓	✓	Absent	Absent
Petits puffins	Insuffisant	✓	✓	✓
Grands puffins	Absent	✓	Insuffisant	✓
Océanites	Aucun Modèle	✓	Insuffisant	✓
Fou de Bassan	✓	✓	Insuffisant	Insuffisant
Cormorans	✓	✓	Insuffisant	Insuffisant
Grand labbe	✓	✓	Insuffisant	Insuffisant
Sternes	✓	✓	✓	✓
Mouette pygmée	Aucun Modèle	Insuffisant	Aucun Modèle	Aucun Modèle
Mouette tridactyle	✓	✓	Insuffisant	Absent
Mouettes rieuses et mélanocéphales	✓	✓	✓	✓
Grands goélands gris	✓	✓	✓	✓
Grands goélands noirs	✓	✓	Absent	Absent
Alcidés	✓	✓	Insuffisant	Absent
Macreuses	✓	Insuffisant	Absent	Absent
Plongeurs	✓	Absent	Absent	Absent

Les régions Méditerranée et Atlantique ont été modélisées séparément, car elles représentent des entités océanographiques distinctes et nous supposons que les espèces n'y montrent pas

nécessairement les mêmes relations à l'environnement. Le but de l'exercice est de mieux comprendre les relations qui unissent ces espèces à leur environnement, afin de mieux appréhender leurs stratégies d'utilisation de l'habitat et ainsi prédire leur distribution. Pour cela, nous avons utilisé 15 prédicteurs, regroupant des variables statiques et dynamiques. Pour ces dernières, nous avons utilisés deux résolutions temporelles différentes : à 7 et à 28 jours avant chaque jour échantillonné. Cela nous permet d'étudier l'échelle temporelle de la réponse de ces prédateurs supérieurs à la variabilité de leur environnement.

## 2) Variables environnementales

*Comme variables statiques, nous avons utilisé la bathymétrie, la pente (générée à partir de la bathymétrie), la distance à la côte, la distance aux côtes rocheuses, la distance aux côtes sableuses, ainsi que la distance à la colonie la plus proche (*

Tableau 7 ; Annexes 1 à 4). Ces quatre dernières variables n'ont été utilisées que pour la modélisation d'habitat des oiseaux, car elles n'ont pas de sens biologique pour les cétacés. Concernant la distance aux colonies, les localisations de ces dernières ont été compilées à partir de données bibliographiques (Annexes 5 et 6), puis la distance à la colonie la plus proche a été calculée pour chaque centre de segment.

Pour les variables dynamiques (Tableau 7; Annexes 1 à 4), nous avons utilisé la température de surface moyenne, sa variance ainsi que son gradient, qui correspond à la différence, pour chaque cellule, entre le minimum et le maximum parmi les 8 cellules voisines. Ce gradient est un bon indicateur de la localisation des fronts. La hauteur d'eau moyenne au-dessus du géoïde et son écart-type ont aussi été inclus, en tant que *proxy* de la présence de structures agrégatives et de leur persistance, respectivement. Enfin, pour la région Atlantique, nous avons également inclus la vitesse maximum du courant, car la région, particulièrement la Manche, est caractérisée par des courants de marées très importants. La vitesse du courant est intégrée sur la colonne d'eau et, sur le plateau continental, représente surtout les courants de marée. En zone océanique, ces courants deviennent nuls. En fonction de la résolution temporelle, cette variable apporte une information légèrement différente : à 7 jours, elle indique la vitesse maximum du courant lors du plus fort coefficient de marée qui a eu lieu durant ces 7 jours, mais à 28 jours elle indique la vitesse maximum atteinte lors de la marée de vives-eaux précédente.

En Méditerranée, nous avons également utilisé la profondeur euphotique moyenne, comme indicateur de l'accessibilité des proies pour les cétacés (non utilisée dans les modèles ajustés pour les oiseaux), la concentration moyenne en chlorophylle de surface et la productivité primaire nette de surface moyenne. Ces trois dernières variables n'ont pas pu être utilisées en Atlantique, car ce sont des données satellitaires dont la disponibilité dépend de la couverture nuageuse. Or, entre décembre et janvier, la couverture nuageuse sur la Manche et les côtes nord de Bretagne est trop importante et persistante pour permettre l'obtention de données fiables sur ces zones. Ainsi, voulant conserver le même jeu de variables entre les deux saisons, nous avons choisi de ne pas inclure ces deux variables, même en été, pour la région Atlantique.

Tableau 7 Prédicteurs environnementaux utilisés pour la modélisation d'habitat, leur source et les processus océanographiques auxquels ils réfèrent.

Type	Variables environnementales	Unités	Source	Résolution	Processus océanographique
Physiographique	Profondeur	mètres			Milieu
	Pente	degrés	GEBCO	30' d'arc	Présence pente continentale, monts sous-marins, canyons
	Distance à la côte la plus proche	mètres	GEBCO		
	Distance à la côte rocheuse la plus proche	mètres			Contrainte de la reproduction ; fonction de reposoir
	Distance à la côte sableuse la plus proche	mètres	BD EuroSION	1/100000	
	Distance à la colonie la plus proche	mètres			Contrainte de la reproduction
Physique	Mean SST	Kelvin			Distribution des masses d'eaux
	Variance of SST	Kelvin	ODYSSSEA	0.02°	Stabilité des masses d'eaux
	Mean Gradient of SST	Kelvin			Présence de fronts
	Mean Sea Surface Height	mètres	MARS 3D pour Atlantique/Manche	4 km pour MARS 3D	Présence de structures méso-échelles (tourbillons, activité tidale)
	Standard Deviation of Sea Surface Height	mètres	INGV pour Méditerranée	1/16° pour INGV	Dynamique des structures méso-échelles
	Maximum tidal velocity	m.s <sup>-1</sup>	MARS 2D	2 km	Intensité des courants de marées
	Euphotic depth	mètres	MODIS	4 km	Accessibilité aux couches profondes
Biologique	Mean surface Chlorophyll a concentration	mg.m <sup>-3</sup>	MODIS	4 km	Proxy de l'abondance des proies
	Net Primary Production	mgC/m <sup>2</sup> /day	Oregon state (Eppley VGPM algorithm)	9 km	

### 3) Modélisation d'habitat

Le jeu de données sur lequel est basé la modélisation d'habitat correspond aux transects coupés en segments de 10 km, auxquels les observations correspondantes sont jointes. Ensuite, on associe à chaque centre de segment les variables environnementales décrites ci-dessus (Tableau 7 ; Annexes 1 à 4). Il s'agit d'extraire la valeur de la variable sous le centre de chaque segment. Afin de ne conserver que les observations faites dans les meilleures conditions et ceci pour limiter les biais de détection, nous n'avons conservé pour la modélisation que les segments pour lesquels l'état de la mer était inférieur à 4 Beaufort et pour lesquels les conditions d'observations étaient moyennes à excellentes.

Pour modéliser les relations entre la variable réponse (ici, le nombre  $i$  d'individus vus) et les prédicteurs environnementaux, nous avons utilisé des modèles linéaires généralisés (GAMs). Afin de tenir compte de la surdispersion des données et du fort surplus de zéros, nous avons utilisé une distribution quasi-Poisson. La relation entre la variable réponse et les différents prédicteurs est modélisée comme suit (Hastie and Tibshirani, 1990; Wood, 2006) :

$$\log(\text{nombre d'individus}_i) = \alpha + \sum f_i(X_i) + \log(\text{surface échantillonnée}_i)$$

Les prédicteurs sont inclus dans le modèle de façon additive, et avec une fonction de lissage ( $f_i$ ), ce qui autorise la modélisation de relations non linéaires. De plus, le modèle tient compte de l'effort associé à chaque observation (*surface échantillonnée<sub>i</sub>*). Dans le cas des oiseaux, la surface échantillonnée correspond à la longueur de chaque segment multipliée par 2 fois 200 m (largeur de la bande échantillonnée), tandis que pour les cétacés, la largeur de bande effective pour chaque observation correspond à 2 fois l'*esw*, obtenue par l'analyse de *distance sampling*. Une procédure de sélection de modèles nous a permis de choisir le meilleur modèle, pour chaque espèce. Il s'agit de tester tous les modèles avec une à quatre covariables, puis de choisir le modèle possédant les meilleures performances statistiques, en se basant notamment sur le GCV (*General Cross-Validation criterion*). Afin d'éviter les colinéarités, nous avons exclu de la procédure de sélection toutes les combinaisons de variables pour lesquelles le coefficient de corrélation était supérieur à  $|0,7|$ . Une fois les modèles sélectionnés, on estime le poids, en pourcentage, de chaque variable sélectionnée dans le modèle, afin d'obtenir une quantification de leur importance respective.

Enfin, à partir des modèles sélectionnés, nous avons pu établir une prédiction de la distribution moyenne des espèces dans nos deux régions, pour les deux saisons échantillonnées, ainsi que son coefficient de variation :

$$CV = \sqrt{\text{variance}_{\text{prédiction}} / \text{prédiction}} \times 100$$

La prédiction est faite sur une grille de 0.05° de résolution. Le modèle permet de prédire une distribution quotidienne sur les périodes couvertes par les campagnes (du 17 novembre 2011 au 12 février 2012 en hiver, et du 16 mai 2012 au 08 août 2012 pour l'été), puis la moyenne de ces

prédictions quotidiennes est faite pour obtenir une prédiction moyenne sur chaque saison. Nous avons contraint le modèle à ne pas prédire en situation d'extrapolation par rapport au jeu de donnée de calibration, c'est-à-dire que pour les pixels contenant des valeurs de covariables qui n'ont pas été échantillonnées, aucune prédiction n'est faite. Cette procédure permet d'éviter des prédictions irréalistes. **Toutefois, bien que la prédiction donne une distribution exprimée en densité (individus/km<sup>2</sup>), il est important de ne pas sur-interpréter ces dernières en termes de valeurs absolues. En effet, il s'agit d'habitats potentiels, et non réalisés, ce qui induit un décalage avec les abondances estimées par *distance sampling*.**

L'utilisation de variables à faible résolution temporelle (7 jours) résulte en une taille très conséquente des jeux de données de prédiction, c'est pourquoi nous n'avons pas pu effectuer de prédiction à long terme. Cela nécessiterait un espace de stockage ainsi qu'un temps de calcul très importants qui n'étaient pas disponibles dans le cadre de ce travail. L'ensemble de la préparation des données (mise en forme des variables environnementales, jointures des variables environnementales aux centres de segments échantillonnés), de la sélection de modèle et des prédictions ont été fait sous R (R Development Core Team, 2013).

#### *D) Evaluation des Aires Marines Protégées par extraction des densités prédites*

Afin de déterminer la pertinence des différentes aires marines protégées existantes (sites Natura 2000 de la Directive Oiseaux et de la Directive Habitats Faune Flore, Parcs Naturels Marins, Parcs Nationaux, sanctuaire PELAGOS) ou proposées (grands secteurs Natura 2000), **concernant le potentiel de conservation en mer** des différentes espèces étudiées, nous avons mis en place une méthodologie basée sur l'utilisation des sorties de modèles d'habitats (Figure 5).

Il s'agit d'extraire la densité prédite pour chaque zone protégée (somme des pixels inclus dans la zone), et de la rapporter à la densité totale prédite sur l'ensemble de la ZEE française (toutes façades confondues). Cela permet d'évaluer les sites pour lesquels au moins 1% de la population présente dans les eaux françaises est représenté, suivant en cela un critère de la Directive Oiseaux. On considère qu'un site est important s'il contient de 1 à 2 % des effectifs prédits, très important de 2 à 15 % et remarquable au-delà de 15%.

Bien qu'il ne faille pas sur-interpréter les densités absolues issues des modèles d'habitats, l'utilisation de ratios ne pose pas de problème, car les densités sont alors relatives. Toutefois, étant donné la résolution de la prédiction, contrainte par celles des covariables utilisées, nous n'avons pas pu effectuer ce calcul pour un certain nombre d'aires protégées très côtières pour lesquelles il n'y pas de prédiction car trop de variables d'habitats ne sont pas disponibles si près de la côte. De plus, dans le cas des espèces pour lesquelles aucun modèle n'a pu être élaboré, aucune extraction n'a également pu être faite.

Il faut souligner aussi que cet exercice a pour but d'informer sur l'efficacité des sites **uniquement au regard de la distribution modélisée en mer et ne tient pas compte d'autres éléments ayant justifié la création des sites existants** (sites de nidifications, reposoirs à terre...).

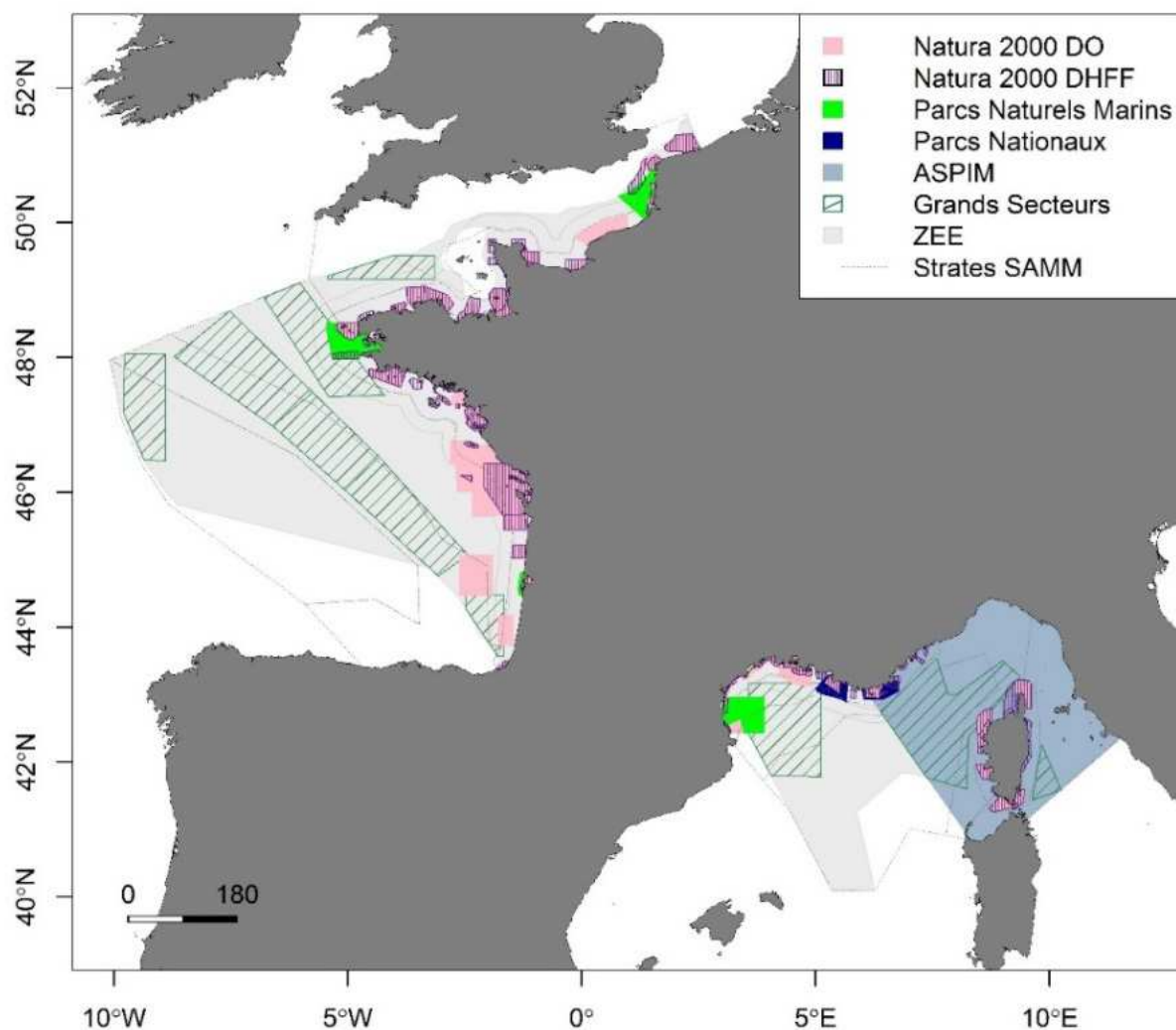


Figure 5 Aires Marines Protégées utilisées pour estimer la responsabilité de chacune pour chaque espèce étudiée, relativement à la ZEE dans son ensemble.

### E) Analyses double-plateforme

L'analyse des données récoltées en double-plateforme d'observation a pour objectif de tester si le protocole utilisé pour les campagnes SAMM entraîne un biais négatif sur la détection des petits cétacés, du fait que les observateurs doivent relever les observations de l'ensemble de la mégafaune pélagique. Pour cela, nous avons comparé, à l'aide de différentes analyses, les résultats obtenus par les deux plateformes d'observation (plateforme « Standard » et « plateforme Mammifères Marins » décrites plus haut) pour la détection des petits delphininés. Ce groupe de cétacés a été choisi car il est le plus abondant dans les eaux françaises, ce qui permet d'obtenir le plus grand nombre d'observations possible. Afin de savoir si notre échantillon avait une taille suffisante pour révéler un effet éventuel du protocole standard sur la détection des petits cétacés, nous avons réalisé une analyse de puissance statistique.

## 1) Analyses exploratoires et identification des doublons

Ces analyses permettent d'effectuer une première comparaison des deux plateformes, sans l'aide de modèles. Le nombre d'observations et le nombre d'individus ont été calculés pour chaque plateforme. Les taux de rencontre, exprimés en nombre d'observations ou d'individus pour 1000 kilomètres parcourus, ont également été évalués.

En théorie, les deux équipes devraient voir la même chose, car les points de vue à la surface de la mer de deux observateurs séparés de moins de 2 mètres dans un avion volant à 600 pieds sont quasiment identiques. Afin d'examiner plus en détail le pourcentage d'observations manquées par chaque plateforme, les doublons (observations vues par les deux plateformes) ont été identifiés. Pour ce faire, certains critères ont été pris en compte : l'espèce, la taille de groupe, le côté de l'observation (droite ou gauche de l'avion), l'indice qui a permis la détection, la direction de nage, et l'écart temporel entre les deux observations supposées constituer un doublon. En effet, on considère que si le délai entre deux observations est supérieur à 10 secondes ou à 463 mètres (car l'avion a une vitesse d'environ  $46,3 \text{ mètres.seconde}^{-1}$ ), elles ne peuvent pas être définies comme un doublon, même si les caractéristiques de ces deux observations sont similaires (Grünkorn et al., 2005).

Une fois les doublons identifiés, des taux de recapture (pourcentage d'observations vues également par l'autre plateforme) et de non recapture (pourcentage d'observations vues uniquement par la plateforme considérée) ont été calculés pour chaque plateforme. Pour compléter cette analyse, le nombre total d'observations (pour les deux équipes confondues) a été calculé. L'ensemble de ces observations peut être séparé en trois catégories : celles vues par la plateforme « Mammifères marins » uniquement, celles vues par la plateforme « Standard » uniquement et les doublons. Le pourcentage (par rapport au nombre d'observations total) de chaque catégorie a été calculé. On pourra ainsi établir si l'une des deux plateformes a été plus performante.

## 2) Analyse par *Distance sampling*

Afin de caractériser plus précisément la détection des petits delphininés de chacune des deux plateformes, des analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel Distance 6.1 (Thomas et al., 2010).

La méthodologie utilisée est celle du *line transect*, décrite précédemment. Dans notre cas, aucune estimation d'abondance n'a été calculée, car les transects réalisés en double plateforme sont dispersés entre les strates des deux régions. Le but de ces analyses n'est pas d'obtenir des estimations ajustées de densité et d'abondance, mais plutôt de comparer les estimations obtenues entre les deux plateformes. Pour cette même raison, les estimations présentées n'ont pas été corrigées par le biais de disponibilité des animaux en surface. L'ensemble des comparaisons entre les deux plateformes a été effectué avec l'aide du test statistique Z, sous le logiciel R (R *Development Core Team* 2013).

### 3) Modèle d'occupation

Afin d'aller plus loin dans la comparaison des deux plateformes, nous avons réalisé une analyse sur l'ensemble des observations vues par les deux plateformes, prenant également en compte les observations manquées par chacune des équipes. Pour ce faire, nous avons utilisé un modèle d'occupation (MacKenzie et al., 2002).

Le principe de ce modèle est le suivant : il considère le nombre total d'observations différentes, vues par la plateforme « Mammifères marins », la plateforme « Standard » ou par les deux plateformes, comme étant un nombre de sites du milieu qui sont occupés par les cétacés. Dans ce cas, on ne considère pas les animaux qui ont pu être manqués par les deux plateformes donc la probabilité de présence est égale à 1, c'est-à-dire que tous les sites sont occupés. Par contre, la probabilité de détection varie entre 0 et 1, car les animaux présents ne sont pas tous détectés par les deux plateformes. Ainsi, pour chaque site (ou observation), on associe un vecteur de 0 et de 1, qui renseigne sur la détection ou non de l'observation par l'une ou l'autre des plateformes (capture), mais aussi sur une éventuelle double détection (recapture).

Il s'agit ensuite d'évaluer pour chaque plateforme la proportion de sites occupés, c'est-à-dire le nombre d'observations détectées par rapport au nombre total d'observations. Cette analyse a été effectuée à l'aide du logiciel R, avec le package unmarked (Fiske and Chandler, 2012). Il permet de tester plusieurs modèles de régression logistique sur les données, et notamment d'évaluer l'effet de variables environnementales sur la détection. Dans notre cas, ces variables correspondent aux observations d'autres objets relevées par la plateforme « Standard ». Nous avons séparé ces autres objets en deux catégories : les objets volants (oiseaux marins) et les objets flottants (tortues, requins, poissons, bateaux, déchets), car ces deux catégories pourraient avoir des effets différents sur la détection.

Le fait d'observer des objets volants oblige l'observateur à porter son regard au-dessus de la surface de l'eau, ce qui peut lui faire manquer des observations de cétacés. Les observations d'oiseaux marins n'étant relevées que dans une bande de 200 mètres, on suppose que cet effet n'augmente avec la distance au transect (pas d'interaction entre la distance et l'observation d'objets volants). Pour les objets flottants, on suppose qu'ils peuvent potentiellement entraîner une diminution de la détection des cétacés pour deux raisons : le fait de rechercher des objets avec une signature visuelle différente peut conduire à une perte de détection des cétacés ; les objets flottants étant relevés dans une bande de 500 mètres, leur effet peut augmenter avec la distance au transect.

Nous avons calculé le nombre d'observations d'autres objets enregistrés dans les 10 secondes précédant chaque observation de delphininés (du même côté de l'avion). Les objets volants et les objets flottants (détectés dans les 10 secondes précédant une observation de petits delphininés) constituent des variables explicatives dont on souhaite mesurer les effets sur la détection des cétacés dans différents modèles de régression logistique, dont la formule est la suivante :



$$\theta = \frac{\exp(XB)}{1 + \exp(XB)}$$

où  $\theta$  représente la probabilité de détection,  $X$  l'information sur les covariables et  $B$  le vecteur des paramètres du modèle. Avec le modèle d'occupation, nous pouvons tester plusieurs modèles de régression logistique sur les données, en faisant varier les covariables. Quatre covariables ont été retenues : la distance au transect, le fait d'observer ou non (1 ou 0) des objets volants, le fait d'observer ou non (1 ou 0) des objets flottants, et l'interaction entre la distance et l'observation d'objets flottants.

Nous avons sélectionné 4 modèles différents, avec les combinaisons de covariables suivantes :

- Modèle 1 : distance + objets volants + interaction distance/objets flottants
- Modèle 2 : distance + objets volants + objets flottants
- Modèle 3 : distance + objets volants + objets flottants + interaction distance/objets flottants
- Modèle 4 : distance + objets volants.

Pour chaque régression logistique, le modèle d'occupation permet d'évaluer si une variable a un effet sur la détection des petits delphininés, et si cet effet est significatif ou non. Pour chaque modèle, on obtient une estimation de la probabilité de détection sur le transect, appelée  $g(0)$ , de chacune des deux équipes. Plus le  $g(0)$  est élevé, plus la détection est bonne. Cette probabilité de détection sur le transect constitue donc un autre moyen de comparer les deux plateformes. La sélection du meilleur modèle est basée sur la valeur d'AIC (*Akaike Information Criterion*) de chaque modèle.

#### 4) Analyse de puissance

Dans le but d'évaluer si notre jeu de données était suffisamment important pour détecter une différence significative de détection des petits delphininés entre les deux plateformes, nous avons mené une analyse de puissance statistique.

Ce type d'analyse peut être réalisé *a priori* (analyse prospective) ou *a posteriori* (analyse rétrospective) par rapport à la collecte des données (Thomas, 1997). Une analyse de puissance prospective est conduite en amont de la campagne, et est utilisée pour estimer quelle taille d'échantillon serait suffisante pour avoir la capacité de détecter statistiquement une différence d'une ampleur donnée par rapport à la référence. Une analyse de puissance rétrospective est conduite après la campagne, et utilise la taille d'échantillon obtenue et la taille de l'effet (ou pourcentage du biais estimé) pour déterminer quelle était la puissance de l'étude, et donc quel niveau de différence pouvait être révélé. Dans notre cas, il s'agit d'une analyse de puissance rétrospective, qui va nous permettre d'évaluer quelle était la plus petite différence significative de performance que l'on aurait pu détecter entre les deux plateformes.

L'analyse de puissance a été réalisée à l'aide du logiciel R, selon le principe du modèle d'occupation. Ainsi, un modèle avec des paramètres connus (le  $g(0)$  de la plateforme « Mammifères marins » et le

coefficient de décroissance de la probabilité de détection en fonction de la distance) a été créé. Puis, nous avons généré 5000 jeux de données différents contenant un nombre total d'observations égal à celui obtenu lors de cette campagne en double plateforme. Pour chaque observation de ces données générées, la détection par l'une ou l'autre des deux plateformes est simulée au hasard. A partir des jeux de données obtenus, l'analyse de puissance cherche à ré-estimer les paramètres du modèle, et ainsi à évaluer dans quelle mesure ces jeux de données sont capables de retrouver les valeurs initiales des paramètres, et sinon de détecter une différence significative. Cette méthode est répétée pour différentes valeurs des paramètres du modèle.

En résultat, on obtient un graphique représentant le biais de détection (en pourcentage) en fonction du  $g(0)$  de la plateforme « Mammifères marins », avec une courbe pour chaque valeur du coefficient de décroissance de la détection avec la distance. Les courbes obtenues sont calculées dans le cas d'une puissance statistique de 80%, valeur généralement retenue pour ce type d'analyse (Greenland, 2012). Pour évaluer dans quelle mesure nous étions capables de détecter une différence significative entre les deux plateformes, il suffira, d'après les valeurs de  $g(0)$  de la plateforme « Mammifères marins » et le coefficient de pente, de relever sur le graphique à quel biais correspondent ces valeurs. Cette analyse permet de déterminer à quel point notre jeu de données était puissant d'un point de vue statistique pour évaluer l'effet du protocole Standard sur la détection des petits delphininés.

# RESULTATS

## I) Cétacés

### A) Abondance et distribution

#### 1) Atlantique

Au total 12 espèces de cétacés ont été observées dans le golfe de Gascogne où le dauphin commun est majoritaire et seulement 5 en Manche où le marsouin représente plus des trois quart des observations (Annexes 7 et 8).

Représenter l'occurrence cumulée de sept taxons, à savoir rorquals, marsouin commun, petits et grands delphininés, globicéphalinés, grands plongeurs et phoques sur une grille de 40 km par 40 km permet de mettre en évidence les zones de plus forte biodiversité de mammifères marins (Figure 6). Le talus continental est la principale zone de forte diversité de mammifères marins en été, tandis qu'en hiver les secteurs de plus haute diversité du talus sont disjointes. Les eaux océaniques et du plateau correspondent également à des secteurs d'assez forte diversité de mammifères marins en été et de manière plus fragmentée en hiver. Enfin, des petits secteurs côtiers apparaissent aux deux saisons avec des valeurs intermédiaires de diversité : Pas-de-Calais, golfe normand-breton, Iroise et sud-Bretagne (Figure 6).

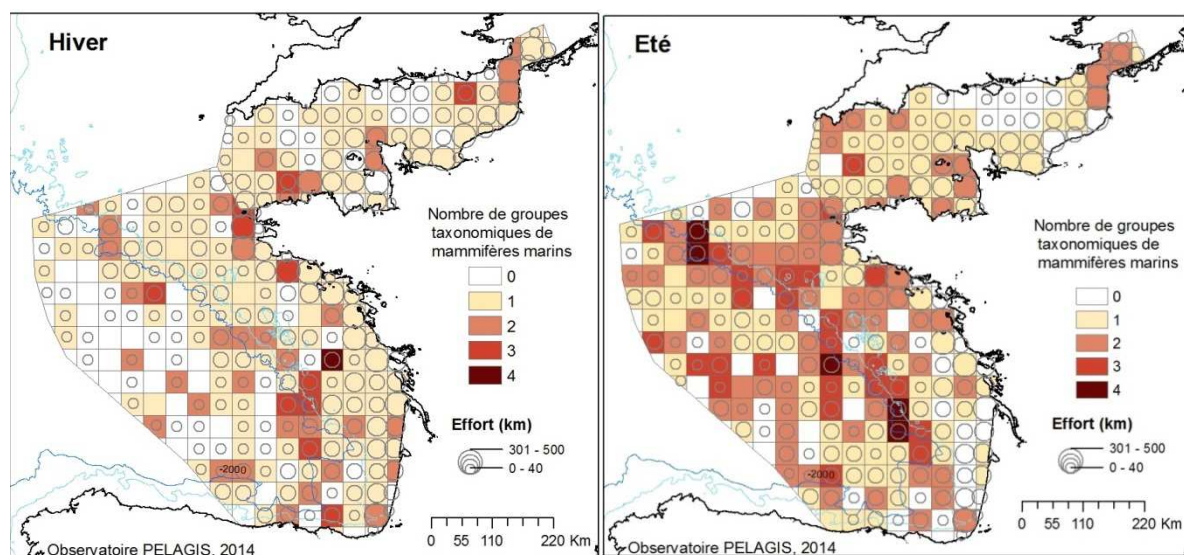


Figure 6 Nombre de groupes taxonomiques différents cumulés parmi sept groupes de cétacés (rorquals, marsouin commun, petits et grand delphininés, globicéphalinés, grands plongeurs et phoques) sur une grille de 40 km x 40 km en hiver (à gauche) et en été (à droite).

L'analyse par *Distance sampling* nous a permis d'estimer la densité et l'abondance à partir des fonctions de détection obtenues pour chaque espèce (Annexe 9). Les abondances de chaque groupe de cétacés ont été estimées pour la Manche et le golfe de Gascogne (Tableau 8).

Tableau 8 Abondances estimées des principales espèces de mammifères marins sur les zones d'étude golfe de Gascogne (282 140 km<sup>2</sup>) et Manche (92 845 km<sup>2</sup>)

Espèce	Saison	Golfe de Gascogne			Manche		
		Abondance estimée	Intervalle de confiance à 95%		Abondance estimée	Intervalle de confiance à 95%	
Marsouin commun	Hiver	4 643	2 466	8 742	26 556	16 797	41 984
	Eté	19 928	12 639	31 819	26 417	18 946	36 833
Petits delphininés	Hiver	286 413	185 280	452 233	13 484	10 763	17 493
	Eté	694 805	493 104	986 598	1 209	398	3 671
Grand dauphin	Hiver	17 694	8 356	37 524	1 412	530	3 760
	Eté	10 937	5 907	20 834	2 317	896	5 992
Rorqual commun / petit rorqual	Hiver	372	86	1 660	76	15	394
	Eté	2 786	1 396	5 607	291	98	863
Dauphin de Risso	Hiver	1 373	310	6 274	229	55	947
	Eté	2 461	851	7 283	84	15	467
Globicéphale noir	Hiver	2 886	1 276	6 951			
	Eté	3 864	2 064	7 611			
Ziphiidés	Hiver	3 269	1 297	8 238			
	Eté	7 002	3 055	17 318			

\* Estimations corrigées par le biais de disponibilité.

#### a) Manche

L'abondance estimée pour le marsouin commun en Manche est stable sur les deux saisons, avec environ 26 500 individus estimés à chaque saison. Les densités observées en Manche sont plus élevées que dans le golfe de Gascogne (Figure 7). L'espèce est concentrée dans le détroit du Pas de Calais et présente le long des côtes françaises de la Manche pendant l'hiver, alors qu'elle s'étend largement en Manche-ouest en été (Figure 8 a-b).

Les autres espèces sont surtout présentes en Manche occidentale. Ainsi, plus de 13 000 dauphins communs ou bleu et blanc sont estimés en hiver, mais seulement dix fois moins en été. Environ 1400 grands dauphins sont estimés en hiver et 2 300 en été, mais cette différence n'est pas significative. Enfin deux autres espèces, le dauphin de Risso et le petit rorqual sont estimées chacune à 100-300 individus en Manche-ouest, été comme hiver (Tableau 8). Les densités de ces espèces sont comparables avec celles du plateau dans le golfe de Gascogne (Figure 7).

#### b) Golfe de Gascogne

Le marsouin commun montre des changements saisonniers marqués aussi bien en abondance qu'en distribution : environ 4 600 individus sont estimés en hiver essentiellement le long des côtes du sud du golfe de Gascogne contre près de 20 000 individus en été, distribués majoritairement au large de

la Bretagne (Figure 8 a-b, Tableau 8). Le plateau continental enregistre les densités les plus fortes (Figure 7).

L'abondance combinée de dauphins communs et dauphins bleu et blanc dans le golfe de Gascogne est estimée à environ 290 000 individus en hiver, essentiellement sur le talus, et à l'ouest de la Bretagne et près de 700 000 individus en été, avec une distribution qui s'étale sur toute la zone océanique, le talus et la frange externe du plateau (Figure 8 c-d, Tableau 8).

En été comme en hiver, le grand dauphin présente une distribution dispersée dans les trois strates du golfe de Gascogne (Figure 7, Figure 8 e-f). Ses effectifs, estimés à environ 11 000 en été et 17 700 en hiver, ne diffèrent pas significativement avec les saisons.

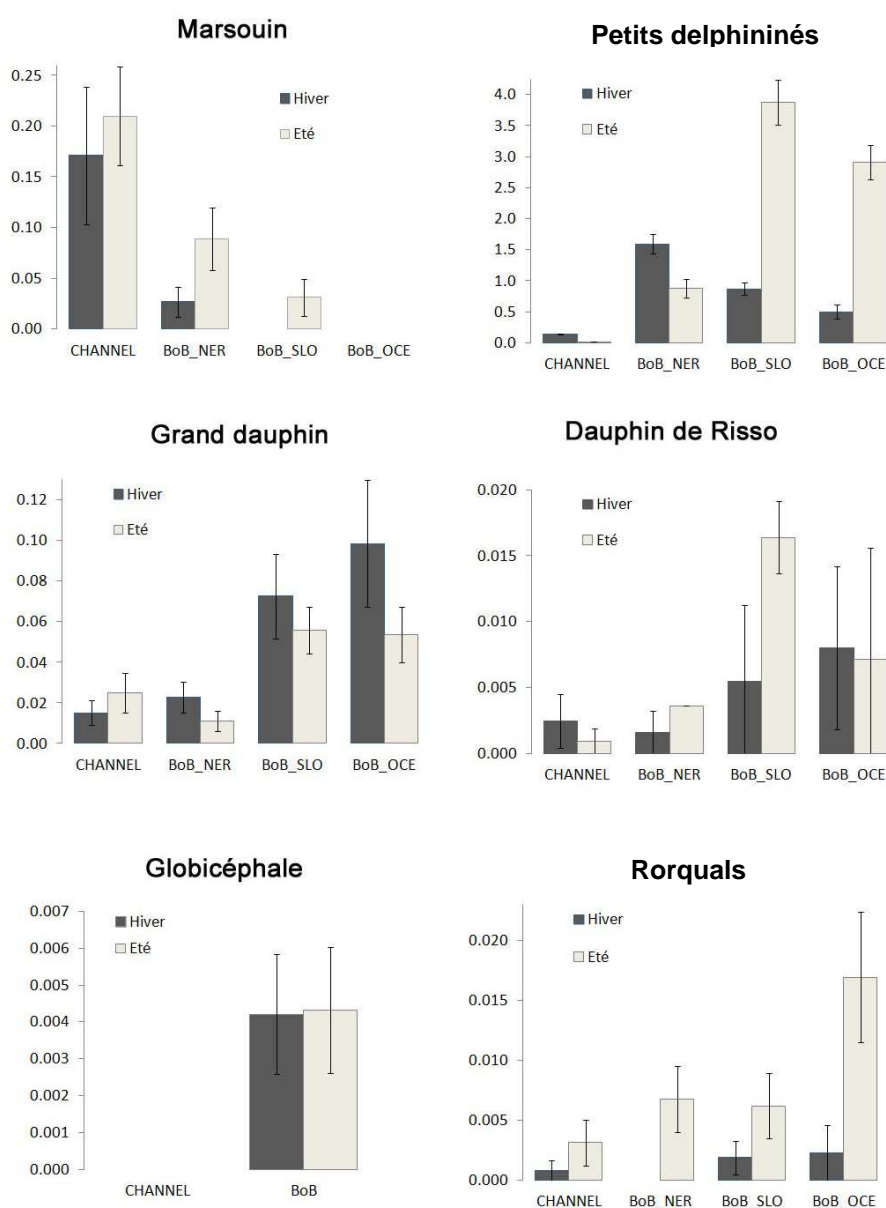


Figure 7 Densités (corrigees pour le biais de disponibilité) estimées par strate pour les cétacés (marsouin commun, petits delphininés, grand dauphin, dauphin de Risso, globicéphale noir, rorquals) en Atlantique : en hiver (gauche) et été (droite).

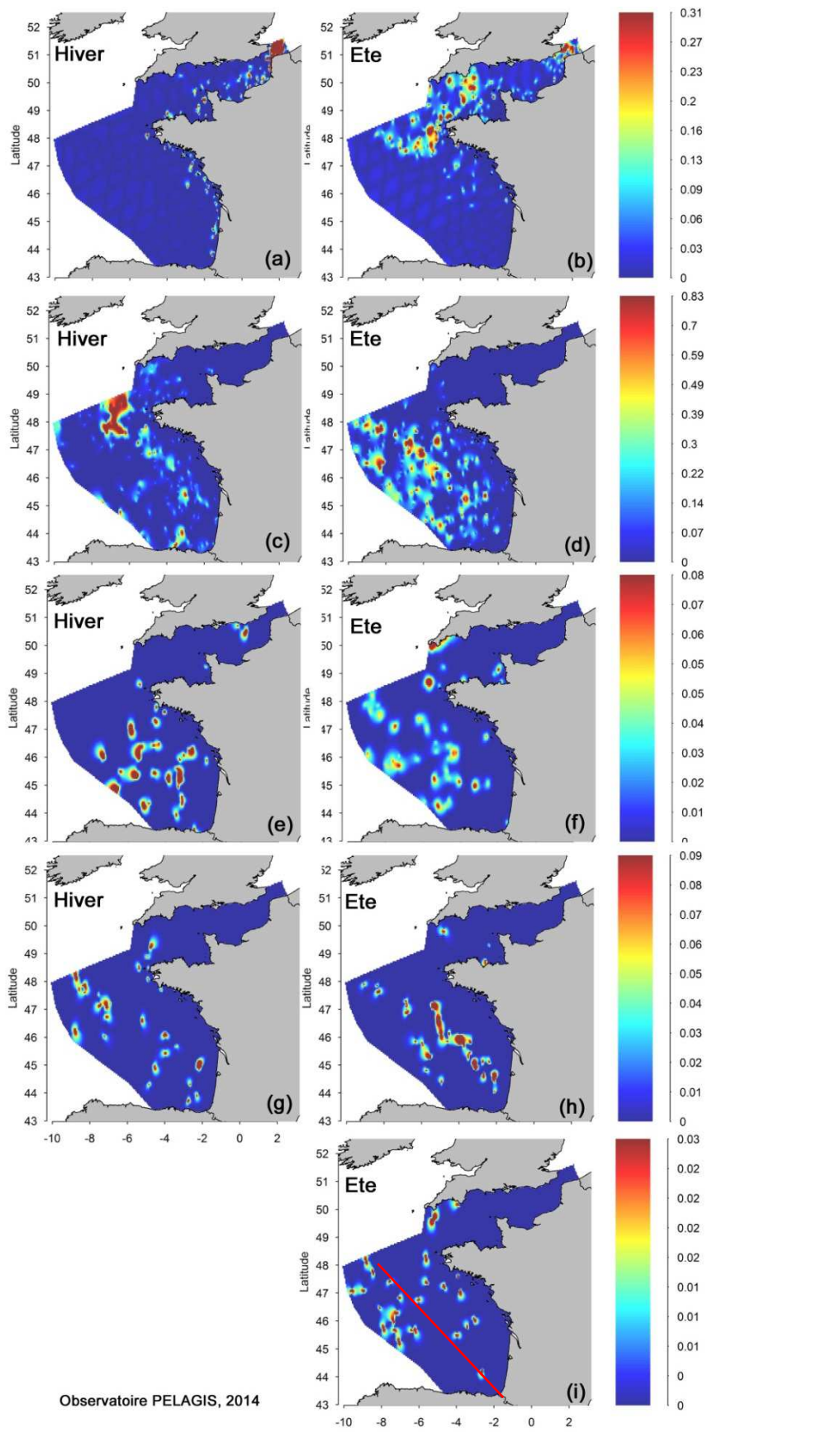


Figure 8 Cartes de densités locales des cétacés en Atlantique (nb d'observations par  $\text{km}^2$ ) en hiver et été pour le marsouin commun (a et b), les petits delphininés (c et d), le grand dauphin (e et f), les globicéphalinés (g et h) et les rorquals (i). Le trait rouge en (i) délimite les observations de petit rorqual et de rorqual commun.

Le globicéphale noir et le dauphin de Risso présentent des distributions comparables, essentiellement alignées sur le talus continental (Figure 8 g-h). Leurs abondances saisonnières sont limitées à quelques milliers d'individus pour chaque espèce et ne diffèrent ni avec les saisons ni entre les espèces (Figure 7, Tableau 8).

Enfin, le rorqual commun, estimé à moins de 400 individus en hiver contre près de 2800 en été, est surtout présent en zone océanique, tandis que le petit rorqual est distribué sur le plateau continental (Figure 8 i ; Tableau 8).

## 2) Méditerranée Nord Occidentale

Dans le nord du bassin méditerranéen occidental (MNO, 181 400 km<sup>2</sup>), environ la moitié de la zone d'étude est couverte par le sanctuaire Pelagos (Figure 9), une aire marine protégée, classée récemment comme *aires spécialement protégées d'importance méditerranéenne (ASPIM)*.

Au total 8 espèces différentes de cétacés ont été observées dans cette région (Annexes 10 et 11). La composition du peuplement de cétacés ne diffère guère entre les deux saisons avec une dominance du dauphin bleu et blanc, cependant parfois non distingué du dauphin commun (minoritaire) rassemblant plus de la moitié des observations.

L'occurrence cumulée de cinq taxons, à savoir rorquals, petits et grands delphininés, globicéphalinés et grands plongeurs sur une grille de 40 km par 40 km permet de représenter les patrons spatiaux de la diversité des cétacés dans le bassin (Figure 9). Les patrons de distribution de la diversité de cétacés sont peu marqués en général. Toutefois, trois zones semblent ressortir l'hiver, du golfe du Lion vers les côtes de Provence, plus au Sud en zone océanique et au nord-ouest de la Corse (Figure 9). L'été la diversité semble plus répartie, notamment en zone océanique (Figure 9).

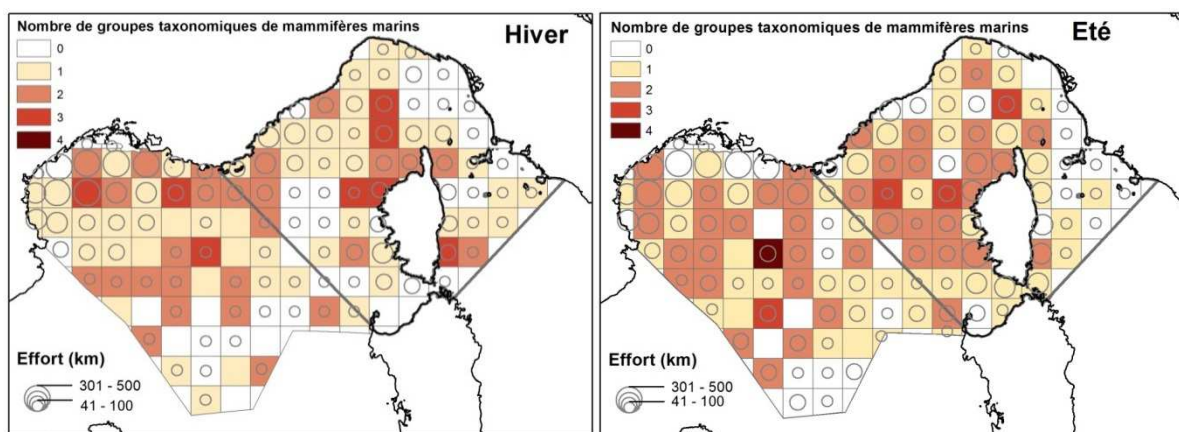


Figure 9 Nombre de groupes taxonomiques différents cumulés parmi cinq groupes de cétacés (rorquals, petits delphininés, grands delphininés, globicéphalinés et grands plongeurs) sur une grille de 40 x 40 km. Le sanctuaire Pelagos est délimité en gris de part et d'autre de la Corse.

L'analyse par *Distance sampling* nous a permis d'estimer la densité et l'abondance à partir des fonctions de détection obtenues pour chaque espèce (Annexe 9). Les abondances de chaque groupe de cétacés ont été estimées pour la Méditerranée Nord Occidentale (Tableau 9).

Tableau 9 Abondances estimées des principales espèces de cétacés sur la zone d'étude Méditerranée Nord occidentale (181 400 km<sup>2</sup>).

Espèce	Saison	Abondances Intervalles de confiance à		
		estimées*	95%	
Dauphin bleu et blanc	Hiver	72 843	43 202	130 314
	Eté	143 613	96 318	216 779
Grand dauphin	Hiver	7 945	3 902	16 342
	Eté	3 575	1 164	11 167
Rorqual commun	Hiver	1 192	519	2 928
	Eté	3 680	2 237	6 107
Dauphin de Risso	Hiver	2 550	849	7 658
	Eté	1 783	585	5 473
Globicéphale	Hiver	369	128	1 108
	Eté	391	270	565
Cachalot	Hiver	537	122	2 430
	Eté	314	96	1 109

\* Estimations corrigées par le biais de disponibilité.

L'abondance des dauphins bleu et blanc (comprenant probablement quelques dauphins communs non distingués) est estimée à près de 73 000 individus en hiver et 144 000 en été. Les densités estivales sur le talus et en océanique sont supérieures à celles observées pendant l'hiver (Figure 10). Cette espèce est largement distribuée dans tout le bassin à l'exception des secteurs de plateau du golfe du Lion et du nord de la mer tyrrhénienne (Figure 11 a-b).

Le grand dauphin est estimé à près de 8000 individus en hiver et 3600 en été et montre des variations saisonnières marquées de distribution (Figure 11 c-d ; Tableau 9). La distribution est essentiellement côtière en été (Corse et golfe du Lion) alors qu'elle est largement océanique en hiver (Figure 10).

Le dauphin de Risso a une distribution océanique, mais le faible nombre d'observations ne permet pas de mettre en évidence un réel patron (Figure 11 e-f, attention les cartes présentent les globicéphalins). L'abondance de l'espèce est estimée à 1800 individus en été et 2600 en hiver, deux valeurs qui ne diffèrent pas significativement. Les densités sont similaires entre les deux saisons (Figure 10).

Le globicéphale noir, la baleine à bec de Cuvier et le cachalot sont présents dans la région, mais les faibles nombres d'observations ne permettent pas d'estimer leurs abondances respectives, ni de modéliser leurs distributions par krigeage (sauf pour le globicéphale noir qui est associé au dauphin de Risso pour cette analyse).



Pour le rorqual commun, des effectifs d'environ 1200 individus seraient présents en hiver, contre 3700 en été. La distribution d'été est océanique au nord de 41 °N et à l'ouest du cap Corse (Figure 10, Figure 11 g).

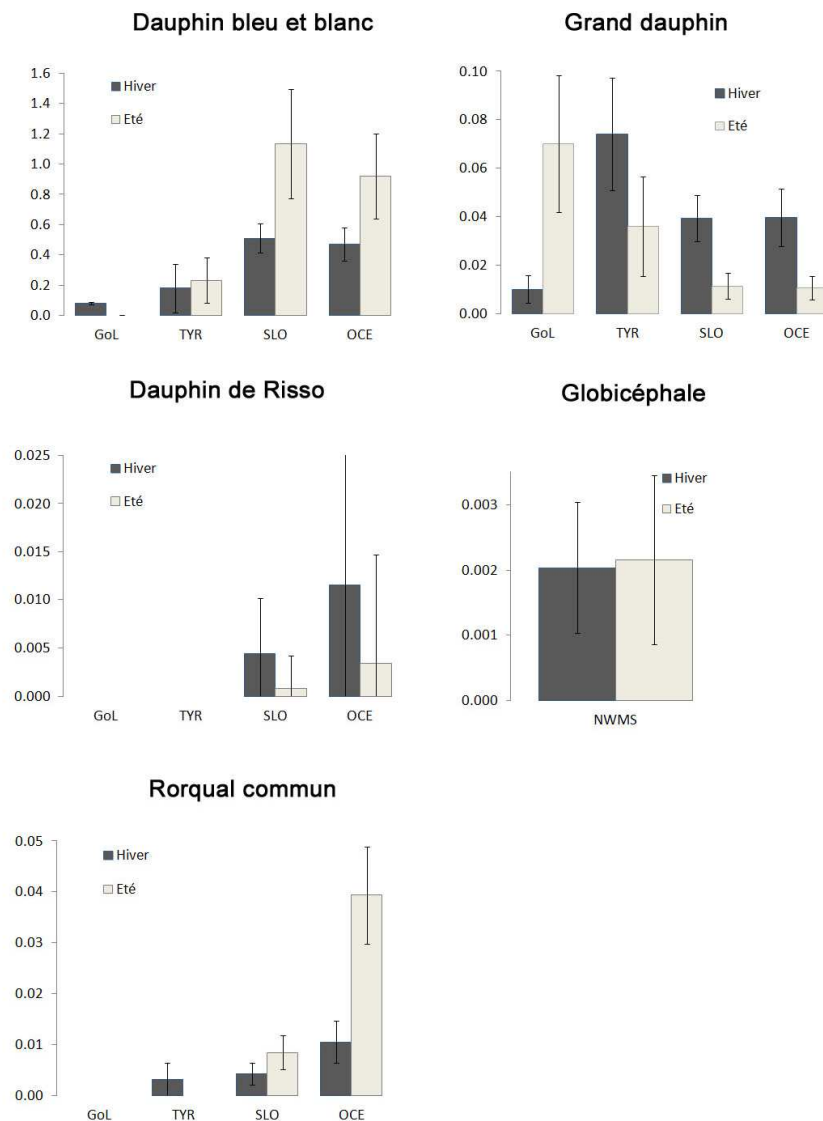


Figure 10 Densités (corrigées pour le biais de disponibilité) estimées par strate pour les cétacés (marsouin commun, petits delphininés, grand dauphin, dauphin de Risso, globicéphale noir, rorqual commun) en Méditerranée : en hiver (gauche) et été (droite).

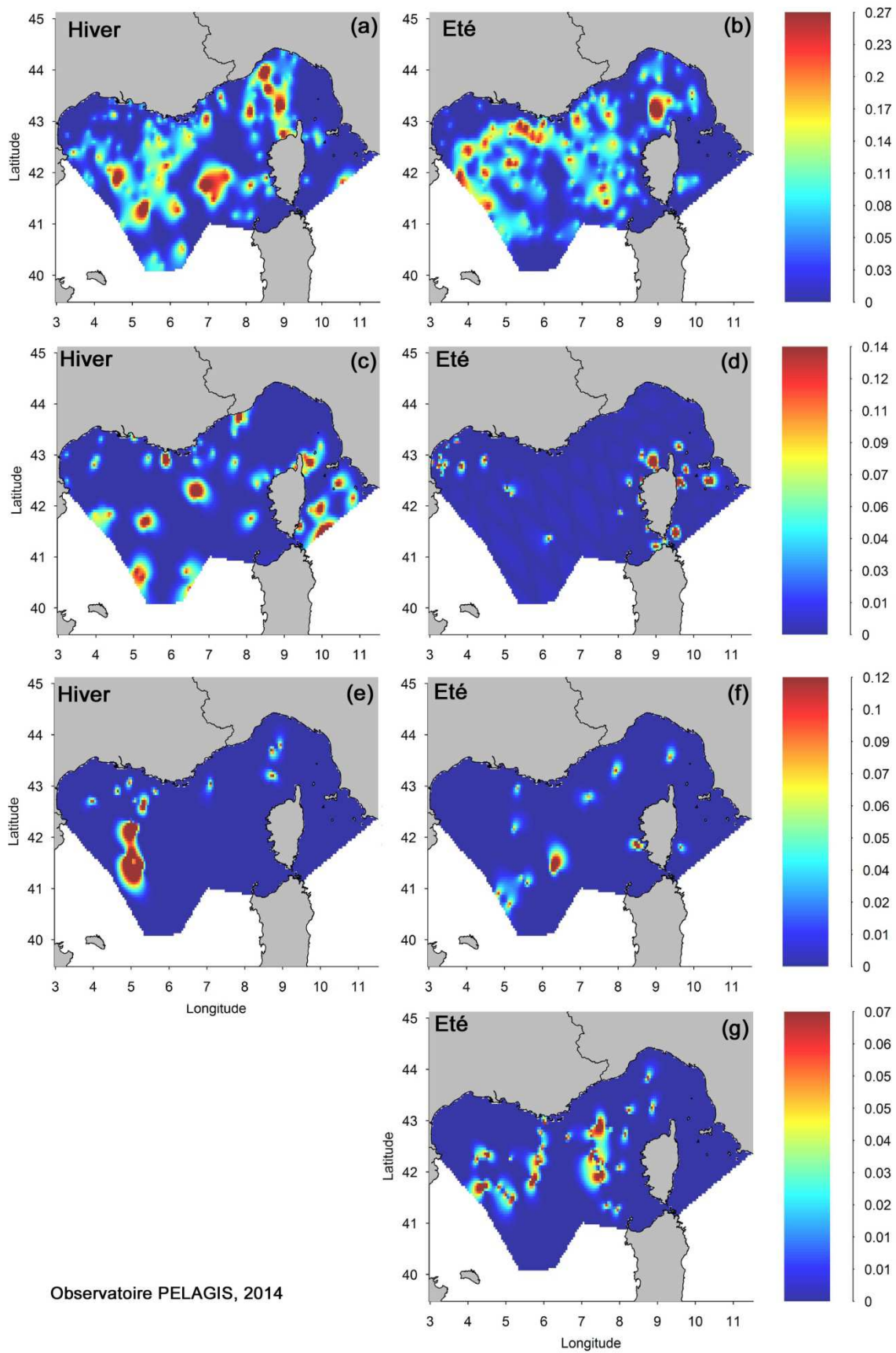


Figure 11 Cartes de densités locales des cétacés en Méditerranée (nb d'observations par  $\text{km}^2$ ) en hiver et été pour les petits delphininés (a et b), le grand dauphin(c et d), les globicéphalinés (e et f) et le rorqual commun (g).

## B) Modélisation d'habitat

### 1) Atlantique

#### a) Marsouin commun

La distribution du marsouin commun est variable d'une saison à l'autre. Ainsi en hiver, le marsouin se distribue principalement en fonction de la profondeur, avec une très nette préférence pour les eaux peu profondes (Annexe 12A). On le retrouve ainsi surtout dans l'est de la Manche, et plus particulièrement entre Dunkerque et Douvres (Figure 12). L'espèce se trouve également en forte densité entre l'île de Wight, la Pointe de Barfleur et le Cap d'Antifer. Toutefois, l'espèce est aussi présente dans le golfe normand-breton, et le long des côtes atlantiques en moindre densité. En été, la distribution du marsouin est majoritairement déterminée par les vitesses maximums des courants atteintes lors des marées de vives eaux, l'espèce présentant une préférence pour les vitesses moyennes (entre 0,5 et 1 m/s). La température moyenne de l'eau à 28 jours influence également de façon assez importante la distribution de l'espèce, avec un optimum autour des 13/15°C. Ainsi, la distribution estivale du marsouin commun est inverse à sa distribution hivernale, puisqu'on le retrouve sur toute la partie nord du plateau continental, de la Bretagne à la mer celtique, ainsi qu'en Manche ouest où de fortes densités sont prédites au sud de la Cornouaille anglaise jusqu'aux îles anglo-normandes. Les densités les plus fortes restent toutefois du côté du Pas-de-Calais, un peu plus au nord qu'en hiver.

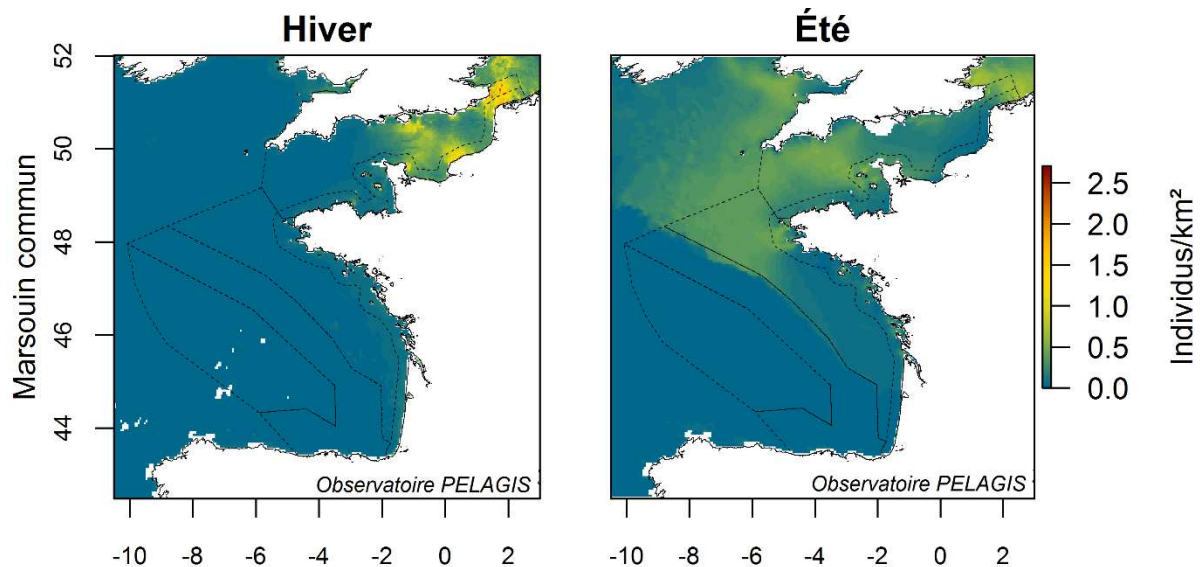


Figure 12 Habitats préférentiels prédits du marsouin commun en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

Globalement, les coefficients de variations (CV) associés aux modèles sont faibles (10% maximum, Annexe 12B). De plus, les CV les plus faibles sont systématiquement associés aux zones où le modèle prédit les plus fortes densités de marsouin, indiquant que les distributions de marsouin prédites sont fiables.

## b) Petits delphininés

Le dauphin commun et le dauphin bleu et blanc, regroupés en petits delphininés, sont les espèces de cétacés les plus abondantes dans la région, à la fois en hiver et en été. Tout comme le marsouin, leur distribution est saisonnièrement contrastée (Figure 13). En hiver, ils se trouvent plutôt sur le plateau, avec de fortes densités au bord du talus en mer celtique mais évitant la Manche est et la côte nord de Bretagne jusqu'au golfe normand-breton. Ils sont aussi présents en zone océanique, mais avec des densités un peu plus faibles. A cette saison, leur distribution est déterminée par l'altimétrie à 7 jours (Annexe 13A), avec une préférence pour les zones à altimétrie négative, ainsi que par l'intensité des gradients de température à 7 jours (relation négative) et par la température moyenne de l'eau à 7 jours (optimum autour de 13°C). En été, les petits delphininés deviennent plus océaniques, avec une préférence assez marquée pour le talus continental. Ils évitent complètement la Manche et les côtes du golfe de Gascogne, ainsi que la majeure partie des mers celtiques. Leur distribution est également conditionnée par l'altimétrie, avec également une préférence pour les zones à altimétrie négative, mais aussi pour des zones où l'altimétrie est peu variable à 28 jours (écart-type de l'altimétrie réduit, autour de 1). Il s'agit donc de zones où les activités tourbillonnaires sont assez importantes et stables, ce qui correspond bien au talus. De plus, le groupe d'espèces présente une préférence pour un optimum de température un peu plus élevé qu'en hiver, autour de 16°C. Tout comme pour le marsouin, les fortes prédictions sont associées aux CV minimums (Annexe 13B).

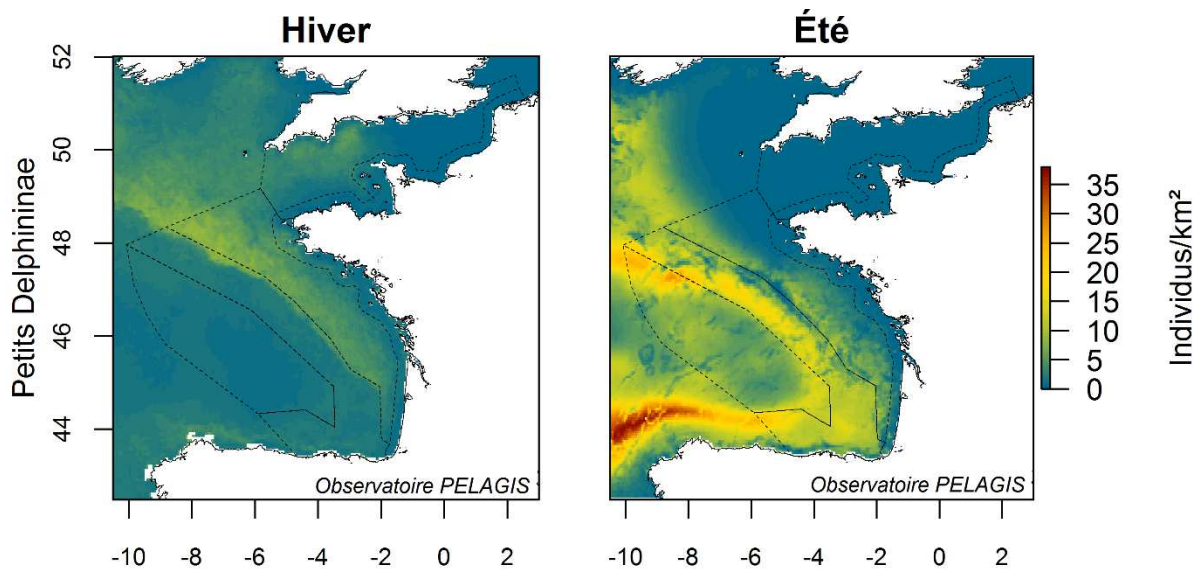


Figure 13 Habitats préférentiels prédits des petits delphininés en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

## c) Grand dauphin

Le grand dauphin présente une distribution moins contrastée d'une saison à l'autre que le marsouin et les petits delphininés. En hiver, l'espèce présente une préférence claire pour les masses d'eau stables (SST var., Annexe 14A), autour de 16/17°C, et les pentes moyennes (entre 4 et 10°). Ainsi, on la retrouve principalement au sud du golfe de Gascogne (Figure 14), sur le talus jusqu'en Galice, et en zone océanique. Des densités plus réduites sont également prédites tout le long du talus continental

vers le nord, ainsi qu'à l'entrée de la Manche ouest. En été, la distribution de l'espèce est surtout déterminée par l'altimétrie, l'espèce montrant un optimum autour d'une altimétrie moyenne de - 0,5 m, puis modulée par une préférence pour des gradients de température à moyen terme assez élevés et des pentes autour de 4 à 10°, comme en hiver. Les plus fortes densités de grand dauphin se trouvent donc sur le talus continental, mais l'espèce est également présente en densité peu élevées dans toute la région, excepté en Manche Est et sur les côtes nord-ouest de Bretagne, où il est essentiellement absent. Là encore, les CV ne sont pas très élevés, et les fortes densités prédites associées à des CV faibles (Annexe 14B).

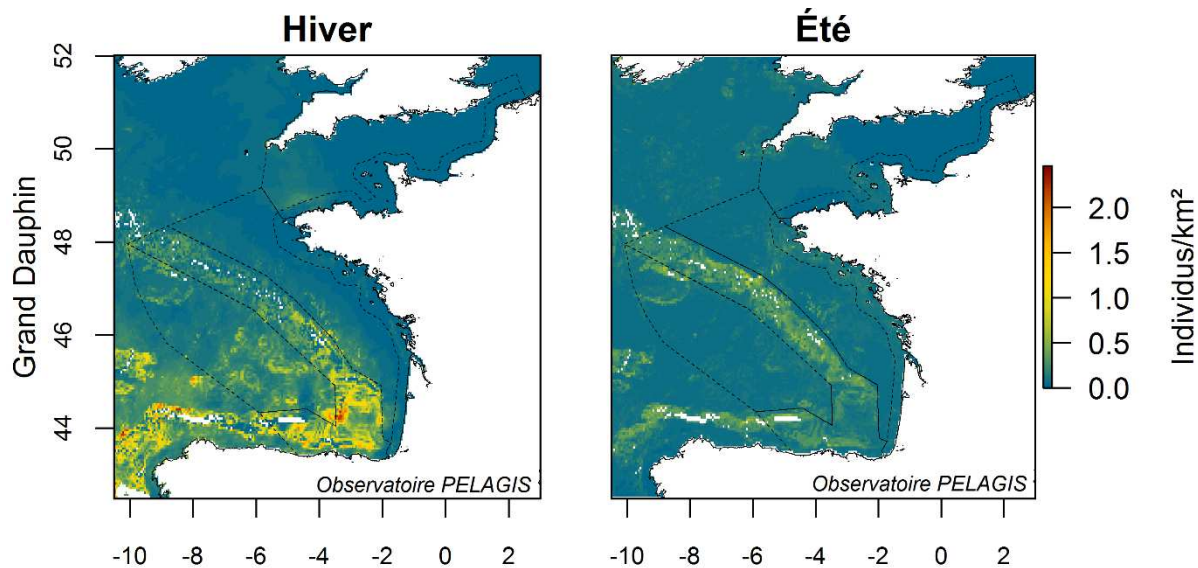


Figure 14 Habitats préférentiels prédits du grand dauphin en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

#### d) Globicéphalinés

Le globicéphale noir et le dauphin de Risso ont été regroupés pour l'exercice de modélisation d'habitat du fait du nombre réduit d'observations pour ces espèces. Ce regroupement est possible grâce à des préférences écologiques relativement similaires. Tout comme ils ne montrent pas de variations d'abondance d'une saison à l'autre, les globicéphalinés ne montrent pas de grandes variations de distribution. Il s'agit du groupe d'espèce pour lequel la variation saisonnière est la moins importante (Figure 15). En hiver, ils préfèrent les zones dynamiques en termes de température et d'altimétrie (Annexe 15A), et fréquentent les zones de pente moyenne à forte (2 à 6°). On les retrouve donc surtout sur le talus, des mers celtiques à la Galice, mais aussi au niveau des zones dynamiques de la Manche, comme l'entrée de la Manche ouest et l'est du Cotentin. En été, ils préfèrent les zones à altimétrie négative couplées à des températures de surface importantes (de 15° à 19°) et des pentes de 4 à 10°. A cette saison, les globicéphalinés se retrouvent donc sur le talus en relativement forte densité, surtout au sud du golfe de Gascogne et sur le talus galicien. Pour ce groupe également, les fortes densités sont associées à des CV faibles (Annexe 15B).

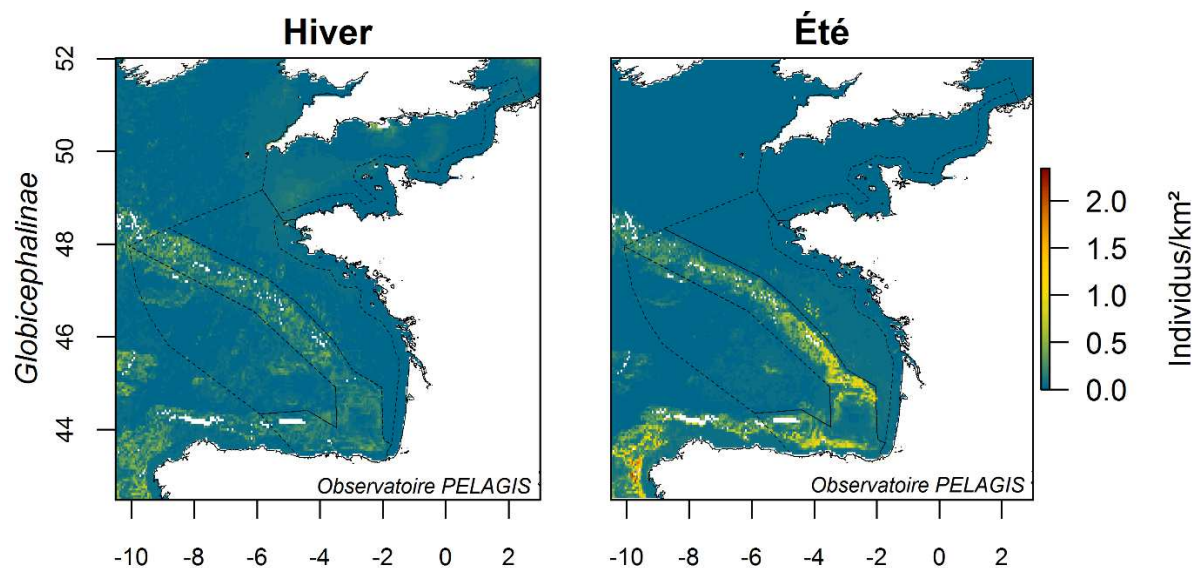


Figure 15 Habitats préférentiels prédits des globicéphalinés en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

## 2) Méditerranée Nord Occidentale

### a) Petits delphininés

Contrairement à l'Atlantique, la distribution des petits delphininés (représentés quasi exclusivement par des dauphins bleu et blanc dans cette zone biogéographique) est similaire sur les deux saisons (Figure 16). En effet, en hiver comme en été, elle est principalement déterminée par la profondeur, avec une préférence pour les eaux de plus de 1500 m de fond (Annexe 16A).

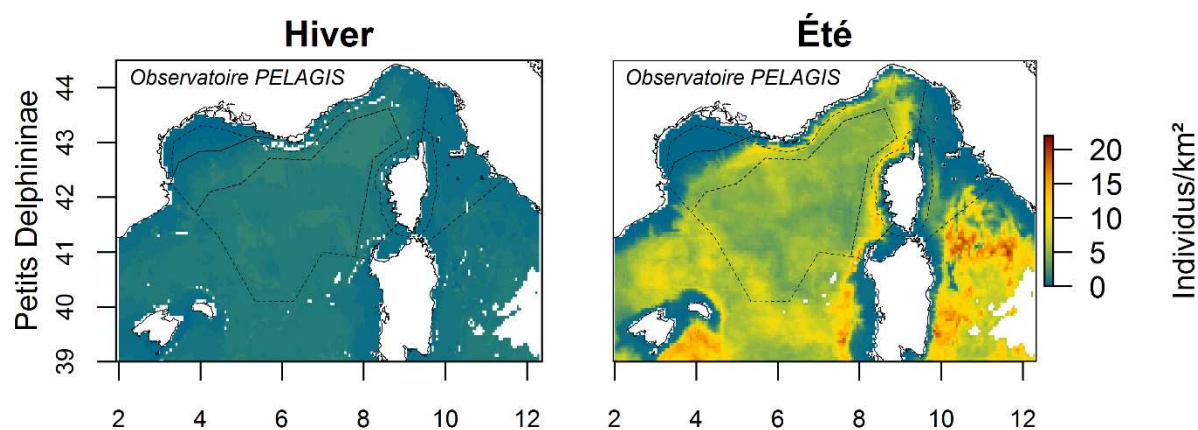


Figure 16 Habitats préférentiels prédits des petits delphininés en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Méditerranée.

En hiver, ils montrent aussi une préférence pour les zones tourbillonnaires moyennement dynamiques sur le mois (SD SSH), ainsi qu'à des profondeurs euphotiques assez importantes (supérieures à 50 m). On les retrouve donc en zone océanique. En été, la distribution des petits delphininés sur les grandes profondeurs est contrastée par une préférence pour les zones

oligotrophes, une température moyenne à la semaine de 21°C et une variance hebdomadaire de la température modérée. Ils peuvent donc être rencontrés dans toute la zone océanique, avec de plus fortes densités en mer tyrrhénienne, le long du talus corso-sarde et au sud des Baléares. Les CV associés aux prédictions sont globalement réduits, et les fortes densités sont associées aux CV les plus faibles (Annexe 16B).

#### b) Grand dauphin

En hiver, l'espèce montre une préférence pour des profondeurs euphotiques moyennes (autour de 60 m), une variance de la température importante, et des gradients importants (Annexe 17A). Ces conditions correspondent aux zones frontales associées à la zone frontière entre les tourbillons cycloniques et anticycloniques de la mer tyrrhénienne, et la zone thermo-frontale très dynamique située au large de la Catalogne. C'est donc dans ces deux régions que l'on trouve les densités les plus importantes de grands dauphins (Figure 17). En été, l'espèce préfère des zones de 500 à 1500 m de profondeur associées à des eaux chaudes (autour de 22°C) et stables. Ces conditions se retrouvent autour des Baléares, où les densités prédites sont les plus fortes, mais aussi le long du talus de la Catalogne à la Sardaigne et l'extrême nord de la mer tyrrhénienne et l'archipel toscan. Les zones de fortes densités prédites sont associées à des CV faibles, ce qui indique une bonne fiabilité de ces prédictions (Annexe 17B).

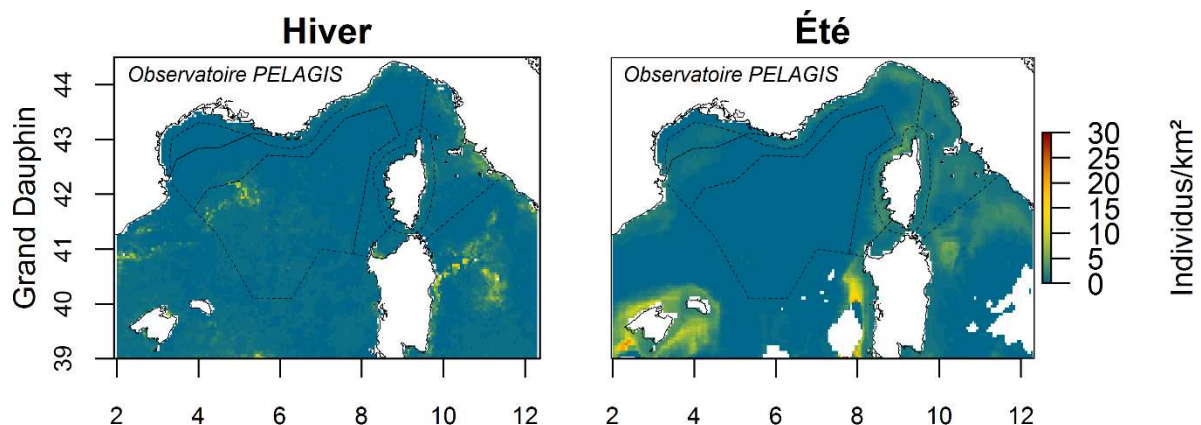


Figure 17 Habitats préférentiels prédits du grand dauphin en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Méditerranée.

#### c) Globicéphalinés

Etant donné le faible nombre d'individus observés, la modélisation d'habitat a été faite en excluant le golfe du Lion du jeu de données afin d'optimiser le processus de sélection de modèle. Les globicéphalinés montrent une relation négative avec la température de surface, couplée à une préférence pour des zones à gradients de températures modérés, d'une profondeur moyenne et plutôt stables hydrologiquement (Annexe 18A). Ces conditions correspondent aux eaux du bassin liguro-provençal, avec un prolongement vers le large du golfe du Lion (Figure 18). En été, Les globicéphalinés semblent préférer les eaux claires, avec une profondeur euphotique située entre 90 et 110 m, assez productives et montrant une variabilité moyenne de l'altimétrie et de la

température. On trouve ainsi les globicéphalinés de façon diffuse tout autour du bassin, avec de plus fortes densités en mer des Baléares et autour de l'archipel toscan. Les CV sont réduits, et assez homogènes sur toute la zone (Annexe 18B).

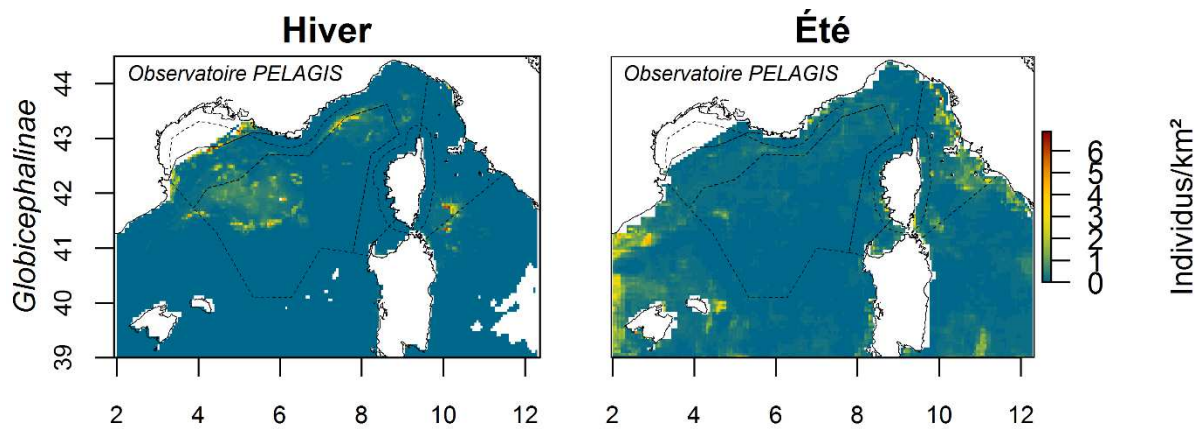


Figure 18 Habitats préférés prédits des globicéphalinés en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Méditerranée.

#### d) Rorqual commun

Concernant le rorqual commun, les deux variables environnementales affectant le plus sa distribution sont la profondeur (préférence pour les grandes profondeurs, supérieures à 2000 m) et la productivité primaire (optimum vers 400-600 g/m<sup>2</sup>/d, Annexe 19A). En hiver, la profondeur domine la productivité primaire, les rorquals sont également liés à des zones dynamiques à l'échelle du mois (SSH moy.). L'espèce est ainsi présente dans toutes les eaux profondes de la région, ainsi que vers le sud de la mer tyrrhénienne (Figure 19). En été, la situation s'inverse et la productivité primaire devient prioritaire sur la profondeur. Les rorquals sont donc présents dans les zones profondes les plus productives, au large du golfe du Lion et dans le bassin liguro-provençal. Une fois de plus, les fortes prédictions sont associées aux CV minimums, lesquels sont globalement réduits (Annexe 19B).

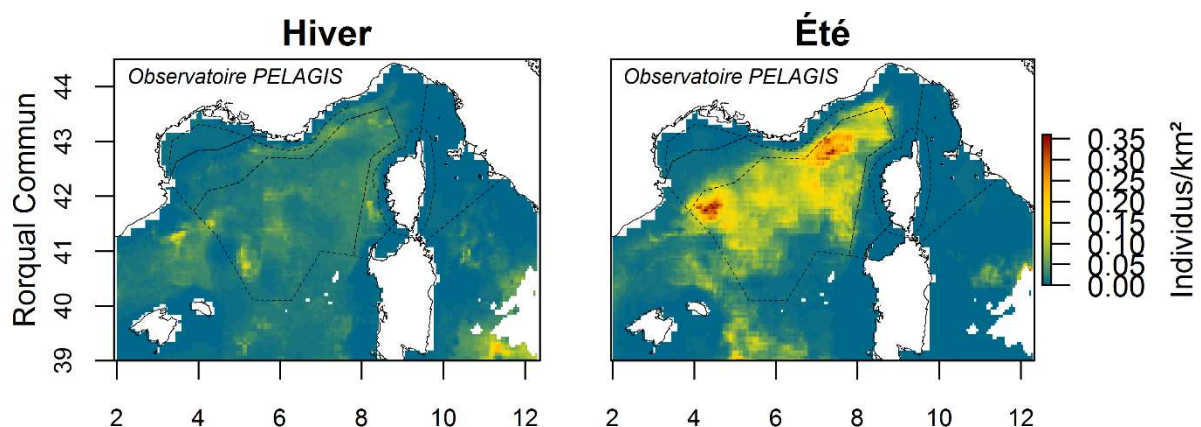


Figure 19 Habitats préférés prédits du rorqual commun en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Méditerranée.



## II) Oiseaux marins

---

### *A) Abondance et distribution*

Pour l'ensemble des trois secteurs échantillonnés, 22 296 observations d'oiseaux (soit un nombre estimé de 68 550 individus) ont été réalisées en effort pendant la campagne d'hiver et 10 773 observations (soit 27 371 individus estimés) pendant la campagne d'été (Annexes 20 et 23). Au total 29 taxons (identification au minimum au niveau du genre) ont pu être identifiés. Parmi ces derniers, 22 taxons ont été régulièrement identifiés jusqu'à l'espèce. Les observations d'oiseaux marins représentent plus de 95% des observations totales. Elles appartiennent essentiellement à sept familles : procellariidés, hydrobatidés, sulidés, phalacrocoracidés, stercorariidés, laridés et alcidés. Deux familles d'oiseaux aquatiques complètent la composition spécifique observée : les gaviidés et les anatidés. L'identification des espèces proches morphologiquement n'étant pas toujours possible depuis l'avion, nous avons donc créé des groupes d'espèces (Tableau 3).

#### 1) Atlantique

C'est en Atlantique que la diversité et l'abondance des espèces est la plus élevée (Annexes 20 à 22). Tous les taxons recensés au cours des deux campagnes (ayant été identifiés jusqu'au genre ou à l'espèce) sont présents dans l'un ou l'autre des deux secteurs de cette grande aire biogéographique. Pour la plupart des groupes observés, les densités sont nettement plus élevées pendant la saison d'hiver, de même la diversité spécifique est plus importante à cette saison. Sur le plan spatial, il est important de noter le rôle de la zone côtière et du plateau continental (Annexe 21).

D'après les abondances globales estimées en mer, la communauté avifaunistique est dominée par les laridés, les alcidés en hiver et les sulidés (Tableau 10). L'abondance globale résulte de la somme des abondances estimées pour le plateau, le talus et la strate océanique (Annexe 22). La strate côtière est exclue de la somme puisqu'elle est superposée au plateau (Annexe 22). Les résultats des analyses sont décrits ci-dessous par famille et par regroupement d'espèces.

Tableau 10 Abondances en mer estimées pour les groupes d'oiseaux marins en Atlantique (et intervalle de confiance à 95%)

Groupe espèce		Abondance	Int. confiance 95%	
Fulmar boréal	Hiver	19 947	13 040	31 395
	Eté	8 010	4 882	13 948
Petits puffins	Hiver	704	257	1 979
	Eté	10 206	4 612	22 701
Grands puffins	Hiver	0	0	0
	Eté	31 977	21 324	48 776
Océanites	Hiver	10 637	5 998	19 889
	Eté	23 708	18 848	29 999
Fou de Bassan	Hiver	210 910	170 024	263 389
	Eté	83 138	70 318	98 780
Cormorans	Hiver	6 118	3 642	10 353
	Eté	6 078	3 029	13 625
Grand labbe	Hiver	5 429	3 783	7 868
	Eté	2 116	1 176	3 865
Petits labbes	Hiver	0	0	0
	Eté	121	24	621
Sternes	Hiver	2 711	1 414	5 274
	Eté	20 032	14 498	28 165
Mouette pygmée	Hiver	5 046	2 850	9 005
	Eté	739	144	3 778
Mouette tridactyle	Hiver	77 258	66 523	89 908
	Eté	2 048	1 065	4 078
Mouettes rieuses/mélanocéphales	Hiver	74 783	59 895	93 752
	Eté	10 519	7 102	15 947
Goéland cendré	Hiver	2 179	1 439	3 392
	Eté	41	8	209
Grands goélands gris	Hiver	24 736	17 267	36 986
	Eté	46 172	34 619	62 496
Grands goélands noirs	Hiver	23 634	16 894	33 360
	Eté	25 102	17 866	35 673
Grands goélands ind.	Hiver	67 406	39 905	114 785
	Eté	56 052	33 825	95 319
Grands goélands (total)	Hiver	115 771	81 573	165 503
	Eté	127 324	97 175	167 917
Laridés ind.	Hiver	93 373	54 078	167 978
	Eté	26 610	11 310	62 943
Alcidés	Hiver	291 408	261 743	325 835
	Eté	12 261	8 046	18 979
Macreuses	Hiver	54 079	21 977	134 946
	Eté	1 395	344	5 658
Plongeurs	Hiver	15 344	9 695	24 283
	Eté	0	0	0

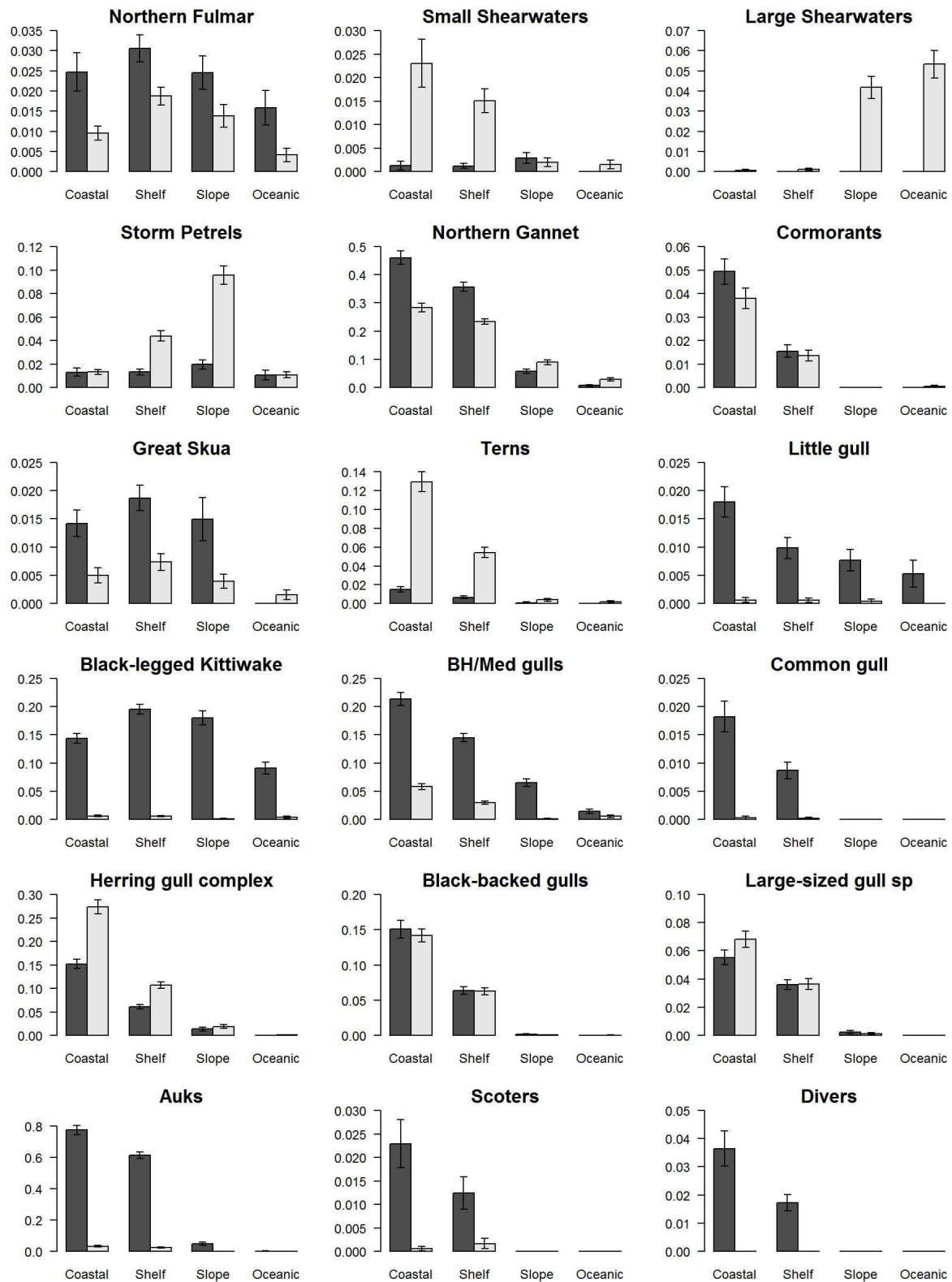


Figure 20 Densité moyenne des observations par strate et par saison pour les espèces d'oiseaux marins en Atlantique (dans l'ordre, de g. à dr. et de haut en bas : fulmar boréal, petits puffins, grands puffins, océanites, fou de Bassan, cormorans, grand labbe, sternes, mouette pygmée, mouette tridactyle, mouettes rieuses et mélanocéphales, goéland cendré, grands goélands gris, grands goélands noirs, grands goélands non identifiés, alcidés, macreuses et plongeurs). L'hiver est représenté par les barres foncées, l'été par les barres claires.

## a) Procellariidés

### *Fulmar boréal*

La distribution spatiale du fulmar boréal est similaire pour les deux saisons (Figure 21), toutefois les densités sont significativement plus élevées en hiver dans toutes les strates (Côtier :  $z = 2.97$  et  $p = 0.003$  ; Néritique :  $z = 2.95$  et  $p = 0.003$  ; Pente :  $z = 2.15$  et  $p = 0.031$  ; Océanique :  $z = 2.54$  et  $p = 0.011$  ; Figure 20). Le fulmar boréal occupe la moitié nord du plateau continental en Manche. Il est bien présent sur la pente et le secteur océanique, dans le nord du golfe de Gascogne. Les effectifs sont estimés à 20 000 individus en hiver et 8 000 individus en été.

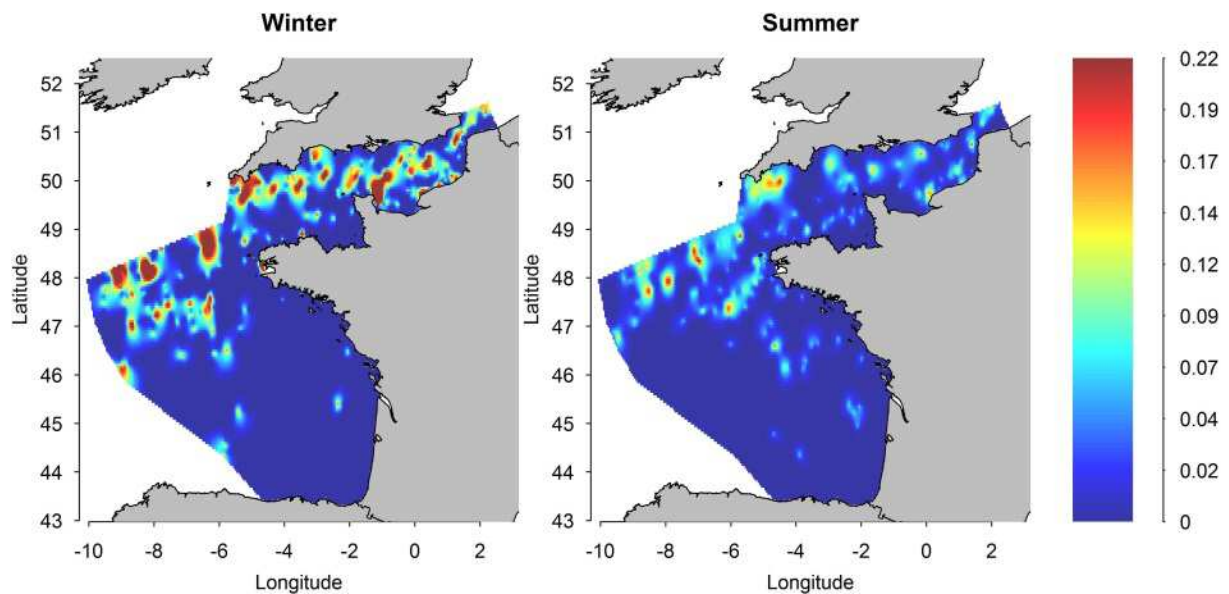


Figure 21 Carte de densités locales du fulmar boréal en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations /  $km^2$

### *Petits puffins*

Les observations réalisées en Atlantique correspondent vraisemblablement à des puffins des Anglais ou des puffins des Baléares. En hiver, les observations peu nombreuses se situent au sud-est du golfe de Gascogne. En été, les fortes densités, significativement plus élevées dans les strates côtière ( $z = -4.20$ ,  $p = 2e-05$ ) et néritique ( $z = -5.38$ ,  $p = 7e-08$  ; Figure 20) sont observées dans l'ouest de la Manche le long des côtes françaises et anglaises et dans le golfe de Gascogne entre la Vendée et la pointe de la Bretagne (Figure 22). L'abondance estimée en hiver à 700 individus s'élève en été à 10 200 individus.

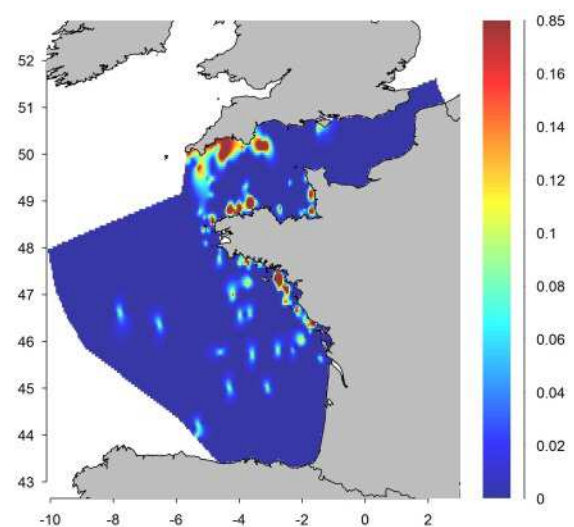


Figure 22 Carte de densités locales des petits puffins en été en nb d'observations /  $km^2$

### Grands puffins

Les grands puffins rencontrés en été dans le golfe de Gascogne sont essentiellement des puffins cendrés en migration, ils sont nombreux dans la strate de pente et la strate océanique, concentrés au nord-ouest du golfe (Figure 23). Aucune observation de grand puffin n'a été enregistrée en hiver, les densités estivales sont donc significativement supérieures ( $z = -7.66$ ,  $p = 2e-14$  en pente et  $z = -7.75$ ,  $p = 8e-15$  en océanique ; Figure 20). Les effectifs estimés sont de 32 000 individus.

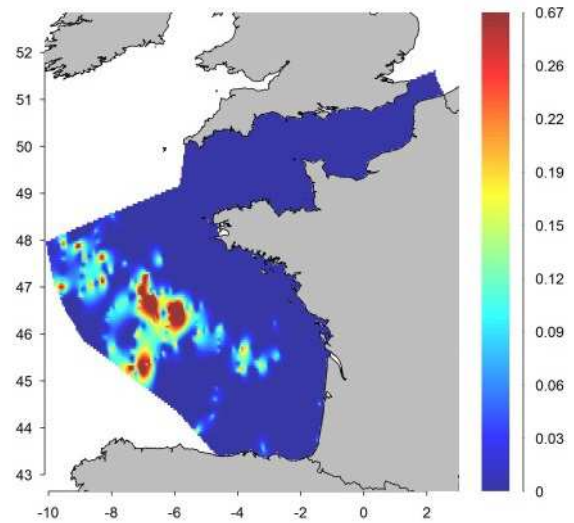


Figure 23 Carte de densités locales des grands puffins en été en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### b) Hydrobatidés

Le patron de distribution des océanites est contrasté entre l'hiver et l'été (Figure 24). En hiver, les océanites occupent la moitié sud du golfe de Gascogne, en faibles densités (Figure 20). En été, ils fréquentent le plateau au large et le talus du bassin d'Arcachon à la mer celtique et l'ouest de la Manche dans une moindre proportion. Les plus fortes densités sont visibles au sud-ouest de la pointe de Bretagne et sont significativement plus élevées qu'en hiver pour ces deux strates ( $z = -6.15$ ,  $p = 7e-10$  et  $z = -8.10$ ,  $p < 2.2e-16$  pour la strate côtière et néritique respectivement). L'abondance en mer estimée à 10 700 individus en hiver atteint 23 700 individus en été.

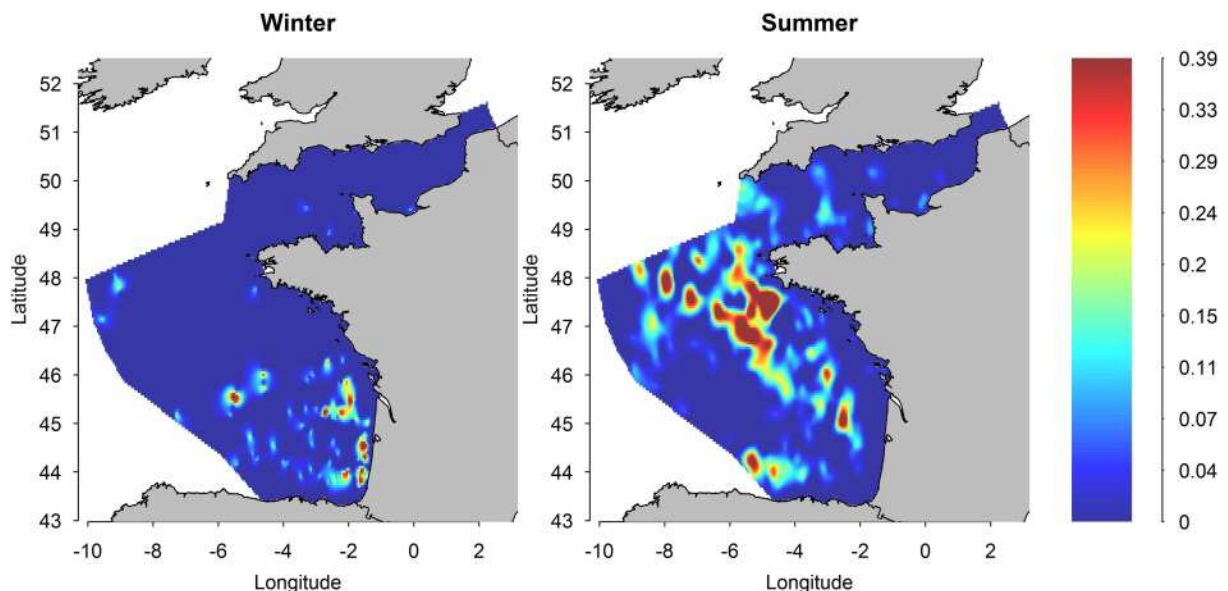


Figure 24 Carte de densités locales des océanites en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### c) Sulidés

Les fous de Bassan sont présents en abondance en Manche et dans le golfe de Gascogne en hiver et en été. En hiver, les fous se concentrent entre la baie de Seine et le détroit du Pas-de-Calais en Manche et entre la Vendée et le Pays Basque dans le golfe de Gascogne. En été, ils fréquentent essentiellement la Manche ouest, où la colonie de Rouzic (réserve naturelle des Sept Iles) apparaît clairement sur la carte de densités (Figure 25). Si l'espèce est présente jusqu'à la strate océanique, les densités les plus fortes sont observées dans la strate côtière et sur le plateau continental (Figure 20). Elles sont significativement plus élevées en hiver qu'en été sur ces deux strates ( $z = 6.13$ ,  $p = 8e-10$  et  $z = 6.53$ ,  $p = 6e-11$  pour le côtier et le néritique respectivement), alors que la pente et la strate océanique présentent le patron saisonnier inverse ( $z = -2.67$ ,  $p = 0.007$  et  $z = -3.50$ ,  $p = 4e-4$ ). L'abondance en mer est estimée à 211 000 individus en hiver et à 83 200 individus en été.

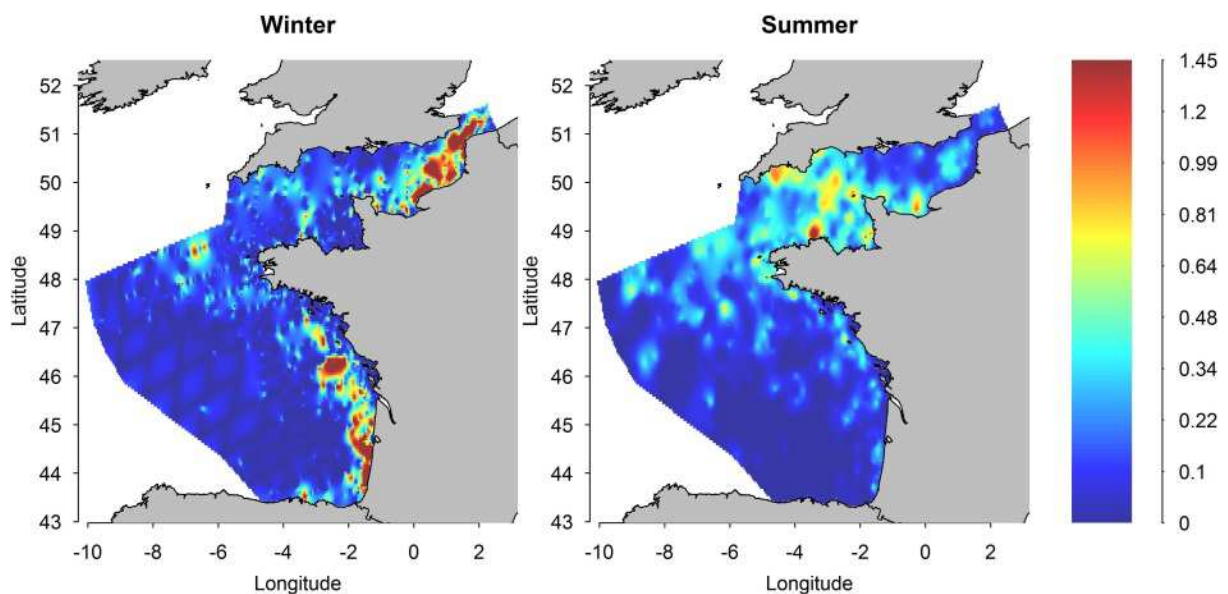


Figure 25 Carte de densités locales du fou de Bassan en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations /  $km^2$

### d) Phalacrocoracidés

Les cormorans ont une distribution essentiellement côtière qui s'étend du détroit du Pas-de-Calais au nord de la Vendée (Figure 26), quasiment identique en hiver et en été. Les densités ne sont pas significativement différentes entre les deux saisons échantillonnées (Figure 20). L'abondance en mer est estimée à 6 200 individus en hiver et 6 100 individus en été.

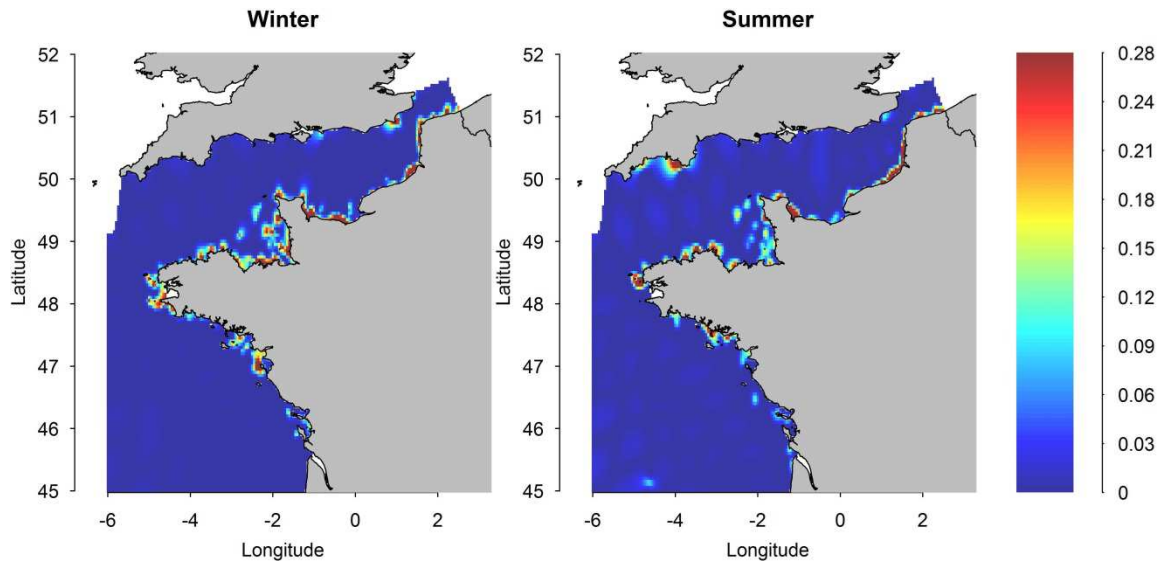


Figure 26 Carte de densités locales des cormorans en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

#### e) Stercorariidés

##### Grand labbe

Les observations de grand labbe se distribuent sur le plateau et le talus du golfe de Gascogne en hiver, l'espèce est plus côtière en Manche est (Figure 27). Les densités hivernales sont significativement plus élevées dans les trois strates côtière, néritique et de pente ( $z = 3.41$ ,  $p = 6e-4$  ;  $z = 4.22$ ,  $p = 2e-5$  ;  $z = 2.75$ ,  $p = 0.006$  ; Figure 20). La distribution estivale est plus dispersée du plateau au secteur océanique. L'abondance en mer est estimée à 5 500 individus en hiver et 2 200 individus en été.

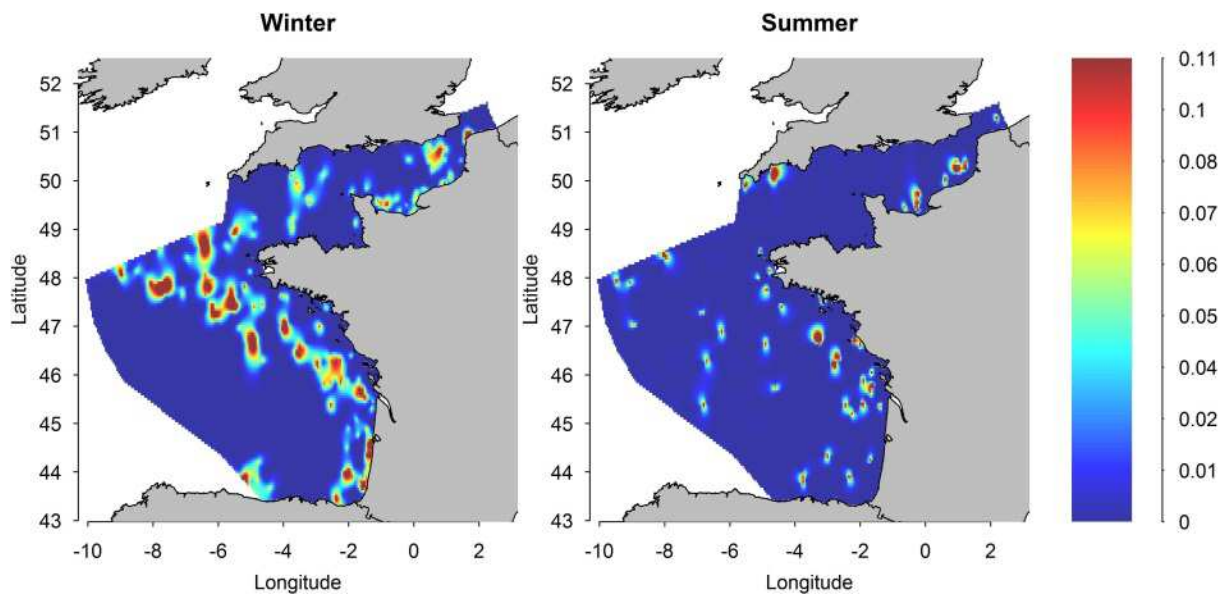


Figure 27 Carte de densités locales du grand labbe en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

## f) Laridés

### *Sternes*

En hiver, les sternes se concentrent entre l'estuaire de la Gironde et la Vendée et dans une moindre mesure au sud de la pointe de Bretagne et en baie de Seine. Les densités estimées en été sont nettement supérieures dans la partie côtière du plateau continental ( $z = -10.56$ ,  $p < 2e-16$  ;  $z = -8.22$ ,  $p < 2e-16$  pour les strates côtière et néritique respectivement ; Figure 20), les sternes sont présentes du détroit du Pas-de-Calais au bassin d'Arcachon, tout en privilégiant les grandes baies (Figure 28). L'abondance en mer estimée à 2 800 individus en hiver atteint 20 000 individus en été.

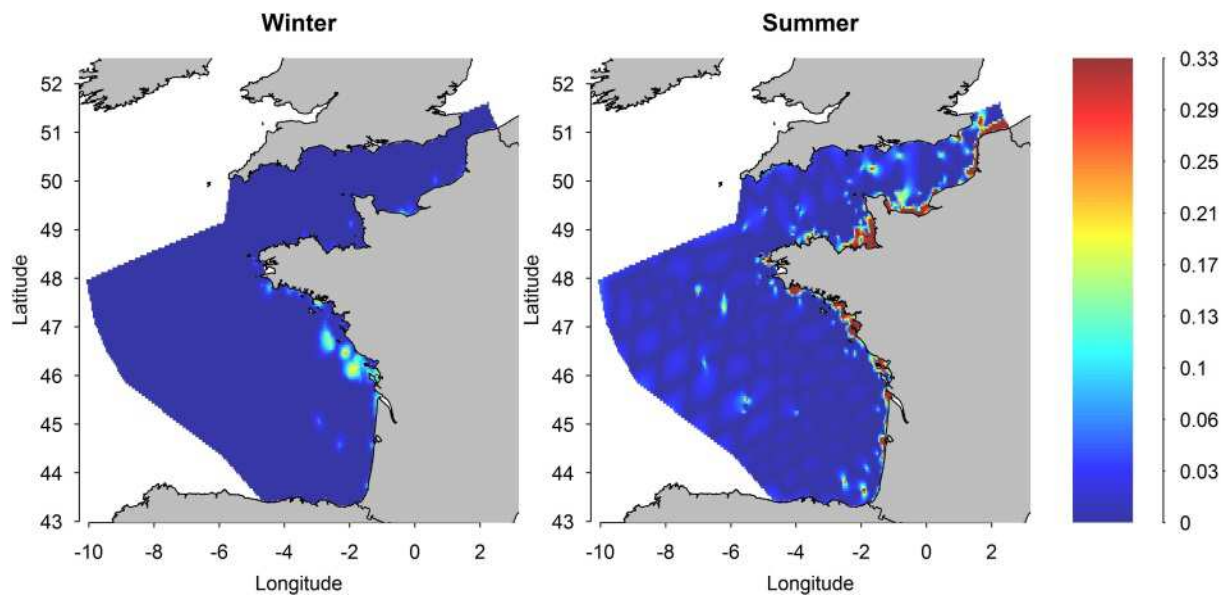


Figure 28 Carte de densités locales des sternes en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### *Mouette pygmée*

En hiver, la mouette pygmée est plus fréquente en Manche, les densités les plus élevées sont observées à l'est du Cotentin dans la ZEE française (Figure 29). Dans le golfe de Gascogne, on l'observe plutôt dans la moitié sud jusque dans la strate océanique. Elle est significativement plus rare en été (Figure 20), dans toutes les strates échantillonnées (côtier :  $z = 6.39$ ,  $p = 1e-10$  ; néritique :  $z = 4.92$ ,  $p = 8e-07$  ; pente :  $z = 3.74$ ,  $p = 0.0001$  ; océanique :  $z = 2.25$ ,  $p = 0.024$ ). Les effectifs estimés sont de 5 100 individus en hiver et 800 en été.

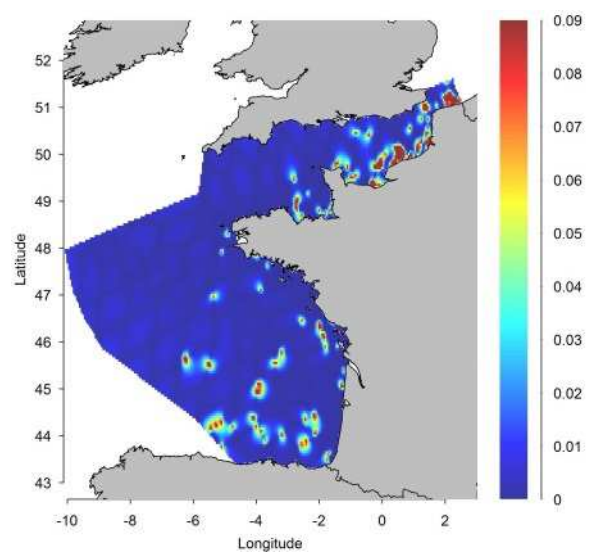


Figure 29 Carte de densités locales de mouette pygmée en hiver en nb d'observations / km<sup>2</sup>



### *Mouette tridactyle*

La distribution de la mouette tridactyle dans la région est fortement contrastée entre les deux saisons (Figure 30). Elle est fréquente en hiver sur le plateau et le talus du golfe de Gascogne, également dans le secteur océanique où les densités sont élevées (Figure 20). Sa distribution est plus côtière en Manche avec de fortes concentrations dans les eaux anglaises des Cornouailles et du Devon à l'ouest, du Sussex et du Kent à l'est. Côté français, l'espèce présente de fortes densités du Pas-de-Calais jusqu'au Cotentin. Quasiment absente en été, les densités par strate sont toutes très significativement différentes d'une saison à l'autre (côtier :  $z = 15.17$ ,  $p < 2e-16$  ; néritique :  $z = 21.90$ ,  $p < 2e-16$  ; pente :  $z = 14.53$ ,  $p < 2e-16$  ; océanique :  $z = 8.17$ ,  $p = 3e-16$ ). Sur l'ensemble de la région atlantique, les effectifs en mer sont estimés à 77 300 individus en hiver et 2 100 en été.

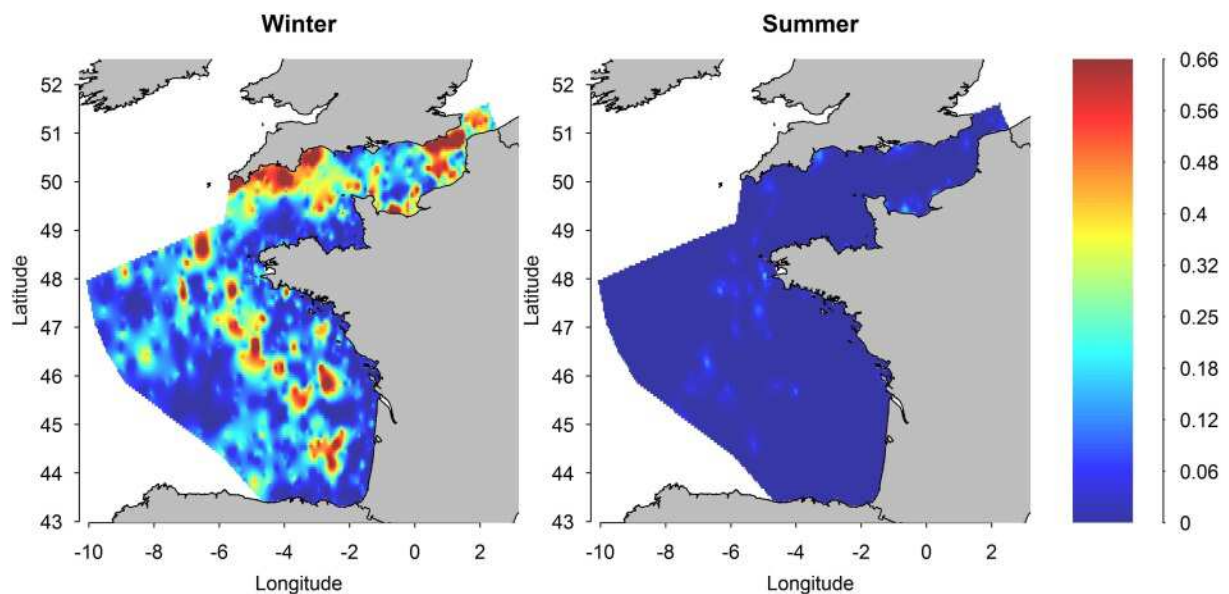


Figure 30 Carte de densités locales de la mouette tridactyle en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### *Mouettes rieuses et mélanocéphales*

Ces deux espèces ont été rassemblées car l'identification de l'espèce est difficile depuis l'avion. En hiver, ce groupe occupe la région dans son ensemble avec toutefois des zones de concentration plus marquées tout le long des côtes françaises en Manche et, dans une moindre mesure, de la Bretagne sud à l'estuaire de la Gironde (Figure 31). Elles sont présentes dans les quatre strates mais la densité décroît vers le large (Figure 20). En été, les observations sont plus côtières avec des concentrations visibles en baies de Seine et du Mont Saint Michel et dans le détroit du Pas-de-Calais. Les densités sont significativement plus élevées en hiver (côtier :  $z = 12.54$ ,  $p < 2e-16$  ; néritique :  $z = 14.37$ ,  $p < 2e-16$  ; pente :  $z = 9.56$ ,  $p < 2e-16$  ; océanique :  $z = 2.02$ ,  $p = 0.042$ ). Les effectifs en mer sont estimés à 75 000 individus en hiver et à 10 500 en été.

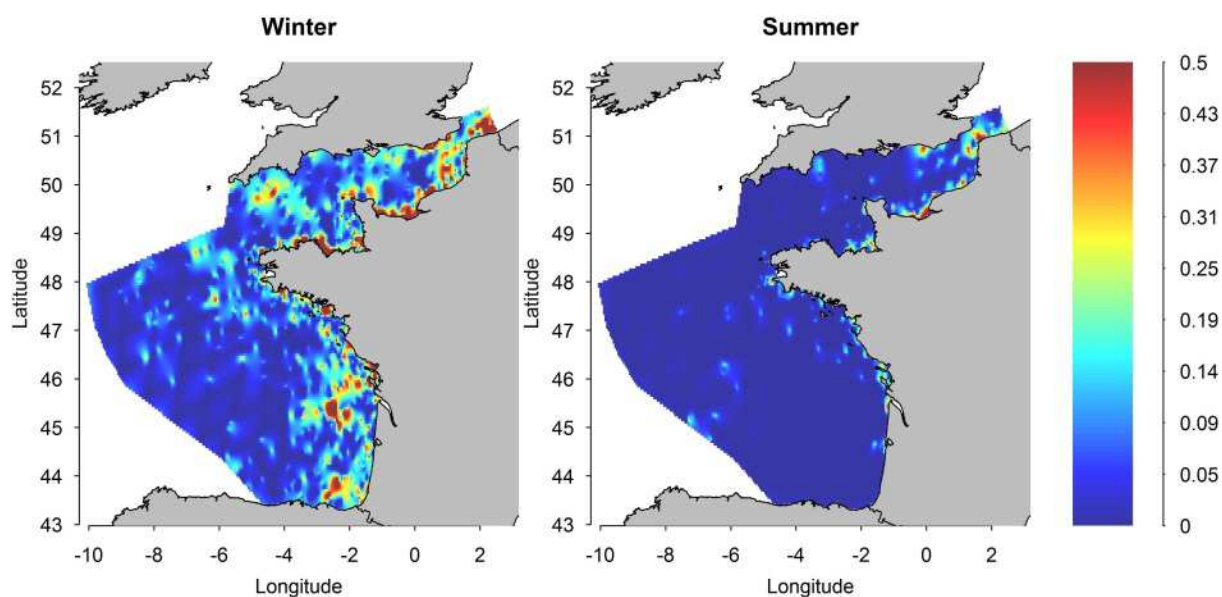


Figure 31 Carte de densités locales des mouettes rieuses et mélanocéphales en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

#### Grands goélands gris

Les goélands argentés et leucophées adultes sont regroupés dans le groupe des grands goélands gris. Leur distribution est essentiellement côtière dans toute la région même s'ils sont également présents plus au large sur le plateau continental (Figure 32). En été, de fortes zones de densité sont visibles de la Vendée au détroit du Pas-de-Calais. Les observations sont plus rares entre l'estuaire de la Gironde et le pays Basque. D'une saison à l'autre, la distribution est similaire mais les densités sont plus élevées en été dans les strates côtière et néritique ( $z = -6.70$ ,  $p = 2e-11$  et  $z = -5.59$ ,  $p = 2e-08$  respectivement ; Figure 20). L'abondance en mer est estimée à 24 800 individus en hiver et 46 200 individus en été.

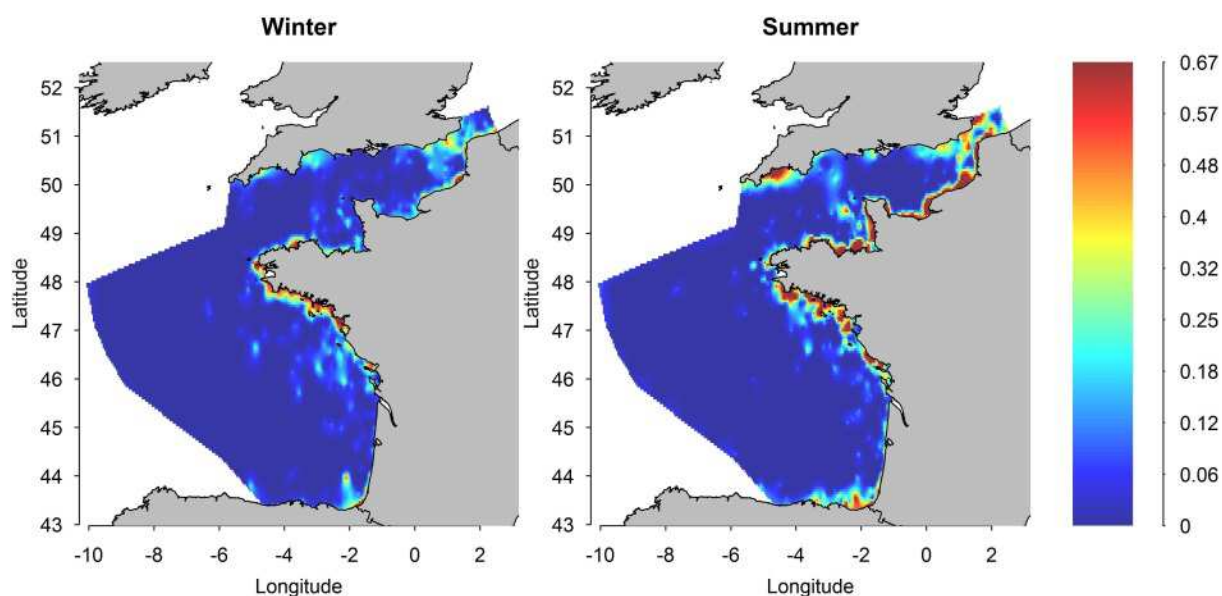


Figure 32 Carte de densités locales des grands goélands gris (goélands argentés et leucophées) en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### Grands goélands noirs

Les goélands marins et bruns (adultes) sont regroupés dans le groupe des grands goélands noirs. Ils sont présents dans la strate côtière et sur le plateau continental dans tout le secteur de la Manche et dans la moitié nord du golfe de Gascogne (Figure 33). En hiver, de fortes concentrations sont visibles entre la baie de Seine et le détroit du Pas-de-Calais et entre la Vendée et le Finistère. La distribution est assez similaire entre les deux saisons, sauf en Manche est où la zone de forte concentration disparaît en été. Aucune différence significative entre les densités de l'hiver et de l'été n'a été détectée (Figure 20). L'abondance en mer est estimée à 23 700 individus en hiver et 25 100 individus en été.

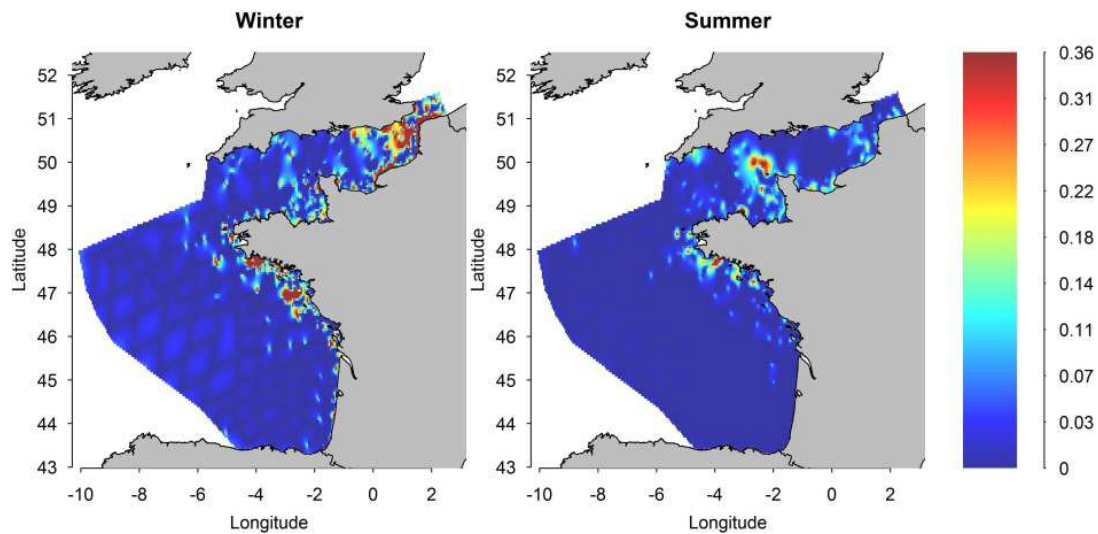


Figure 33 Carte de densités locales des grands goélands noirs (goélands marins et bruns) en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### g) Alcidés

Les alcidés sont très abondants en hiver sur tout le plateau continental de la Manche avec de fortes zones de concentration dans la ZEE française à l'est du Cotentin et le long des côtes anglaises de l'île de Wight à l'extrême ouest des Cornouailles (Figure 34).

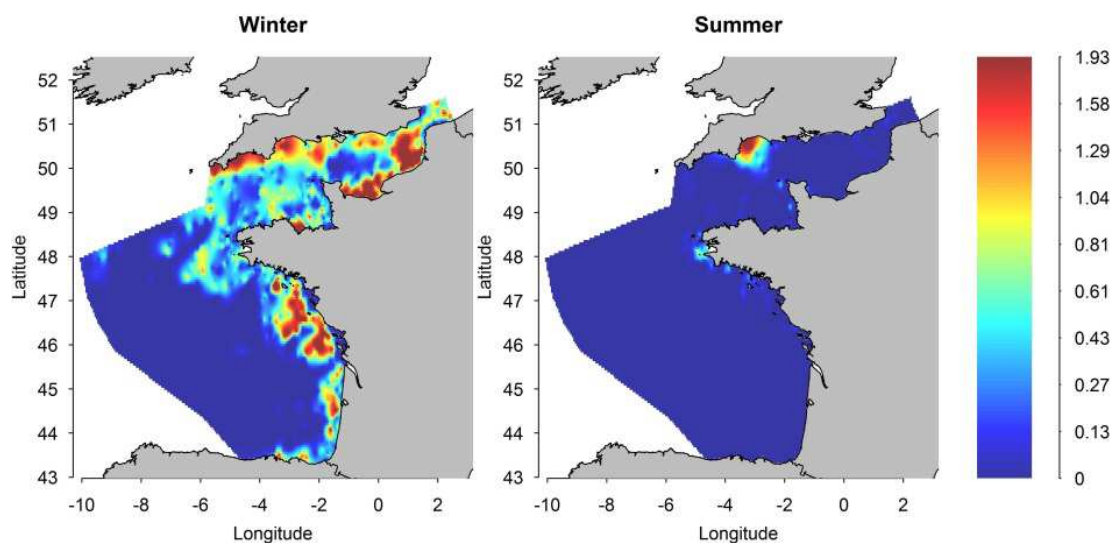


Figure 34 Carte de densités locales des alcidés en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

Dans le golfe de Gascogne, ils se concentrent principalement entre le golfe du Morbihan et l'estuaire de la Gironde, et secondairement au large d'Arcachon et au nord du pays Basque espagnol. En été, les alcidés sont quasiment absents de la région à l'exception de la baie de Lyme en Angleterre (Devon) et de l'Iroise. La strate côtière et la strate néritique présentent les plus fortes densités en hiver (Figure 20) très significativement supérieures à celles de l'été ( $z = 24.83$ ,  $p < 2e-16$  et  $z = 28.22$ ,  $p < 2e-16$ ). Les alcidés sont quasiment absents de la strate océanique et du talus à l'exception de sa partie située au large du pays Basque en hiver. L'abondance en mer est estimée à 291 500 individus en hiver contre 12 300 en été.

#### h) Anatidés

Les macreuses fréquentent également les grandes baies de la Manche mais elles sont aussi présentes dans le golfe de Gascogne jusqu'à l'estuaire de la Gironde (Figure 35). Le faible nombre d'observations n'a pas permis de modéliser la distribution estivale. La densité la plus forte est relevée dans la strate côtière (Figure 20), les densités estimées sont significativement plus élevées en hiver (côtier :  $z = 4.35$ ,  $p = 1e-05$  ; néritique :  $z = 2.99$ ,  $p = 0.002$ ). L'abondance en mer est estimée à 54 100 individus en hiver et 1 400 individus en été. Il faut noter que les observations sont essentiellement distribuées dans la zone des 12 milles nautiques (i.e. dans la strate côtière), et que les estimations d'abondance dans cette strate ne dépassent pas les 9000 individus pour toute la région atlantique (Annexe 22).

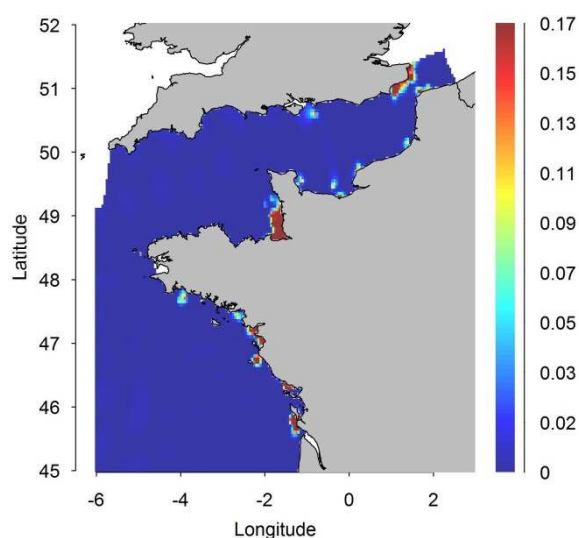


Figure 35 Carte de densités locales des macreuses en hiver en nb d'observations / km<sup>2</sup>

#### i) Gaviidés

Les plongeurs ont été observés en Manche essentiellement (baie de Somme, baie de Seine, Baie du Mont Saint-Michel et baie de Saint Briec) et uniquement en hiver (Figure 36). La densité la plus forte est relevée dans la strate côtière (Figure 20). L'abondance en mer est estimée à 15 400 individus en hiver. Comme pour les macreuses, les observations sont très côtières et les estimations d'abondance obtenues pour cette strate atteignent 7000 individus (Annexe 22).

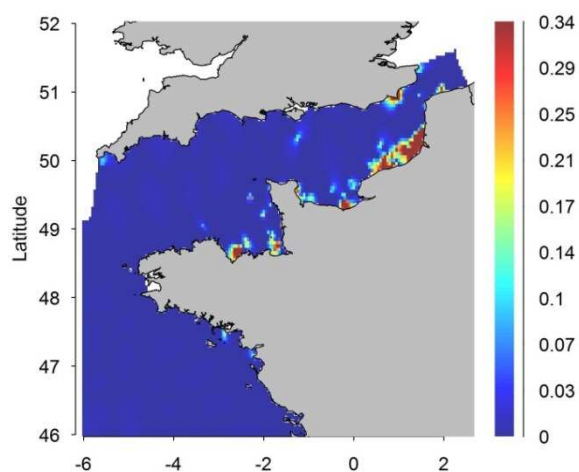


Figure 36 Carte de densités locales des plongeurs en hiver en nb d'observations / km<sup>2</sup>

## 2) Méditerranée Nord Occidentale

Le nombre d'observations enregistré est inférieur à celui de la région atlantique mais certaines espèces rares en Atlantique sont abondantes en Méditerranée (Annexe 23). La distribution des observations indique que pour de nombreuses espèces le golfe du Lion est un secteur important (Annexe 21). La communauté avifaunistique est dominée par les laridés et les procellariés (Tableau 11, Annexe 23 et 24). Il faut rappeler que l'abondance globale résulte de la somme des abondances estimées pour le plateau, le talus et l'océanique. La strate côtière est exclue de la somme puisqu'elle est superposée au plateau (Annexe 24). Les résultats des analyses sont décrits ci-dessous par famille et par regroupement d'espèces.

*Tableau 11 Abondances en mer estimées pour les groupes d'oiseaux marins en Méditerranée (et intervalle de confiance à 95%)*

Groupe espèce	Saison	Abondance	95% int. confiance	
Petits puffins	Hiver	17316	9031	34193
	Eté	19031	9587	37880
Grands puffins	Hiver	111	22	568
	Eté	13074	6583	26044
Océanites	Hiver	552	158	1952
	Eté	2590	1507	4589
Fou de Bassan	Hiver	1265	682	2537
	Eté	422	174	1252
Cormorans*	Hiver	1110	346	3680
	Eté	1001	491	2043
Sternes	Hiver	2149	1143	4359
	Eté	4571	2536	10299
Mouette pygmée	Hiver	39508	28674	56972
	Eté	353	122	1050
Mouette rieuse/mélanocéphale	Hiver	42693	33069	55448
	Eté	983	493	2113
Grands goélands gris	Hiver	23613	17553	31940
	Eté	24376	17995	33120
Grands goélands ind.	Hiver	28331	16580	48505
	Eté	7470	3231	17658
Grands goélands (total)	Hiver	51944	36794	73442
	Eté	31845	22340	45611
Laridés ind.	Hiver	4383	1233	15679
	Eté	352	77	1612
Alcidés	Hiver	2207	1199	4151
	Eté	0	0	0

\* pour cette espèce, les estimations globales sont celles de la strate côtière qui reflète probablement mieux la réalité (218 individus estimés pour l'ensemble plateau, talus et océanique en hiver et 708 individus en été).

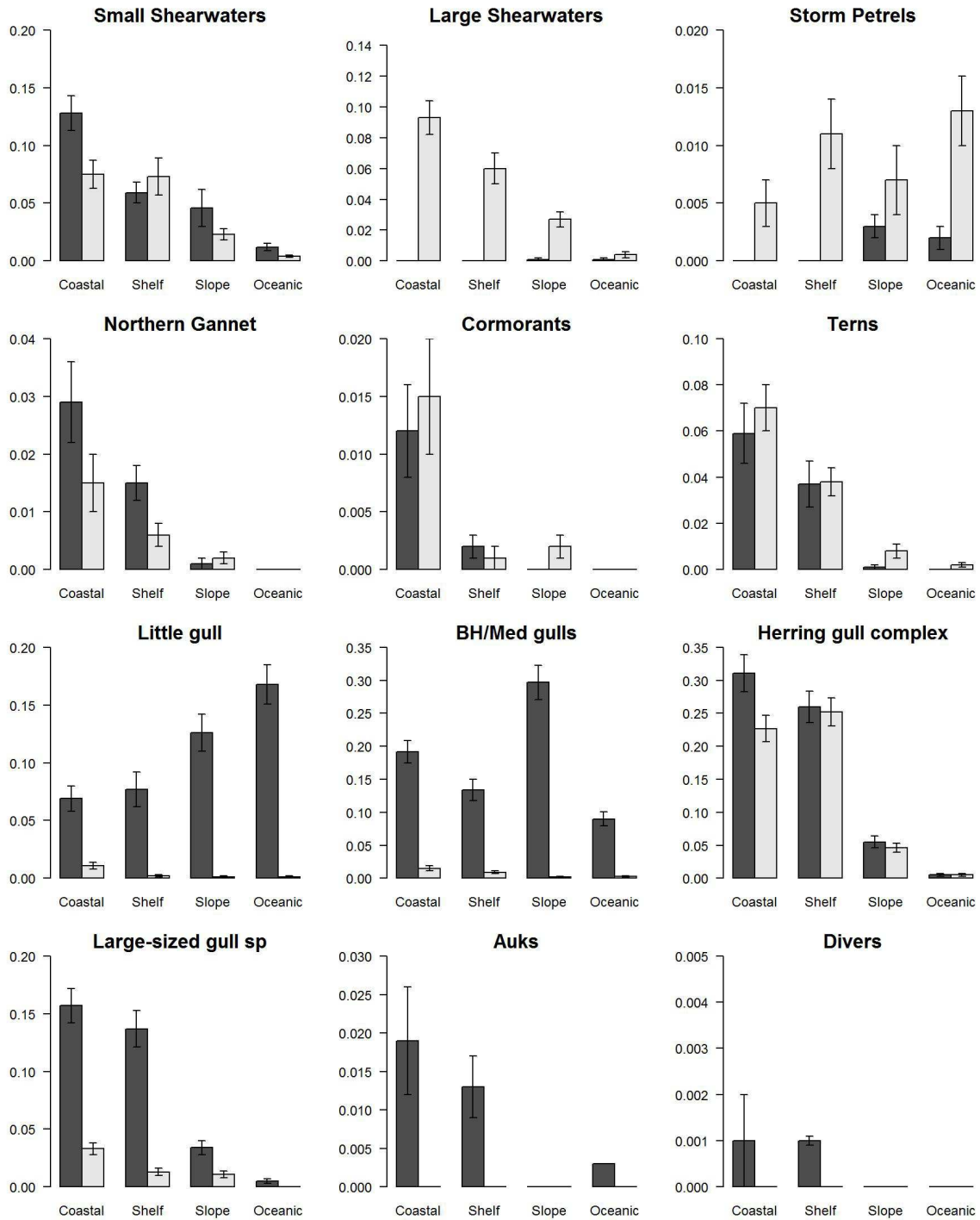


Figure 37 Densité moyenne des observations par strate et par saison pour les espèces d'oiseaux marins en Méditerranée (dans l'ordre, de g. à dr. et de haut en bas : petits puffins, grands puffins, océanites, fou de Bassan, cormorans, sternes, mouette pygmée, mouettes rieuses et mélanocéphales, grands goélands gris, grands goélands non identifiés, alcidés et plongeurs). L'hiver est représenté par les barres foncées, l'été par les barres claires.

## a) Procellariidés

### *Petits puffins*

La distribution des petits puffins (essentiellement du puffin yelkouan) est relativement similaire entre les deux saisons avec des zones de concentration côtières du golfe du Lion jusqu'aux îles d'Hyères et du golfe de La Spezia à l'archipel de Toscane (côtes italiennes du canal de Corse) d'une part et des observations diffuses au large (Figure 38). En été, il faut signaler des densités localement fortes au nord de la Sardaigne et des observations plus nombreuses sur la côte est de la Corse. Les densités sont significativement plus élevées dans les strates côtières ( $z = -0.76$ ,  $p = 0.44$ ) et océaniques ( $z = 2.52$ ,  $p = 0.01$ ) en hiver (Figure 37). L'abondance estimée en hiver à 17 400 individus s'élève en été à 19 000 individus.

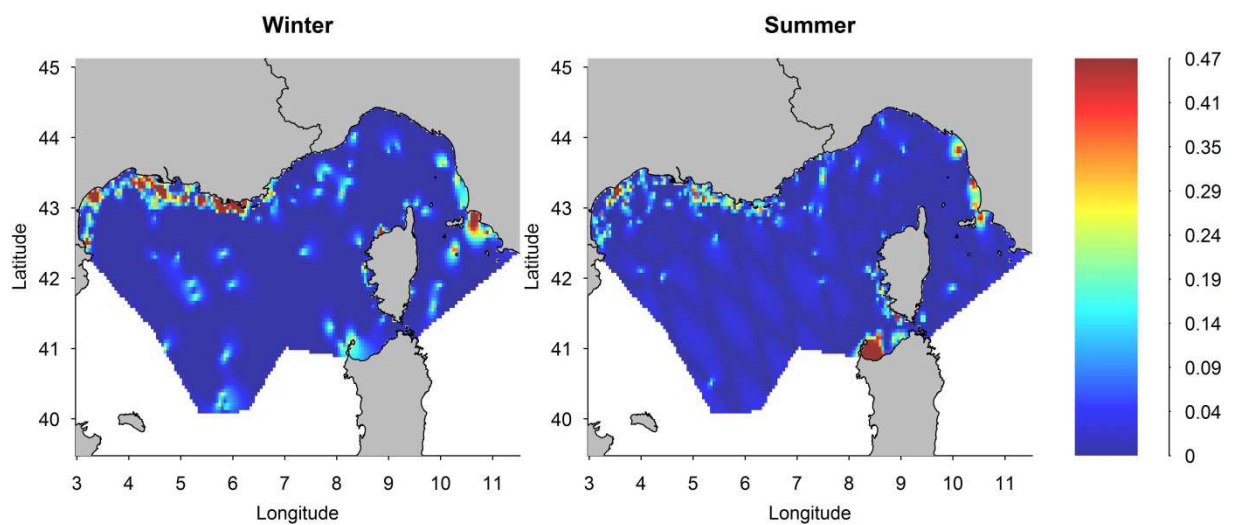


Figure 38 Carte de densités locales des petits puffins en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### *Grands puffins*

Les grands puffins observés en été sont essentiellement des puffins cendrés en reproduction, ils ont une distribution côtière (sur le plateau continental), relativement similaire à celles des puffins yelkouan, présentant des zones de fortes densités locales : entre l'embouchure du Rhône et les îles d'Hyères, une zone comprenant le sud de la Corse et le nord de la Sicile et les côtes italiennes du golfe de La Spezia à l'archipel de Toscane (Figure 39). Seules deux observations de grand

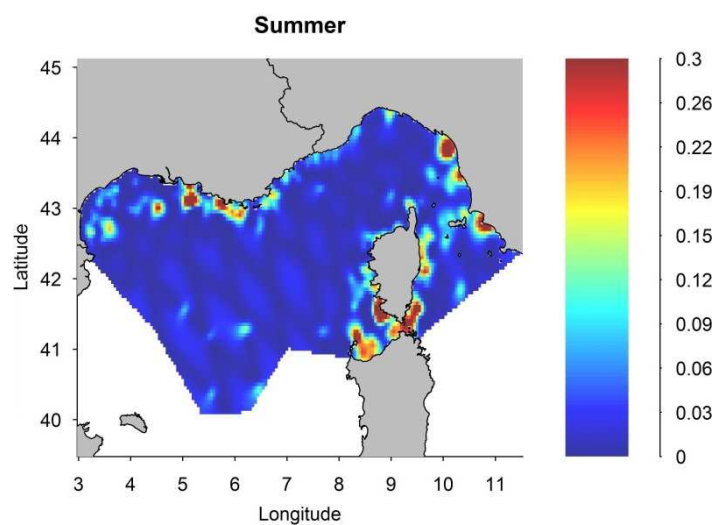


Figure 39 Carte de densités locales des grands puffins en été en nb d'observations / km<sup>2</sup>

puffin ont été enregistrées en hiver, les densités estivales sont donc significativement supérieures

(côtier :  $z = -8.45$ ,  $p < 2e-16$  ; néritique :  $z = -6$ ,  $p = 1e-09$ ; pente :  $z = -5.09$ ,  $p = 3e-07$ ) sauf dans la strate océanique où les densités sont faibles (Figure 37). Les effectifs estimés sont de 13 100 individus en été pour 100 en hiver.

### b) Hydrobatidés

Les océanites sont présents dans le golfe du Lion et occupent toute la zone océanique de manière diffuse (Figure 40). Les densités sont plus faibles dans la strate côtière que dans les trois autres strates (Figure 37). Peu d'observations ont été relevées en hiver, logiquement les densités estivales sont significativement plus élevées (côtier :  $z = -2.5$ ,  $p = 0.012$  ; néritique :  $z = -3.66$ ,  $p = 2e-04$  ; océanique :  $z = -3.47$ ,  $p = 5e-04$ ) sauf sur le talus. L'abondance en mer estimée à 600 individus en hiver atteint 5 300 individus en été.

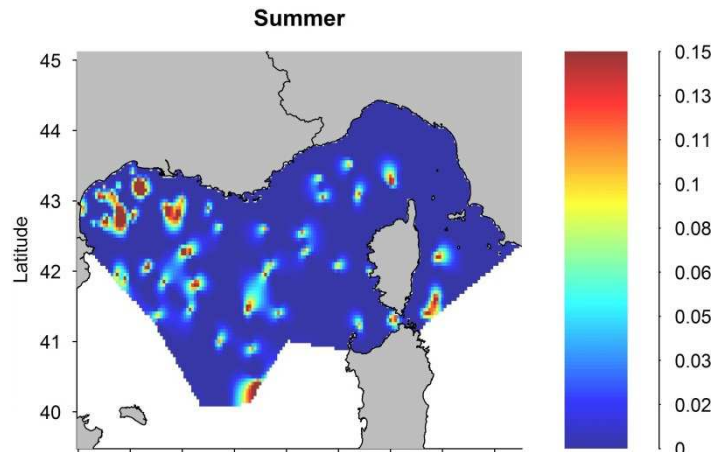


Figure 40 Carte de densités locales des océanites en été en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### c) Sulidés

Les fous de Bassan sont peu nombreux en Méditerranée, ils occupent essentiellement le golfe du Lion en été comme en hiver où leur distribution est relativement côtière (Figure 41). Ils ont été observés également près de l'île d'Elbe en hiver et dans le golfe de la Spezia en été. Les densités les plus fortes sont observées dans la strate côtière et sur le plateau continental (Figure 37). Elles sont significativement plus élevées en hiver qu'en été sur le plateau ( $z = 2.49$   $p = 0.01$ ). L'abondance en mer est estimée à 1 300 individus en hiver et à 500 individus en été.

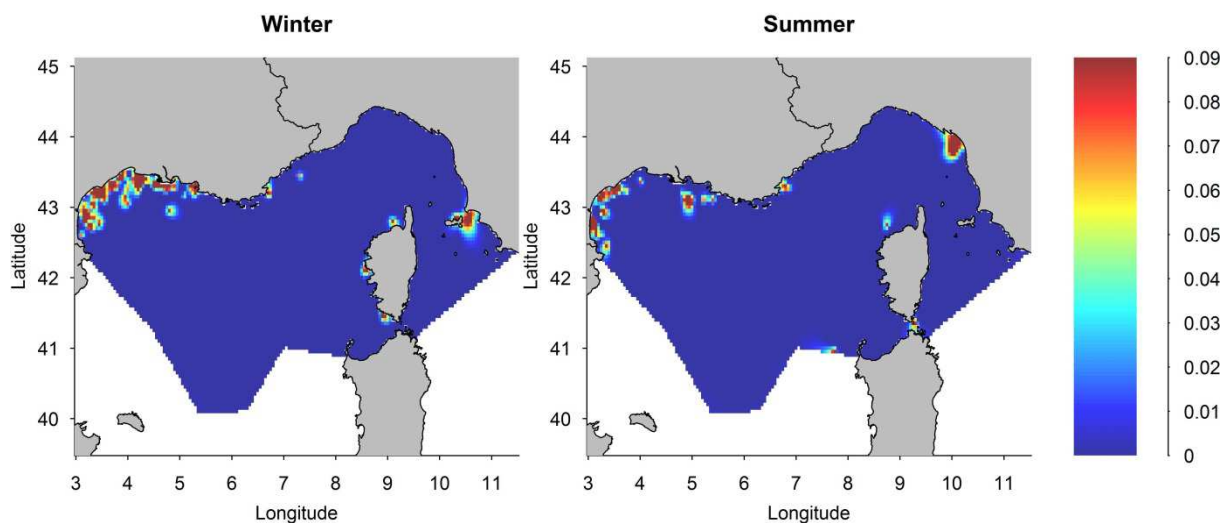


Figure 41 Carte de densités locales du fous de Bassan en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>



#### d) Phalacrocoracidés

Les cormorans ont une distribution côtière, ils sont présents dans l'est du golfe du Lion et au sud de la Corse en hiver alors qu'en été ils se distribuent tout autour de la Corse et à proximité de l'île d'Elbe (Figure 42). Les densités ne sont pas significativement différentes entre les deux saisons échantillonnées (Figure 37). L'abondance dans la strate côtière est estimée à 1 110 individus en hiver (contre 218 pour l'ensemble des trois autres strates) et 1 001 individus en été (contre 712 pour l'ensemble des trois autres strates).

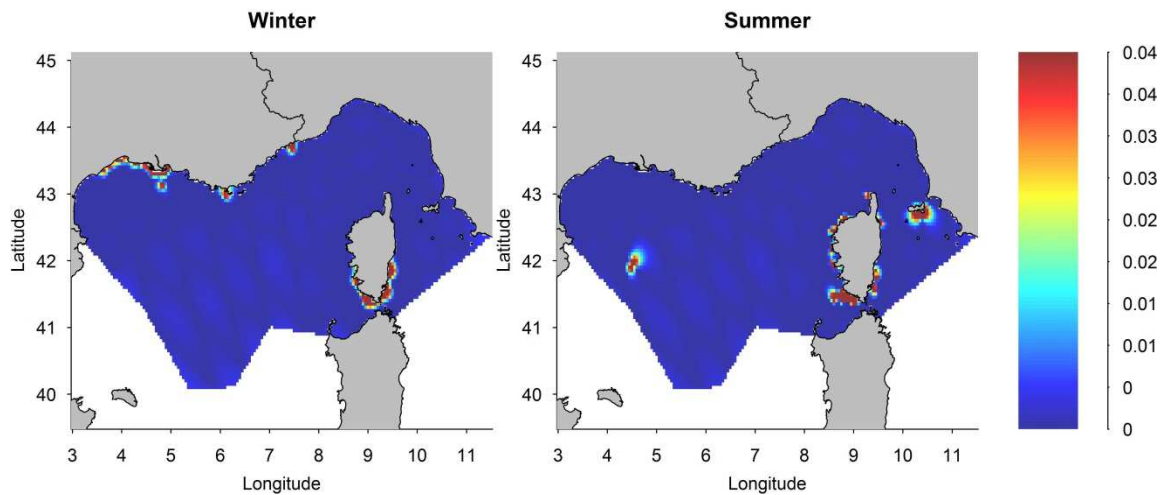


Figure 42 Carte de densités locales des cormorans en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

#### e) Laridés

##### *Sternes*

Les sternes se distribuent principalement sur le pourtour du golfe du Lion pour les deux saisons. En hiver cependant, une zone de fortes densités est relevée au sud de La Spezia (Figure 43). Les densités les plus fortes sont observées dans la strate côtière et sur le plateau continental, elles ne sont pas significativement différentes entre l'hiver et l'été (Figure 37). L'abondance en mer estimée à 2 150 individus en hiver atteint 4 600 individus en été.

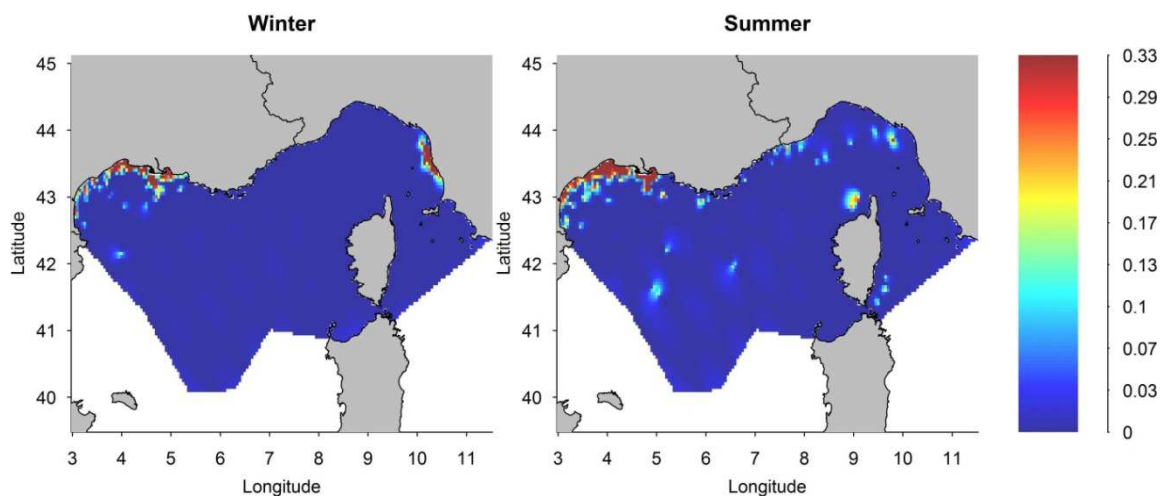


Figure 43 Carte de densités locales des sternes en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### *Mouette pygmée*

La mouette pygmée est l'une des espèces les plus abondantes dans la région en hiver (Tableau 11). Elle est plus fréquente au large qu'en zone côtière et dans la moitié ouest du secteur échantillonné (Figure 44). Les densités les plus élevées sont relevées dans la strate océanique (Figure 37). Elle est quasiment absente du secteur en été, les densités dans les quatre strates sont très significativement plus élevées en hiver (côtier :  $z = 5.08$ ,  $p = 3e-07$ ; néritique :  $z = 4.98$ ,  $p = 6e-07$ ; pente :  $z = 7.79$ ,  $p = 6e-15$ ; océanique :  $z = 9.80$ ,  $p < 2e-16$  ; Figure 37). Les effectifs estimés sont de 39 500 individus en hiver et 400 en été.

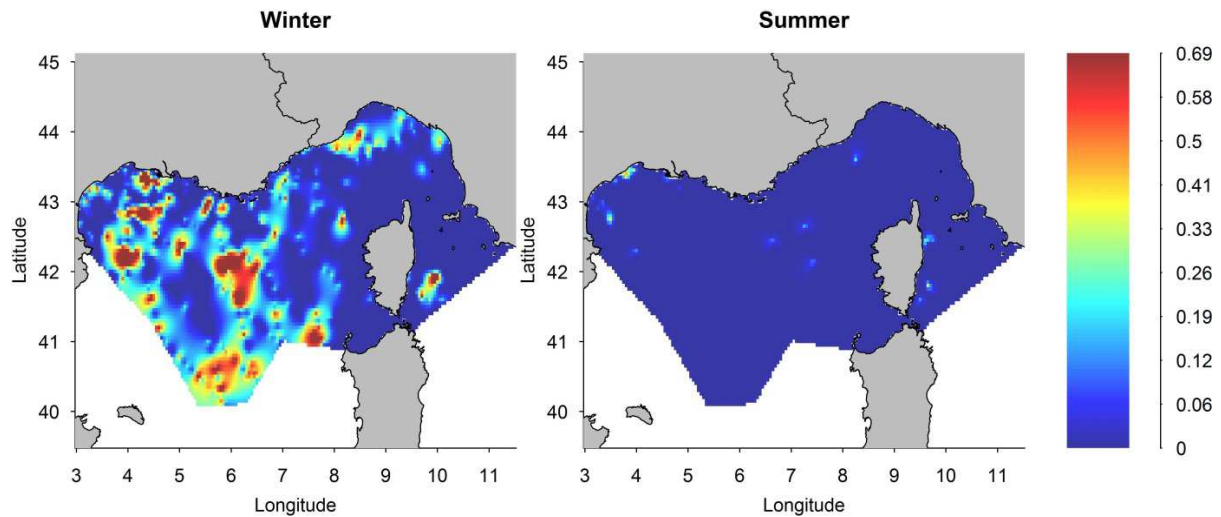


Figure 44 Carte de densités locales de la mouette pygmée en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### *Mouettes rieuses et mélanocéphales*

En hiver, ce groupe d'espèces occupe essentiellement le nord de la région avec des zones marquées de concentration sur le talus au sud du golfe du Lion et le long de la côte d'Azur jusqu'au golfe de Gênes (Figure 45). Les mouettes rieuses et mélanocéphales sont présentes dans les quatre strates mais la densité est plus forte sur le talus (Figure 37).

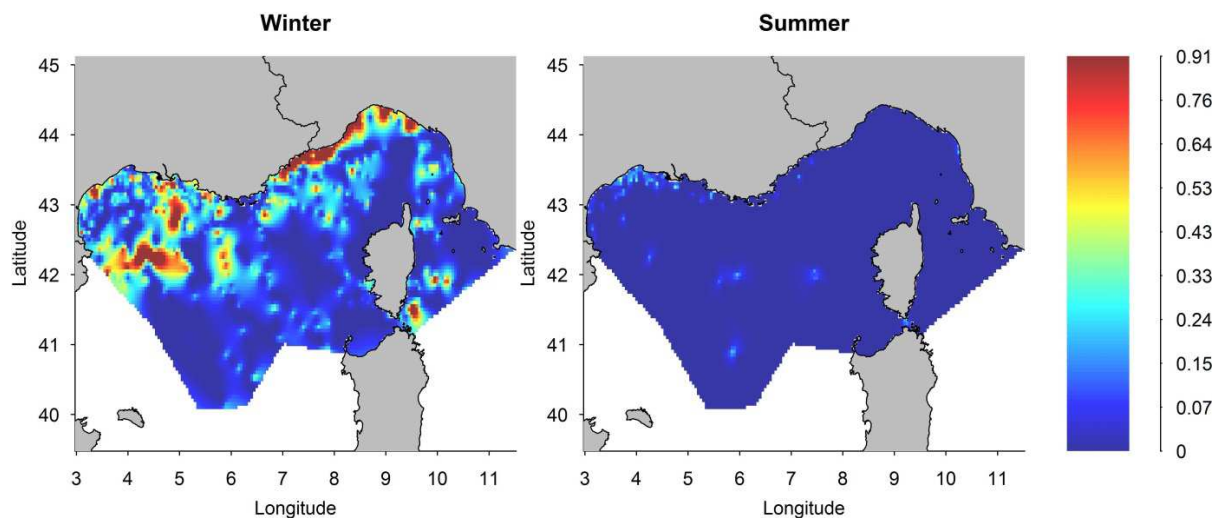


Figure 45 Carte de densités locales des mouettes rieuses et mélanocéphales en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

En été, les quelques observations se concentrent dans le golfe du Lion et les densités sont nettement plus faibles dans toutes les strates (côtier :  $z = 10.13$ ,  $p < 2e-16$ ; néritique :  $z = 7.75$ ,  $p = 9e-15$ ; pente :  $z = 11.33$ ,  $p < 2e-16$  ; océanique :  $z = 7.87$ ,  $p = 3e-15$ ). Les effectifs en mer sont estimés à 43 000 individus en hiver et à 1000 en été.

### Grands goélands gris

En Méditerranée, le groupe est représenté principalement par le goéland leucophée. Il occupe toute la zone côtière continentale à l'exception du golfe de Gênes où il est plus rare, ainsi que le pourtour de la Corse avec toutefois des densités plus élevées localement dans le sud de l'île en hiver (Figure 46). Il est présent sur le plateau continental du golfe du Lion et du canal de Corse. D'une saison à l'autre, la distribution est assez similaire mais les densités sont plus élevées en hiver dans la strate côtière ( $z = 2.44$ ,  $p = 0.01$ ; Figure 37). L'abondance en mer est estimée à 23 700 individus en hiver et 24 400 individus en été. En l'absence de goélands marin et brun en Méditerranée, il est possible d'attribuer les observations de grands goélands indéterminés (immatures pour l'essentiel) aux goélands leucophées, leur nombre s'élève à 28 400 en hiver et à 7 500 en été.

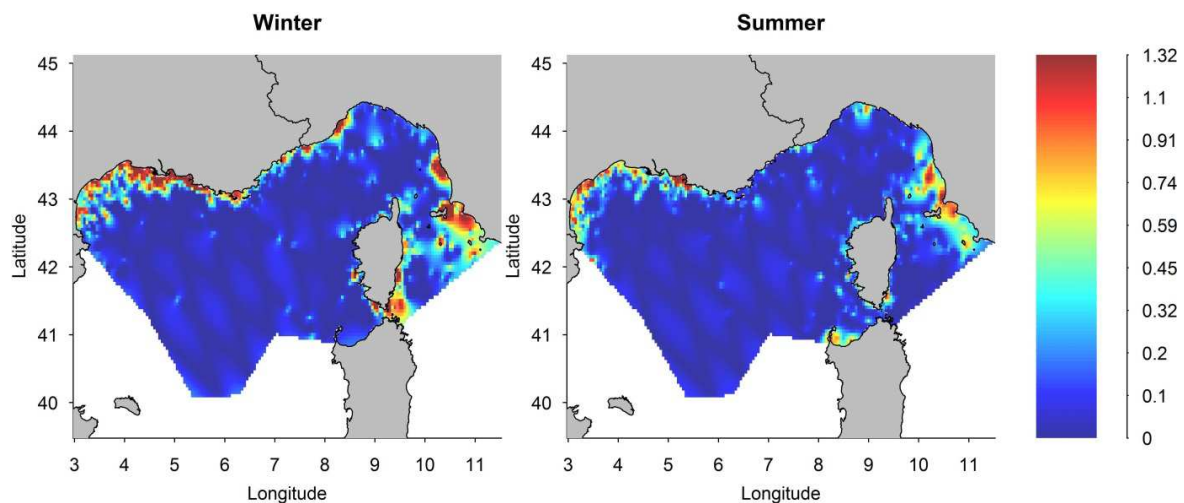


Figure 46 Carte de densités locales des goélands gris (goéland leucophée) en hiver (gauche) et en été (droite) en nb d'observations / km<sup>2</sup>

### g) Alcidés

Les alcidés sont présents uniquement en hiver dans la zone côtière du golfe du Lion (Figure 47). La strate côtière et la strate néritique présentent les plus fortes densités (Figure 37), très significativement supérieures à celles de l'été ( $z = 2.71$   $p = 0.006$  et  $z = 3.25$   $p = 0.001$  respectivement). L'abondance en mer est estimée à 2 200 individus en hiver.

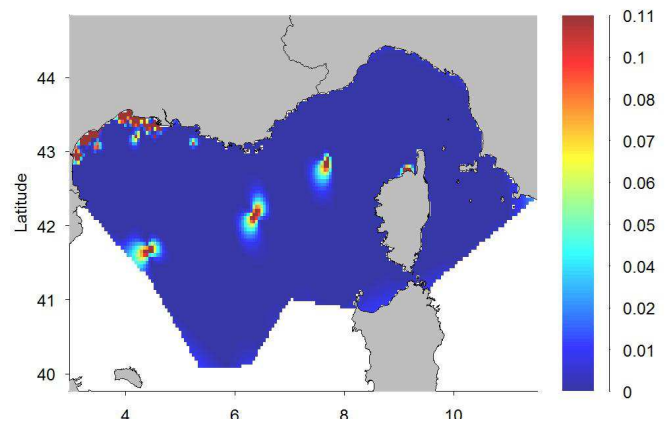


Figure 47 Carte de densités locales des alcidés en hiver en nb d'observations / km<sup>2</sup>

## B) Modélisation d'habitat

### 1) Atlantique

#### a) Procellariidés

##### *Fulmar boréal*

La distribution du fulmar boréal n'est pas très contrastée d'une saison à l'autre, bien qu'elle s'explique par des processus différents (Figure 48, Annexe 25A). En hiver, l'espèce se trouve principalement sur le plateau continental, au nord de la ligne des 47°N. La distribution est plutôt homogène dans cette zone, avec seulement des densités un peu plus fortes en Manche est, et une absence relative au large des côtes bretonnes (principalement au nord), des côtes sud-est de l'Irlande et du canal de Bristol. Cette distribution répond principalement à une préférence pour les eaux fraîches, inférieures à 13°C, des courants de marées moyens, et des zones thermiquement et hydrologiquement stables (gradient de température et altimétrie nuls).

En été, l'espèce montre une distribution très similaire, bien que plus homogène et descendant un peu plus au sud. Les facteurs principaux expliquant ce patron de distribution sont la distance aux colonies, et la distance à la côte. L'espèce montre toutefois des relations inverses avec ces deux paramètres : une relation négative avec le premier (avec un léger plateau jusqu'à 200 km), positive avec le second. Cela indique que les fulmars ne sont vus proches des côtes qu'autour des colonies, et le reste des observations correspondent à des individus partant au large pour l'approvisionnement des poussins. Les fulmars présentent en été une préférence pour les eaux inférieures à 15°C, et on peut remarquer qu'aucune colonie ne se trouve en dessous de cette isotherme (Annexe 5). Les CVs sont réduits sur toute la zone pour les deux saisons, n'excédant pas les 3% (Annexe 25B). Encore une fois, les CVs les plus faibles sont associés aux fortes prédictions, lesquelles semblent donc fiables.

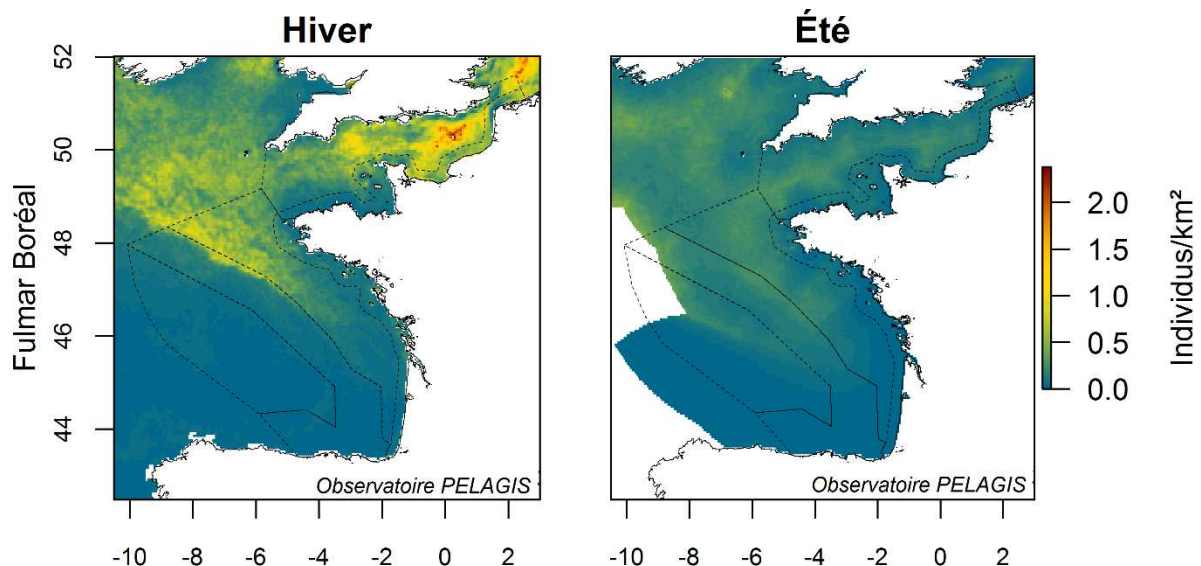


Figure 48 Habitats préférentiels prédits du fulmar boréal en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

### *Petits Puffins*

Les petits puffins sont présents en Atlantique à la fois en été et en hiver, mais durant cette dernière période leur nombre est insuffisant pour autoriser une modélisation d'habitats. En été, leur distribution est principalement expliquée par la distance aux colonies. Tout comme le fulmar boréal, ils montrent un plateau jusqu'à 250 km des colonies, au-delà duquel les densités s'effondrent (Annexe 26A). La distance à la côte est également un facteur important mais, à l'inverse du fulmar, les petits puffins demeurent très près des côtes. Ils ne se distribuent toutefois pas de façon homogène le long des côtes, puisqu'ils sont totalement absents de la Manche est, tandis que la Gironde semble former une limite sud (Figure 49). Ce patron s'explique par une préférence pour les altimétries négatives, expliquant l'absence en Manche est, et un optimum de température situé autour de 15°C. Les fortes densités prédites sont associées aux CVs les plus faibles (Annexe 26B). Les petits puffins regroupent à la fois les puffins des Anglais, et les puffins des Baléares.

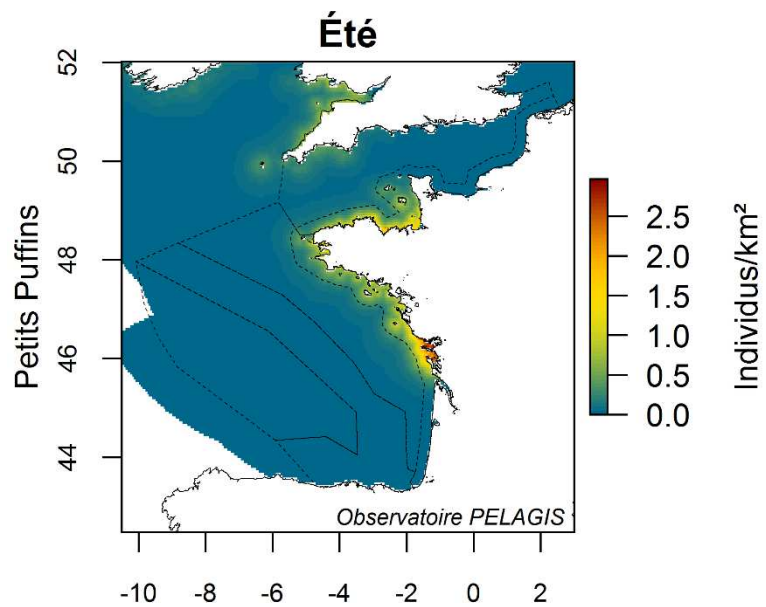


Figure 49 Habitats préférés prédits des petits puffins en été en Atlantique.

des côtes. Ils ne se distribuent toutefois pas de façon homogène le long des côtes, puisqu'ils sont totalement absents de la Manche est, tandis que la Gironde semble former une limite sud (Figure 49). Ce patron s'explique par une préférence pour les altimétries négatives, expliquant l'absence en Manche est, et un optimum de température situé autour de 15°C. Les fortes densités prédites sont associées aux CVs les plus faibles (Annexe 26B). Les petits puffins regroupent à la fois les puffins des Anglais, et les puffins des Baléares.

### *Grands Puffins*

A l'inverse des autres Procellariidés, la distribution des grands puffins est strictement océanique dans les eaux atlantiques, en été (Figure 50). Ainsi, ils ne sont présents qu'au-delà du talus continental. Ils montrent une claire préférence pour les eaux de plus de 15°C, une altimétrie proche de 0 et des gradients de températures réduits à moyens (Annexe 27A). Les CVs maximums sont assez élevés (Annexe 27B), mais ils sont alors associés aux zones d'absence de l'espèce, en Manche est notamment,

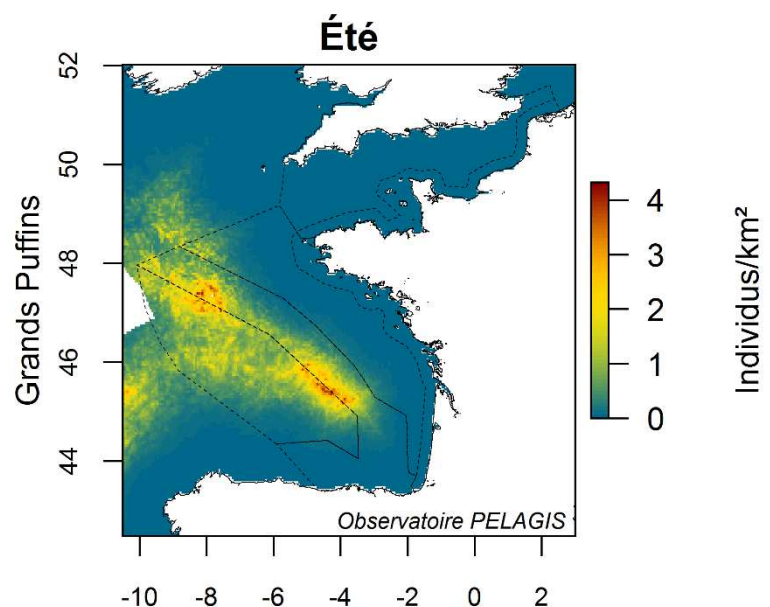


Figure 50 Habitats préférés prédits des grands puffins en été en Atlantique.

alors que dans la zone où l'espèce est prédite en fortes densités, les CVs sont faibles. Les prédictions semblent donc fiables.

### b) Hydrobatidés

Les océanites sont présents tout au long de l'année dans la région. Toutefois, aucun modèle d'habitat n'a réussi à reproduire la distribution observée en hiver. Aucun des paramètres environnementaux utilisés pour ces analyses n'est donc à l'origine du patron de distribution des océanites à cette saison. Cet état de fait pourrait s'expliquer par le passage d'individus migrants d'océanites cul-blanc à l'automne dans le golfe de Gascogne. La présence de tels migrants dans les observations recueillies, expliquerait que la distribution observée ne soit pas explicable par des facteurs environnementaux. En été, la distribution des océanites est intermédiaire entre celles des petits et des grands puffins (Figure 51). On les retrouve principalement sur l'extérieur du plateau continental et le haut du talus dans le golfe de Gascogne, aux alentours de 100 à 150 km des côtes. Ils montrent une préférence marquée pour des courants de marées réduits, mais pas nuls, ainsi que pour des fortes pentes et des températures supérieures à 13°C (Annexe 28A). Les CVs associés aux prédictions sont particulièrement faibles, ne dépassant pas les 2% sur toute la zone (Annexe 28B).

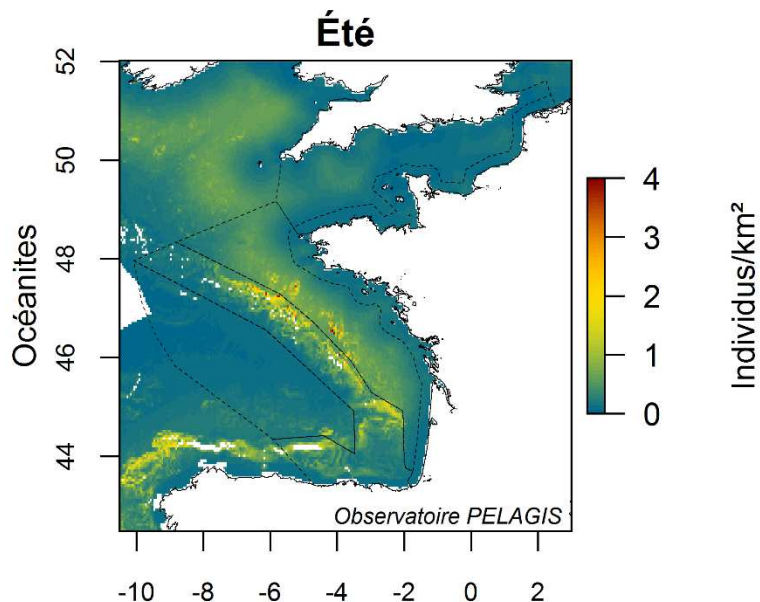


Figure 51 Habitats préférentiels prédits des océanites en été en Atlantique.

### c) Sulidés

La distribution des fous de Bassan est très contrastée, puisque leur distribution hivernale est inverse à leur distribution estivale (Figure 52). Ainsi, en hiver, les fous se trouvent principalement en Manche est et au sud du golfe de Gascogne, sur le plateau continental, jusqu'en Galice. Globalement, la profondeur dicte leur distribution, mais cette préférence pour des eaux peu profondes est ensuite contrastée par d'autres facteurs importants, expliquant leur relative absence de la mer celtique et de la Manche ouest (Annexe 29A). Il semble ainsi que leur présence au sud du golfe de Gascogne soit corrélée à des températures supérieures à 15°C et des courants maximums aux marées de vives eaux très faibles. Au contraire en Manche est, leur présence s'explique par la dynamique importante des masses d'eaux due aux marées, avec des courants aux marées de vives eaux forts, et une altimétrie positive. Les faibles densités de fous de Bassan en Manche ouest s'expliquent par l'altimétrie

négative observée dans la zone. A l'inverse en été, les fous se trouvent principalement en Manche ouest, sur les côtes sud de la Bretagne, en baie de Seine, au nord de la Cornouaille anglaise et près des côtes du sud-ouest de l'Irlande. Cette distribution est en grande partie expliquée par la distance aux colonies.

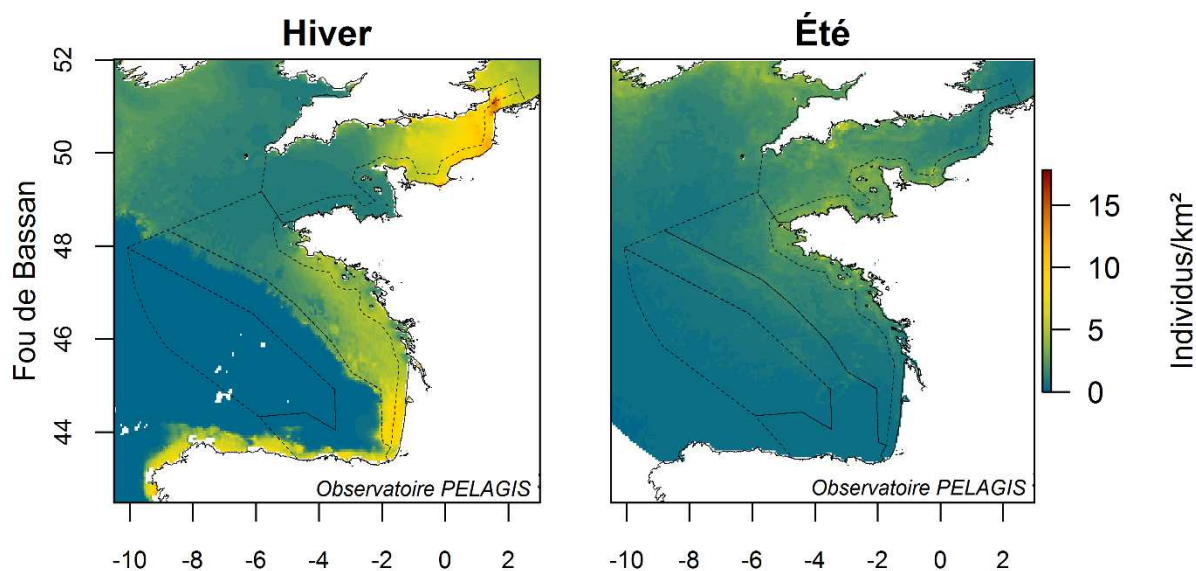


Figure 52 Habitats préférés prédits du fou de Bassan en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

Toutefois, au sein du périmètre maximum autour des colonies au sein duquel les adultes peuvent prospecter pendant la reproduction, la distribution est influencée par la présence de gradients de températures importants à 28 jours et des masses d'eau thermiquement stables (préférence pour des variances de la température faibles). Il semble donc que les fous aillent se nourrir sur les zones frontales prévisibles à moyen-terme afin d'assurer l'approvisionnement des poussins. Les CVs associés aux prédictions (Annexe 29B) sont faibles sur toute la zone, pour les deux saisons (1,3% maximum en hiver, 3,5% maximum en été), indiquant que les distributions prédites sont fiables.

#### d) Phalacrocoracidés

Les cormorans montrent une distribution similaire d'une saison à l'autre, en majorité déterminée par la distance à la côte (Figure 53, Annexe 30A). Toutefois, l'impact de la distance à la côte est temporelisé par des paramètres différents selon la saison, expliquant notamment l'absence de l'espèce sur les côtes aquitaines. En hiver, la densité des cormorans diminue linéairement avec la distance à la côte, et le groupe n'est présent que dans les quelques kilomètres autour de celle-ci. Toutefois, les cormorans préfèrent les zones dynamiques mensuellement, avec des eaux fraîches. Ces préférences expliquent l'absence du groupe des côtes sud de la Cornouaille anglaise, de l'Irlande et de l'Aquitaine. En été, les cormorans montrent une forte relation linéaire décroissante avec la distance aux côtes sableuses, temporelisée par une préférence pour des maximums hebdomadaires de courants de marées moyens, une température autour de 16°C et des eaux plutôt stables thermiquement. Ils sont donc également absents des côtes aquitaines et de l'Irlande en été. Les CVs

associés aux prédictions sont faibles (Annexe 30B) pour les deux saisons, les plus faibles étant associés aux zones côtières.

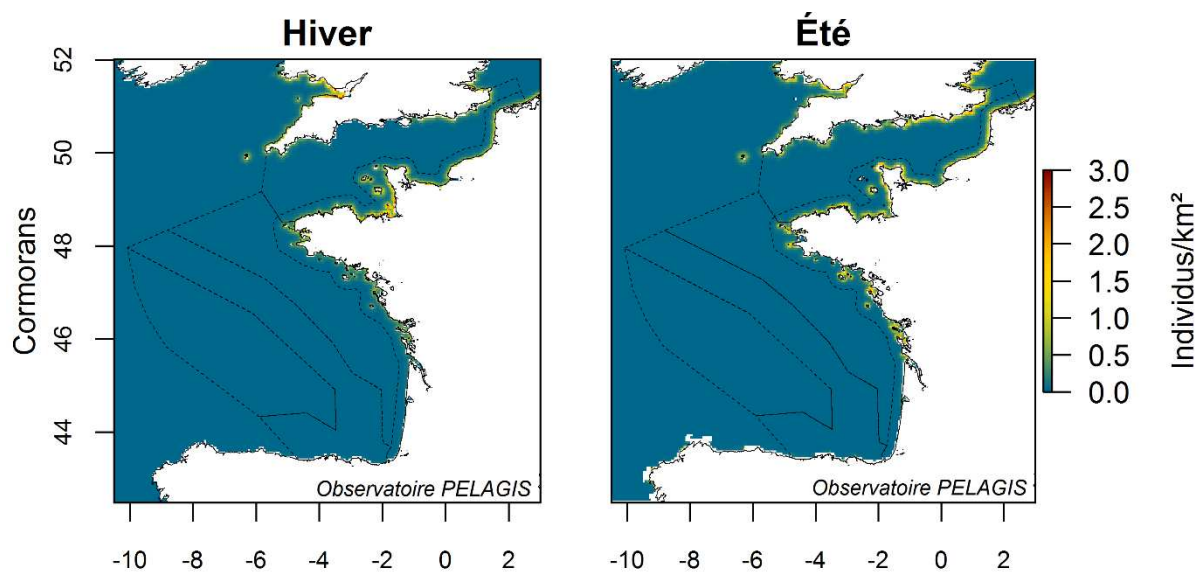


Figure 53 Habitats préférentiels prédits des cormorans en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

#### e) Stercorariidés

Concernant le grand labbe, les distributions hivernales et estivales ne sont pas très différentes (Figure 54). En hiver, l'espèce est principalement distribuée par rapport à la bathymétrie, jusqu'à 1000 m de fond (Annexe 31A). Sur le plateau continental, la distribution est ensuite contrastée par une préférence pour les altimétries positives, résultant en des densités plus élevées en Manche est, une préférence pour les courants de marées réduits, d'où une absence relative des côtes nord de Bretagne, du Cotentin et du canal de Bristol. Comme le fulmar, le grand labbe semble préférer les eaux aux alentours de 13°C, bien que ce ne soit pas le paramètre affectant le plus sa distribution hivernale.

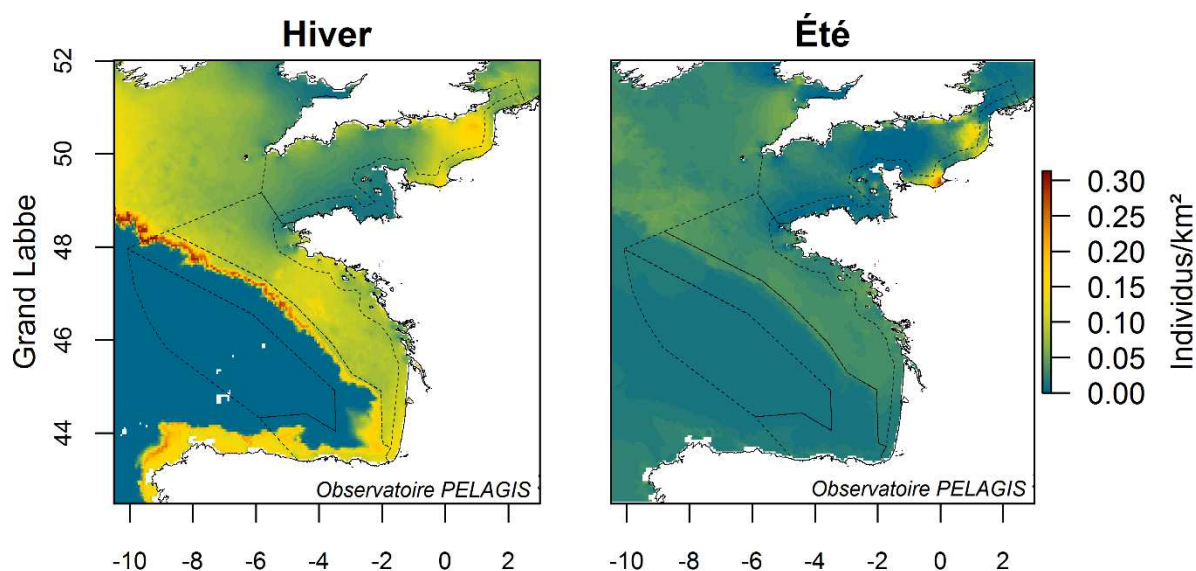


Figure 54 Habitats préférentiels prédits du grand labbe en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.



En été, la distribution est relativement similaire, bien que la profondeur n'apparaisse pas dans le modèle. L'espèce préfère des zones hydrologiquement dynamiques (SSH sd important), mais avec des courants de marées réduits à moyens. Ces deux paramètres expliquent que l'espèce soit présente en Manche est, mais presque absente du nord Bretagne et du Cotentin. Là encore, la préférence thermique du grand labbe est similaire à celle du fulmar, avec un optimum à 15°C. En hiver, les CVs atteignent les 20% en zone océanique, où l'espèce est prédite absente, mais sur toute la zone néritique où sont prédites les plus fortes densités, les CVs ne dépassent pas les 5% (Annexe 31B). En été, les CVs restent réduits sur toute la zone.

#### f) Laridés

##### *Sternes*

Les sternes montrent une distribution assez similaire entre les deux saisons, bien qu'elles soient présentes plus au large en hiver (Figure 55). A cette saison, le paramètre environnemental dominant la distribution est la distance à la côte rocheuse, les sternes pouvant se trouver jusqu'à une centaine de kilomètres des côtes (Annexe 32A). Elles préfèrent des zones où les gradients de température sont forts, les courants maximums hebdomadaires modérés et la température aux alentours de 12°C. Les sternes se retrouvent donc sur toutes les côtes françaises, avec de plus faibles densités dans le détroit du Pas-de-Calais, les Flandres, le Cotentin, le nord Bretagne et la côte aquitaine. En revanche, elles se retrouvent en fortes densités du sud Bretagne à l'estuaire de la Gironde. En été, la distribution s'explique surtout par la distance aux côtes sableuses, les sternes étant présentes surtout dans les premiers kilomètres. Cette forte relation avec les côtes sableuses est à mettre en lien avec la reproduction des sternes sur les bancs de sables et les îlots. A cette saison estivale, les sternes préfèrent les zones hydrologiquement dynamiques, mais pour lesquelles l'altimétrie globale reste proche de 0 et les courants sont réduits. Ainsi, elles sont absentes des côtes nord de Bretagne et les plus fortes densités sont prédites dans le golfe normand-breton, l'est du Cotentin, la côte d'Opale et la côte anglaise en regard.

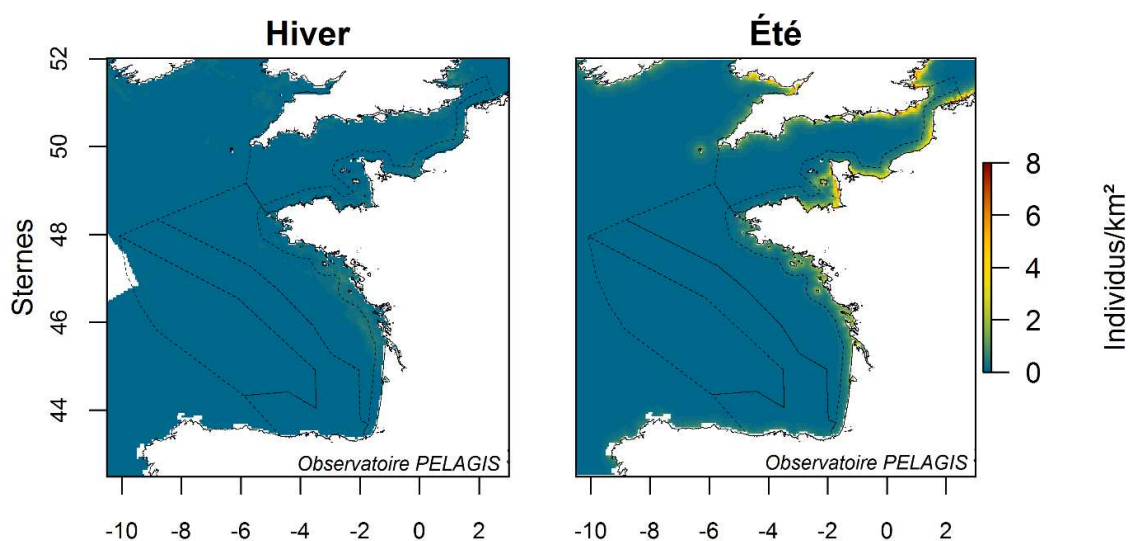


Figure 55 Habitats préférentiels prédits des sternes en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

Les CVs sont importants pour la zone au large, en raison des intervalles de confiance larges obtenus pour les distances à la côte, mais cette zone correspond à une zone de relative absence de l'espèce (Annexe 32B). Dans les zones où les prédictions sont élevées en revanche, les CVs sont faibles.

#### *Mouettes rieuses et mélanocéphales*

Bien que leurs distributions soient similaires entre l'hiver et l'été, les mouettes rieuses et mélanocéphales sont bien plus abondantes en hiver qu'en été (Figure 56). Ces distributions s'expliquent également par les mêmes paramètres environnementaux entre les deux saisons (Annexe 33A). La distance à la côte sableuse est le facteur le plus important pour les deux saisons, les mouettes préférant les zones proches des côtes. Les mouettes affectionnent également les zones hydrologiquement dynamiques, avec une altimétrie positive, mais la résolution temporelle favorite varie entre les deux saisons (hebdomadaire en hiver, mensuelle en été). La distribution est aussi marquée par une préférence pour les températures chaudes en hiver et pour les courants maximums hebdomadaires faibles en été. Ce groupe de mouettes est présent sur tout le littoral, avec de plus fortes densités en Manche est pour les deux saisons. Les CVs associés à ces prédictions sont faibles, ne dépassant pas les 4,5% (Annexe 33B).

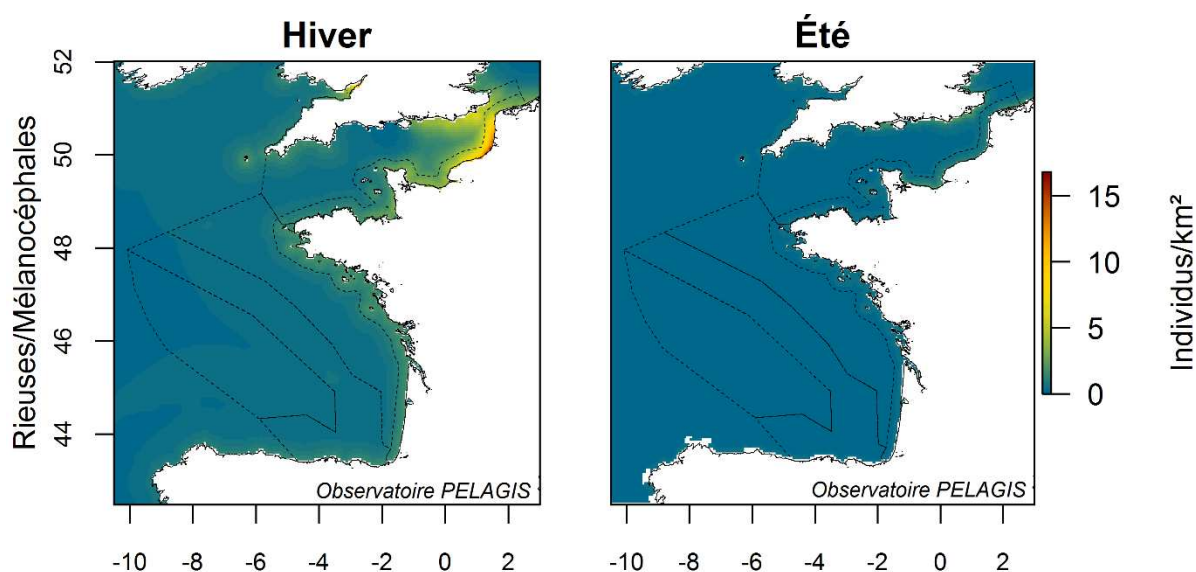


Figure 56 Habitats préférentiels prédits des mouettes rieuses et mélanocéphales en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

#### *Mouette Tridactyle*

En hiver, la mouette tridactyle présente une préférence claire pour les zones relativement dynamiques hydrologiquement, avec une altimétrie positive, mais thermiquement stables (Annexe 34A). L'espèce montre aussi une relation négative avec la température de surface, dénotant une préférence, bien que moins marquée, pour les eaux fraîches. Les mouettes tridactyles se trouvent ainsi principalement sur le plateau continental, mais évitent les zones qui sont soit trop dynamiques (SSH SD fort), comme au nord de la Bretagne et dans le canal de Bristol, soit trop peu (SSH SD nul)

comme à l'ouest de l'île de Wight. En revanche, les mouettes tridactyles sont présentes en fortes densités en Manche est, et dans l'estuaire de la Tamise (Figure 57).

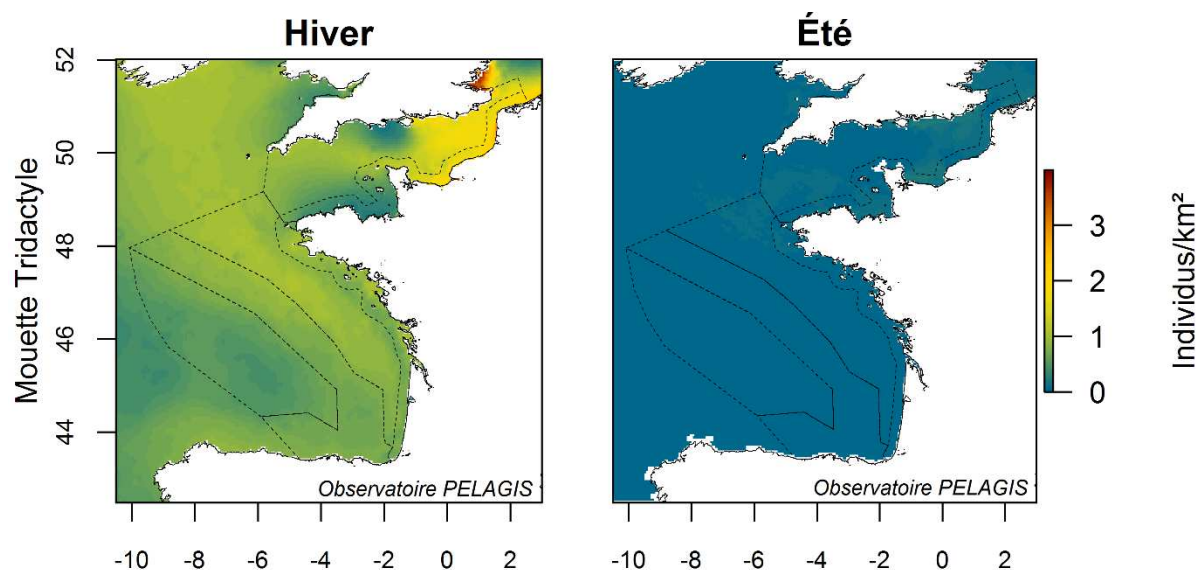


Figure 57 Habitats préférentiels prédits de la mouette tridactyle en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

En été, l'espèce montre des relations presque bimodales avec l'altimétrie et la température de surface, les deux paramètres les plus importants pour cette saison. Lorsque l'on regarde la distribution des observations, on retrouve cette « bimodalité », avec une séparation entre les observations situées sur le plateau continental et celles, moins nombreuses, en zone océanique. Ainsi, les relations mises en évidence montrent une préférence d'une part pour des altimétries positives et des températures plutôt fraîches (13-14°C) correspondant aux conditions retrouvées en Manche est principalement, où on retrouve les plus fortes densités de mouettes. De l'autre côté, les relations montrent une préférence pour des altimétries négatives et des eaux plus chaudes (supérieures à 17°C) correspondant à la zone océanique du golfe de Gascogne. En Manche, l'espèce semble toutefois éviter les zones où le courant de marée est trop puissant, comme le nord de la Bretagne et le Cotentin, mais préférer les zones où les gradients de températures sont importants, surtout en Manche, résultant en de fortes densités près des côtes anglaises entre l'île de Wight et le détroit du Pas-de-Calais, et les côtes normandes. Pour cette espèce, les CVs sont faibles pour les deux saisons (Annexe 34B).

#### *Grands goélands gris*

Tout comme les mouettes rieuses et mélanocéphales, la distribution des grands goélands gris ne varie pas d'une saison à l'autre (Figure 58). En hiver, leur distribution s'explique principalement par la distance aux côtes sableuses, avec une préférence pour les zones côtières où les courants maximums mensuels sont faibles, la température plutôt fraîche et stable (Annexe 35A). En été, les goélands gris restent davantage liés aux côtes rocheuses (lien direct avec les colonies), associées à des courants maximums mensuels faibles, des masses d'eau dynamiques mais une altimétrie moyenne nulle. Ainsi, ils évitent le nord de la Bretagne, l'ouest de l'île de Wight et les côtes aquitaines.

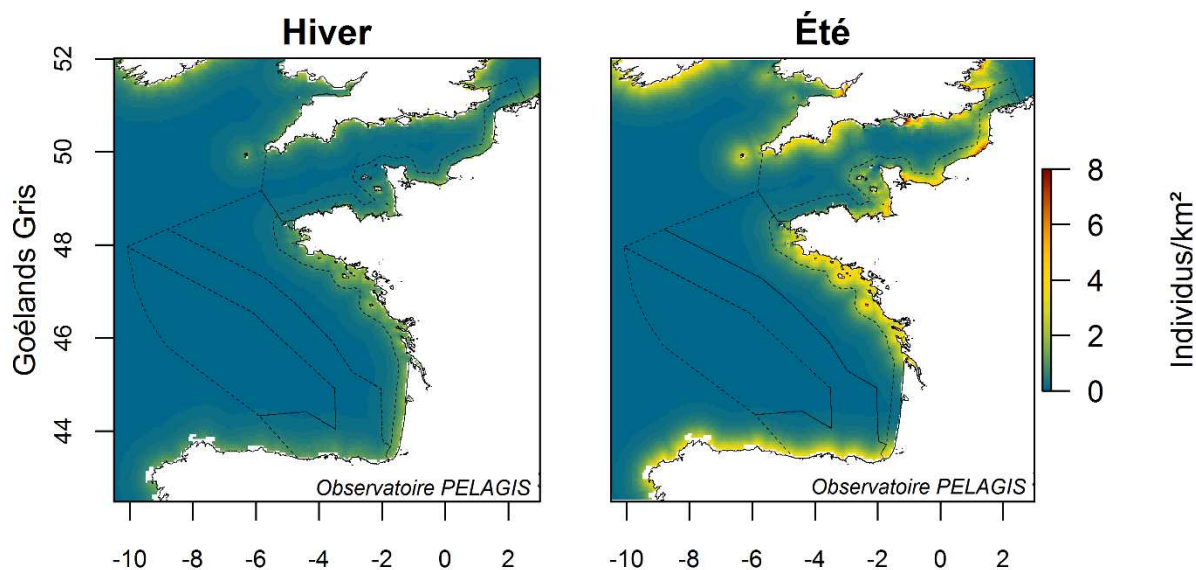


Figure 58 Habitats préférentiels prédits des grands goélands gris en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

Les CVs associés sont faibles pour les deux saisons, ne dépassant pas les 5% et sont très faibles dans les zones où l'espèce est prédite abondante (Annexe 35B). La sélection de la distance à la côte rocheuse comme facteur principal en été, et non celle de la distance à la colonie, peut s'expliquer par l'abondance des colonies tout le long de ces côtes, les deux paramètres devenant similaires. De plus, il est possible que le recensement des colonies de goélands gris ne soit pas exhaustif, rendant ainsi notre paramètre moins explicatif que la distance à la côte rocheuse. Au contraire, en été, les goélands gris utilisent les bancs de sable et les plages comme reposoirs, d'où un fort lien avec les côtes sableuses.

#### Grands goélands noirs

Les grands goélands noirs montrent une distribution relativement similaire à celles des grands goélands gris avec les mêmes paramètres environnementaux principaux (Figure 59). En hiver, la distribution des goélands noirs s'explique majoritairement par la distance à la côte sableuse. L'effet de cette dernière est ensuite contrasté par une préférence pour les eaux aux alentours de 12°C, les altimétries positives et les masses d'eau dynamiques (Annexe 36A). On retrouve donc les goélands noirs en fortes densités en Manche est, notamment sur la côte d'Opale et à l'ouest de Douvres, donnant une distribution proche de celle des mouettes rieuses et mélanocéphales. En été, le modèle est similaire à celui des goélands gris, avec la distance à la côte rocheuse comme paramètre principal, probablement pour les mêmes raisons. La distribution est ensuite modulée par une préférence pour les courants maximums mensuels relativement faibles, les masses d'eau stables et une altimétrie nulle, avec des relations similaires à celles obtenues pour les goélands gris (pour les courants et l'altimétrie). La distribution résultante est donc proche de celle des goélands gris, avec des densités relativement homogènes tout le long du littoral, excepté sur les côtes aquitaines où le groupe est presque absent. Les CVs associés aux prédictions sont plus élevés que pour les goélands gris, mais

restent toutefois très modérés puisqu'ils ne dépassent pas les 11% (Figure 36B). Encore une fois, les CVs les plus faibles sont associés aux fortes densités prédites.

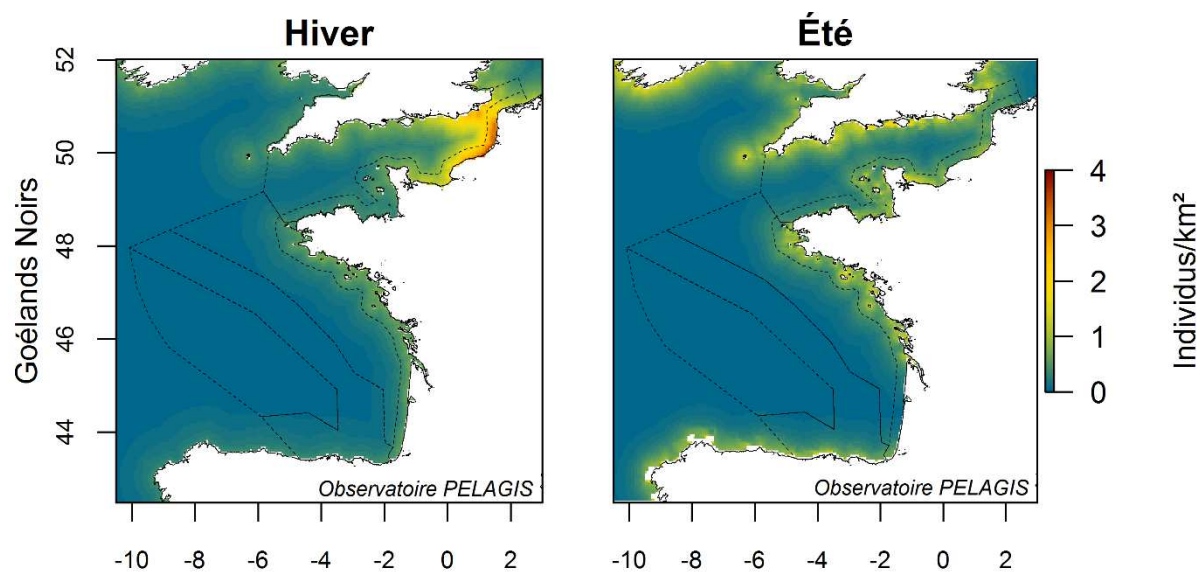


Figure 59 Habitats préférés prédits des grands goélands noirs en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

#### g) Alcidés

Tout comme pour les fous de Bassan, la distribution des alcidés est très différente en été et en hiver (Figure 60). En hiver, elle est déterminée par les mêmes paramètres environnementaux que les fous, avec une nette préférence pour les eaux peu profondes (Annexe 37A). En revanche, ils sont quasiment absents du sud du golfe de Gascogne car ils montrent une très claire préférence pour les eaux fraîches, avec un optimum à 9-10°C. On les retrouve en grand nombre en Manche est, associés à des zones dynamiques à court terme, mais ils évitent toutefois les zones où les courants de marées sont trop importants et l'altimétrie négative, comme en Manche ouest et à la pointe du Cotentin. En été, la distribution est en grande partie déterminée par la profondeur, puis par la distance aux colonies. Au-delà de 200 km des colonies, les densités d'alcidés chutent drastiquement. À l'intérieur de ces 200 km, ils fréquentent préférentiellement les eaux stables, thermiquement et dynamiquement, à l'échelle mensuelle (variance de la température et écart-type de l'altimétrie réduits). Il semble ainsi qu'en hiver ils recherchent les zones les plus dynamiques, tandis qu'en été ils recherchent les zones stables à moyen terme, où ils pourront assurer l'approvisionnement des poussins de façon prévisible. La relation aux colonies montre un « rebond » vers 350 km, peut-être dû à la présence de non reproducteurs. Les CVs sont globalement réduits, avec les plus forts CVs dans les zones où l'espèce absente (Annexe 37B).

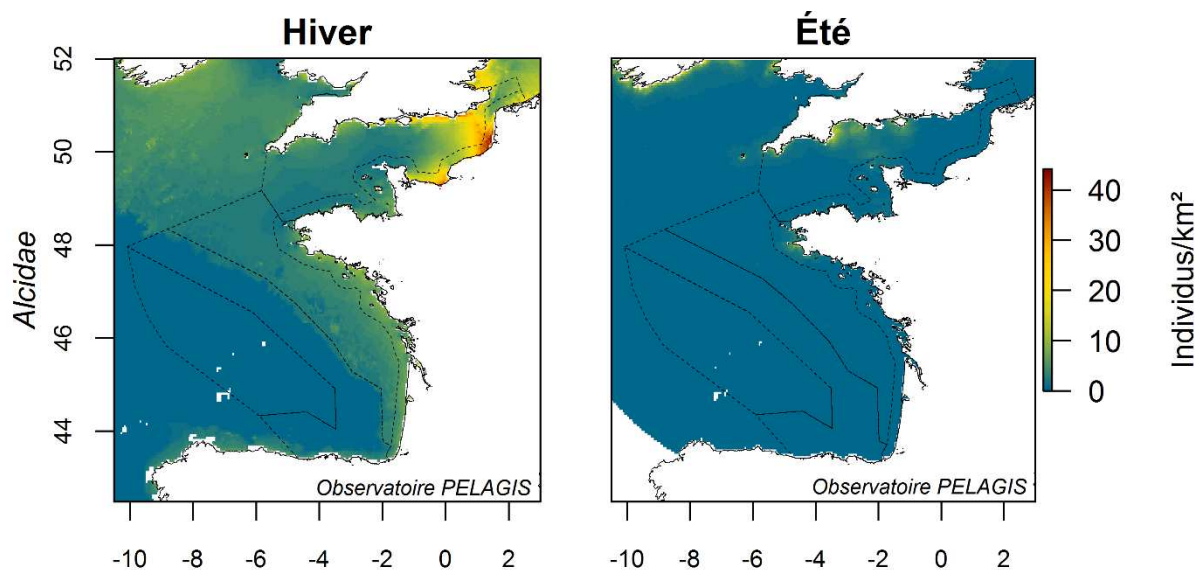


Figure 60 Habitats préférentiels prédits des alcidés en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Atlantique.

#### h) Anatidés

Les macreuses ne sont présentes en nombre suffisant pour effectuer une modélisation d'habitat qu'en hiver, nous n'avons donc pas de modèle pour l'été. En hiver, les macreuses seraient situées dans la baie du Mont Saint Michel et baie de Douarnenez, et tout le long du littoral du sud Morbihan aux pertuis charentais (Figure 61). Cette distribution s'explique principalement par une préférence pour les zones proches de côtes sableuses, associées à un fort marnage mais sans courants de marées extrêmes (Annexe 38A). Cette distribution ultra-côtière est fiable, puisque les CVs associés sont très faibles (Annexe 38B).

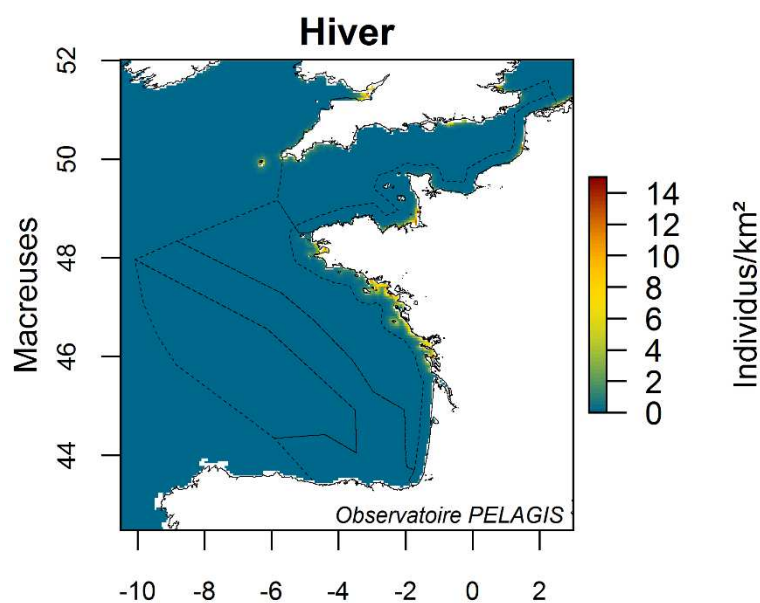


Figure 61 Habitats préférentiels prédits des macreuses en hiver en Atlantique.

#### i) Gaviidés

Les plongeurs sont absents de notre zone d'étude en été. En hiver, seules trois observations ont été faites dans le golfe de Gascogne, c'est pourquoi nous avons choisi de restreindre la zone de modélisation à la Manche uniquement. En effet, en incluant à la fois le golfe de Gascogne et la

Manche dans le jeu de donnée, aucun modèle n'a pu être établi à cause du trop grand nombre de 0. La prédiction n'est donc faite que sur la Manche (Figure 62).

L'espèce est principalement prédite sur la côte d'Opale, en baie de Seine et dans le golfe normand-breton, mais également à l'ouest de Douvres et dans l'estuaire de la Tamise. Cette

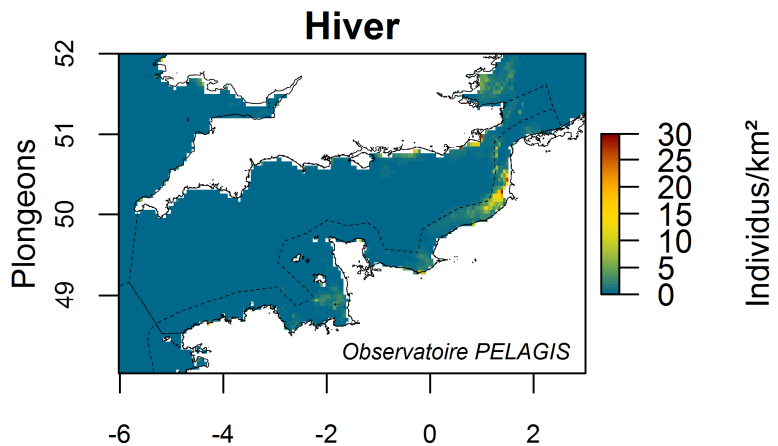


Figure 62 Habitats préférentiels prédits des plongeurs en hiver en Atlantique.

distribution est liée à une forte préférence pour les zones de très faible profondeur proches des côtes rocheuses, pour lesquelles l'altimétrie moyenne est positive et les courants peu importants (Annexe 39A). Les CVs sont moyens, allant jusqu'à 20% aux extrémités de la zone d'étude, mais ils restent faibles dans les secteurs où les plongeurs sont prédits en fortes densités (Annexe 39B).

## 2) Méditerranée Nord Occidentale

### a) Procellariidés

#### *Petits puffins*

Les petits puffins sont clairement côtiers (Figure 63). En hiver, ils montrent une préférence pour les zones situées à moins de 100 km des côtes, où la concentration en chlorophylle à l'échelle mensuelle est forte, mais qui sont hydrologiquement calmes (SSH SD réduit, Annexe 40A). La relation à la variance de la température est globalement négative, c'est-à-dire que ce groupe préfère les zones globalement stables thermiquement, comme le golfe du Lion. Le pic aux variances de 0,8 à 1 s'explique par le panache du Rhône, qui induit de fortes variances de température avec l'apport des eaux douces et des zones frontales productives, ce qui est à mettre en lien avec la préférence marquée pour les zones de concentration en chlorophylle. Les petits puffins se retrouvent ainsi principalement dans le golfe du Lion, notamment autour du panache du Rhône, mais également le long des côtes catalanes et dans le golfe de la Spezia, où les conditions sont similaires à l'embouchure du Rhône. En été, les petits puffins montrent une préférence pour les eaux peu profondes, les altimétries caractéristiques du courant liguro-provençal (-0,2 m), des variances de températures faibles et des gradients importants. Ces conditions conduisent à une distribution relativement proche de la distribution hivernale, mais avec des densités plus importantes aux Baléares, dans l'archipel de Toscane et en Sardaigne, où les espèces sont reproductrices. Le « rebond » autour des profondeurs de 2000 m correspond aux oiseaux observés autour des îles de Porquerolles et Hyères, où les profondeurs chutent très vite du fait de l'escarpement du talus, malgré la proximité des côtes. Les CVs sont répartis plutôt de manière homogène sur toute la zone, avec des valeurs globalement faibles (Annexe 40B).

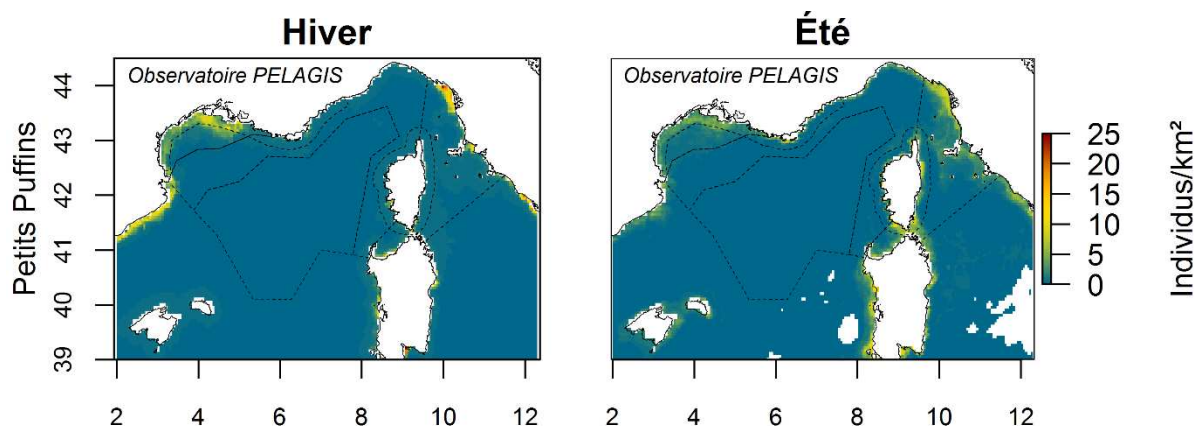


Figure 63 Habitats préférés prédits des petits puffins en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Méditerranée.

Il faut toutefois noter que les prédictions ne font pas ressortir les fortes densités observées autour des îles d'Hyères et de Porquerolles, qui sont des colonies bien connues. Il semble toutefois que les individus se reproduisant sur ces îles effectuent des voyages alimentaires vers le golfe du Lion et les côtes catalanes. Ainsi, les prédictions semblent cohérentes avec les résultats de télémétrie du programme PACOMM. Ce résultat semble indiquer que les modèles prédisent surtout les zones favorables en termes de prospection alimentaire, et non les localisations liées aux colonies.

#### Grands puffins

Présents en été, le puffin cendré montre un patron assez clair (Figure 64). Il préfère ainsi les eaux peu profondes, proches des colonies (moins de 100 km, Annexe 41A). L'espèce se concentre dans les zones de fortes productivités primaires et les eaux relativement chaudes (plus de 21°C). Ainsi, on le retrouve en fortes densités dans l'archipel de Toscane, sur la côte est de la Corse, autour de la Sardaigne,

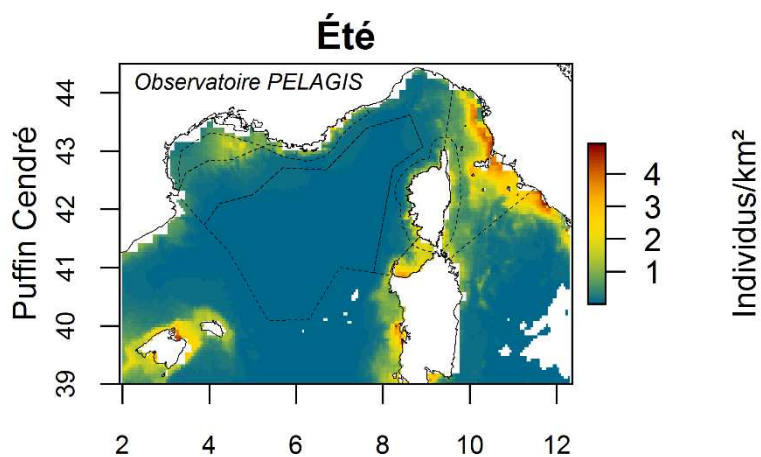


Figure 64 Habitats préférés prédits des grands puffins en été en Méditerranée.

sur le plateau des Baléares et au large de Marseille, où l'espèce trouve, proche des colonies, la productivité primaire la plus importante de la région grâce aux apports du Rhône. Là encore, les CVs sont faibles, ne dépassant pas les 1,6% (Annexe 41B).



### b) Hydrobatidés

Les océanites montrent une distribution bien différente des puffins, puisqu'ils sont présents principalement en zone océanique (Figure 65). La seule zone côtière où on les rencontre est le golfe du Lion et la côte catalane. L'espèce montre une préférence marquée pour les zones où l'altimétrie est inférieure à -0,25 m, couplée à

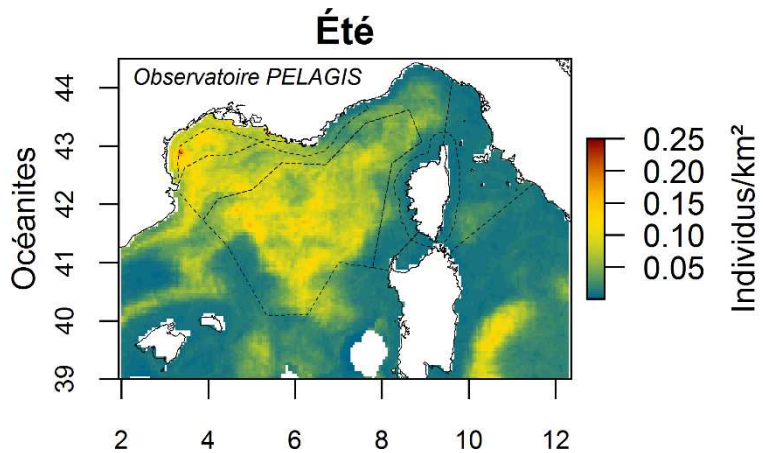


Figure 65 Habitats préférentiels prédits des océanites en été en Méditerranée.

une température relativement fraîche (moins de 22°C), des gradients peu marqués et un écart-type de l'altimétrie fort (Annexe 42A). On les retrouve donc peu au sud du front des Baléares et en mer tyrrhénienne. On peut noter que cette distribution ne semble pas vraiment coïncider avec la distribution des colonies, que l'on trouve dans les îles de Marseille, les Baléares, au sud de la Corse et en Sardaigne. La distance maximale observée de prospection alimentaire à partir des colonies est de 70 km (Thaxter et al., 2012), ce qui est trop peu pour expliquer les fortes abondances en zones océaniques. Cela pourrait donc indiquer que les individus non reproducteurs sont dominants dans nos observations. Les CVs associés aux prédictions sont réduits, et répartis de façon homogène sur toute la zone (Annexe 42B).

### c) Laridés

#### *Sternes*

Les sternes montrent une distribution côtière à la fois en hiver et en été (Figure 66), mais les facteurs explicatifs de ces distributions varient d'une saison à l'autre. En hiver, les sternes préfèrent les zones avec de faibles pentes, en eaux peu profondes assez dynamiques (Annexe 43A). Elles fréquentent ainsi les zones néritiques du golfe du Lion, toute la côte italienne à partir du golfe de La Spezia, l'archipel de Toscane, les côtes de la Sardaigne et des Baléares. En été, les sternes préfèrent les zones proches des côtes sableuses (dans les 100 km maximum), avec à l'intérieur de ces zones une préférence pour les eaux dynamiques et productives. Ainsi, les sternes sont présentes sur tout le littoral en faibles densités, mais en densités bien plus importantes dans l'est du golfe du Lion, particulièrement autour du panache du Rhône. Les CVs associés sont moyens en hiver, mais plus importants en été dans les zones au large (Annexe 43B). Toutefois, dans les zones côtières, les CVs sont systématiquement faibles d'où une assez bonne fiabilité des prédictions dans ces zones.

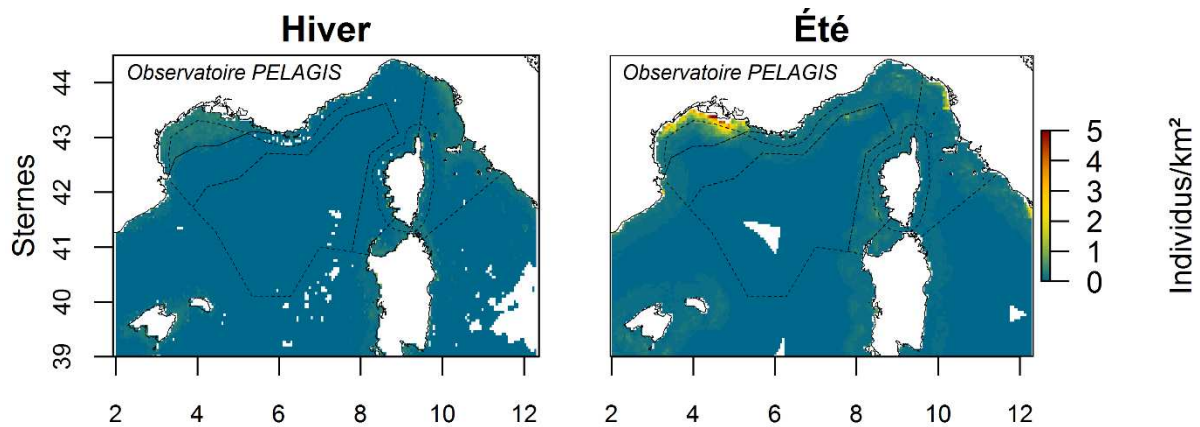


Figure 66 Habitats préférentiels prédits des sternes en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Méditerranée.

#### *Mouettes rieuses et mélanocéphales*

La distribution des mouettes rieuses et mélanocéphales est différente entre les deux saisons, avec des densités bien supérieures en hiver qu'en été (Figure 67). En hiver, ces mouettes montrent une préférence pour les zones peu dynamiques à l'échelle hebdomadaire, proches des côtes sableuses (Annexe 44A), c'est pourquoi on les retrouve en fortes densités proche des côtes, et de façon plus diffuse dans les 100 km autour des côtes. En été, les mouettes se distribuent dans les 50 km autour des côtes sableuses, préférentiellement dans les zones chaudes (22°C), avec des gradients de température et une productivité moyens. A cette saison, les mouettes rieuses et mélanocéphales sont principalement prédites sur les côtes du golfe du Lion, les côtes italiennes (du golfe de la Spezia et au sud de la Toscane) et sur les côtes catalanes. Les CVs associés à ces prédictions sont faibles pour les deux saisons (Annexe 44B), avec une répartition plutôt homogène sur toute la région.

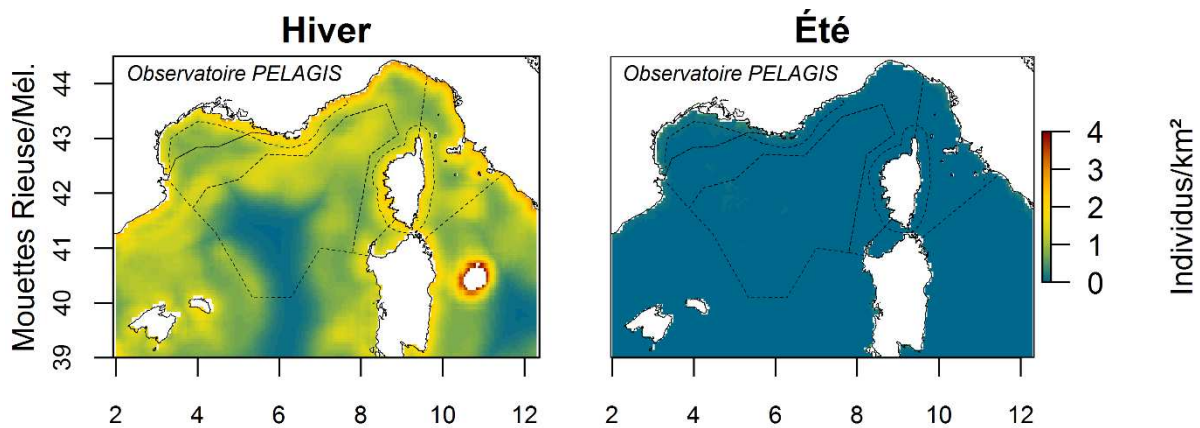


Figure 67 Habitats préférentiels prédits des mouettes rieuses et mélanocéphales en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Méditerranée.

#### *Grands goélands gris*

Les grands goélands gris, en Méditerranée, est le seul groupe pour lequel les paramètres écologiques à l'origine de leur distribution ne changent pas d'une saison à l'autre (Figure 68, Annexe 45A). Ils se distribuent ainsi principalement en fonction de la profondeur, qu'ils préfèrent faible. En hiver, les fortes densités de goélands sont également liées à des altimétries faibles, des températures fraîches

et des masses d'eau stables. En été, elles sont liées à des températures fraîches (autour de 17°C), des altimétries assez importantes et des masses d'eau plutôt dynamiques. Ainsi, les goélands gris se trouvent sur toutes les zones néritiques. Les plus fortes densités sont prédites, en hiver, dans le golfe du Lion, particulièrement autour du panache du Rhône, et dans le golfe de la Spezia, ainsi que dans l'archipel toscan. En été, ces fortes densités se trouvent dans le l'est du golfe du Lion (Rhône), et sur le littoral de Provence. Les CVs sont globalement réduits sur toute la zone pour les deux saisons (Annexe 45B).

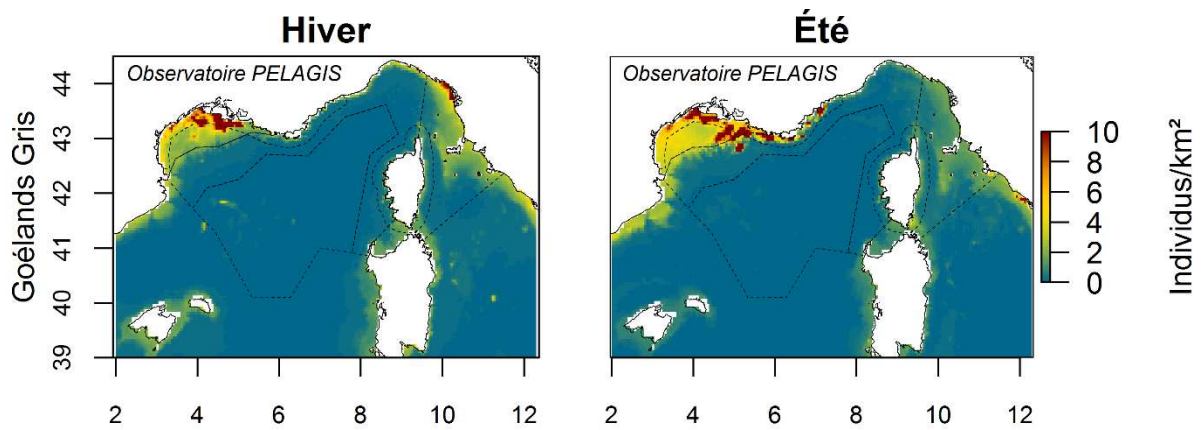


Figure 68 Habitats préférentiels prédits des grands goélands gris en hiver (à gauche), et en été (à droite) en Méditerranée.

### III) Evaluation des Aires Marines Protégées par extraction des densités prédites

---

L'évaluation de la responsabilité ou de la pertinence de chaque aire marine protégée (AMP) en termes d'enjeu de conservation en mer des espèces marines a été faite à partir des prédictions de modèles d'habitats. Les lignes directrices de désignation de sites Natura 2000 en mer définies par le MNHN stipulent qu'un site est pertinent dès lors qu'il abrite au « minimum 1% d'une population nicheuse ou présente dans les eaux sous juridictions françaises » à au moins un moment du cycle de l'espèce concernée. Ce seuil est également utilisé classiquement en ornithologie pour qualifier un site « d'important au niveau national » (Convention de Ramsar). Afin d'évaluer les sites existants, nous avons donc établi une méthodologie, *expérimentale*, permettant d'estimer la proportion de la population totale présente dans les eaux françaises (deux régions marines confondues) incluse dans chaque aire marine protégée existante : les Zones de Protection Spéciale (Directive Oiseaux), les Sites d'Importance Communautaire (Directive Habitat Faune Flore), les Parcs Naturels Marins (PNM), les parties marines des Parcs Nationaux et les Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM), ainsi que dans les grands secteurs identifiés par le MNHN pour la désignation ultérieure de sites Natura 2000 au large (Annexe 46). Les tableaux complets présentant l'ensemble des résultats pour chaque site seront disponibles sur le portail de l'AAMP (<http://cartographie.aires-marines.fr/?q=node/45>). **Il est utile de rappeler que ces résultats ne reflètent que la distribution modélisée en mer et ne présument pas des autres paramètres biologiques (sites de nidification, aires de repos, phénologie de la reproduction et des déplacements migratoires) qui peuvent façonner la distribution réelle des espèces à toute période de l'année.**

#### A) Cétacés

Les cartes représentant les proportions de populations des différents groupes de cétacés présentes dans les AMPs ne sont pas toutes présentées dans ce rapport mais sont téléchargeables sur le portail de l'Agence des Aires Marines Protégées (<http://cartographie.aires-marines.fr/?q=node/45>).

Les zones de protection actuelles ne sont globalement pas adaptées à la conservation des cétacés. Seulement 10 SIC ont au moins une espèce pour laquelle le seuil de 1% est atteint pour au moins une saison. Cinq des SIC concernées sont importants pour le marsouin commun (bancs des Flandres, Ridens et dunes hydrauliques du détroit du Pas-de-Calais, récifs Gris-Nez Blanc-Nez, baie de Seine occidentale, pertuis charentais) incluant notamment les zones Natura 2000 de la Manche en hiver (Figure 69). Les cinq autres SIC sont situées en Méditerranée, autour de la Corse où elles sont favorables pour le grand dauphin (plateau du cap Corse, cap Rossu, Scandola, pointe de la Revellata, canyon de Calvi, bouches de Bonifacio - îles des moines, golfe d'Ajaccio, Porto / Scandola / Revellata / Calvi / Calanches de Piana ; Figure 70). Il faut noter que ces sites sont également pertinents pour les globicéphalins même s'ils n'ont pas été désignés pour ces espèces qui n'appartiennent pas à l'annexe II de la Directive Habitats.

Nous avons également réalisés des extractions pour les ZPS pour voir si certains sites présentent également un intérêt pour le grand dauphin ou le marsouin commun. Parmi ces sites, la Tête de canyon du Cap Ferret, le littoral seino-marin et les Pertuis Charentais-Rochelais (partiellement désignés en SIC) se distinguent des autres avec plus de 2% de la population présente dans les eaux nationales pour au moins une saison. Ce résultat met en exergue l'importance de la surface des zones protégées pour la conservation des espèces marines mobiles comme les cétacés, ces trois zones sont parmi les plus grandes aires protégées avec une extension importante vers le large. On peut noter que la zone du Littoral Seino-Marin désignée uniquement pour les oiseaux constitue le site le plus intéressant pour le marsouin en hiver (11% de la population) bien qu'il ne soit désigné que pour les oiseaux. De même, la ZPS Tête de canyon du Cap Ferret constituerait avec les autres grands secteurs du talus (3, 4 et 5) les sites les plus intéressants en Atlantique pour le grand dauphin en hiver.

Les parcs naturels marins (PNM), notamment de par leur superficie, sont intéressants pour les cétacés. Ainsi, le golfe du Lion est favorable au grand dauphin l'été, aux globicéphalinés l'hiver. En Iroise, le PNM d'Iroise est important pour le marsouin commun en été où l'on retrouve 3,1% de la population nationale, et pour les petits delphininés en hiver (1%). Le PNM des Estuaires Picards et de la Mer d'Opale est intéressant pour le marsouin, avec 4,9% de la population nationale en hiver. Les parcs nationaux quant à eux représentent un enjeu pour les grands dauphins à Port-Cros dans son ensemble en été, pour les globicéphalinés dans le parc des Calanques dans son ensemble en hiver. En ce qui concerne PELAGOS, le sanctuaire est très important pour le dauphin bleu et blanc, le grand dauphin, les globicéphalinés et le rorqual commun, en été et en hiver.

Les grands secteurs Natura 2000 au large ont été proposés spécifiquement pour la protection des espèces annexées d'oiseaux et de mammifères marins au large. Pour les cétacés, cela correspond au grand dauphin et au marsouin commun. Nos résultats indiquent une bonne pertinence de leur localisation. Ainsi, en Atlantique, tous les grands secteurs contiennent au moins une espèce à plus de 1% (Annexe 47). Les secteurs 2, 3, 4 et 5 regroupent entre 1% et 17% des populations de ces deux espèces en été. Le secteur 1 est quant à lui très important pour le marsouin tandis que le secteur 6 l'est pour le grand dauphin. En hiver, le marsouin commun est quasi-absent de l'ensemble des grands secteurs. Le grand dauphin est en revanche bien présent sur les secteurs 3 à 7 du golfe de Gascogne. Notons que ces grands secteurs sont également importants pour d'autres espèces non annexées comme le dauphin commun (15% de la population hivernale dans le secteur 3) et les globicéphalinés (19% de la population estivale dans le secteur 5). En Méditerranée, les 3 secteurs sont également importants pour le grand dauphin mais aussi pour d'autres espèces non annexées. C'est le cas, notamment du secteur 9 pour lequel les autres espèces de cétacés (dauphin bleu et blanc, globicéphalinés, rorqual commun) ont avec des ratios supérieurs à 1% (jusqu'à 37,6% des rorquals communs en été). Les secteurs 8 et 9 en Méditerranée et 3 et 5 en Atlantique sont les plus importants en termes de proportion de populations protégées. La grande taille de ces secteurs est à l'origine de leur valeur pour la conservation des cétacés, qu'ils perdraient inévitablement s'ils devaient être réduits dans de grandes proportions au cours du processus de désignation ultérieur.

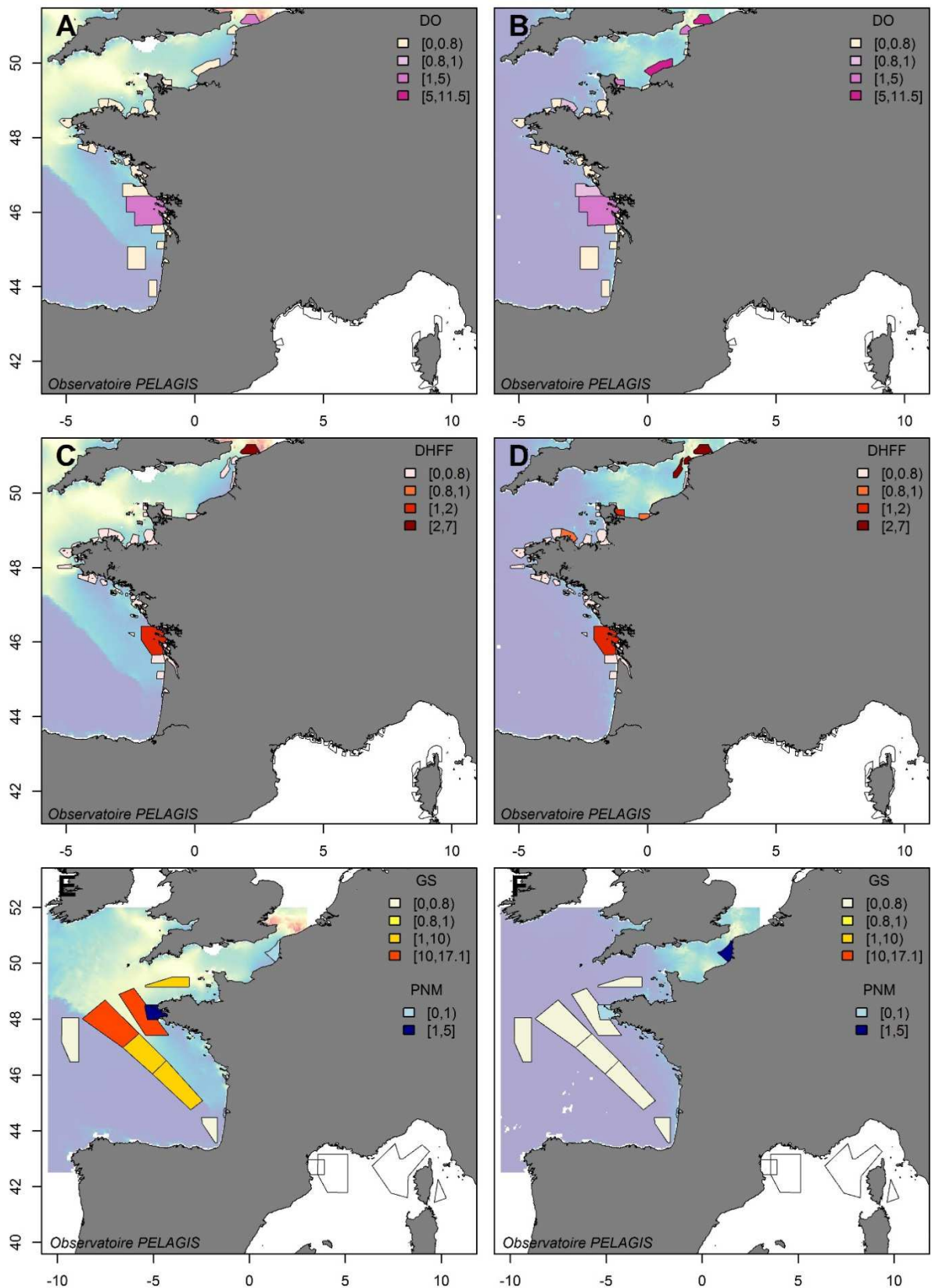


Figure 69 Proportions de la population de marsouin commun des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A-B : réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en été (gauche) et hiver (droite) ; C-D : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en été et hiver (gauche et droite) ; E-F : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en été et hiver (gauche et droite). En fond est représentée la distribution prédite du marsouin commun.

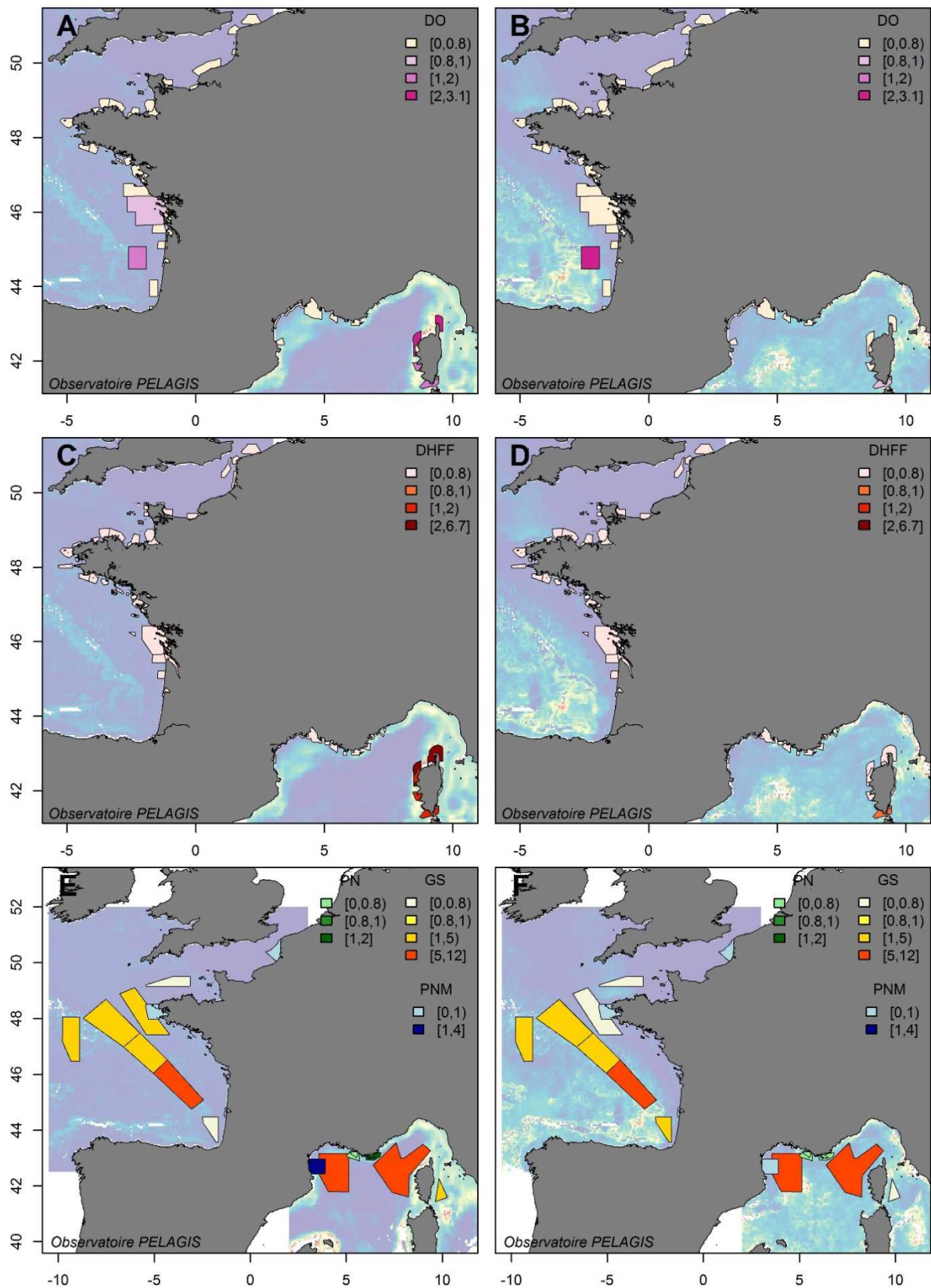


Figure 70 Proportions de la population de grand dauphin des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A-B : réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en été et hiver (gauche et droite) ; C-D : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en été et hiver (gauche et droite) ; E-F : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en été et hiver (gauche et droite). En fond est représentée la distribution prédite du grand dauphin.

## B) Oiseaux marins

Les cartes représentant les proportions de populations des différents groupes d'oiseaux marins présentes dans les AMPs ne sont pas toutes présentées dans ce rapport mais sont téléchargeables sur le portail de l'Agence des Aires Marines Protégées (<http://cartographie.aires-marines.fr/?q=node/45>).

### 1) Atlantique

Les sites protégés selon la Directive Oiseaux sont pour la majorité pertinents au titre de la distribution modélisée en mer pour au moins un des groupes étudiés (Figure 71 à Figure 78). Vingt-cinq ZPS sont ainsi concernées en Manche et dans le golfe de Gascogne. Toutefois, les sites pertinents sont principalement concernés par des espèces dont la distribution est assez côtière, et notamment les cormorans ou les goélands. Le réseau est également intéressant pour la protection des macreuses, avec 10 sites pertinents, ainsi que pour les plongeurs, avec 6 des 19 sites où le groupe est présent. Les espèces plus hauturières sont moins concernées par le réseau avec 7 sites pour les fous de Bassan, 10 pour les alcidés, 3 pour les fulmars boréaux, 4 pour les petits puffins, 5 pour les grands labbes, 2 pour les océanites et 6 pour les mouettes tridactyles. En particulier, le réseau est totalement inadapté pour les grands puffins, pour lesquels aucun site ne contient plus de 1% de leurs populations nationales. Le site le plus important, regroupant le plus d'espèces, est celui des Pertuis Charentais-Rochelais, avec 13 espèces à plus de 1% à au moins une saison (9 à plus de 1% pour les deux saisons). Seuls les grands puffins n'y sont pas présents en proportion suffisante. Comme pour les cétacés, c'est ici la grande dimension de ce site qui lui permet d'atteindre le seuil de pertinence pour la conservation en mer de tant d'espèces différentes.

Nous avons également réalisés des extractions pour les sites désignés au titre de la directive habitats pour voir si parmi eux certains sites présentent également un intérêt pour les oiseaux marins. Six sites désignés au titre de la directive habitat (et non désignés au titre de la directive oiseaux, ou partiellement désignés) sont très importants (plus de 2%) pour au moins une espèce. Il s'agit des sites de la baie de Canche et couloir des trois estuaires, des récifs et landes de la Hague, des ridens et dunes hydrauliques du détroit du Pas-de-Calais, de la chaussée de Sein, de la baie de Seine orientale et des récifs et marais arrière-littoraux du cap Lévi à la pointe de Saire. Le site « ridens et dunes hydrauliques du détroit du Pas-de-Calais » présente un intérêt particulier car il couvre les alcidés, les fous de Bassan et les goélands marins en hiver qui sont moins bien couverts que les autres espèces.

Les Parcs Naturels Marins d'Iroise et de la mer d'Opale sont très intéressants pour toutes les espèces observées dans le cadres des survols, sauf les grands puffins, les océanites (et les petits puffins pour la mer d'opale). Avec plus de 50% des plongeurs en hiver le parc des estuaires Picards et de la mer d'opale a une responsabilité extrêmement forte. Seul le PNM d'Arcachon n'est pertinent pour la protection en mer d'aucune espèce, ce qui est à mettre en lien avec sa taille réduite comparée au deux autres Parcs.



Les grands secteurs sont particulièrement pertinents pour les espèces hauturières comparées aux espèces plus côtières (Annexe 48). En effet, toutes les espèces hauturières sont présentes à plus de 1% de leur population nationale (à au moins une saison) dans au moins un des secteurs proposés (Figure 71 à Figure 78). Les secteurs 2 à 5 sont les secteurs regroupant le plus grand nombre de groupe, avec 7 des 8 groupes hauturiers concernés. Le secteur 7 est le « moins pertinent », avec seulement 5 groupes ce qui est à mettre en relation avec sa taille plus limitée. De plus, les proportions de populations concernées par ces zones de protection à large échelle sont particulièrement remarquables, avec par exemple 11,9, 11,3 et 10,8 % de la population nationale estivale d'océanites inclus dans les secteurs 3, 4 et 5, respectivement. Etant donné la très faible responsabilité des sites Natura 2000 existants concernant ce groupe, ces résultats sont particulièrement encourageants quant à la création de ces zones de protection. Les proportions maximales obtenues se trouvent dans les secteurs 2 et 3, avec 12,5% de la population nationale de fulmars en été, 18,2% en hiver dans le secteur 3 et 12,5% de la population nationale estivale d'alcidés dans le secteur 2. De façon générale, la plupart des groupes ont des pourcentages bien supérieurs à 1% de leur population incluse dans ces grands secteurs. Notons que pour les grands puffins (qui font partie des groupes justifiant la désignation de site au large), l'extension vers le large des secteurs 3, 4, et 5 permettrait de mieux couvrir ces espèces.

## 2) Méditerranée Nord Occidentale

Sur la base des distributions modélisées, les sites protégés selon la Directive Oiseaux sont pour la majorité pertinents pour au moins un des groupes étudiés (Figure 71 à Figure 78). Onze ZPS sont ainsi concernées en Méditerranée. Les grands puffins, les océanites et les mouettes ne sont pas présents à plus de 1% dans aucune des ZPS. Au contraire, les petits puffins font l'objet d'une responsabilité importante pour tous les sites de Méditerranée, à l'exception du golfe de Porto, des îles Cerbicales, des îles Finocchiarola et de l'étang de Mauguio. Les grands goélands gris (goéland leucophaea) et les sternes font également partie des groupes à fortes responsabilités pour 4 ZPS chacun : La Côte Languedocienne, les îles de Marseille (goélands uniquement), la Camargue, les îles Sanguinaires et Golfe d'Ajaccio (mouettes uniquement) et les îles Lavezzi et Bouches de Bonifacio.

En Méditerranée, les sites de protection de la DHFF ne sont pertinents que pour les petits puffins, les goélands et les sternes, aucun des sites n'inclut plus de 1% des populations de grands puffins, d'océanites). Quatre sites désignés au titre de la Directive Habitat et non couverts (ou partiellement couverts) par une ZPS sont importants pour les petits puffins (plateau du cap Corse, côte bleue marine, grand herbier de la côte orientale corse et Agriates)

Le Parc Naturel Marin du Golfe du Lion contient plus d'1% des populations nationales de petits puffins, de goélands, de mouettes rieuses ou mélanocéphales et de sternes à au moins une saison de l'année, mais pas des grands puffins ni des océanites. Ces derniers ne sont également pas en proportions suffisantes dans les parcs nationaux pour justifier leur responsabilité, au contraire des petits puffins, des goélands et des sternes, ces dernières uniquement dans le parc des Calanques.

Tout comme pour la région atlantique, les grands secteurs montrent une forte responsabilité pour tous les groupes d'oiseaux étudiés, à plus forte raison pour les grands puffins et océanites pour lesquels le réseau existant est totalement inadapté (Figure 71 à Figure 78, Annexe 48). Le secteur 8 possède ainsi une responsabilité importante pour les six groupes d'espèces présents, le secteur 9 pour quatre groupes (petits puffins, océanites, mouettes et sternes), le secteur 10 seulement pour les petits puffins en hiver. Pour les grands et petits puffins, l'extension du secteur 8 vers la côte (jusqu'à la limite des 12 miles) permettrait de mieux couvrir ces espèces.

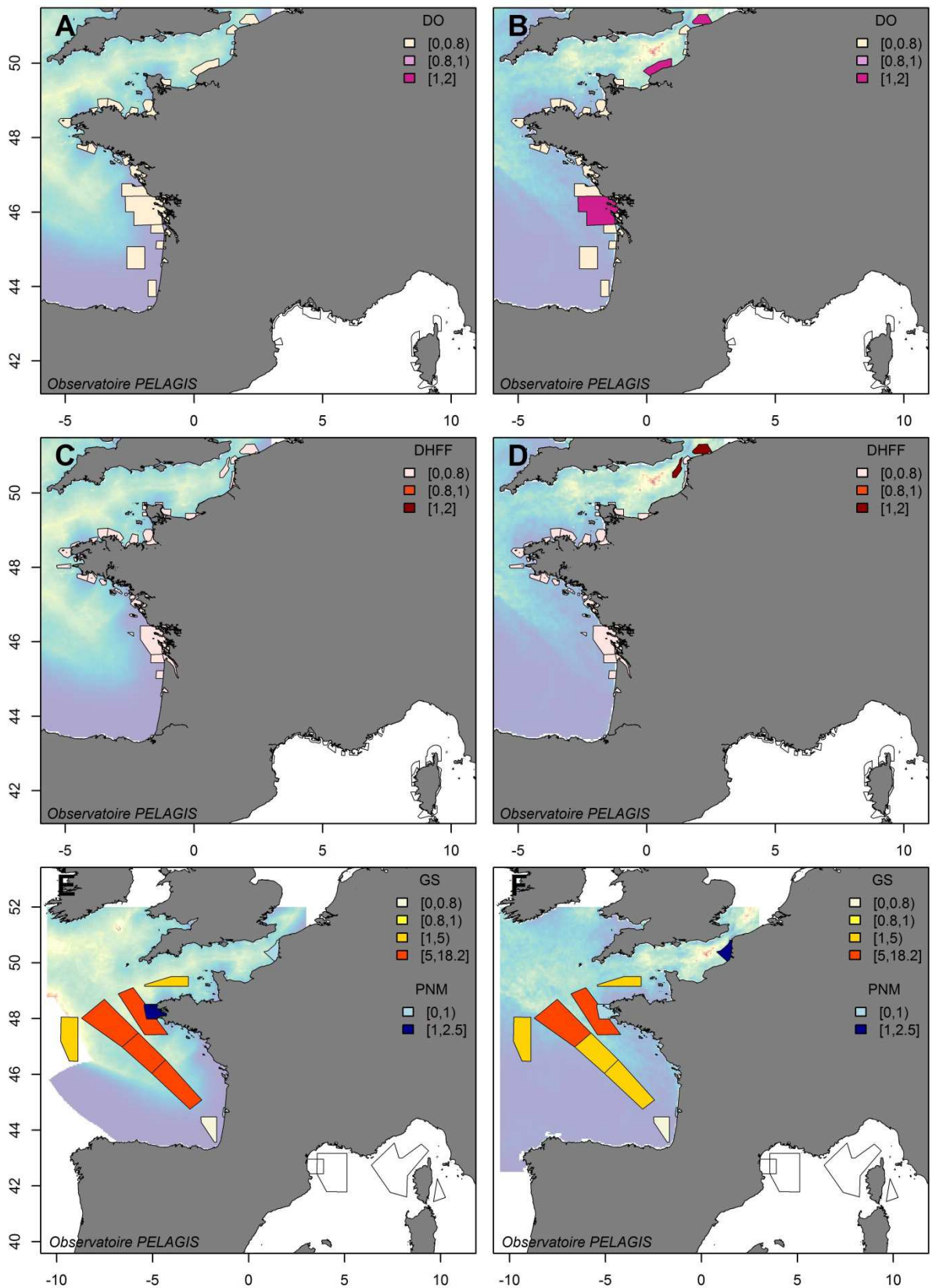


Figure 71 Proportions de la population de fulmar boréal des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A-B : réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en été (gauche) et hiver (droite) ; C-D : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en été et hiver (gauche et droite) ; E-F : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en été et hiver (gauche et droite). En fond est représentée la distribution prédite du fulmar boréal.

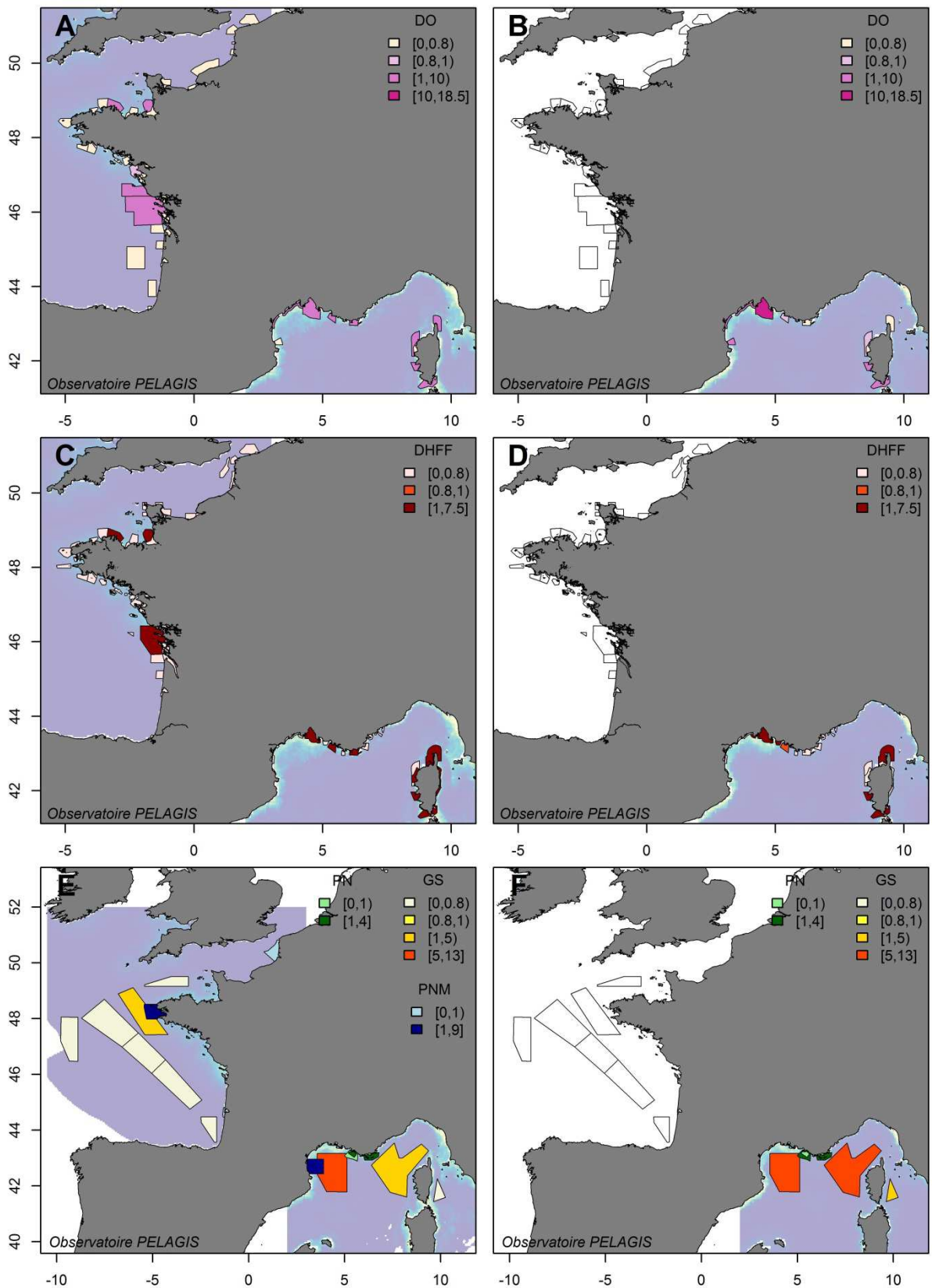


Figure 72 Proportions de la population de petits puffins des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A-B : réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en été (gauche) et hiver (droite) ; C-D : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en été et hiver (gauche et droite) ; E-F : Parc Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en été et hiver (gauche et droite). En fond est représentée la distribution prédite des petits puffins.

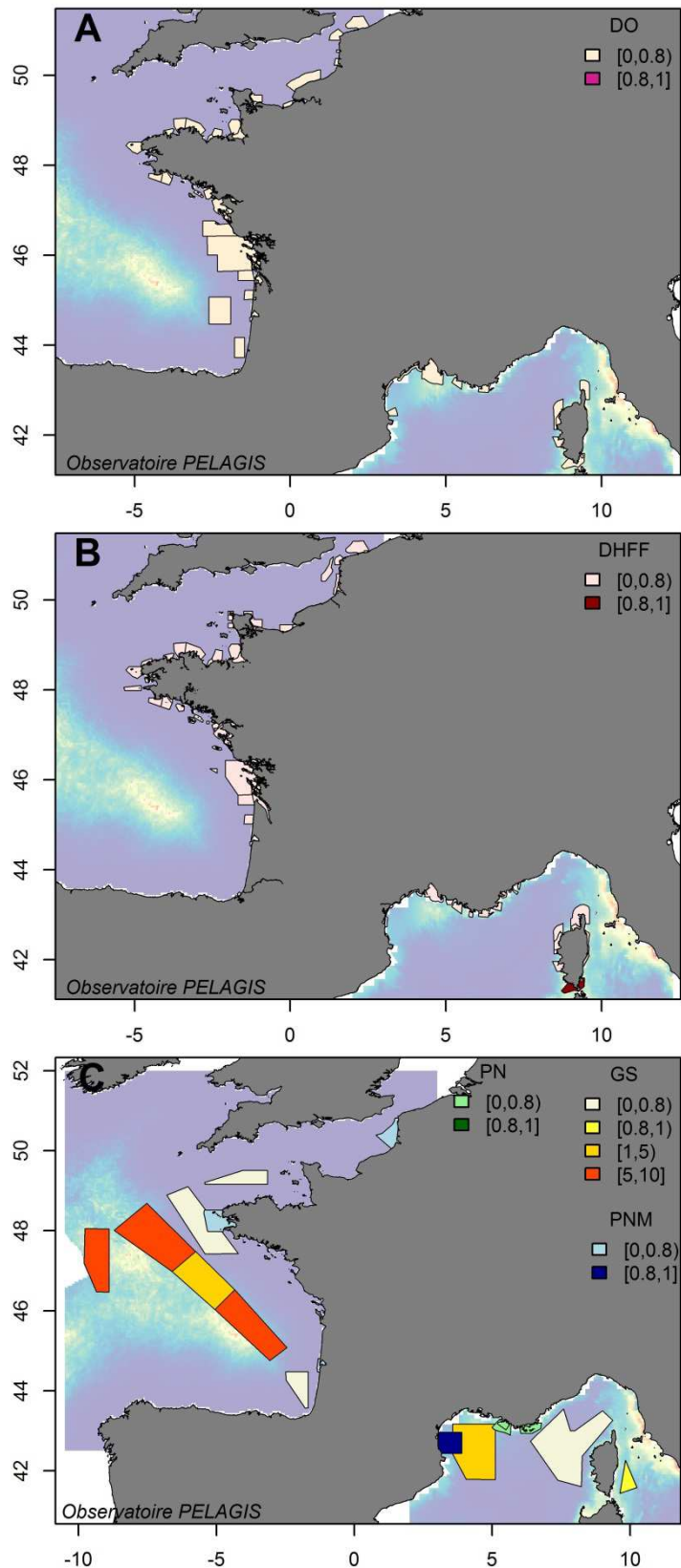


Figure 73 Proportions de la population de grands puffins des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A: réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en été ; B : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en été ; C : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en été. En fond est représentée la distribution prédite des grands puffins.

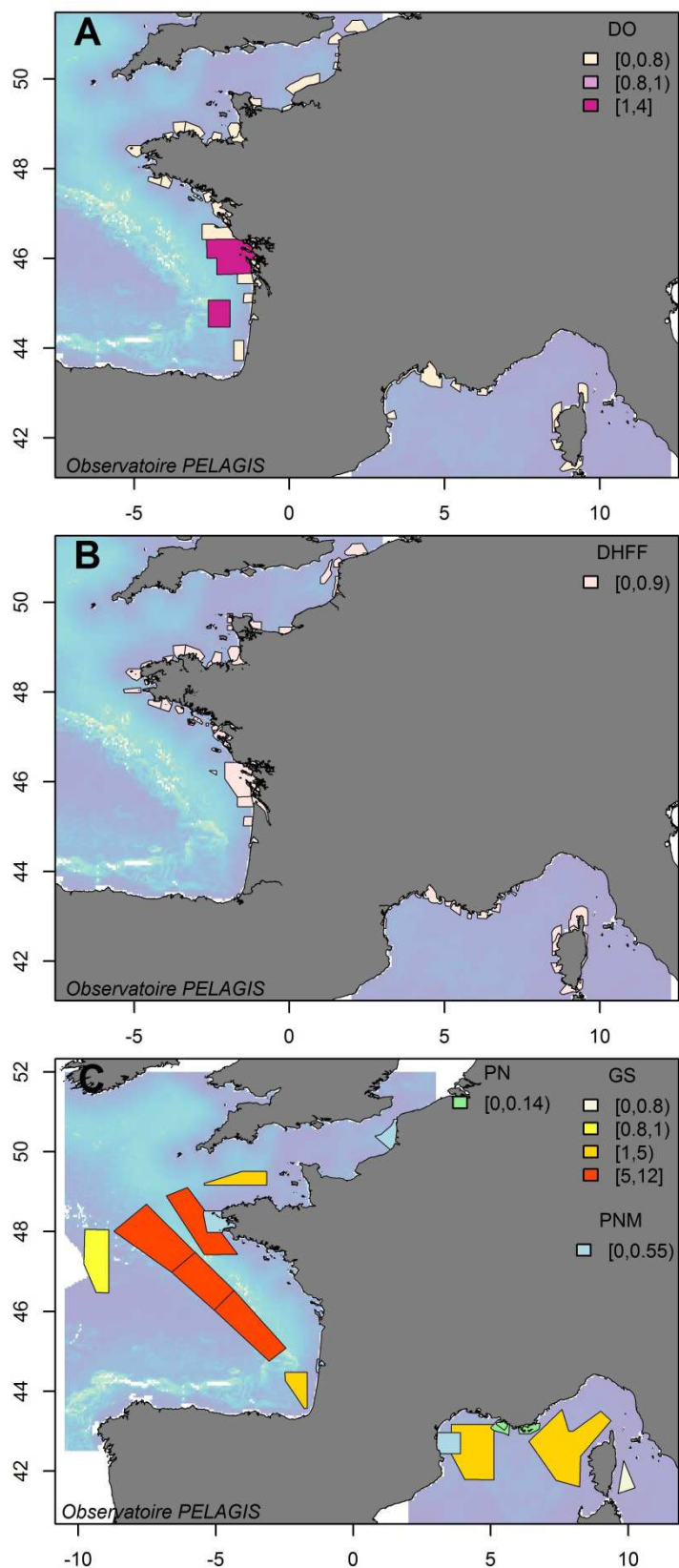


Figure 74 Proportions de la population d'océanites des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A : réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en été ; B : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en été ; C : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en été. En fond est représentée la distribution prédite des océanites.

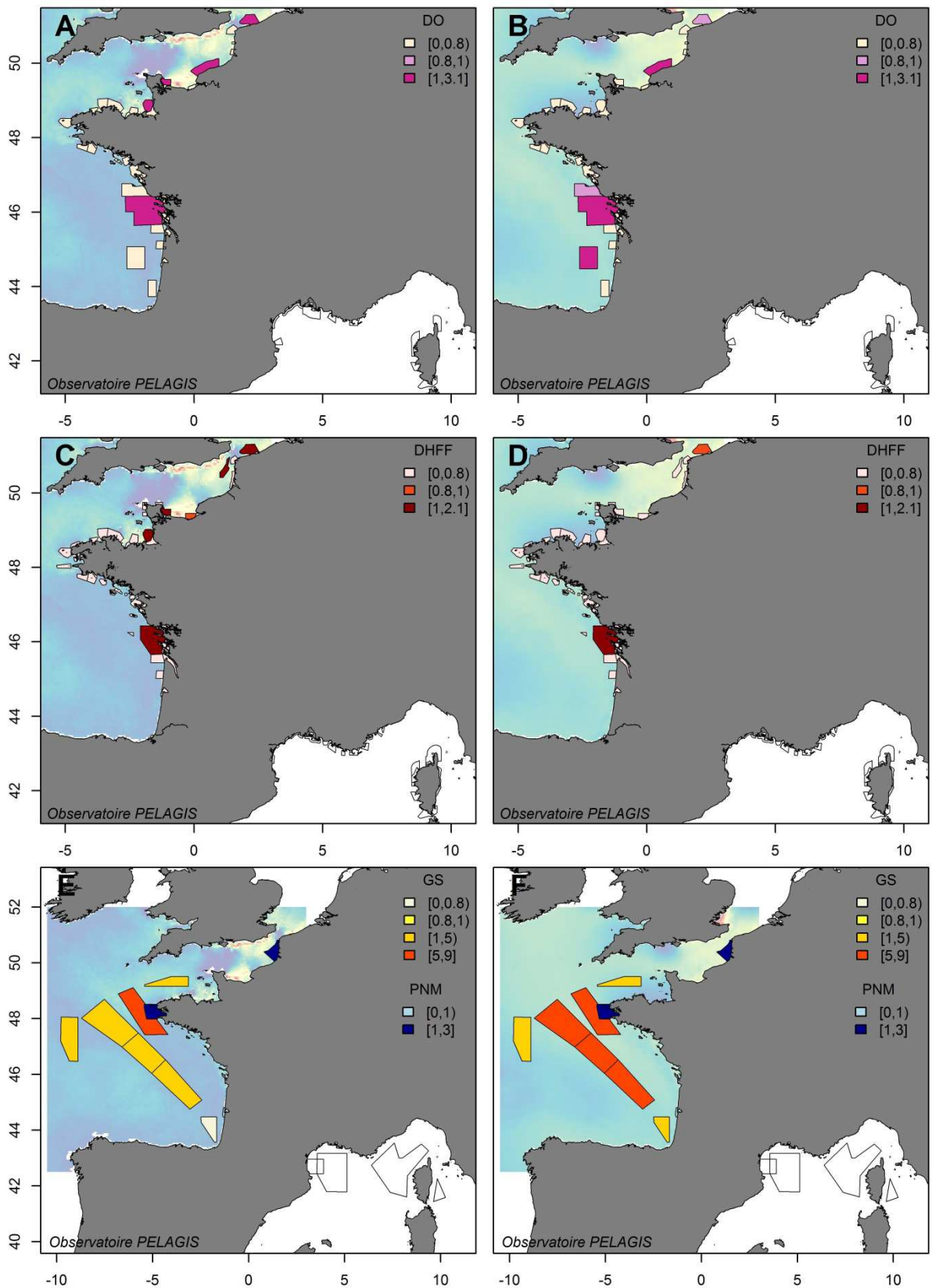


Figure 75 Proportions de la population de mouette tridactyle des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A-B : réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en été (gauche) et hiver (droite) ; C-D : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en été et hiver (gauche et droite) ; E-F : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en été et hiver (gauche et droite). En fond est représentée la distribution prédite de la mouette tridactyle.

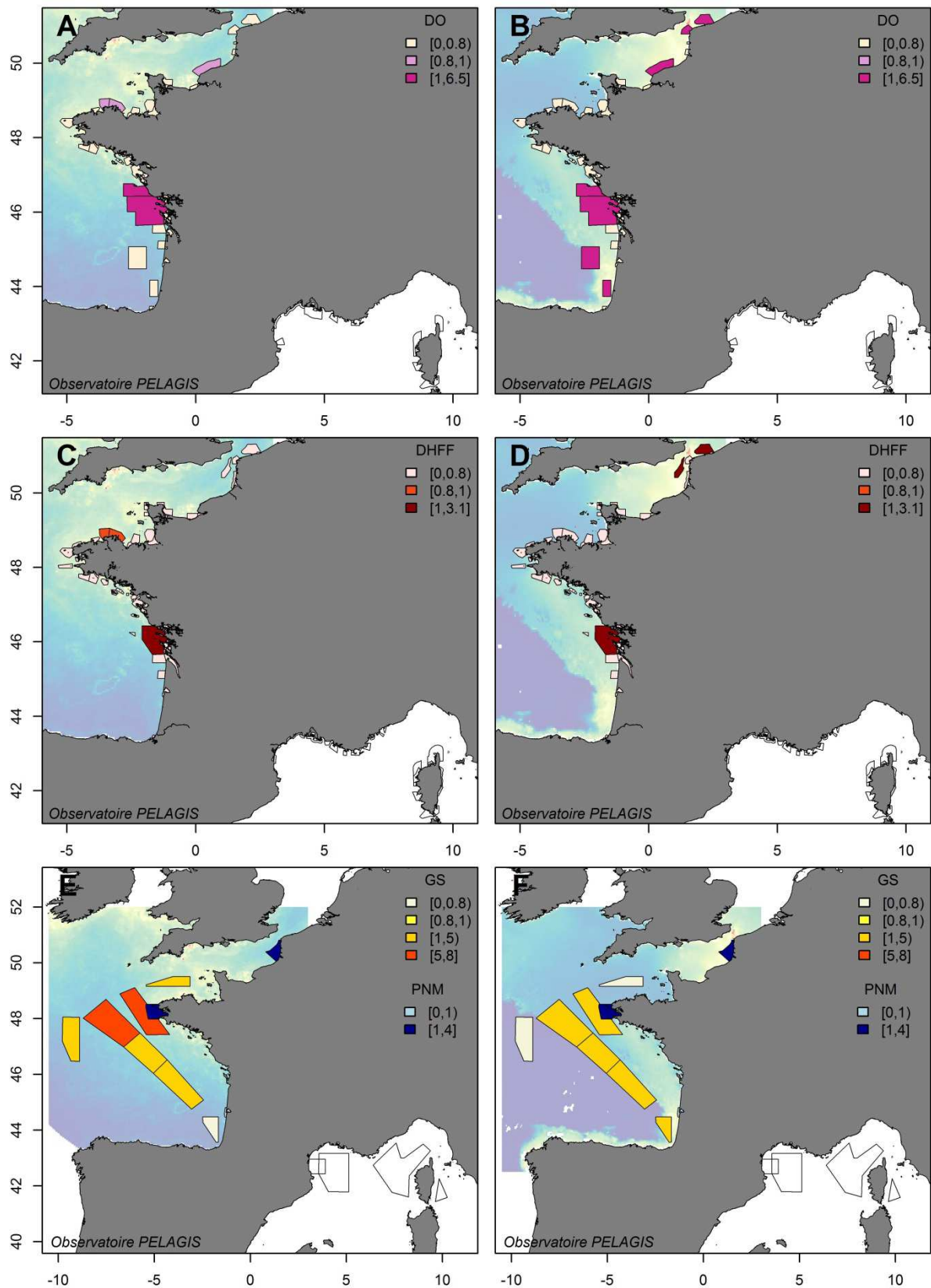


Figure 76 Proportions de la population de fou de Bassan des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A-B : réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en été (gauche) et hiver (droite) ; C-D : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en été et hiver (gauche et droite) ; E-F : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en été et hiver (gauche et droite). En fond est représentée la distribution prédite du fou de Bassan.



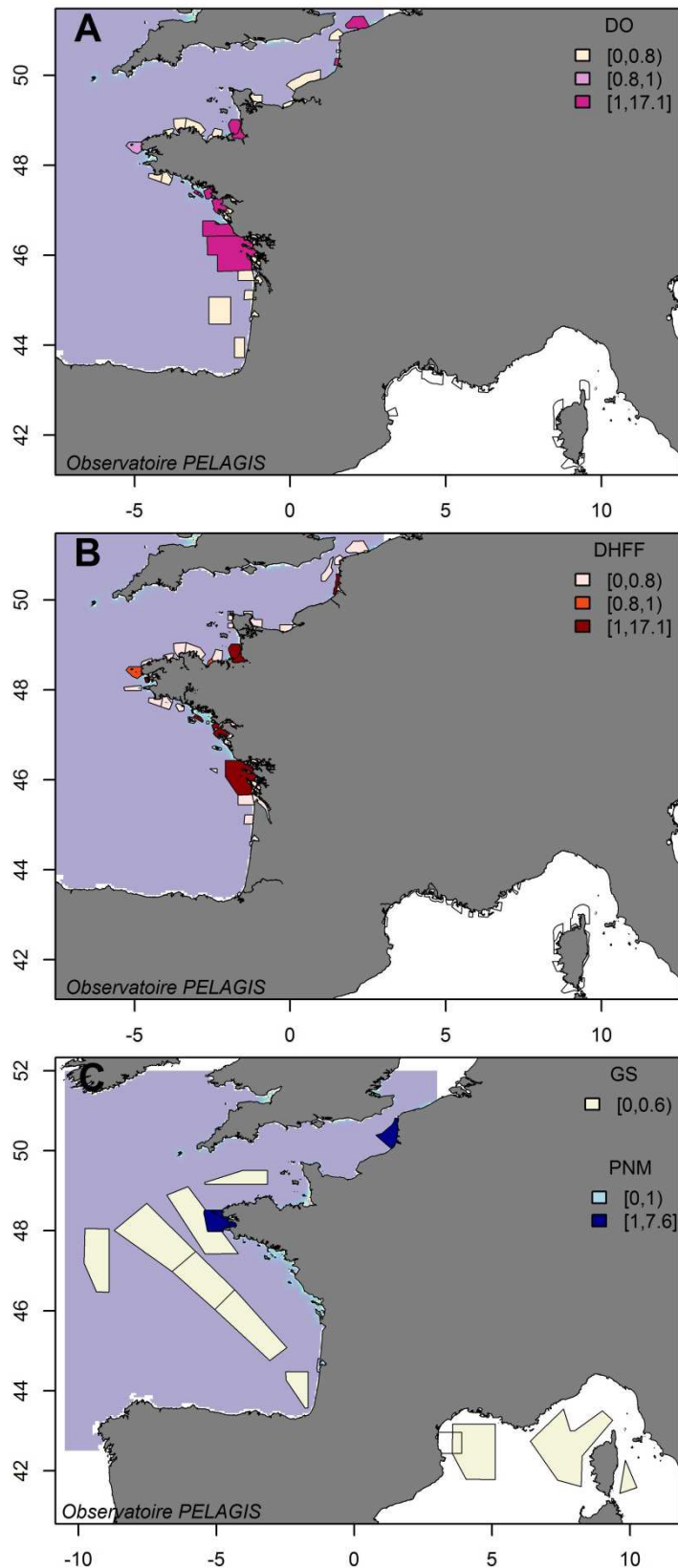


Figure 77 Proportions de la population de macreuses des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A : réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en hiver ; B : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en hiver ; C : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en hiver. En fond est représentée la distribution prédite des macreuses.

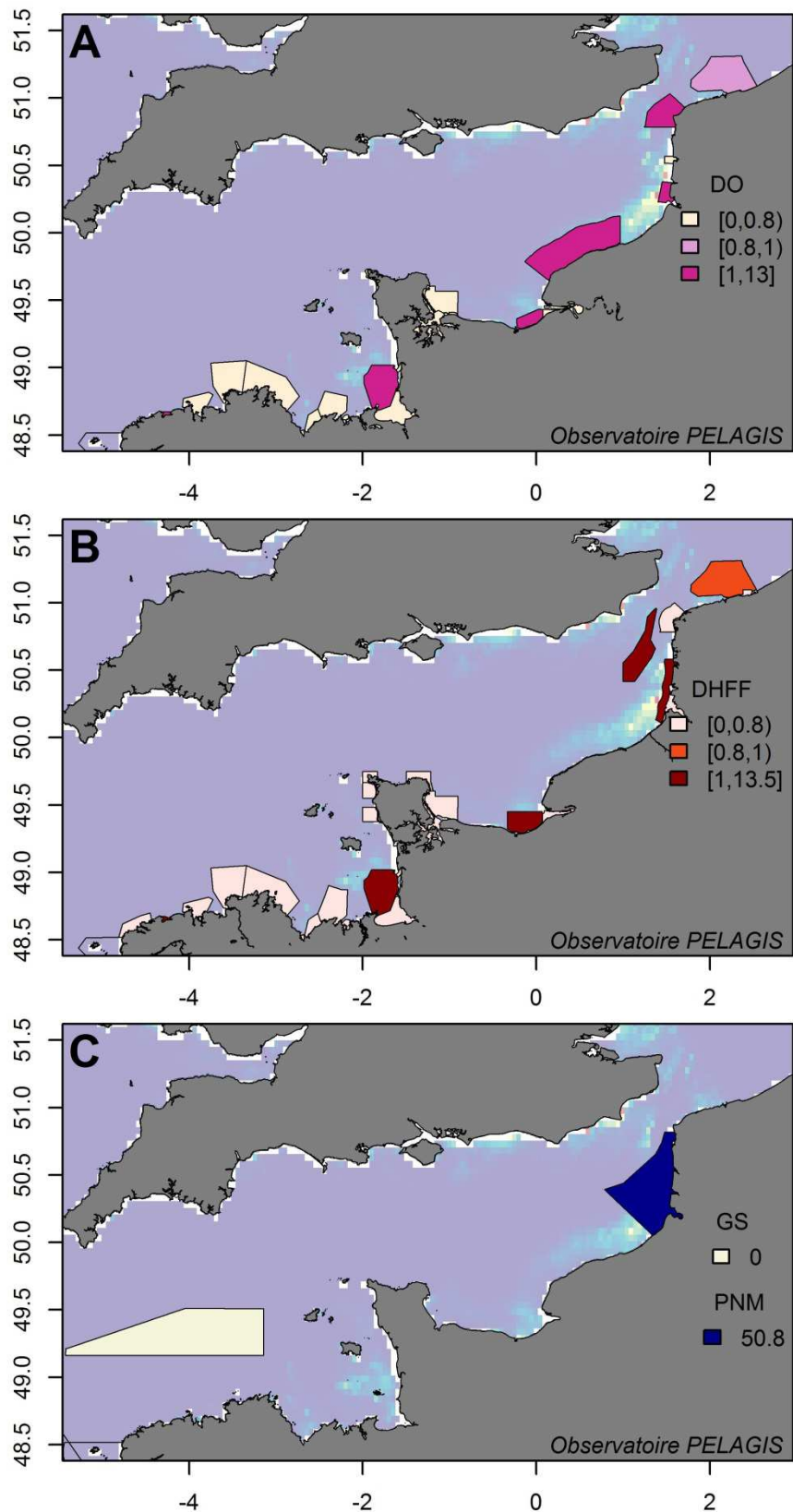


Figure 78 Proportions de la population de plongeurs des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Aire Protégée (en %). A: réseau Natura 2000 de la Directive Oiseaux, en hiver; B : réseau Natura 2000 de la Directive Habitat Faune-Flore, en hiver ; C : Parcs Naturels Marins (PNM) et Grands Secteurs (GS) au large en hiver. En fond est représentée la distribution prédite des plongeurs.

#### IV) Analyses double-plateforme

---

Dans cette partie, nous présentons l'ensemble des résultats des analyses visant à comparer la détection des petits cétacés par deux paires d'observateurs appliquant, pour l'une, le protocole standard qui cible toutes les espèces de la mégafaune pélagique, et, pour l'autre, les cétacés uniquement. Cette approche n'a été mise en œuvre que lors de certains transects de la campagne SAMM 2 réalisés par le seul avion équipé de deux paires de hublots-bulle.

Au total, les survols effectués en double-plateforme représentent un effort d'observation supérieur à 14 heures de vol, ce qui correspond à 2 454 km de transect parcourus. La comparaison entre les deux plateformes a été réalisée uniquement sur les observations de petits delphininés (dauphin commun et dauphin bleu et blanc). Le jeu de données obtenu pour ces analyses est constitué de 245 observations de petits delphininés au total. Après identification des doublons, qui sont les observations identiques réalisées conjointement par les deux paires d'observateurs, on obtient 150 observations différentes de petits delphininés.

##### A) Résultats exploratoires

Dans l'ensemble, la plateforme « Standard » et la plateforme « Mammifères marins » présentent des détections similaires des petits delphininés. En effet, 124 observations ont été relevées par la plateforme « Standard », et 121 observations pour la plateforme « Mammifères marins » (Tableau 12). De même, les taux de rencontre obtenus sont similaires entre les deux plateformes : 51 observations pour 1000 km parcourus pour la plateforme « Standard » et 50 pour la plateforme « Mammifères marins ».

Tableau 12 Comparaison de la détection des petits delphininés entre les deux plateformes.

	Plateforme Standard	Plateforme Mammifères Marins
Nombre total d'observations en effort	124	121
Nombre total d'individus en effort	2 487	2 447
Nombre d'observations relevées uniquement par cette plateforme	29 (23 %)	26 (22 %)
Nombre d'observations relevées par les deux plateformes	95 (77 %)	95 (78 %)
Taux de rencontre (nb obs/1000 km)	51	50
Taux de rencontre (nb ind/1000 km)	1 013	997

Parmi les 124 observations de la plateforme « Standard », 95 sont des doublons et 29 n'ont été vues que par cette plateforme, soit 77% et 23% respectivement. Parmi les 121 observations de la

plateforme « Mammifères marins », 95 sont des doublons et 26 n'ont été faites que par cette plateforme, soit 78% et 22% respectivement.

Le nombre total d'observations différentes, faites par l'une, par l'autre ou par les deux paires d'observateurs, est de 150, ce qui correspond à la somme des observations faites par les deux plateformes (245) de laquelle on a retiré les doublons (95). Sur ces 150 observations, 95 (soit 63%) sont vues par les deux équipes, 29 (soit 19%) par la plateforme « Standard » seulement, et 26 (soit 17%) par la plateforme « Mammifères marins » uniquement (Figure 79).

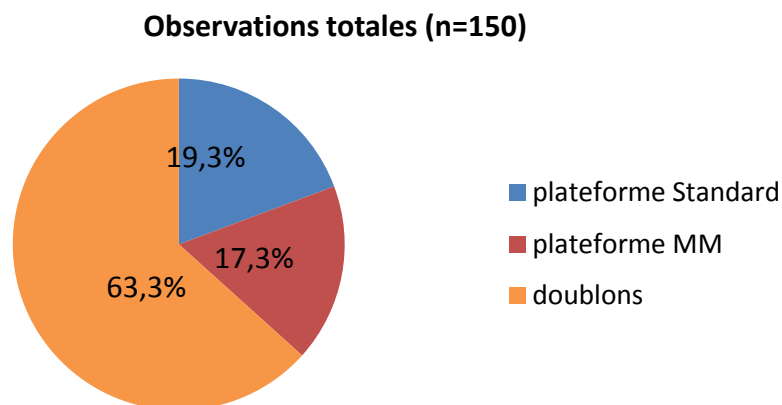


Figure 79 Parts du nombre total d'observations de petits delphininés différentes (n=150) vues par l'une, l'autre ou les deux plateformes, exprimées en pourcentage.

### B) Analyse par Distance sampling

Dans cette partie, nous comparons les plateformes « Standard » et « Mammifères marins » en termes de largeur effective de détection (*esw*) et de densités de cétacés obtenues à l'aide du logiciel *Distance*.

Afin de réduire les biais potentiels liés aux conditions d'observations et dans le but d'obtenir des estimations de densité et d'abondance plus précises, seules les portions d'effort réalisées dans de bonnes conditions d'observation ont été conservées. Les estimations ont donc été calculées à partir d'un effort inférieur à l'effort total réalisé en mode double plateforme (2 367 km de transect).

Pour les deux plateformes, la fonction de détection a été déterminée sur un jeu de données tronqué à 400 mètres, soit 117 observations de petits delphininés relevées dans des bonnes conditions pour la plateforme « Standard », et 115 observations pour la plateforme « Mammifères marins » (Tableau 13).

Tableau 13 Paramètres des fonctions de détection déterminées par le logiciel *Distance* pour les observations de petits delphininés de chacune des deux plateformes. Les coefficients de variation associés aux *ESW* sont présentés en %.

Plateforme	Troncature	Nb obs	Fonction	ESW (m)	CV ESW
Standard	400 m	117	Half normal	231	8 %
Mammifères marins	400 m	115	Half normal	235	8 %

La même fonction de détection a été retenue pour les deux plateformes, estimant la bande effective de détection (ESW) à 231 mètres pour la plateforme « Standard » et de 235 mètres pour la plateforme « Mammifères marins » (Figure 80).

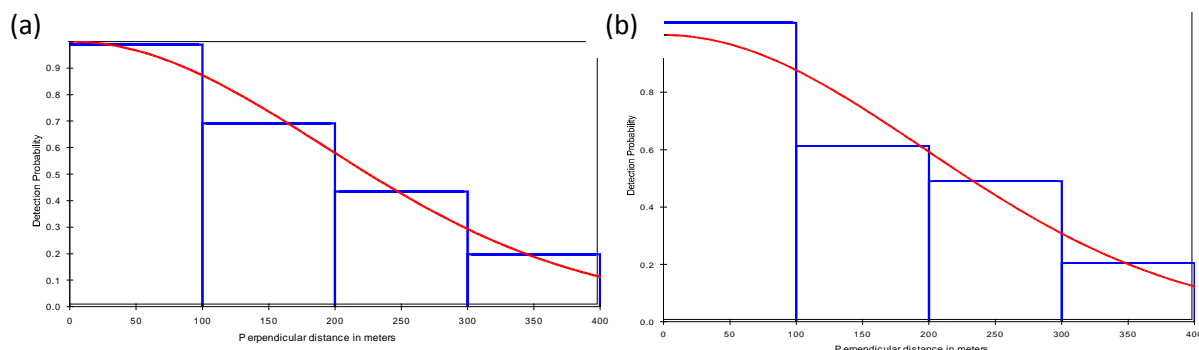


Figure 80 Courbes de détection déterminées par le logiciel Distance pour les observations de petits delphininés de (a) la plateforme « Standard » et (b) la plateforme « Mammifères marins ». Elles représentent la probabilité de détection en fonction de la distance perpendiculaire au transect.

Les estimations obtenues pour la plateforme « Standard » et la plateforme « Mammifères marins » sont similaires pour le taux de rencontre, la densité des groupes, les tailles de groupes et la densité en nombre d'individus (Tableau 14). Ainsi, la comparaison des capacités de détection des cétacés entre les deux plateformes suggère que le protocole standard n'aurait aucun effet significatif sur l'estimation des densités de petits delphininés dans les conditions de réalisation de cette expérience de double plateforme (les principaux petits cétacés sont les dauphins commun et bleu-et-blanc et les densités rencontrées d'oiseaux marins sont faibles à modérées).

Tableau 14 Estimations obtenues avec le logiciel Distance pour les petits delphininés. Les estimations de densité présentées ne sont pas corrigées par le biais de disponibilité des animaux en surface. Les coefficients de variation sont donnés en pourcentage entre parenthèses. Une différence significative entre les deux plateformes est notée \* ( $p$  value < 0,05) ou \*\* ( $p$  value < 0,02).

Plateforme	Nb obs	Taux de rencontre (obs/km)	Taille de groupe (ind)	Densité (obs/km <sup>2</sup> )	Densité (ind/km <sup>2</sup> )
Standard	117	0,05 (21)	19,28 (13)	0,1 (22)	1,33 (27)
Mammifères marins	115	0,05 (22)	19,29 (12)	0,1 (24)	1,09 (28)

### C) Modèle d'occupation

Aucune des variables n'a d'effet significatif sur la détection des petits delphininés, pour les quatre combinaisons de paramètres testées (Tableau 15). Néanmoins, la probabilité de détection sur le transect, ou  $g(0)$ , de la plateforme « Mammifères marins » est supérieure à celle de la plateforme « Standard » pour les quatre modèles, traduisant une meilleure détection des petits delphininés lors d'un protocole dédié à une seule espèce ou un groupe d'espèces proches. D'après les AIC obtenus, le meilleur de ces quatre modèles est celui qui prend en compte l'effet de la distance et des objets

volants (modèle 4 ; AIC = 266,73). En faisant la moyenne des valeurs obtenues pour les quatre modèles de régression logistique testés, on obtient un  $g(0)$  de 0,88 pour la plateforme « Mammifères marins » et de 0,73 pour la plateforme « Standard ». Cela traduit un biais négatif induit par le protocole Standard sur la détection des petits delphininés de 17%. Le coefficient de pente, qui traduit la décroissance de la détection en fonction de la distance, a une valeur moyenne de  $-0,9$  pour les quatre modèles testés.

Tableau 15 Résultats des quatre modèles d'occupation testés. L'effet de chaque covariable est indiqué : il peut être positif (+) ou négatif (-), significatif (\*) ou non significatif (NS). Les  $g(0)$  présentés ne tiennent pas compte du biais de disponibilité des animaux en surface.

Modèle	distance	volants	flottants	flottants : distance	AIC	$g(0)$ « MM »	$g(0)$ « St »	biais (%)	Coeff. de pente
1	- (NS)	- (NS)		- (NS)	267,87	0,87	0,74	- 14,94	- 0,8
2	- (NS)	- (NS)		- (NS)	267,55	0,88	0,75	- 14,77	- 0,9
3	- (NS)	- (NS)		- (NS)	269,55	0,88	0,75	- 14,77	- 0,9
4	- (NS)	- (NS)			266,73	0,87	0,72	- 17,24	- 0,9

#### D) Analyse de puissance

La valeur du biais détectable avec une puissance statistique de 80% varie selon le  $g(0)$  de la plateforme « Mammifères marins » et selon le coefficient de pente des différents modèles testés. Ainsi, le biais est d'autant plus petit que le  $g(0)$  est élevé et que la pente est faible. D'après les modèles de régression logistique de l'analyse précédente, le  $g(0)$  pour la plateforme « Mammifères marins » et le coefficient de pente sont approximativement de 0,9 et -1 respectivement. A partir des données issues de l'expérience en double plateforme, le biais de détection, induit par la plateforme « Standard » sur la détection des petits delphininés, en fonction du  $g(0)$  de la plateforme « Mammifères marins », serait de 45% pour une puissance statistique de 80 % (Figure 81) .

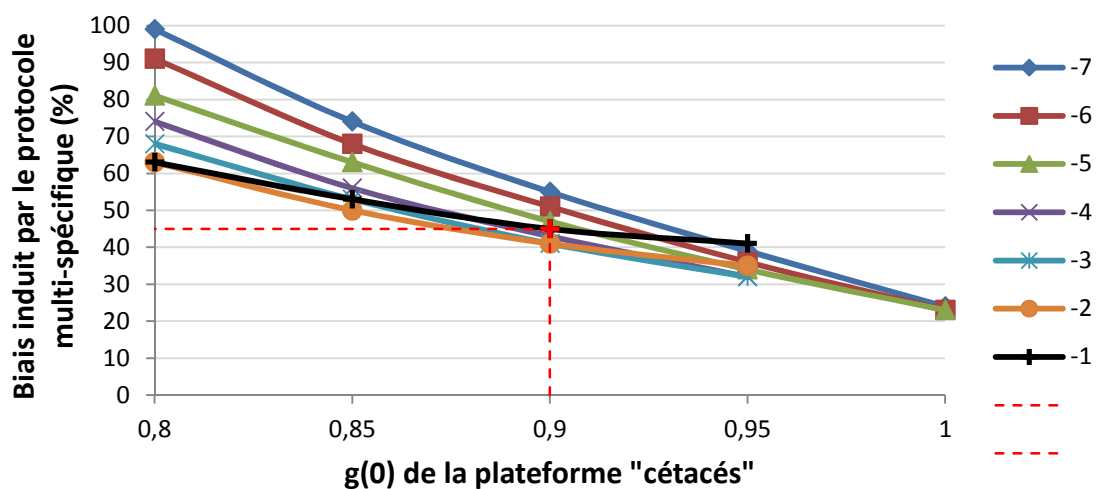


Figure 81 Résultats de l'analyse de puissance. Ce graphique est obtenu pour une puissance statistique de 80%. Il représente le biais induit par le protocole Standard (en %) en fonction du  $g(0)$  de la plateforme « Mammifères marins ». Chaque courbe correspond à un coefficient de pente différent (allant de -7 à -1).

# DISCUSSION ET SYNTHÈSE

## 1) Bilan des campagnes SAMM

---

### *A) Un bilan très positif*

Les campagnes SAMM représentent une avancée importante dans la connaissance des cétacés et des oiseaux marins présents dans les eaux métropolitaines françaises. Les résultats présentés dans ce rapport apportent une image inédite de la distribution de la mégafaune, particulièrement au large, et une compréhension nouvelle des paramètres écologiques qui l'influencent. La nouveauté réside essentiellement dans le caractère synoptique de l'étude permettant pour la première fois une vue d'ensemble de la mégafaune marine des eaux de France métropolitaine, étendue aux eaux des pays voisins quand la cohérence écologique l'exigeait, collectée dans un temps restreint et par une méthodologie standardisée.

Ces campagnes ont permis de couvrir simultanément les trois sous-régions marines métropolitaines de la Manche, du golfe de Gascogne ainsi que la Méditerranée nord occidentale étendue aux zones adjacentes sous juridiction anglaise, italienne ou espagnole. L'importance de l'effort d'échantillonnage déployé dans ces trois secteurs est à souligner. A titre de comparaison, la dernière campagne européenne de grande ampleur a couvert tout le plateau continental nord-atlantique de la Norvège au Portugal (SCANS II, Hammond et al., 2013). Réalisée en juillet 2005, SCANS II a totalisé un effort en conditions optimales d'observation de 35 527 km pour une surface échantillonnée de plus de 1 370 114 km<sup>2</sup>. Avec 89 844 km de transect parcourus avec un Beaufort < 4 pour une surface totale de 556 393 km<sup>2</sup>, les campagnes SAMM représentent un effort d'échantillonnage 6 fois plus élevé par unité de surface. Il faut également noter que les campagnes d'observation aérienne à grande échelle ont généralement lieu en été, afin de bénéficier de meilleures conditions météorologiques. La réalisation d'une campagne en hiver et d'une campagne en été permet d'avoir une image de la distribution des animaux au cours des saisons.

Autre point fort de ces campagnes, la standardisation du protocole utilisé, du plan d'échantillonnage et des analyses conduites sur les jeux de données obtenus permet de comparer les résultats entre les zones biogéographiques et saisons échantillonnées. SAMM servira de point de référence pour les cétacés et les oiseaux marins dans le déploiement des actions issues de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (2008/56/CE) et peut préfigurer la méthodologie des suivis aériens préconisés.

Le protocole d'observation de SAMM, issu des précédentes campagnes en outre-mer (programme REMMOA ; Mannocci et al., 2013, 2014a, 2014b), permet également d'optimiser le coût global par la mutualisation des moyens. Les campagnes aériennes présentent l'avantage de pouvoir couvrir de grandes surfaces en un temps limité, mais le coût associé de campagnes de grande ampleur reste élevé. Pour SAMM et suivant les choix faits précédemment pour les campagnes REMMOA, il a été décidé d'élargir la collecte de données sur les cétacés à d'autres taxons de la mégafaune marine :

oiseaux marins, tortues, élasmobranches, grands poissons (thons, poisson lune etc...) mais aussi aux activités humaines avec la collecte de données sur les bateaux (caractérisés par activité) et les macro-déchets. La plupart des campagnes de recensement de cétacés conduites en Europe précédemment étaient limitées au seul groupe étudié, parfois conçues principalement pour une seule espèce prioritaire (Segura et al., 2006; Scheidat et al., 2008; Hammond et al., 2013). Dans ce cas, le protocole peut être finement adapté à l'espèce ou au taxon cible et il est admis que les biais spécifiques en seront réduits. Quelques exemples de campagne multi-cibles existent cependant. Récemment, Panigada et collègues (2011) ont ajouté les observations de tortues à celles des cétacés dans une campagne au sein du sanctuaire méditerranéen PELAGOS.

### *B) Les limites des campagnes SAMM*

La principale limite des campagnes aériennes réside dans la difficulté voire l'impossibilité d'identifier certaines espèces depuis l'avion. La vitesse de déplacement (env. 170 km/h) combinée à une vision du dessus à la hauteur de vol, à la brièveté du contact visuel et à l'absence d'enregistrement numérique de l'observation obligent parfois à regrouper les espèces dans des groupes taxonomiques plus larges ou à créer des groupes définis par des critères morphologiques (ex : grands goélands gris). En raison du plus grand nombre d'espèces similaires, ce problème d'identification des espèces est plus marqué pour les oiseaux que pour les cétacés et constitue un enjeu d'amélioration pour le futur. Une des réponses pourrait venir des techniques de photo ou de vidéo haute définition couplées à des assignations modélisées basées sur des échantillonnages par bateau qui permettent l'identification à l'espèce (Johnston et al., 2014). De nombreux développements méthodologiques existent autour de cette question aux plans tant technologique que statistique (Buckland et al., 2012); il paraît crucial de surveiller et accompagner ces développements.

La détection des animaux est une autre difficulté des survols. Pour limiter ce problème de détection, le premier principe est de ne sélectionner que les meilleures conditions météorologiques pour la réalisation des vols. En opérant ainsi, nous avons pu réaliser 91% de l'effort dans des conditions satisfaisantes pour la détection des animaux. L'état de la mer mais aussi l'éblouissement sont des facteurs de gêne facilement appréciables par les observateurs. La méthode de *distance sampling* apporte une correction des biais de détection engendrés par la distance des objets au transect et par les autres paramètres qui conditionnent l'observation, afin de produire des estimations de densités corrigées pour les biais de détection. Pour les oiseaux, la méthode du *strip transect* ne nous permet pas d'intégrer cette correction. Le postulat selon lequel tous les oiseaux sont détectés sur une bande de largeur limitée est répandu dans la littérature, mais probablement pas toujours vérifié sur le terrain en raison de la détectabilité variable des oiseaux selon leur taille, leur coloration, et leur activité. La détectabilité de certaines espèces est particulièrement sensible aux conditions de mer et de lumière, on pourra citer les alcidés ou les océanites dont le plumage sombre et la taille moyenne à petite rendent la détection plus difficile. Cependant, quelles que soient les limites de détection associées à la plateforme aérienne, les résultats ont montré que les campagnes SAMM ont permis de mettre en évidence des patrons saisonniers de distribution et de proposer pour la plupart des



espèces des modèles d'habitats préférentiels. Les limitations évoquées précédemment imposent de considérer les estimations d'abondance comme des estimations par défaut, dont le biais varie d'une espèce à l'autre, ou d'un stade à l'autre si la coloration change drastiquement avec l'âge et la maturité.

Une autre difficulté liée aux objectifs de SAMM résidait dans la résolution spatiale contrastée des deux questions posées, à savoir 1) établir un état des lieux des aires marines côtières existantes dans le réseau Natura 2000 et 2) apporter des connaissances sur la distribution de la mégafaune sur l'ensemble des eaux métropolitaines françaises. Pour répondre à la première question, nous avons ajouté aux strates définies par la bathymétrie (plateau, talus, océanique) une strate côtière pour renforcer l'échantillonnage dans la bande des 12 milles nautiques où se trouve la grande majorité des sites Natura 2000 existants afin de pouvoir proposer une image de la distribution côtière des espèces et une évaluation du réseau Natura 2000. En revanche, ces données ne correspondent généralement pas aux besoins de gestion de chaque site pris individuellement. En effet, certains sites sont trop petits pour être traversés par un transect ou, le plus souvent, pour que l'effort réalisé y soit suffisant. L'exercice d'extraction des prédictions de modèles d'habitats nous a toutefois permis de proposer une évaluation du réseau côtier de sites Natura 2000 existant dans son ensemble pour les cétacés et les oiseaux lorsqu'ils sont en mer, ainsi que des grands secteurs proposés comme candidats potentiels à la création du réseau au large.

Enfin, il n'a donc pas été possible d'intégrer la part de variabilité interannuelle dans nos modèles car les données ne reposent que sur une année d'échantillonnage. Une des perspectives de ces travaux peut être d'analyser d'autres jeux de données des campagnes halieutiques (PELGAS notamment) qui certes ne couvrent qu'une fraction de la zone d'étude de SAMM mais, par leur caractère récurrent, permettent d'appréhender en partie la variabilité interannuelle de la distribution de la mégafaune pélagique. Globalement, il faut souligner l'importance de mettre en perspective ces résultats avec des jeux de données différents issus de protocoles plus spécifiques (suivis côtiers, suivis télémétriques, données d'échouages, acoustique passive,...).

## II) Distributions saisonnières et habitats préférentiels

---

Les données collectées pour les cétacés et les oiseaux marins nous ont permis de conduire un ensemble d'analyses, tant pour estimer la taille des populations présentes dans les deux grandes régions marines échantillonnées que pour identifier les patrons saisonniers de distribution. Nous en présentons ici une synthèse.

### A) Cétacés

Il apparaît en premier lieu que toutes les espèces de cétacés, hormis le groupe des globicéphalins, présentent des variations saisonnières plus ou moins marquées dans leur abondance, leur distribution ou leurs habitats préférentiels.

La distribution du marsouin commun est particulièrement contrastée entre les deux saisons. Sa présence est confirmée dans la zone côtière du golfe de Gascogne jusqu'au pays basque en hiver, ainsi que le suggéraient les échouages (Peltier et al., 2013) et les captures accidentelles (Peltier et al., 2012), mais qui n'avait à notre connaissance jamais été observée car les campagnes d'observation visuelle sont généralement organisées en été pour optimiser les conditions d'observation. En été, les marsouins occupent le plateau continental atlantique jusqu'au talus (Manche ouest et nord Gascogne), et ce fait conforte l'hypothèse d'une migration saisonnière partielle, avec extension de la distribution des côtes vers le large (Rosel, 1997). Si les effectifs en Manche ne changent pas entre les deux saisons, les marsouins sont cinq fois plus nombreux en été dans le golfe de Gascogne, leur distribution s'étendant de l'Iroise au talus continental alors qu'en hiver l'espèce est confinée à la bande côtière et distribuée jusqu'à la frontière espagnole. Les habitats préférentiels du marsouin diffèrent également : ils semblent privilégier les eaux peu profondes en hiver, et les zones de courants de marées moyens et une eau relativement fraîche en été (13-15°C).

Des variations saisonnières de distribution sont également marquées chez les petits delphininés en Atlantique. La distribution observée couvre essentiellement du plateau continental en hiver, et le talus continental et la strate océanique en été. Ce patron pourrait représenter les distributions de deux sous-populations distinctes de dauphins communs (Lahaye et al., 2005; Méndez-Fernandez et al., 2013) caractérisées par des stratégies alimentaires différentes (Pusineri et al., 2007). Ces changements de distribution s'accompagnent par un doublement des effectifs estimés dans le golfe de Gascogne pour atteindre près de 700 000 individus en été, alors que les densités estivales en Manche sont divisées par 10 par rapport à l'hiver. Il est probable que des animaux provenant d'autres zones océaniques arrivent dans la ZEE française à cette saison. En Méditerranée, le dauphin bleu et blanc montre une préférence marquée pour les eaux profondes pendant les deux saisons. Dans les deux secteurs, les petits delphininés sont associés à des zones tourbillonnaires. La présence, les densités et la distribution du dauphin commun dans le sud de la zone d'étude n'ont pas pu être précisées en raison de la confusion fréquente avec le dauphin bleu dans des observations aériennes.

Contrairement aux petits delphininés, le grand dauphin est plus abondant en hiver qu'en été dans le golfe de Gascogne et en Méditerranée. Grâce à un échantillonnage des zones au large, nous avons pu mettre en évidence que l'espèce, souvent décrite comme côtière (Castège and Hémery, 2010; Gnone et al., 2011) ou restreinte aux zones de profondeur modérée (Bearzi et al., 2009), est plus fréquente sur le talus et la zone océanique dans les deux régions étudiées. La présence de fronts associés à des gradients de température de surface modérés ou à des pentes moyennes semble caractériser son habitat, mais les variables retenues pour les modèles d'habitats varient entre les régions et les saisons. Nos résultats d'abondance concordent avec les estimations produites récemment pour le sanctuaire *Pelagos* (Lauriano et al., 2014) .

Les globicéphalinés présentent des distributions assez similaires entre les deux saisons, les densités estimées tendent à augmenter en été dans le golfe de Gascogne. Ils sont fortement associés au talus continental en Atlantique conformément aux données acquises à partir des lignes de ferry (Kiszka et al., 2007) et à leur écologie alimentaire (Spitz et al., 2011). Ce patron de distribution diffère

substantiellement de celui issu des observations opportunistes, non rapportées à l'effort, qui proposent une distribution plus côtière. On les retrouve également dans des secteurs productifs en Méditerranée et préférentiellement dans des eaux profondes.

Les rorquals présentent des densités supérieures pendant l'été, particulièrement pour le rorqual commun en Méditerranée. Ils sont associés dans cette région à des profondeurs supérieures à 2000m pour les deux saisons. Ce résultat concorde avec ce qui avait été montré précédemment en mer de Ligure (Laran and Drouot-Dulau, 2007; Panigada et al., 2011). Dans le golfe de Gascogne, la distribution krigée pour l'été illustre certainement deux distributions distinctes : le rorqual commun inféodé aux grandes profondeurs comme en Méditerranée et le petit rorqual sur le plateau continental conformément aux données des recensements SCANS et CODA (Hammond et al., 2009, 2013).

## *B) Oiseaux marins*

Parmi les espèces d'oiseaux observées, la grande majorité présente des variations saisonnières marquées de la distribution et des densités. Ce résultat est conforme à ce que l'on connaît de l'écologie des oiseaux marins qui se reproduisent pendant l'été dans des sites souvent éloignés des zones d'hivernage (Schreiber and Burger, 2001). Parmi les espèces d'oiseaux marins présentes dans les eaux atlantiques et méditerranéennes, trois grands patrons se distinguent : les espèces plus abondantes en hiver qu'en été, les espèces plus abondantes en été qu'en hiver et les espèces présentes tout au long de l'année dans les eaux françaises.

### 1) Les espèces plus abondantes en hiver

L'essentiel des effectifs d'oiseaux marins européens se reproduit en été dans le nord de l'Europe (Grande Bretagne, Islande, Norvège; ICES, 2003). Après la reproduction, la plupart des espèces entament une migration qui les conduit vers des zones plus favorables à la mauvaise saison. La Manche et le golfe de Gascogne deviennent alors des zones importantes pour ces espèces en dehors de la période de reproduction.

Présent en Manche et dans le nord du golfe de Gascogne, le fulmar boréal est deux fois plus abondant en hiver du fait de sa dispersion hivernale en Atlantique nord. Sa distribution en mer est relativement similaire entre les saisons, caractérisée par une préférence pour les eaux fraîches. En été, elle est d'abord associée aux colonies des côtes de la Manche et de la Bretagne (Cadiou et al., 2004).

Deuxième espèce en abondance dans la région atlantique, le fou de Bassan présent en Manche et dans le golfe de Gascogne en hiver vient essentiellement des colonies du nord de l'Europe (Fort et al., 2012; Kubetzki et al., 2009). L'espèce utilise les zones frontales persistantes en été comme en hiver en Manche, mais il est intéressant de noter qu'elle privilégie des habitats différents d'une saison à l'autre dans le golfe de Gascogne. L'utilisation des fronts persistants a également été montrée récemment en mer celtique (Scales et al., 2014). En été, les nombreuses observations faites

en Manche sont à attribuer aux colonies de Rouzic et des Etacs (Grémillet et al., 2006; Wakefield et al., 2013).

Le grand labbe est deux fois plus abondant en hiver, mais sa distribution varie peu entre les saisons. Présent jusqu'au talus du golfe de Gascogne, il privilégie les eaux d'une profondeur inférieure à 1000m l'hiver tandis que l'été il préfère des masses d'eaux dynamiques. La Manche et le golfe de Gascogne ont été identifiées comme les zones préférentielles d'hivernage pour les grands labbes nichant en Islande et en Norvège (Magnusdottir et al., 2012).

La mouette pygmée est présente dans les deux régions marines étudiées, mais elle n'est vraiment abondante qu'en Méditerranée (env. 40 000 ind.), où elle hiverne avant de retourner vers les zones de nidification en Russie et en Europe de l'Est (Birdlife International, 2013). Il n'a pas été possible de modéliser les habitats préférentiels de la mouette pygmée, mais les plus fortes densités sont enregistrées dans la zone océanique méditerranéenne et dans la strate côtière en Manche. Le nombre d'individus en été ne dépasse pas le millier dans toute la zone d'étude.

Les mouettes tridactyles migrent du nord de l'Europe à travers tout l'Atlantique nord jusqu'aux côtes de Terre-Neuve (Frederiksen et al., 2012). Une partie de cette population reste en Europe et notamment dans le golfe de Gascogne et la Manche. L'espèce, abondante en hiver, privilégie les eaux moyennement dynamiques et fraîches du plateau continental et du talus. Il ne reste en été que des effectifs limités reflétant l'importance relative des colonies situées dans le sud de l'aire de distribution de l'espèce en Europe (Del Hoyo, 1996; Purenne 2013).

Les mouettes rieuses et mélanocéphales sont également très abondantes en hiver par rapport à l'été. En Atlantique comme en Méditerranée, la distance à la côte sableuse reste la variable dominante des modèles d'habitats. Bien que les deux espèces nichent en France (Cadiou et al., 2004), les principales zones de reproduction sont en Europe de l'Est pour la mouette mélanocéphale (Siokhin et al., 2000), quant à la mouette rieuse, elle a une vaste aire de répartition européenne qui s'étend essentiellement dans les eaux douces continentales, d'où les plus faibles densités estivales observées.

En hiver, le groupe des alcidés est le plus abondant en Atlantique. Ils privilégient les eaux peu profondes du plateau continental et les eaux froides. En été, les populations nichent massivement dans le nord de l'Europe (Heath et al., 2000), ce qui explique les très faibles densités mesurées. Lors de la campagne ROMER, les effectifs estimés d'alcidés sur le plateau du golfe de Gascogne étaient compris entre 94 000 et 102 000 (Bretagnolle et al., 2004). Les estimations non corrigées produites dans ce rapport sont donc proches (83 221 individus). Toutefois, cette estimation, obtenue à partir de données collectées de décembre à mars, moyenne le cœur de la saison d'hivernage des alcidés dans le golfe de Gascogne la période migratoire pré-nuptiale au cours de laquelle de nombreux individus ont déjà quitté la zone pour rejoindre les colonies situées plus au nord (Fort et al., 2013)

Les plongeurs, qui se reproduisent en arctique et au nord de l'Europe, hivernent le long des côtes de la Manche (Del Hoyo, 1992; Debout 2013, 2014), d'où les fortes concentrations observées en hiver dans cette région. Ils recherchent les zones de très faible profondeur, préférentiellement des

estuaires ou des baies où les variations de hauteur d'eau liées au battement des marées sont importantes.

Les macreuses sont plus nombreuses en hiver, du fait de la présence des oiseaux venant du nord (Delany et al., 2006). Leur distribution ultra-côtière se concentre dans les baies sableuses à fort marnage de la Manche et de la moitié nord du golfe de Gascogne.

## 2) Les espèces plus abondantes en été

A contrario, certains oiseaux se reproduisent sur les côtes françaises et sont donc plus abondants en été.

Le puffin des Anglais semble être majoritaire dans les observations de petits puffins réalisées en Atlantique en été, puisque la distance aux colonies de puffins des Anglais est la covariable expliquant le mieux la distribution très côtière du groupe. L'abondance estimée en été est 10 fois supérieure à celle de l'hiver. En Méditerranée, les effectifs et la distribution des puffins yelkouan sont quasiment similaires entre les deux saisons. Très côtiers, ils privilégient les eaux productives proches des côtes ou des colonies. Du fait d'une saison de reproduction longue et décalée, ils sont présents toute l'année dans la région et principalement au niveau du golfe du Lion (Péron et al., 2013).

Le groupe des grands puffins est quasiment absent de la ZEE française en hiver. Relativement abondants dans le golfe de Gascogne en été, on les rencontre en fortes densités au-delà du talus, dans des eaux à faibles gradients de température et peu dynamiques. Le puffin cendré et le puffin majeur étaient déjà connus pour fréquenter le golfe de Gascogne au printemps et en été (Hobbs et al., 2003). En Méditerranée, le puffin cendré revient sur les sites de reproduction après la migration hivernale (González-Solís et al., 2007; Péron and Grémillet, 2013). Il privilégie les eaux chaudes, peu profondes et productives à proximité des colonies.

De la même manière, les océanites tempête sont plus abondants en été quand ils retournent sur les sites de nidification en Atlantique (îles et îlots bretons principalement) et en Méditerranée (Corse, îles PACA) au retour de leur migration hivernale (Cadiou et al., 2004). En hiver, ils sont présents dans le sud du golfe de Gascogne mais leur provenance et leur statut ne seraient pas connus (Hémery, 1991). L'été, les océanites se concentrent au sud du Finistère, dans une zone productive au bord du plateau continental, connue pour ses remontées d'eau froide en surface (Castège and Hémery, 2010).

Les sternes, dont la distribution est côtière tout au long de l'année, sont dix fois plus abondantes en été sur les côtes de la Manche et de la façade atlantique, où elles sont liées aux côtes sableuses et aux eaux dynamiques. En Méditerranée, les effectifs doublent en été, elles occupent les côtes sableuses du golfe du Lion, également productives.

### 3) Les espèces à distribution et effectifs peu variables

Les cormorans ont une distribution très côtière en Atlantique comme en Méditerranée, relativement similaire entre les deux saisons. Les effectifs sont également stables. Le cormoran huppé et le grand cormoran nichent tous deux en Manche et sur la pointe du Finistère (Cadiou et al., 2004), les distributions prédites englobent donc les deux espèces. En Corse, les individus observés sont plus probablement des cormorans huppés. On notera toutefois, que le grand cormoran a une saison de reproduction très étalée, permettant aux fractions non reproductrices de la population de fréquenter des sites éloignés des colonies à toute période de l'année. Par comparaison le cormoran huppé se disperse peu en période inter-nuptiale.

Les grands goélands gris (goéland argenté et goéland leucophée) sont présents tout au long de l'année dans les eaux françaises et montrent peu de variabilité dans leurs patrons de distribution. Les effectifs sont stables en Méditerranée et la distribution est liée aux eaux peu profondes du plateau. En Atlantique, les effectifs des goélands gris adultes doublent en été, la distribution est liée à la distance à la côte sableuse en hiver, ou rocheuse en été.

Les grands goélands noirs (goéland marin et goéland brun) répondent aux mêmes variables environnementales et montrent une distribution assez proche des goélands gris. Le peu de variabilité des effectifs globaux de grands goélands ne signifie pas qu'ils sont sédentaires. Toutes ces espèces se dispersent après la période de nidification mais les arrivées de migrants venant des autres zones de nidification compensent les départs des oiseaux nichant sur les colonies françaises (Cadiou et al., 2004). Il faut remarquer que la proportion de grands goélands non identifiés comme appartenant à l'un ou l'autre des groupes (souvent immatures) entraînent le doublement des effectifs globaux des goélands de grande taille.

### III) Implications pour la conservation des cétacés et des oiseaux marins

---

L'analyse de la modélisation d'habitats dans les aires marines protégées existantes ou en cours d'identification (grands secteurs Natura 2000 au large) apporte un éclairage sur la complémentarité des outils de protection. La méthode utilisée rapporte les prédictions de densité de chaque taxon dans chaque site protégé à la prédiction totale pour la ZEE française. Par construction, cette analyse compare donc des densités potentielles, et non pas réelles, de mammifères ou oiseaux marins prédites au moyen des relations fonctionnelles établies entre les densités observées et les variables environnementales retenues au cours de l'exercice de modélisation des habitats.

Les aires marines protégées existantes n'apportent le plus souvent qu'une protection en mer très modeste au regard de la distribution totale des espèces concernées, quand ces AMP sont considérées isolément. Les aires de plus grande taille se démarquent tout de même vis-à-vis de la protection des espèces. Cependant, la pertinence d'ensemble du réseau d'aires marines protégées à l'échelle de la façade est nettement plus importante, mais varie fortement en fonction des taxons.

## A) Protection des cétacés

Pour les cétacés, le réseau des sites aujourd’hui désignés au titre de la directive Habitats Faune Flore (SIC) assurent, suivant les saisons et les espèces, une couverture de 4 à 21 % des populations de grands dauphins et de marsouins (Tableau 16). Ainsi l’ensemble des SICs englobe une proportion significative des marsouins présents dans les eaux françaises en hiver et des grands dauphins en été. Ces deux espèces sont moins bien protégées par le réseau des SICs pour l’autre saison, du fait d’une distribution beaucoup moins côtière. Pour les cétacés qui ne figurent pas à l’annexe 2, le réseau de SICs joue un rôle nettement moins important, ce qui n’est pas un résultat surprenant puisque les sites ont été désignés pour le marsouin et le grand dauphin.

Les résultats obtenus pour les grands secteurs Natura 2000 montrent des niveaux nettement plus élevés de couverture pour toutes les populations de cétacés (Tableau 16), à l’exception du marsouin commun en hiver, dont l’aire de répartition n’est quasiment pas couverte. Les grands secteurs tels qu’ils ont été identifiés au large assurent une bonne complémentarité avec le réseau côtier pour le grand dauphin et le marsouin en été et porteraient le taux de couverture total à plus de 40% s’ils étaient classés en site Natura 2000 dans leur intégralité. Par ailleurs, les grands secteurs ont une importance capitale pour la protection des autres espèces de cétacés, puisque le réseau existant est insuffisant, à l’exception du sanctuaire PELAGOS. Le dauphin bleu et blanc et le dauphin commun bénéficieront particulièrement de l’apport des grands secteurs en Atlantique comme en Méditerranée. Par ailleurs, le secteur 1, identifié principalement pour le marsouin en été, gagnerait à être étendu au nord-est pour mieux couvrir cet enjeu.

On peut noter enfin que le site littoral seino-marin actuellement désigné au titre de la Directive Oiseaux mais non au titre de la Directive Habitats accueille plus de 11% de la population hivernale de marsouin commun. Par ailleurs, la ZPS « tête de canyon du cap Ferret », constitue également une zone très intéressante pour le grand dauphin en hiver. Ces secteurs constitueraient donc des sites parmi les plus intéressants de France s’ils étaient désignés pour ces deux espèces.

*Tableau 16 Proportions des populations de cétacés des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque réseau d’aires marines protégées (en %) : Sites d’Importance Communautaire (SIC), grands secteurs Natura 2000 au large (GS), Parcs Naturels Marins (PNM) et Parcs nationaux (PN), et Aires Spécialement Protégées d’Importance Méditerranéenne (dont Pelagos).*

Espèces	SIC		GS		SIC + GS		PNM-PN		ASPIM	
	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été
Marsouin commun	21,9	9,3	1,8	42,6	23,7	51,9	5,9	3,8		
Petits delphininés	2,3	0,8	44,7	41,6	47	42,4	1,4	0,3	9,1	15,6
Grand dauphin	4,6	17,6	36,6	38,1	41,2	55,7	2,3	7,9	50,9	114,2
Globicéphalinés	3	4,9	51,6	52,8	54,6	57,7	5,6	1,3	21,7	68,9
Rorquals	0,6	0,1	43,3	50,4	43,9	50,5	1,6	0,3	55,9	49,8

## B) Protection des oiseaux marins

Le réseau des sites aujourd'hui désignés au titre de la Directive Oiseaux (ZPS) assurent une couverture importante pour l'ensemble des espèces côtières (Tableau 17). Il couvre ainsi plus de 30% de la distribution des petits puffins, goélands gris et noirs, sternes, cormorans, macreuses et plongeurs. Il est en revanche, et sans surprise, inadapté aux espèces pélagiques telles que les grands puffins, les océanites, les fous ou les fulmars.

Les grands secteurs tels qu'ils ont été identifiés au large assurent une bonne complémentarité avec le réseau côtier pour la plupart des espèces d'oiseaux (Tableau 17). Les espèces les moins bien couvertes sont les alcidés, les fous et les goélands marins en hiver ainsi que les grands puffins en été. On peut noter que le site « ridens et dunes hydrauliques du détroit du Pas-de-Calais », actuellement désigné au titre de la Directive Habitats (mais non au titre de la Directive Oiseaux), présente un intérêt particulier car il couvre une proportion significative des alcidés, des fous de Bassan et des goélands marins en hiver.

Enfin, l'extension vers le large des secteurs 3, 4, et 5 et l'extension vers la côte jusqu'à la limite des 12 miles nautiques du secteur 8 permettrait de mieux couvrir l'aire de répartition des grands puffins en général et des petits puffins en Méditerranée. Les habitats préférentiels de la mouette pygmée n'ont pas pu être modélisés. Néanmoins, à partir des cartes krigées, on peut présager que les secteurs 8 et 9 revêtent une responsabilité particulièrement forte pour cette espèce en hiver (secteur 8) et en été (secteur 9). Le secteur 10 dans une moindre mesure est également fréquenté par cette espèce.

Tableau 17 Proportions des populations d'oiseaux marins des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque réseau d'aires marines protégées (en %) : Zones de Protection Spéciale (ZPS), grands secteurs Natura 2000 au large (GS) et Parcs Naturels Marins (PNM) et Parcs nationaux (PN).

Espèces	ZPS		GS		ZPS + GS		PNM - PN	
	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été
Fulmar boréal	7,6	2,8	37,0	39,3	44,6	42,1	3,2	2,0
Petits puffins	33,6	44,0	17,4	10,4	51	54,4	17,0	18,6
Grands puffins		3,1		31,6	0	34,7	0,0	3,0
Océanites		8,2		47,8	0	56	0,0	1,8
Fou de Bassan	22,1	14,8	16,4	27,9	38,5	42,7	5,2	4,4
Cormorans	52,9	47,1	0,5	1,2	53,4	48,3	12,8	11,6
Grand labbe	13,8	13,2	36,5	29,9	50,3	43,1	3,0	4,4
Sternes	40,6	40,9	11,8	8,9	52,4	49,8	13,2	11,3
Mouette tridactyle	11,5	13,9	31,3	23,6	42,8	37,5	3,5	4,8
Mouettes mél./rieuses	19,0	33,6	25,6	11,3	44,6	44,9	12,0	11,4
Goélands gris	34,5	30,5	17,4	20,0	51,9	50,5	15,0	23,0
Goélands noirs	30,1	31,3	7,3	12,9	37,4	44,2	14,2	8,4
Alcidés	23,4	22,1	13,5	14,8	36,9	36,9	10,6	16,1
Macreuses	67,4		0,6		68	0	10,4	
Plongeurs	34,5		0,0		34,5	0	50,8	



### C) La désignation des grands secteurs au large

Ce premier bilan sur les apports potentiels des futurs grands secteurs Natura 2000 dans la conservation des espèces est encourageant. Nous constatons que si les grands secteurs au large étaient désignés tels qu'ils sont délimités aujourd'hui, ils amélioreraient grandement l'efficacité du réseau français pour la conservation des espèces de la mégafaune marine. Pour des espèces mobiles dont la distribution est soumise à d'importantes variations, on constate que la taille de ces secteurs du large est un élément critique de leur pertinence pour la conservation en mer des espèces pélagiques (Game et al., 2009).

Les données de tortues et de requins n'ont pas été traitées dans le présent rapport, mais il est évident que certaines de ces espèces bénéficieraient également de la désignation de ces grands secteurs. A titre d'exemple, les sites méditerranéens pourraient préserver les fortes densités de tortue caouanne s'ils étaient étendus vers le centre du bassin de Méditerranée nord-occidentale. Au vu des lacunes relatives identifiées en hiver (marsouin commun, fou de Bassan, alcidés et goéland marin), nous proposons que la zone du détroit du Pas-de-Calais, d'importance majeure pour ces quatre espèces et identifiée lors de l'atelier PACOMM de 2013, soit considérée comme un grand secteur supplémentaire.

### IV) Effets du protocole d'observation plurispécifique

---

Le dispositif de double-plateforme avait pour but d'évaluer si la mise en place d'un protocole plurispécifique de type REMMOA – SAMM impacte la détection des petits cétacés par rapport à un protocole dédié à une espèce ou un type d'espèces proches. Plus précisément, nous avons testé si le fait de relever les observations d'autres objets, ici principalement les oiseaux, entraîne un biais négatif sur la détection des petits delphininés. Nous avons également cherché à vérifier si notre jeu de données était suffisamment puissant pour mettre en évidence un effet significatif du protocole standard. D'après les analyses exploratoires, les deux plateformes semblent avoir relevé autant d'observations de petits delphininés. En effet, les nombres totaux d'observations et d'individus obtenus sont proches, de même pour les taux de rencontre globaux. Au niveau du nombre total d'observations différentes, les nombres d'observations vues uniquement par chacune des deux plateformes sont également très proches. Pour l'ensemble des paramètres de détection estimés par *Distance* (bande de détection effective, taux de rencontre, taille de groupes, densité), les deux plateformes présentent des valeurs très similaires. Il semblerait donc que le protocole standard n'ait aucun effet sur la capacité de détection des petits delphininés. Ces analyses ne mettent donc pas en évidence un biais de détection lié au protocole standard, et l'estimation de l'abondance produite pour les petits delphininés dans les eaux françaises métropolitaines n'en serait donc pas affectée.

Pour les quatre modèles de régression logistique testés, l'effet des objets volants (oiseaux marins) et l'effet des objets flottants (autre mégafaune, activités humaines) n'est pas significatif mais révèle une tendance négative. Il semblerait ainsi que le fait d'observer simultanément d'autres objets pourrait avoir un effet sur la détection des petits delphininés, mais qu'un jeu de données plus étendu serait

nécessaire pour le mettre en évidence. En effet, le  $g(0)$  (probabilité de détection pour une distance au transect nulle) évalué pour la plateforme « Standard » est inférieur de 17 % en moyenne à celui de la plateforme « Mammifères marins ».

D'après les résultats de l'analyse de puissance, nous avons 80 % de chance de pouvoir détecter une différence d'au moins 45 % entre les deux plateformes d'observation. Ce chiffre révèle que nous disposons d'un jeu de données insuffisant pour détecter un faible biais entre les deux plateformes. Néanmoins, nous pouvons dire que, même s'il existe un biais significatif non détecté par nos analyses, il devrait être inférieur à 45 %. Poursuivre ces expériences en double-plateforme et les étendre à d'autres taxons de cétacés supposés plus sensibles à ces biais et dans des contextes associés à des densités d'oiseaux très supérieures est une priorité dans la perspective de l'adoption d'un protocole mutualisé d'estimation des distributions et des densités de cétacés et autres mégafaunes marines dans le cadre de la DCSMM.

## V) Conclusions et perspectives

---

Les enseignements apportés par les campagnes SAMM sont précieux pour l'amélioration de la connaissance des cétacés et des oiseaux marins et la mise en place d'une politique de conservation efficace en France métropolitaine et dans le cadre de la construction d'un réseau européen d'aires marines protégées pour ces espèces mobiles dont les unités de conservation dépassent largement les frontières administratives des pays membres de l'Union Européenne.

Les résultats obtenus nous renseignent sur l'importance de la prise en compte de la saisonnalité dans l'approche de conservation de ces espèces et sur les échelles spatiales nécessaires à l'investigation des distributions et des habitats de la mégafaune marine. L'absence de répétition sur une année supplémentaire rappelle le besoin d'associer ces nouvelles connaissances aux données existantes, complémentaires et disponibles à des échelles spatiales plus petites mais temporelles plus longues afin de tenir compte des variations et des modifications plus ou moins rapides des aires de distribution d'espèces marines très mobiles.

Le rôle que les différents réseaux d'aires marines ont à jouer ensemble pour les objectifs fixés par la DCSMM (retour du bon état écologique) est évident. Cela souligne par voie de conséquences l'importance d'une gestion en réseau opérationnelle et intégrée.

L'objectif des campagnes SAMM était essentiellement de contribuer au renforcement des outils spatiaux de conservation (aires protégées), il ne faut pas oublier l'importance d'autres approches telles les mesures visant à réduire les captures accidentelles, les sources de pollution et la diminution des proies, dont les échelles spatiales d'application sont généralement plus étendues que celles classiquement reconnues pour des AMP. Pour les espèces mobiles, comme les oiseaux et mammifères marins, il est nécessaire de considérer l'ensemble des outils de gestion des activités humaines qui augmentent le niveau de conservation quelle que soit l'étendue spatiale de leurs domaines d'application.





## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barlow, J., Forney, K.A., 2007. Abundance and population density of cetaceans in the California Current ecosystem. *Fish. Bull.* 105, 509–526.
- Bearzi, G., Fortuna, C.M., Reeves, R.R., 2009. Ecology and conservation of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Mediterranean Sea. *Mammal Rev.* 39, 92–123. doi:10.1111/j.1365-2907.2008.00133.x
- Birdlife International, 2013. Species factsheet: *Larus minutus*.
- Boyd, I., Wanless, S., Camphuysen, C.J., 2006. *Top Predators in Marine Ecosystems: Their Role in Monitoring and Management*, Cambridge University Press. ed.
- Bretagnolle, V., Certain, G., Houte, S., Métais, M., 2004. Distribution maps and minimum abundance estimates for wintering auks in the Bay of Biscay, based on aerial surveys. *Aquat. Living Resour.* 17, 353–360. doi:10.1051/alr:2004044
- Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L., 2001. *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*, New edition. ed. OUP Oxford.
- Buckland, S.T., Burt, M.L., Rexstad, E.A., Mellor, M., Williams, A.E., Woodward, R., 2012. Aerial surveys of seabirds: the advent of digital methods. *J. Appl. Ecol.* 49, 960–967. doi:10.1111/j.1365-2664.2012.02150.x
- Cadiou, B., Pons, J.-M., Yésou, P., 2004. Oiseaux marins nicheurs de France métropolitaine (1960-2000). Biotope, Mèze (Hérault).
- Castège, I., Hémerly, G., 2010. Oiseaux marins et cétacés du golfe de Gascogne : Répartition, évolution des populations et éléments pour la définition des aires marines protégées. Biotope Editions, Mèze; Paris.
- Corkeron, P.J., Martin, A.R., 2004. Ranging and diving behaviour of two bottlenose dolphins, *Tursiops* sp., off eastern Australia. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 84, 465–468. doi:10.1017/S0025315404009464h
- Debout G. (2013) - Hivernage des grèbes et des plongeurs sur le littoral normand : Résultats de l'enquête menée pendant l'hiver 2011-2012. Étude réalisée par le Groupe Ornithologique Normand à la demande de l'AAMP. 16 p
- Debout G. (2014) - Hivernage des grèbes et des plongeurs sur la façade littorale Manche – Mer du Nord : Résultats de l'enquête menée pendant l'hiver 2012-2013. Étude réalisée par le Groupe Ornithologique Normand à la demande de l'AAMP. 21 p.
- Delany, S., Scott, D.A., Wetlands International, 2006. *Waterbird population estimates*. Wetlands International, Wageningen.
- Del Hoyo, J., Elliott, A., 1992. *Handbook of the Birds of the World. Volume 1: Ostrich to Ducks*, Lynx Edicions. ed. J. Sargata, Barcelona.
- Del Hoyo, J., Bateman, R., 1996. *Handbook of the Birds of the World, Volume 3*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Drouot, V., Gannier, A., Goold, J.C., 2004. Summer social distribution of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) in the Mediterranean Sea. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 84, 675–680.
- Fiske, I., Chandler, R., 2012. *Overview of Unmarked: An R Package for the Analysis of Data from Unmarked Animals*.
- Forcada, J., Gazo, M., Aguilar, A., Gonzalvo, J., FernándezContreras, M., 2004. Bottlenose dolphin abundance in the NW Mediterranean: addressing heterogeneity in distribution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 275, 275–287. doi:10.3354/meps275275

- Fort, J., Pettex, E., Tremblay, Y., Lorentsen, S.-H., Garthe, S., Votier, S., Pons, J.B., Siorat, F., Furness, R.W., Grecian, W.J., Bearhop, S., Montevecchi, W.A., Grémillet, D., 2012. Meta-population evidence of oriented chain migration in northern gannets (*Morus bassanus*). *Front. Ecol. Environ.* 10, 237–242. doi:10.1890/110194
- Fort, J., Steen, H., Strøm, H., Tremblay, Y., Grønningsæter, E., Pettex, E., Porter, W., Grémillet, D., 2013. Energetic consequences of contrasting winter migratory strategies in a sympatric Arctic seabird duet. *J. Avian Biol.*
- Frederiksen, M., Moe, B., Daunt, F., Phillips, R.A., Barrett, R.T., Bogdanova, M.I., Boulinier, T., Chardine, J.W., Chastel, O., Chivers, L.S., Christensen-Dalsgaard, S., Clément-Chastel, C., Colhoun, K., Freeman, R., Gaston, A.J., González-Solís, J., Goutte, A., Grémillet, D., Guilford, T., Jensen, G.H., Krasnov, Y., Lorentsen, S.-H., Mallory, M.L., Newell, M., Olsen, B., Shaw, D., Steen, H., Strøm, H., Systad, G.H., Thórarinnsson, T.L., Anker-Nilssen, T., 2012. Multicolony tracking reveals the winter distribution of a pelagic seabird on an ocean basin scale. *Divers. Distrib.* 18, 530–542. doi:10.1111/j.1472-4642.2011.00864.x
- Game, E.T., Grantham, H.S., Hobday, A.J., Pressey, R.L., Lombard, A.T., Beckley, L.E., Gjerde, K., Bustamante, R., Possingham, H.P., Richardson, A.J., 2009. Pelagic protected areas: the missing dimension in ocean conservation. *Trends Ecol. Evol.* 24, 360–369. doi:10.1016/j.tree.2009.01.011
- Gnone, G., Bellingeri, M., Dhermain, F., Dupraz, F., Nuti, S., Bedocchi, D., Moulins, A., Rosso, M., Alessi, J., McCrea, R.S., Azzellino, A., Airoidi, S., Portunato, N., Laran, S., David, L., Di Meglio, N., Bonelli, P., Montesi, G., Trucchi, R., Fossa, F., Wurtz, M., 2011. Distribution, abundance, and movements of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the Pelagos Sanctuary MPA (north-west Mediterranean Sea). *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 21, 372–388. doi:10.1002/aqc.1191
- González-Solís, J., Croxall, J.P., Oro, D., Ruiz, X., 2007. Trans-equatorial migration and mixing in the wintering areas of a pelagic seabird. *Front. Ecol. Environ.* 5, 297–301. doi:10.1890/1540-9295(2007)5[297:TMAMIT]2.0.CO;2
- Greenland, S., 2012. Nonsignificance Plus High Power Does Not Imply Support for the Null Over the Alternative. *Ann. Epidemiol.* 22, 364–368. doi:10.1016/j.annepidem.2012.02.007
- Grémillet, D., Pichegru, L., Siorat, F., Georges, J.Y., 2006. Conservation implications of the apparent mismatch between population dynamics and foraging effort in French northern gannets from the English Channel. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.* 319, 15–25.
- Grünkorn, T., Diederichs, A., Nehls, G., 2005. AERIAL SURVEYS IN THE GERMAN BIGHT—ESTIMATING G (0) FOR HARBOUR PORPOISES (*PHOCOENA PHOCOENA*) BY EMPLOYING INDEPENDENT DOUBLE COUNTS. *Estim. G 0 Line-Transsect Surv. Cetaceans* 26.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., Watson, R., 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* 319, 948–952. doi:10.1126/science.1149345
- Hammond, P.S., Berggren, P., Benke, H., Borchers, D.L., Collet, A., Heide-Jørgensen, M.P., Heimlich, S., Hiby, A.R., Leopold, M.F., Øien, N., 2002. Abundance of harbour porpoise and other cetaceans in the North Sea and adjacent waters. *J. Appl. Ecol.* 39, 361–376. doi:10.1046/j.1365-2664.2002.00713.x
- Hammond, P.S., Macleod, K., Berggren, P., Borchers, D.L., Burt, L., Cañadas, A., Desportes, G., Donovan, G.P., Gilles, A., Gillespie, D., Gordon, J., Hiby, L., Kuklik, I., Leaper, R., Lehnert, K., Leopold, M., Lovell, P., Øien, N., Paxton, C.G.M., Ridoux, V., Rogan, E., Samarra, F., Scheidat, M., Sequeira, M., Siebert, U., Skov, H., Swift, R., Tasker, M.L., Teilmann, J., Van Canneyt, O.,

- Vázquez, J.A., 2013. Cetacean abundance and distribution in European Atlantic shelf waters to inform conservation and management. *Biol. Conserv.* 164, 107–122. doi:10.1016/j.biocon.2013.04.010
- Hammond, P.S., Macleod, K., Gillespie, D., Swift, R., Winship, A., Burt, M.L., Cañadas, A., Vázquez, J.A., Ridoux, V., Certain, G., 2009. Cetacean Offshore Distribution and Abundance in the European Atlantic (CODA). Final Rep. St. Andrews 43.
- Hastie, T., Tibshirani, R., 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman and Hall/CRC, London.
- Heath, M.F., Borggreve, C., Peet, N., 2000. European bird populations : estimates and trends, BirdLife conservation series, 99-2048818-6 ; 10. BirdLife International, Cambridge.
- Heide-Jørgensen, M.P., Simon, M.J., Laidre, K.L., 2007. Estimates of large whale abundance in Greenlandic waters from a ship-based survey in 2005. *J. Cetacean Res. Manag.* 9, 95–104.
- Hémery, G., 1991. Pétrel tempête, in: *Atlas des oiseaux de France en hiver*. Yeatman-Berthelot D., Société ornithologique de France, Paris, pp. 60–61.
- Hobbs, M.J., Brereton, T., Weir, C., Williams, A., 2003. Baseline Monitoring data on Procellariiformes (Shearwaters) in the Bay of Biscay. *Ornis Hung.* 12-13, 115–129.
- Hooker, S.K., Fahlman, A., Moore, M.J., Soto, N.A. de, Quirós, Y.B. de, Brubakk, A.O., Costa, D.P., Costidis, A.M., Dennison, S., Falke, K.J., Fernandez, A., Ferrigno, M., Fitz-Clarke, J.R., Garner, M.M., Houser, D.S., Jepson, P.D., Ketten, D.R., Kvadsheim, P.H., Madsen, P.T., Pollock, N.W., Rotstein, D.S., Rowles, T.K., Simmons, S.E., Bonn, W.V., Weathersby, P.K., Weise, M.J., Williams, T.M., Tyack, P.L., 2011. Deadly diving? Physiological and behavioural management of decompression stress in diving mammals. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* rspb20112088. doi:10.1098/rspb.2011.2088
- ICES, 2003. Report of the Working Group on Seabird Ecology. (ICES Document CM 2003/C: 03).
- Jahoda, M., Lafortuna, C.L., Biassoni, N., Almirante, C., Azzellino, A., Panigada, S., Zanardelli, M., Di Sciara, G.N., 2003. Mediterranean Fin Whale's (*balaenoptera Physalus*) Response to Small Vessels and Biopsy Sampling Assessed Through Passive Tracking and Timing of Respiration. *Mar. Mammal Sci.* 19, 96–110. doi:10.1111/j.1748-7692.2003.tb01095.x
- Johnston, A., Thaxter, C.B., Austin, G.E., Cook, A.S.C.P., Humphreys, E.M., Still, D.A., Mackay, A., Irvine, R., Webb, A., Burton, N.H.K., 2014. Modelling the abundance and distribution of marine birds accounting for uncertain species identification. *J. Appl. Ecol.* n/a–n/a. doi:10.1111/1365-2664.12364
- Kiszka, J., Macleod, K., Van Canneyt, O., Walker, D., Ridoux, V., 2007. Distribution, Encounter Rates, and Habitat Characteristics of Toothed Cetaceans in the Bay of Biscay and Adjacent Waters from Platform-of-Opportunity Data. *ICES J. Mar. Sci. J. Cons.* 64, 1033–1043. doi:10.1093/icesjms/fsm067
- Kubetzki, U., Garthe, S., Fifield, D., Mendel, B., Furness, R.W., 2009. Individual migratory schedules and wintering areas of northern gannets.
- Lahaye, V., Bustamante, P., Spitz, J., Dabin, W., Das, K., Pierce, G.J., Caurant, F., 2005. Long-term dietary segregation of common dolphins *Delphinus delphis* in the Bay of Biscay, determined using cadmium as an ecological tracer. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 305, 275–285.
- Laran, S., Drouot-Dulau, V., 2007. Seasonal variation of striped dolphins, fin- and sperm whales' abundance in the Ligurian Sea (Mediterranean Sea). *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 87, 345–352. doi:10.1017/S0025315407054719
- Lauriano, G., Pierantonio, N., Donovan, G., Panigada, S., 2014. Abundance and distribution of *Tursiops truncatus* in the Western Mediterranean Sea: An assessment towards the Marine Strategy Framework Directive requirements. *Mar. Environ. Res., Large marine vertebrates as sentinels of GES in the European MSFD 100*, 86–93. doi:10.1016/j.marenvres.2014.04.001

- MacKenzie, D.I., Nichols, J.D., Lachman, G.B., Droege, S., Andrew Royle, J., Langtimm, C.A., 2002. ESTIMATING SITE OCCUPANCY RATES WHEN DETECTION PROBABILITIES ARE LESS THAN ONE. *Ecology* 83, 2248–2255. doi:10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORWD]2.0.CO;2
- Magnusdottir, E., Leat, E.H.K., Bourgeon, S., Strøm, H., Petersen, A., Phillips, R.A., Hanssen, S.A., Bustnes, J.O., Hersteinsson, P., Furness, R.W., 2012. Wintering areas of Great Skuas *Stercorarius skua* breeding in Scotland, Iceland and Norway. *Bird Study* 59, 1–9. doi:10.1080/00063657.2011.636798
- Mannocci, L., Catalogna, M., Dorémus, G., Laran, S., Lehodey, P., Massart, W., Monestiez, P., Van Canneyt, O., Watremez, P., Ridoux, V., 2014a. Predicting cetacean and seabird habitats across a productivity gradient in the South Pacific gyre. *Prog. Oceanogr.* 120, 383–398. doi:10.1016/j.pocean.2013.11.005
- Mannocci, L., Laran, S., Monestiez, P., Dorémus, G., Van Canneyt, O., Watremez, P., Ridoux, V., 2014b. Predicting top predator habitats in the Southwest Indian Ocean. *Ecography* 37, 261–278. doi:10.1111/j.1600-0587.2013.00317.x
- Mannocci, L., Monestiez, P., Bolaños-Jiménez, J., Dorémus, G., Jeremie, S., Laran, S., Rinaldi, R., Van Canneyt, O., Ridoux, V., 2013. Megavertebrate communities from two contrasting ecosystems in the western tropical Atlantic. *J. Mar. Syst.* 111–112, 208–222. doi:10.1016/j.jmarsys.2012.11.002
- Mate, B.R., Rossbach, K.A., Nieu Kirk, S.L., Wells, R.S., Blair Irvine, A., Scott, M.D., Read, A.J., 1995. Satellite-Monitored Movements and Dive Behavior of a Bottlenose Dolphin (*tursiops Truncatus*) in Tampa Bay, Florida. *Mar. Mammal Sci.* 11, 452–463. doi:10.1111/j.1748-7692.1995.tb00669.x
- Méndez-Fernandez, P., Pierce, G.J., Bustamante, P., Chouvelon, T., Ferreira, M., González, A.F., López, A., Read, F.L., Santos, M.B., Spitz, J., Vingada, J.V., Caurant, F., 2013. Ecological niche segregation among five toothed whale species off the NW Iberian Peninsula using ecological tracers as multi-approach. *Mar. Biol.* 160, 2825–2840. doi:10.1007/s00227-013-2274-9
- MNHN, 2009. Conclusions séminaire biogéographique Atlantique Mer 24-25 mars, Galway (Irlande). Muséum National d’Histoire Naturel, Paris.
- Monestiez, P., Dubroca, L., Bonnin, E., Durbec, J.-P., Guinet, C., 2006. Geostatistical modelling of spatial distribution of *Balaenoptera physalus* in the Northwestern Mediterranean Sea from sparse count data and heterogeneous observation efforts. *Ecol. Model.* 193, 615–628. doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.08.042
- Panigada, S., Lauriano, G., Burt, L., Pierantonio, N., Donovan, G., 2011. Monitoring Winter and Summer Abundance of Cetaceans in the Pelagos Sanctuary (Northwestern Mediterranean Sea) Through Aerial Surveys. *PLoS ONE* 6, e22878. doi:10.1371/journal.pone.0022878
- Peltier, H., Baagøe, H.J., Camphuysen, K.C.J., Czeck, R., Dabin, W., Daniel, P., Deaville, R., Haelters, J., Jauniaux, T., Jensen, L.F., Jepson, P.D., Keijl, G.O., Siebert, U., Van Canneyt, O., Ridoux, V., 2013. The Stranding Anomaly as Population Indicator: The Case of Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* in North-Western Europe. *PLoS ONE* 8, e62180. doi:10.1371/journal.pone.0062180
- Peltier, H., Dabin, W., Daniel, P., Van Canneyt, O., Dorémus, G., Huon, M., Ridoux, V., 2012. The significance of stranding data as indicators of cetacean populations at sea: Modelling the drift of cetacean carcasses. *Ecol. Indic.* 18, 278–290. doi:10.1016/j.ecolind.2011.11.014
- Péron, C., Grémillet, D., 2013. Tracking through Life Stages: Adult, Immature and Juvenile Autumn Migration in a Long-Lived Seabird. *PLoS ONE* 8, e72713. doi:10.1371/journal.pone.0072713
- Péron, C., Grémillet, D., Prudor, A., Pettex, E., Saraux, C., Soriano-Redondo, A., Authier, M., Fort, J., 2013. Importance of coastal Marine Protected Areas for the conservation of pelagic seabirds:

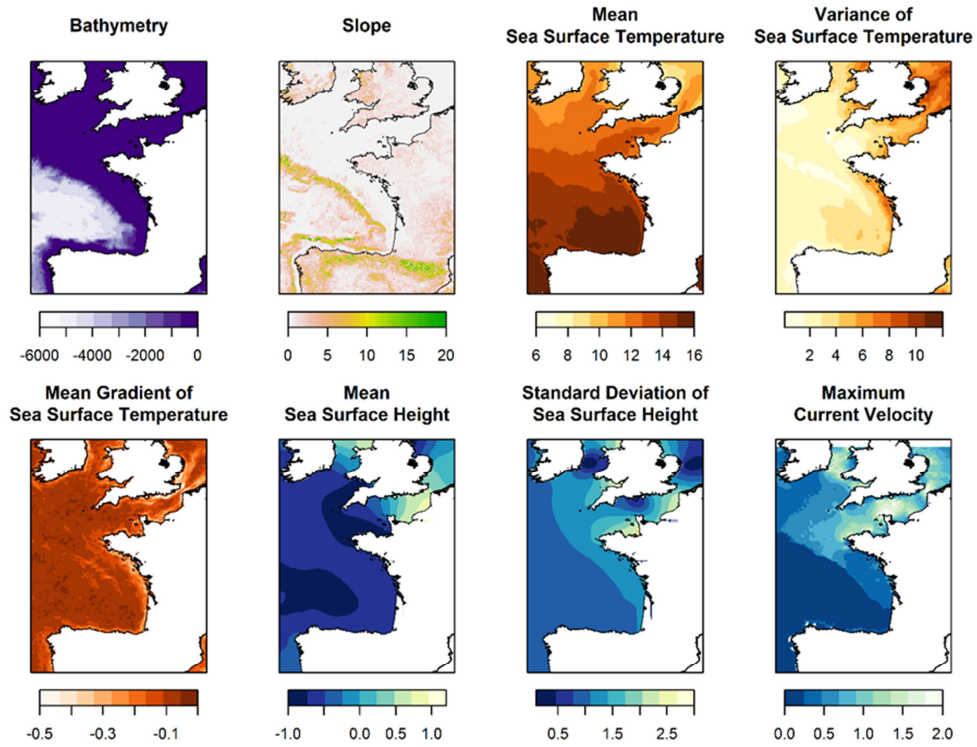


- The case of Vulnerable yelkouan shearwaters in the Mediterranean Sea. *Biol. Conserv.* 168, 210–221. doi:10.1016/j.biocon.2013.09.006
- Pettex, E., Falchetto, H., Dorémus, G., Van Canneyt, O., Stéphan, E., David, L., Sterckeman, A., Ridoux, V., 2013. Suivi Aérien de la Mégafaune Marine en France métropolitaine - Rapport intermédiaire. Univ. Rochelle UMS 3462 72.
- Pettex, E., Stéphan, E., David, L., Falchetto, H., Dorémus, G., Van Canneyt, O., Sterckeman, A., Bretagnolle, V., Ridoux, V., 2012a. Suivi Aérien de la Mégafaune Marine dans la ZEE et ZPE de France métropolitaine Ete 2012 rapport de campagne. Univ. Rochelle UMS 3462 60p.
- Pettex, E., Stéphan, E., David, L., Falchetto, H., Levesque, E., Dorémus, G., Van Canneyt, O., Sterckeman, A., Bretagnolle, V., Ridoux, V., 2012b. Suivi Aérien de la Mégafaune Marine dans la ZEE et ZPE de France métropolitaine Hiver 2011/12 rapport de campagne. Univ. Rochelle UMS 3462 60p.
- Purenne, R. ; Jacob, Y ; Le Guillou, G ; Debout, G ; Gallien, F. (2013) Suivi de la mouette tridactyle en période de nidification en Normandie – Colonies de Saint-Pierre-du-Mont, Englesqueville-la-Percée, La Poterie-Cap d’Antifer et Fécamp. Rapport réalisé par le Groupe Ornithologique Normand.7p
- Pusineri, C., Magnin, V., Meynier, L., Spitz, J., Hassani, S., Ridoux, V., 2007. Food and Feeding Ecology of the Common Dolphin (*delphinus Delphis*) in the Oceanic Northeast Atlantic and Comparison with Its Diet in Neritic Areas. *Mar. Mammal Sci.* 23, 30–47. doi:10.1111/j.1748-7692.2006.00088.x
- R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ricart, A., 2013. Recensements aériens multi-spécifiques de la mégafaune pélagique : estimation des biais potentiels sur la détection des cétacés. (Mémoire de Master). Université Pierre et Marie Curie.
- Rosel, P., 1997. A review and assessment of the status of the harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) in the North Atlantic., in: *Molecular Genetics of Marine Mammals*. Dizon AE, Chivers SJ, Perrin WF, p. 404.
- Scales, K.L., Miller, P.I., Embling, C.B., Ingram, S.N., Pirotta, E., Votier, S.C., 2014. Mesoscale fronts as foraging habitats: composite front mapping reveals oceanographic drivers of habitat use for a pelagic seabird. *J. R. Soc. Interface* 11, 20140679. doi:10.1098/rsif.2014.0679
- Scheidat, M., Gilles, A., Kock, K., Siebert, U., 2008. Harbour porpoise *Phocoena phocoena* abundance in the southwestern Baltic Sea. *Endanger. Species Res.* 5, 215–223. doi:10.3354/esr00161
- Schreiber, E.A., Burger, J., 2001. *Biology of Marine Birds*, 1st ed. CRC Press.
- Segura, A.G. de, Crespo, E.A., Pedraza, S.N., Hammond, P.S., Raga, J.A., 2006. Abundance of small cetaceans in waters of the central Spanish Mediterranean. *Mar. Biol.* 150, 149–160. doi:10.1007/s00227-006-0334-0
- Sergio, F., Newton, I., Marchesi, L., Pedrini, P., 2006. Ecologically justified charisma: preservation of top predators delivers biodiversity conservation. *J. Appl. Ecol.* 43, 1049–1055. doi:10.1111/j.1365-2664.2006.01218.x
- Siokhin, V.D., Chernichko, I.I., Andryushchenko, Y.V., Anosova, I.V., Ardamatskaya, T.B., Bagrikova, N.A., Belashkov, I.D., Beskaravainyi, M.M., Garmash, B.A., Diadicheva, E.A., 2000. Numbers and distribution of breeding waterbirds in the wetlands of the Azov-Black Sea Region of Ukraine: 476. *Melitopol-Kiev Branta Russ.*
- Spitz, J., Chérel, Y., Bertin, S., Kiszka, J., Dewez, A., Ridoux, V., 2011. Prey preferences among the community of deep-diving odontocetes from the Bay of Biscay, Northeast Atlantic. *Deep Sea Res. Part Oceanogr. Res. Pap.* 58, 273–282. doi:10.1016/j.dsr.2010.12.009

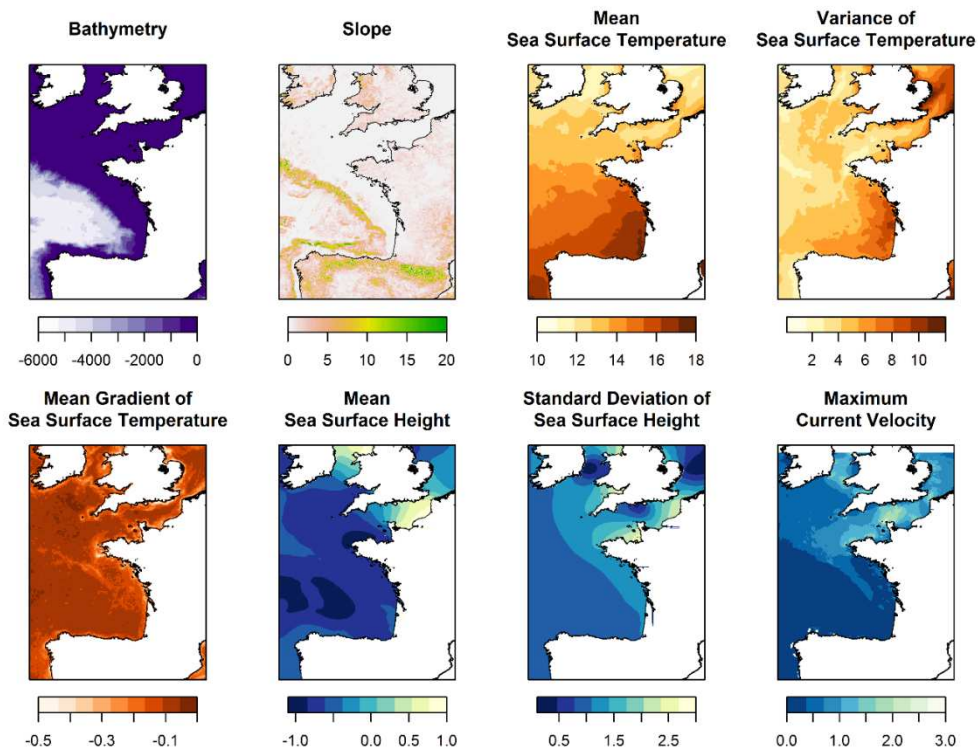
- Strindberg, S., Buckland, S.T., 2004. Zigzag survey designs in line transect sampling. *J. Agric. Biol. Environ. Stat.* 9, 443–461. doi:10.1198/108571104X15601
- Thaxter, C.B., Lascelles, B., Sugar, K., Cook, A.S., Roos, S., Bolton, M., Langston, R.H., Burton, N.H., 2012. Seabird foraging ranges as a preliminary tool for identifying candidate Marine Protected Areas. *Biol. Conserv.* 156, 53–61.
- Thomas, L., 1997. Retrospective Power Analysis. *Conserv. Biol.* 11, 276–280. doi:10.1046/j.1523-1739.1997.96102.x
- Thomas, L., Buckland, S.T., Rexstad, E.A., Laake, J.L., Strindberg, S., Hedley, S.L., Bishop, J.R.B., Marques, T.A., Burnham, K.P., 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *J. Appl. Ecol.* 47, 5–14. doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x
- Van der Meer, J., Leopold, M.F., 1995. Assessing the population size of the European storm petrel (*Hydrobates pelagicus*) using spatial autocorrelation between counts from segments of criss-cross ship transects. *ICES J. Mar. Sci. J. Cons.* 52, 809–818. doi:10.1006/jmsc.1995.0077
- Wackernagel, H., 2003. *Multivariate Geostatistics*. Springer Science & Business Media.
- Wakefield, E.D., Bodey, T.W., Bearhop, S., Blackburn, J., Colhoun, K., Davies, R., Dwyer, R.G., Green, J.A., Grémillet, D., Jackson, A.L., Jessopp, M.J., Kane, A., Langston, R.H.W., Lescroël, A., Murray, S., Nuz, M.L., Patrick, S.C., Péron, C., Soanes, L.M., Wanless, S., Votier, S.C., Hamer, K.C., 2013. Space Partitioning Without Territoriality in Gannets. *Science* 341, 68–70. doi:10.1126/science.1236077
- Wood, S., 2006. *Generalized Additive Models: An Introduction with R*, 1 edition. ed. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, FL.
- Worm, B., Barbier, E.B., Beaumont, N., Duffy, J.E., Folke, C., Halpern, B.S., Jackson, J.B.C., Lotze, H.K., Micheli, F., Palumbi, S.R., Sala, E., Selkoe, K.A., Stachowicz, J.J., Watson, R., 2006. Impacts of Biodiversity Loss on Ocean Ecosystem Services. *Science* 314, 787–790. doi:10.1126/science.1132294

# ANNEXES

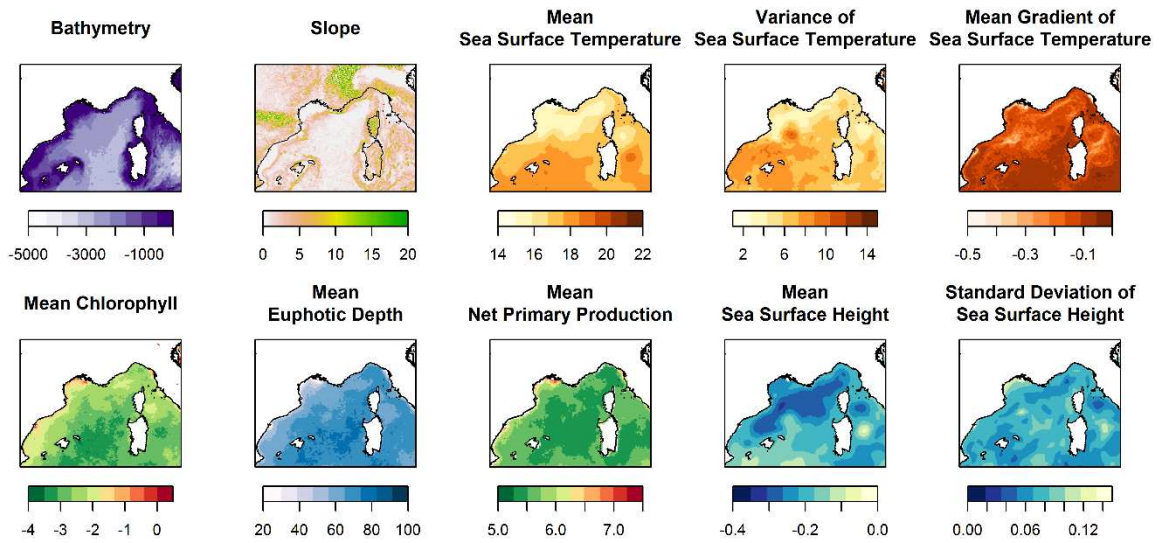
Annexe – 1 Distribution des variables environnementales utilisées pour les modèles d'habitat, situation moyennée sur la campagne d'hiver en Atlantique.



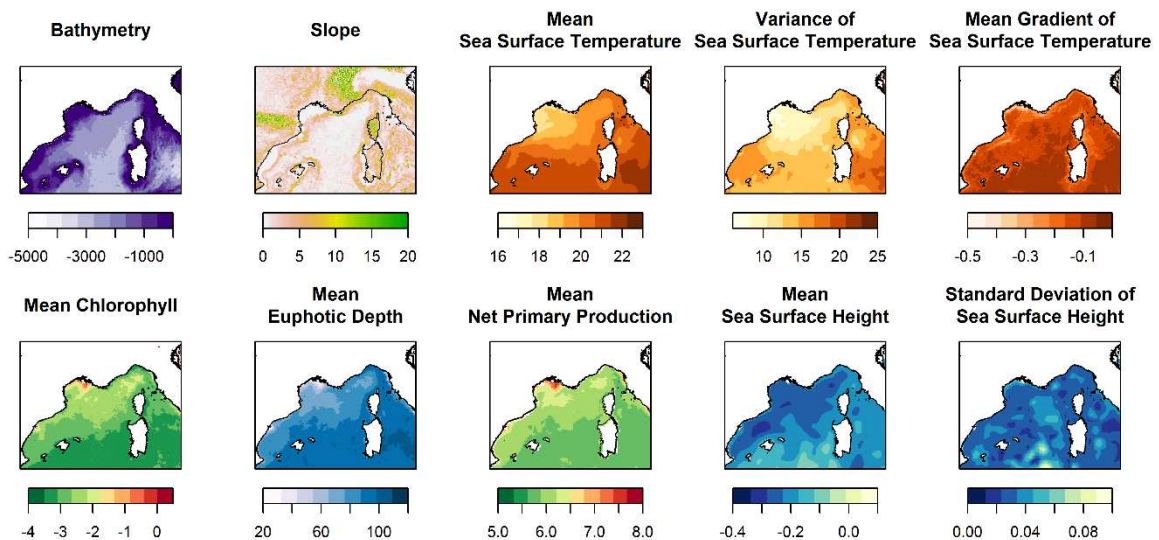
Annexe – 2 Distribution des variables environnementales utilisées pour les modèles d'habitat, situation moyennée sur la campagne d'été en Atlantique.



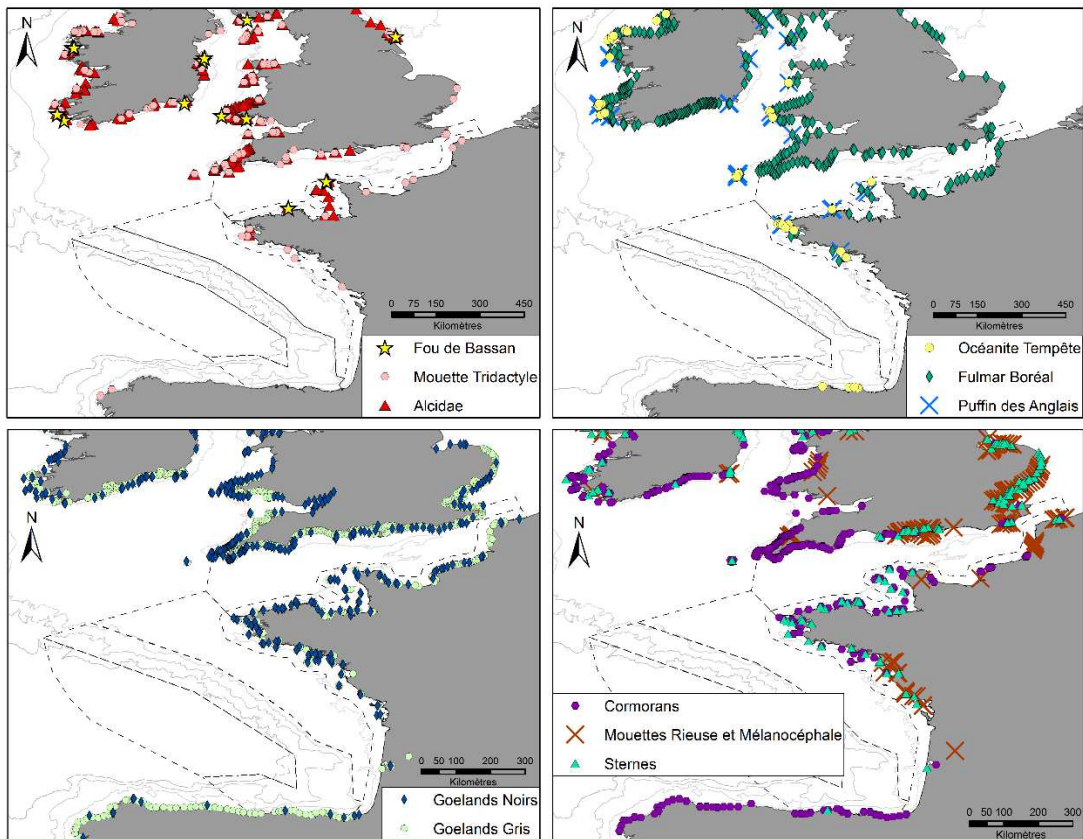
Annexe – 3 Distribution des variables environnementales utilisées pour les modèles d'habitat, situation moyennée sur la campagne d'hiver en Méditerranée.



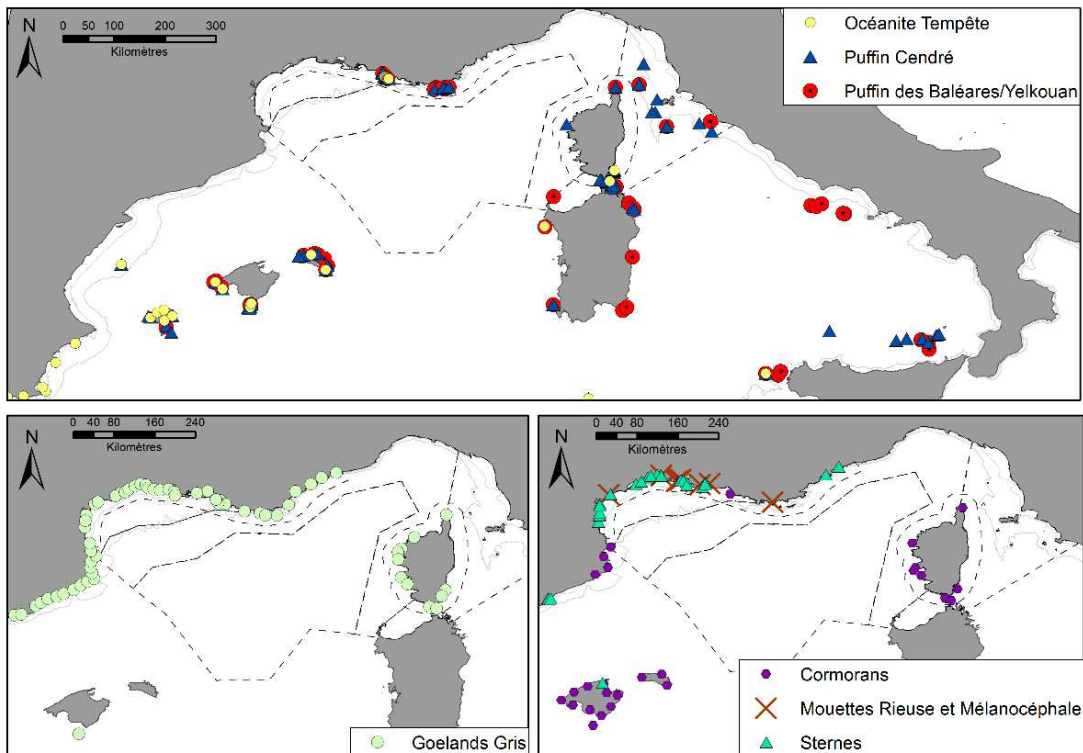
Annexe – 4 Distribution des variables environnementales utilisées pour les modèles d'habitat, situation moyennée sur la campagne d'été en Méditerranée.



Annexe – 5 Distribution des colonies recensées en Atlantique.



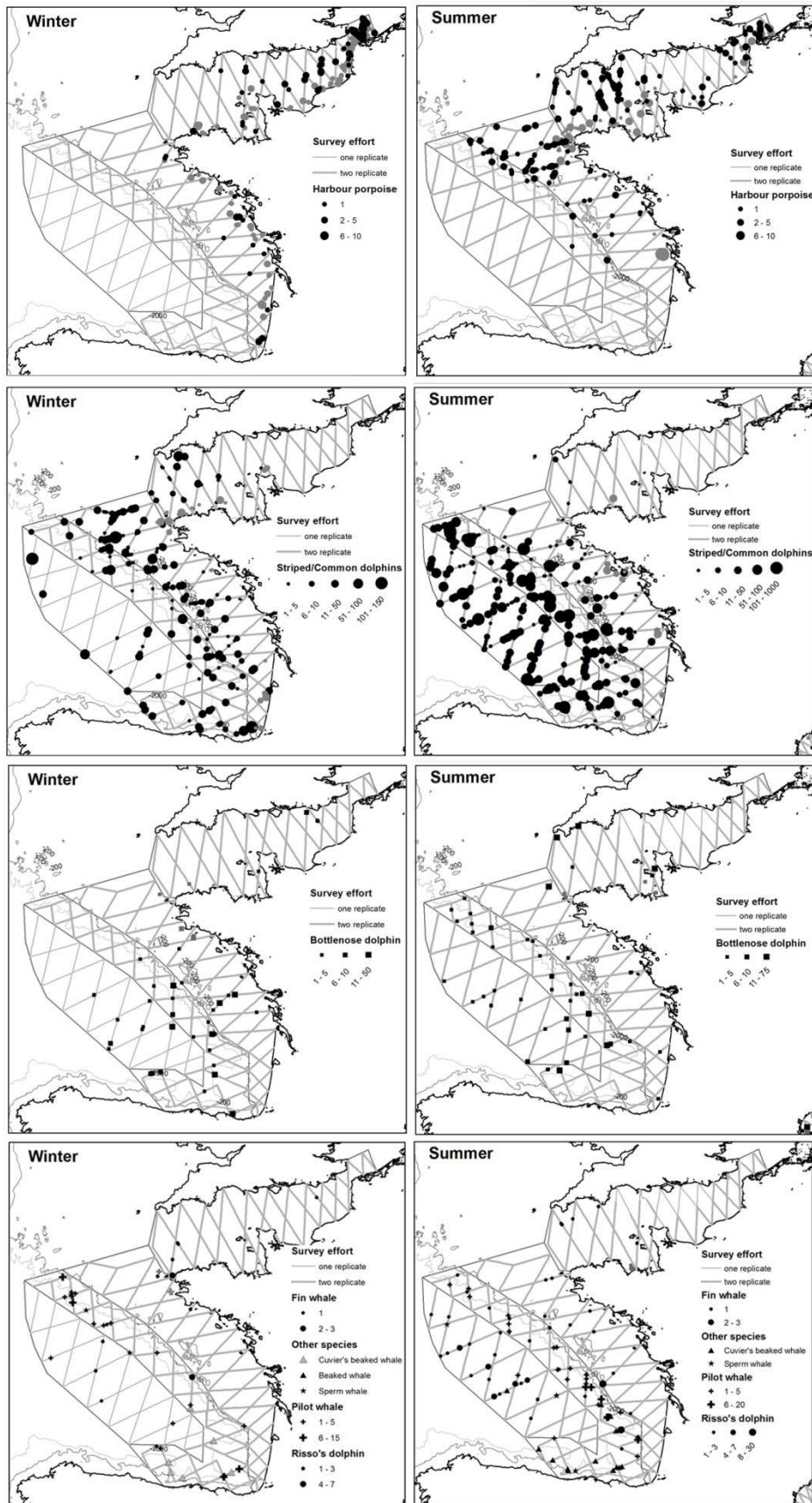
Annexe – 6 Distribution des colonies recensées en Méditerranée.



Annexe – 7 Nombre d’observations de mammifères marins collectées en effort lors des deux campagnes SAMM en Atlantique.

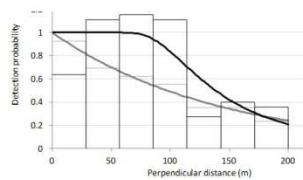
		Golfe de Gascogne		Manche		
		Hiver	Eté	Hiver	Eté	Total
<b>Rorquals</b>	Petit rorqual	-	11	1	3	<b>15</b>
	Rorqual commun	3	16	-	-	<b>19</b>
	Baleine bleue	-	1	-	-	<b>1</b>
	Rorqual indéterminé	-	1	-	-	<b>1</b>
<b>Marsouins</b>	Marsouin commun	52	99	227	173	<b>551</b>
<b>Petits delphininés</b>	Dauphin commun	304	473	34	6	<b>817</b>
	Dauphin bleu et blanc	9	3	-	-	<b>12</b>
	Dauphin commun ou bleu et blanc	90	198	5	-	<b>293</b>
<b>Grand delphininés</b>	Grand dauphin	43	50	5	13	<b>111</b>
<b>Globicephalinés</b>	Dauphin de Risso	8	16	3	4	<b>31</b>
	Globicéphale	20	37	-	-	<b>57</b>
	Grands globicéphalinés	9	-	-	-	<b>9</b>
<b>Grands plongeurs</b>	Kogia spp.	4	2	-	-	<b>6</b>
	Grand cachalot	4	4	-	-	<b>8</b>
	Ziphius	6	13	-	-	<b>19</b>
	Ziphiidés	-	1	-	-	<b>1</b>
<b>Indéterminés</b>	Delphinidés	56	64	9	6	<b>135</b>
	Grand cétacés	1	2	-	-	<b>3</b>
	Cétacés moyen	5	5	-	-	<b>10</b>
	Petits cétacés	2	10	4	3	<b>19</b>
	Cétacés indéterminés	-	1	-	-	<b>1</b>
<b>Total Cétacés</b>		<b>616</b>	<b>1 007</b>	<b>288</b>	<b>208</b>	<b>2 119</b>
<b>Phoques</b>	Phoques	-	1	15	19	<b>35</b>
<b>Nombre d’espèces</b>		<b>11</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	

Annexe – 8 Localisation des observations de cétacés collectées en effort lors des deux campagnes SAMM en Atlantique.



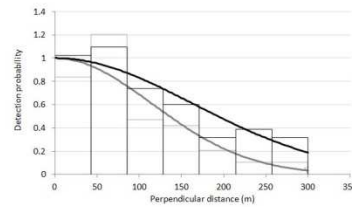
Annexe – 9 Fonctions de détection issues de l'analyse de Distance sampling pour chaque espèce de cétacés.

**Harbour porpoise**



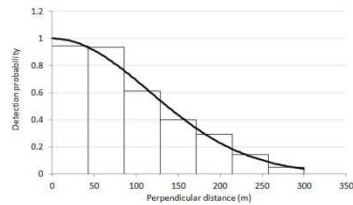
BoB Hazard  $\mu = 145\text{m}$  (8.5%, n=127)  
 English Chan: Neg exp  $\mu = 104\text{m}$  (7.5%, n=350, in grey)

**Bottlenose dolphin**



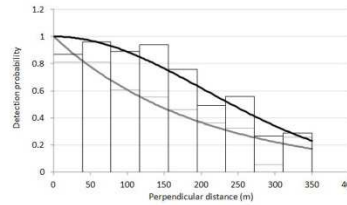
Half-normal  $\mu_{\text{cloud0-4}} = 192\text{m}$  (7.5%, n=127)  
 Half-norm  $\mu_{\text{cloud5-8}} = 144\text{m}$  (9.6%, n=64, in grey)

**Striped & common dolphins  
(Pod size <10 )**



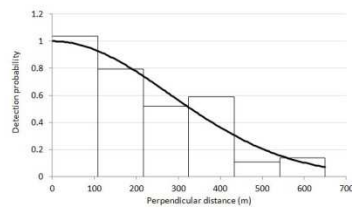
Half-normal  $\mu = 144\text{m}$  (2.8%, n=810)

**Striped & common dolphins  
(Pod size  $\geq 10$  )**



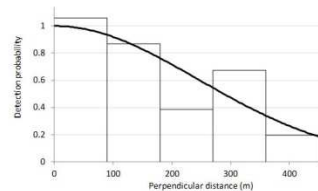
Half-normal  $\mu_{\text{Sea-state0-1}} = 234\text{m}$  (5.6%, n=270)  
 Half-normal  $\mu_{\text{Sea-state2-3}} = 165\text{m}$  (7.6%, n=314, in grey)

**Fin whales (Mediterranean)**



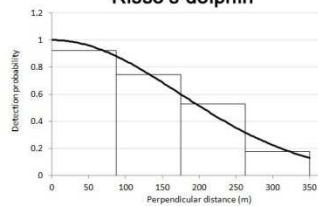
Half-normal  $\mu = 400\text{m}$  (11.5%, n=59)

**Fin whales  
(Bay of Biscay/English Channel)**



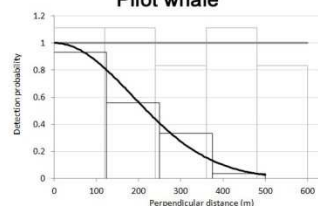
Half-normal  $\mu = 286\text{m}$  (15.8%, n=33)

**Risso's dolphin**



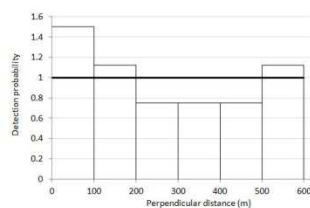
Half-normal  $\mu = 207\text{m}$  (12%, n=54)

**Pilot whale**



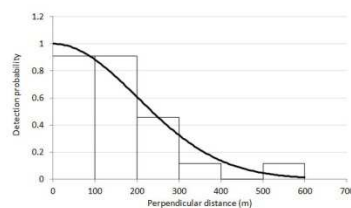
Pod size 1-4 Half-normal  $\mu = 232\text{m}$  (11.3%, n=50)  
 >4 Uniform  $\mu = 600\text{m}$  (0%, n=18, in grey)

**Sperm whale**



Uniform  $\mu = 600\text{m}$  (0%, n=16)

**Beaked whale**



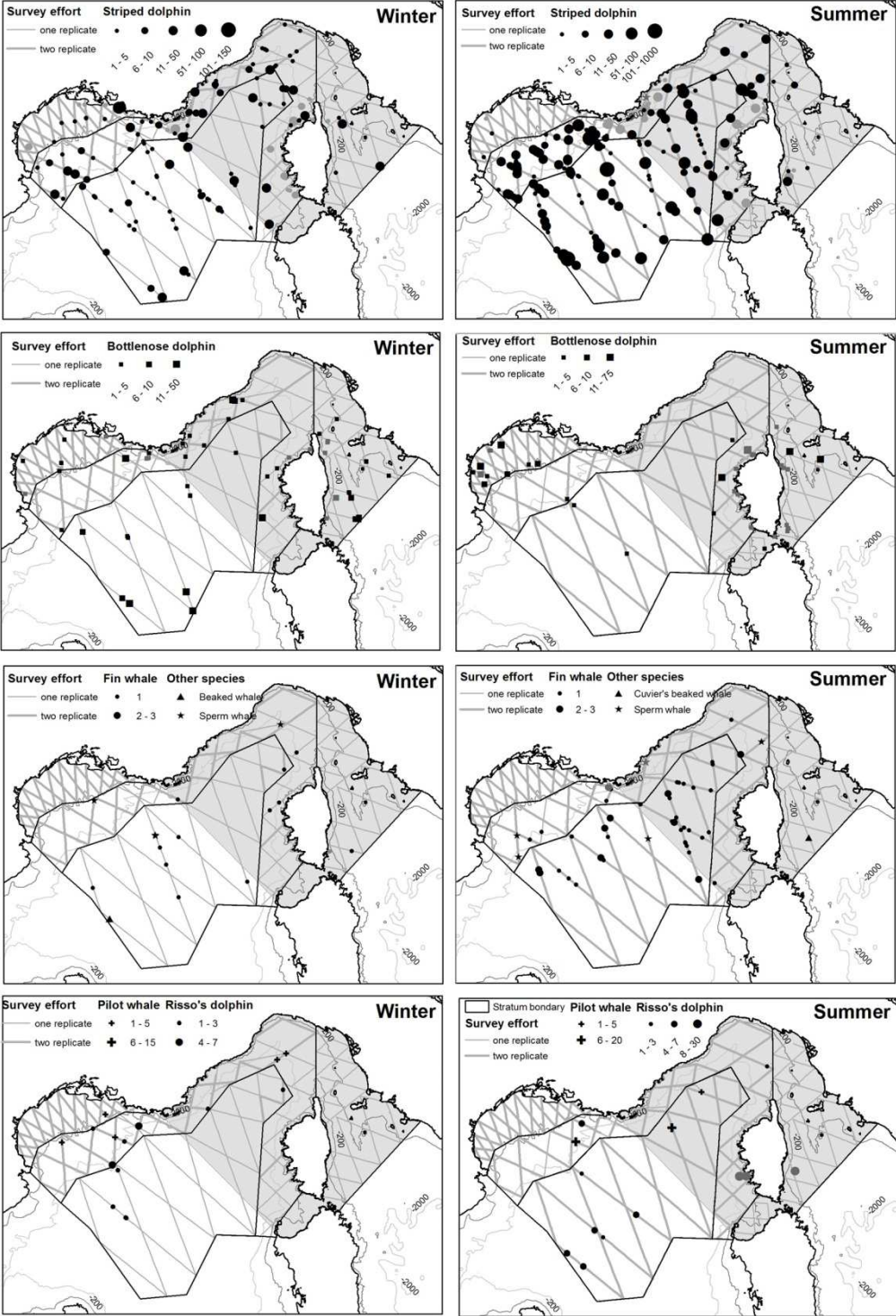
Half-normal  $\mu = 250\text{m}$  (16%, n=22)



Annexe – 10 Nombre d’observations de mammifères marins collectées en effort lors des deux campagnes SAMM en Méditerranée (et proportion en % du nombre total).

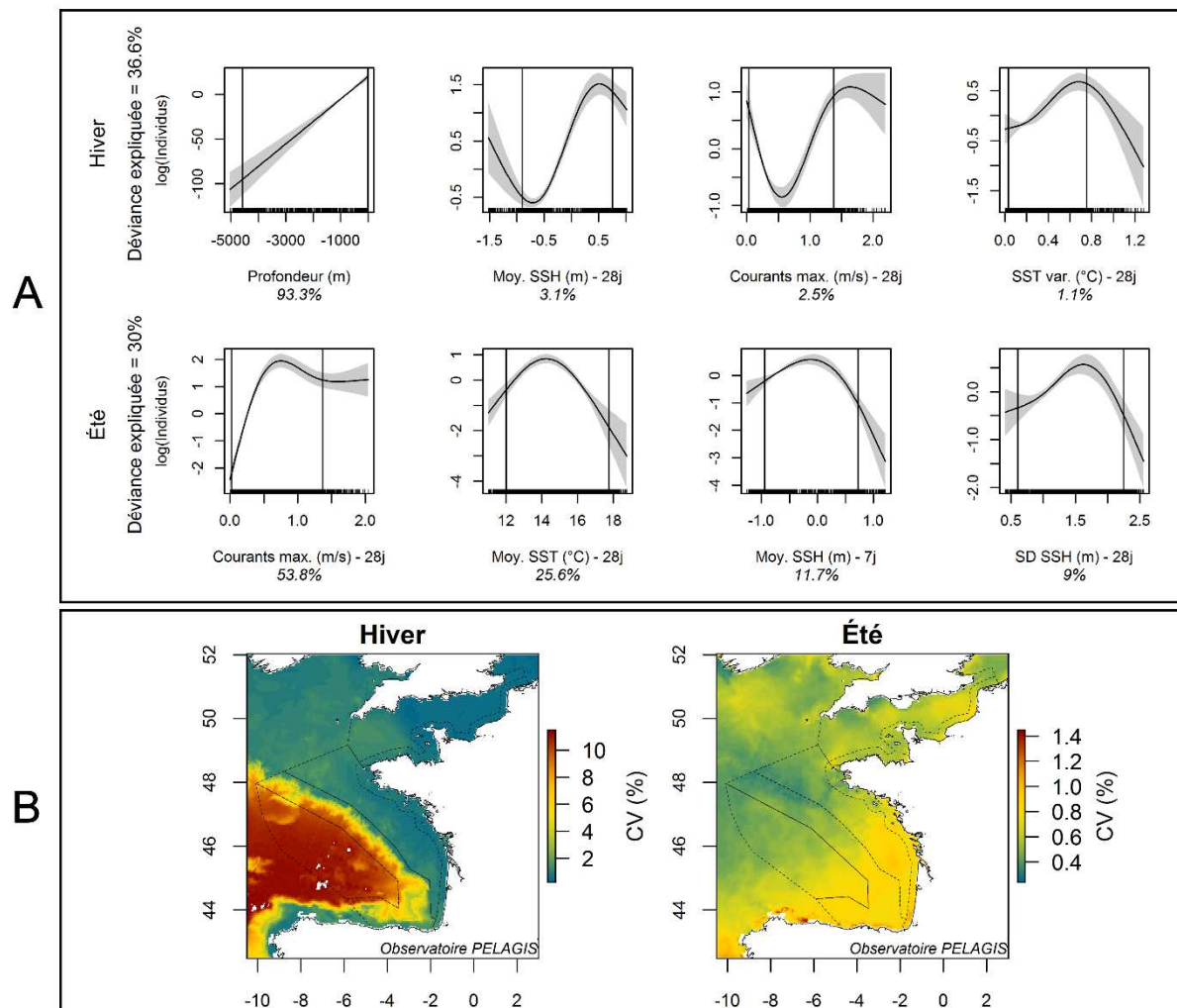
Espèce		Hiver		Eté		Total
<b>Rorquals</b>	Rorqual commun	13	4.1%	45	10.6%	58
	Rorqual indéterminé	-		3	0.7%	3
	Dauphin commun	-		1	0.2%	1
<b>Petits delphininés</b>	Dauphin bleu et blanc	95	30.1%	189	44.6%	284
	Dauphins bleu et blanc ou commun	68	21.5%	58	13.7%	126
<b>Grands delphininés</b>	Grand dauphin	56	17.7%	51	12.0%	107
<b>Globicéphalinés</b>	Dauphin de Risso	15	4.7%	14	3.3%	29
	Globicéphale noir	5	1.6%	3	0.7%	8
	Cachalot	4	1.3%	5	1.2%	9
<b>Grands plongeurs</b>	Baleine à bec de Cuvier	-		1	0.2%	1
	Ziphiidés	1	0.3%	-		1
	Delphinidés	57	18.0%	49	11.6%	106
<b>Indéterminés</b>	Grand cétacés	1	0.3%	1	0.2%	2
	Cétacés moyen	1	0.3%	1	0.2%	2
	Petits cétacés	-		3	0.7%	3
<b>Total</b>		<b>316</b>		<b>424</b>		<b>840</b>
<b>Nombre d’espèces</b>		<b>7</b>		<b>8</b>		

Annexe 11 – Localisation des observations de cétacés collectées en effort lors des deux campagnes SAMM en Méditerranée.



## Annexe 12 – Marsouin commun - Atlantique

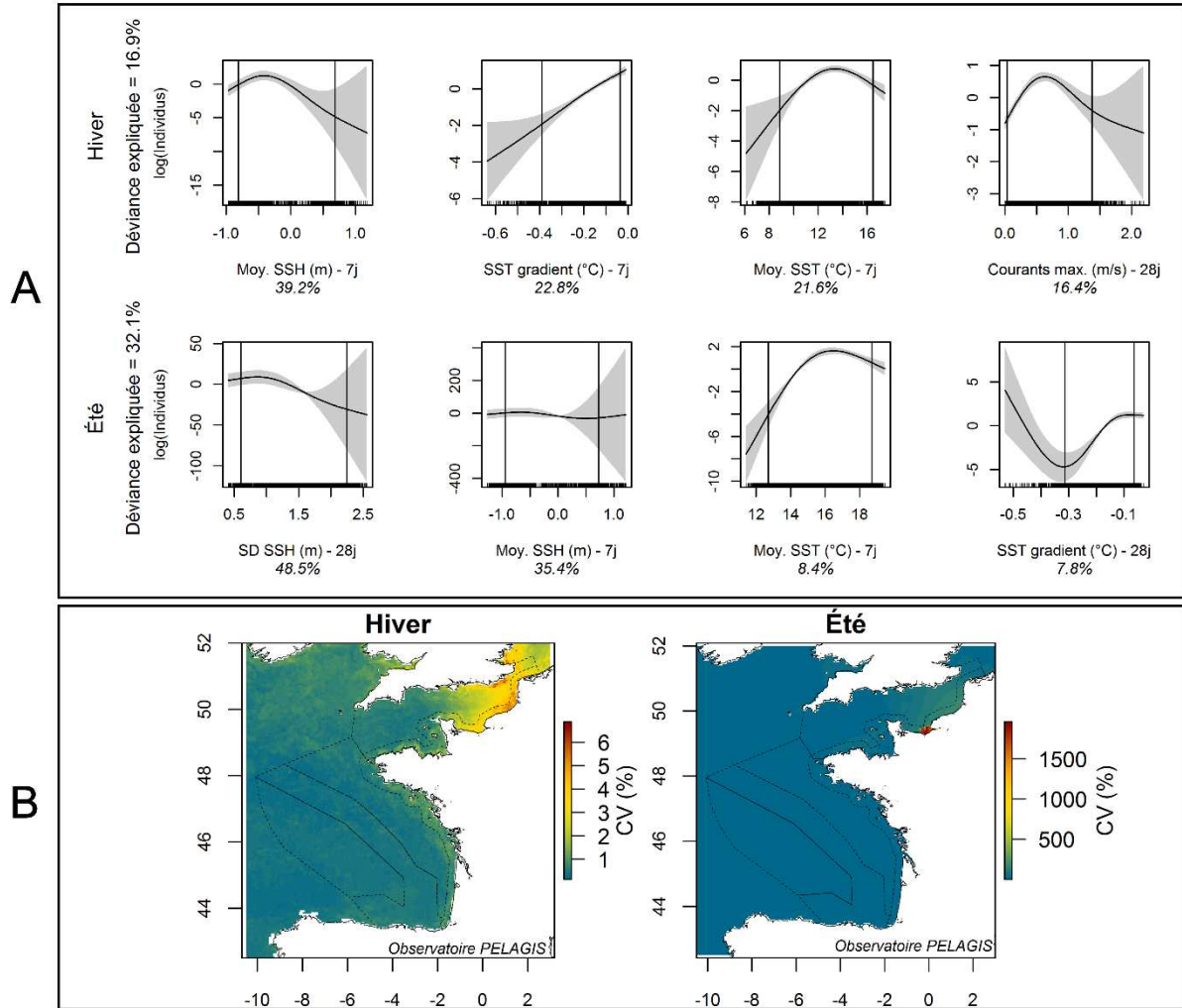
A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas). La déviance expliquée par le modèle est indiquée à droite de chaque modèle (%). Les poids de chaque covariable au sein du modèle sont indiqués (en %) sous chaque panel. Les courbes noires représentent la relation modélisée entre la covariable (en abscisse) et le nombre d'individus (en log, en ordonnée), les zones grisées autour de ces courbes représentent l'intervalle de confiance à 95 % autour du modèle. Chaque petit trait vertical sur l'axe des abscisses représente un centre de segment. Les deux barres verticales correspondent aux quantiles 5 et 95%, et contiennent donc 90 % des données. Les courbes à l'extérieur de cet intervalle doivent être considérées avec précaution : les modèles y sont moins robustes car portés par moins d'observations. Pour les interprétations, on se focalise donc sur les courbes à l'intérieur de l'intervalle des 90%. B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 13– Petits delphininés - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

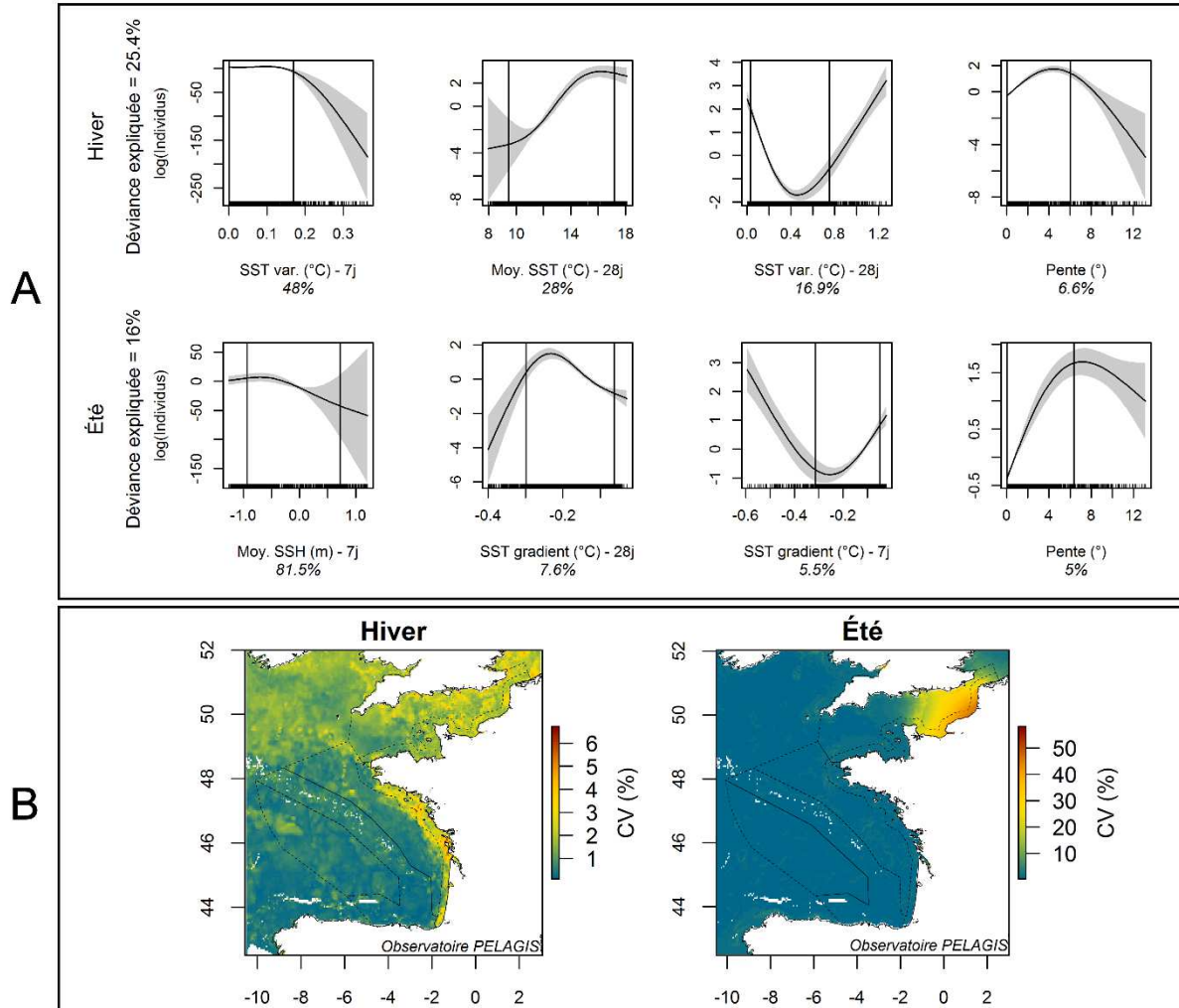
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 14 – Grand dauphin - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

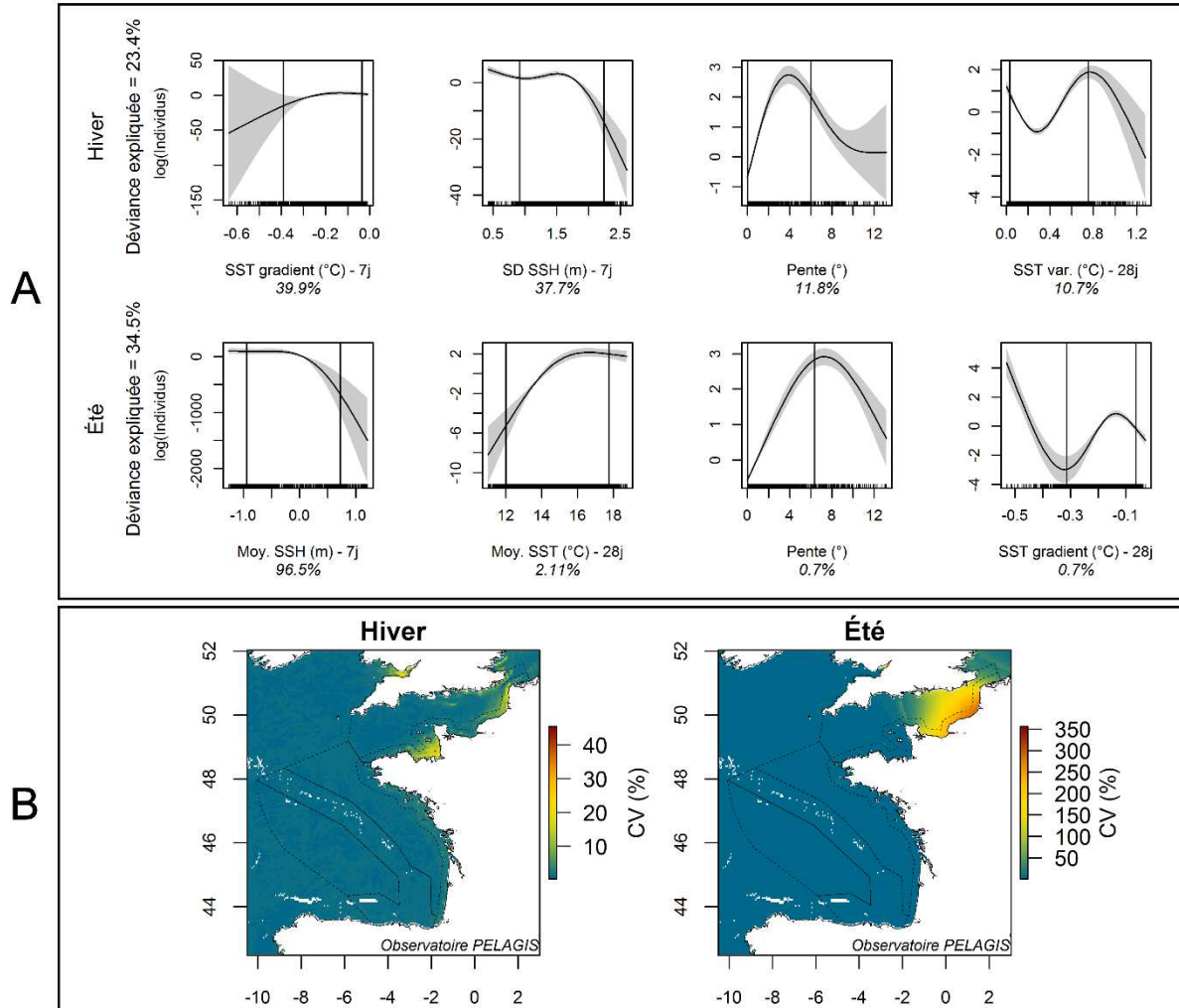
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 15 – Globicéphalinés - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

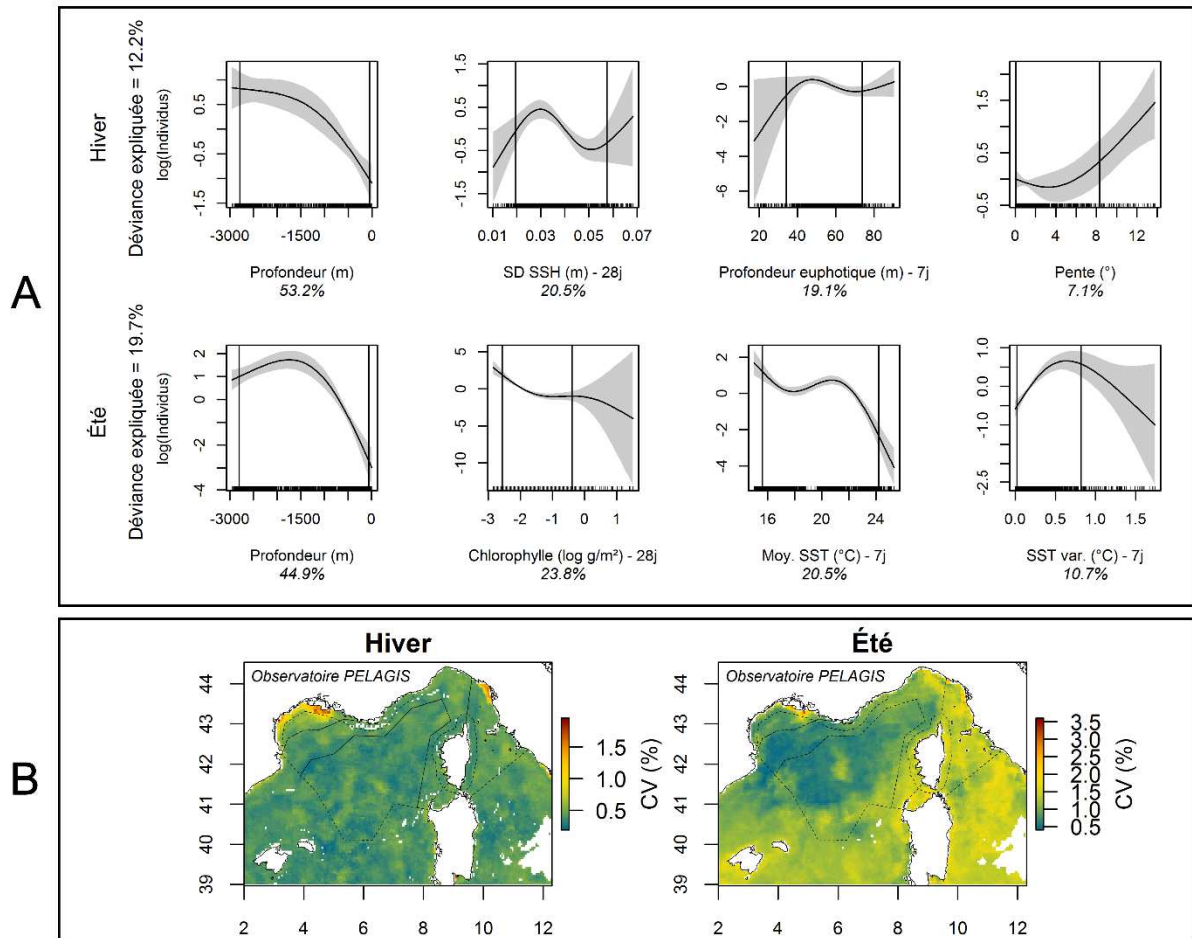
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 16 – Petits Delphininés - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

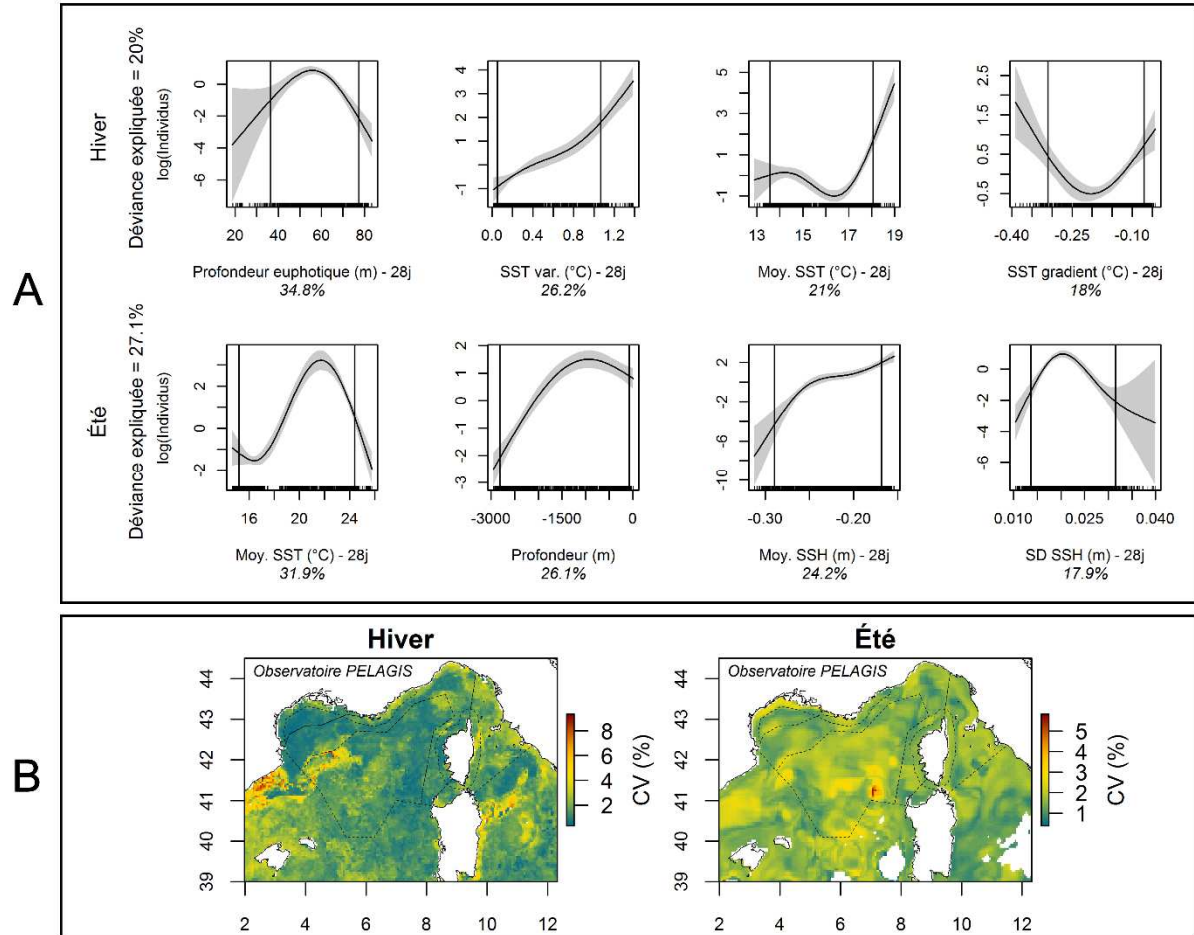
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 17 – Grand dauphin - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).

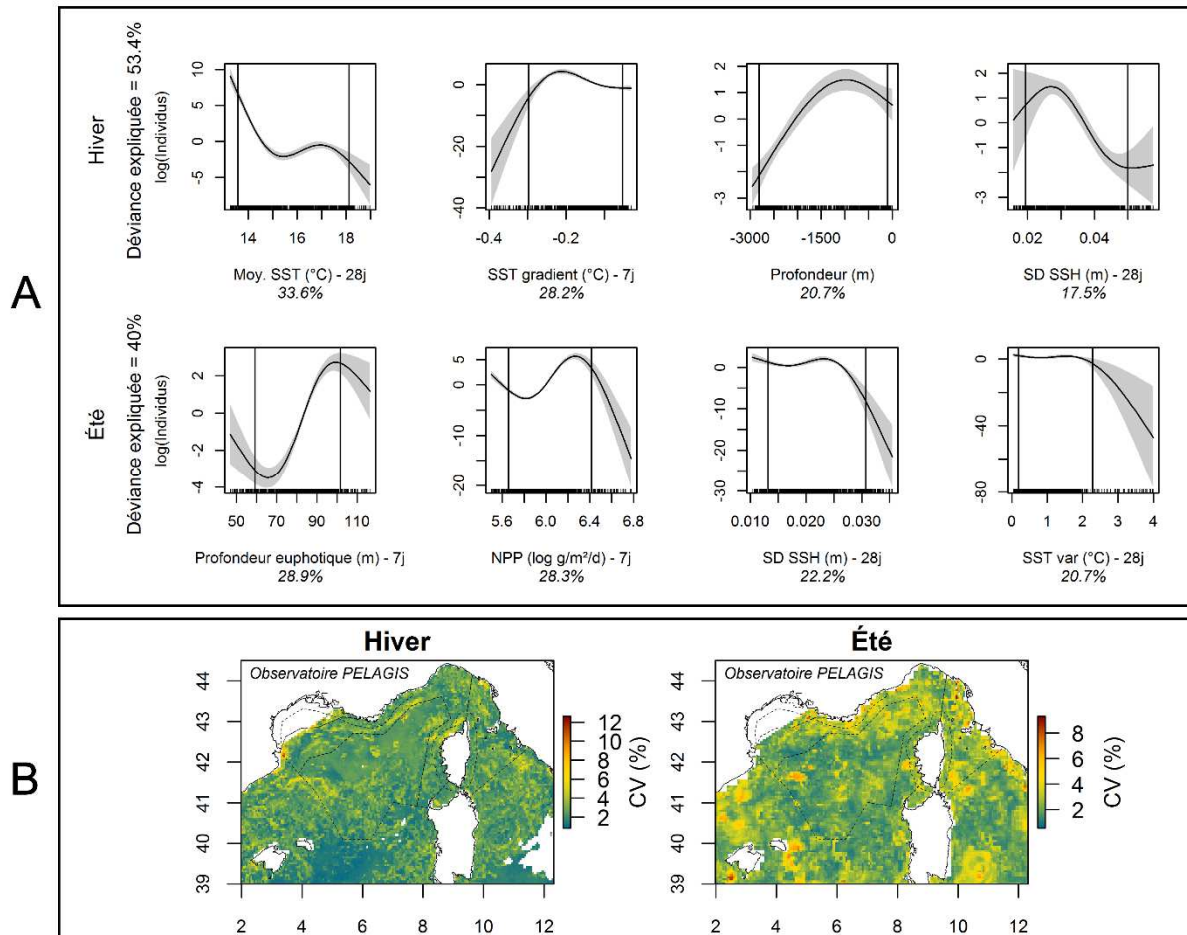




## Annexe 18 – Globicéphalinés - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

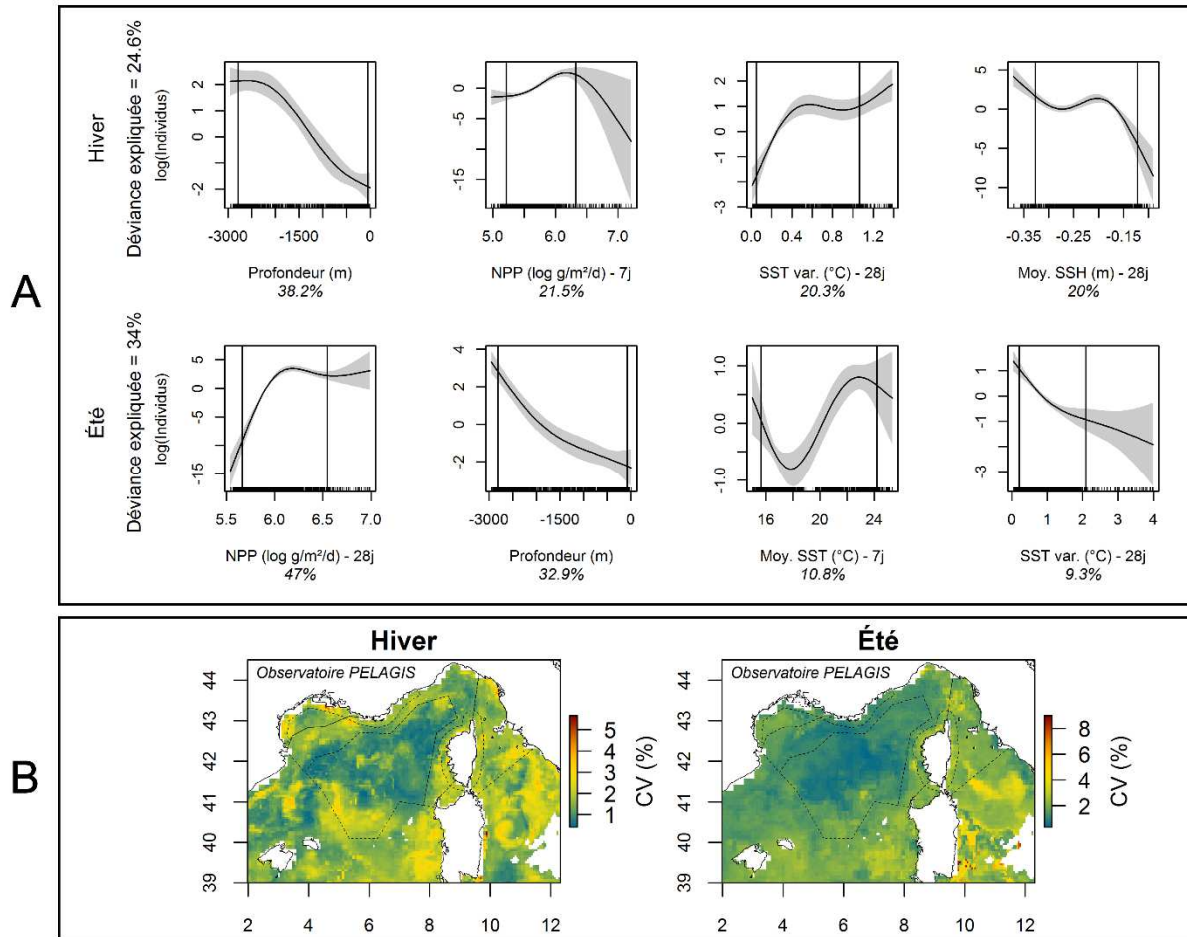
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



Annexe 19 – Rorqual commun - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

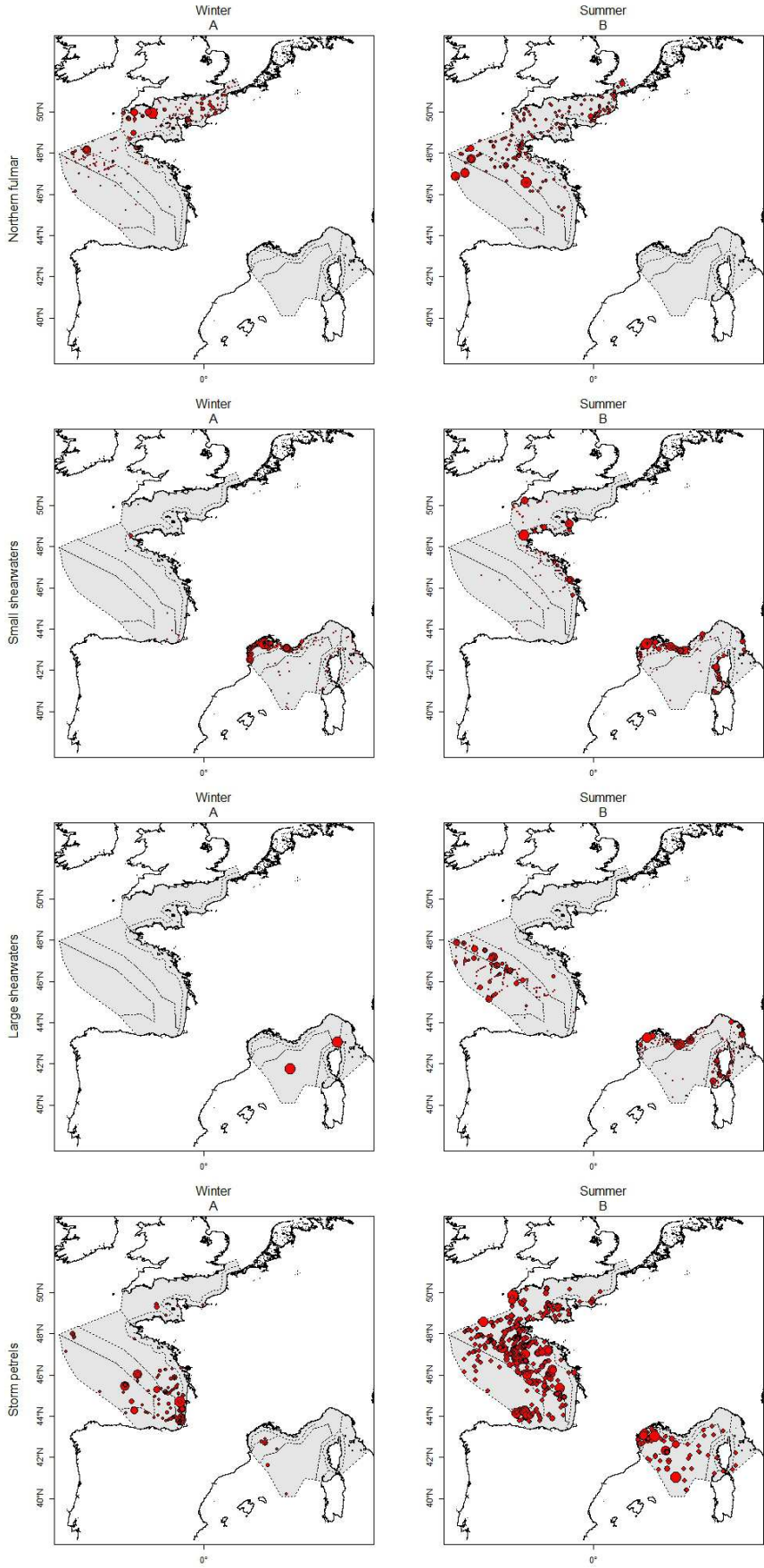
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).

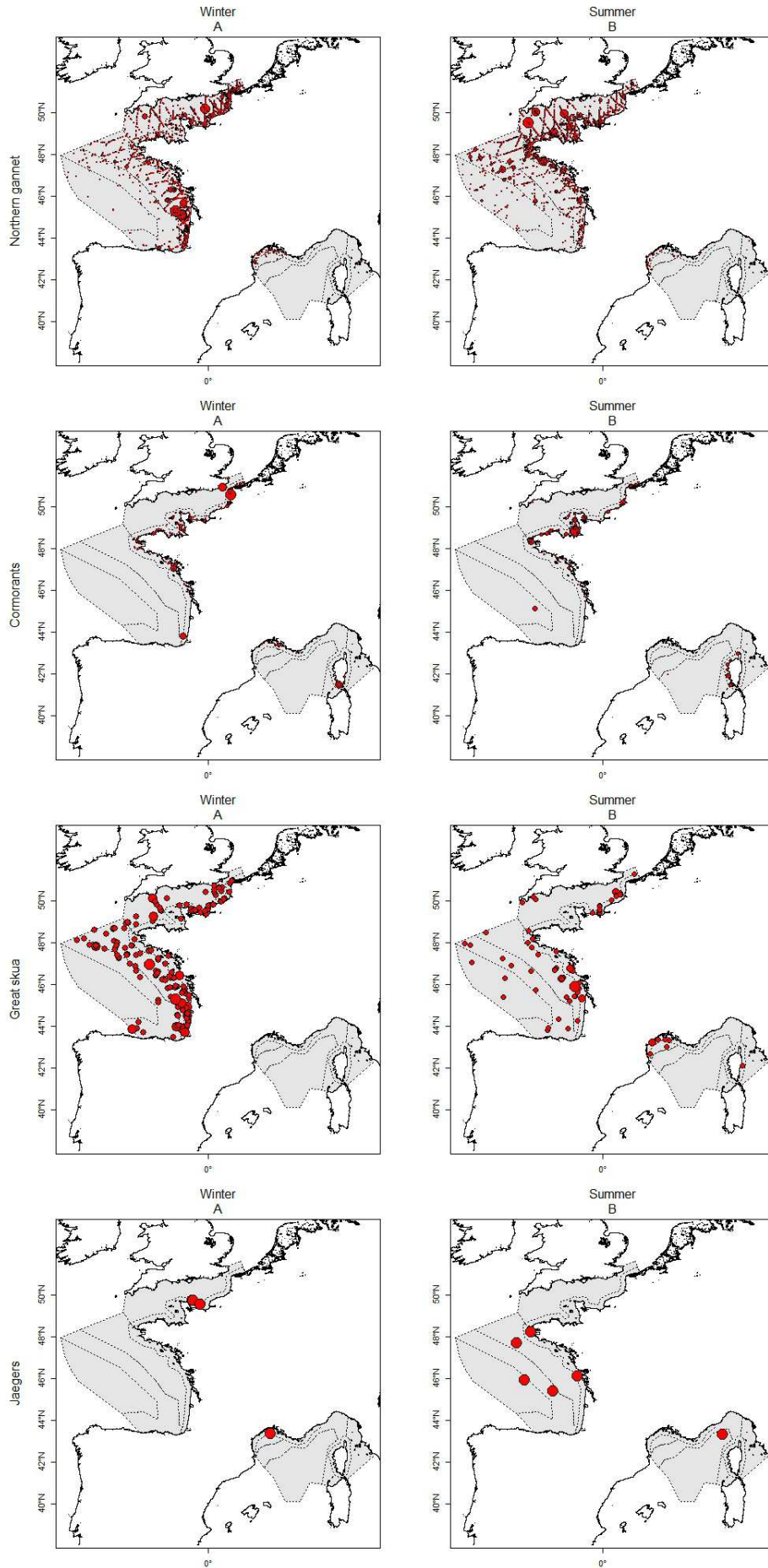


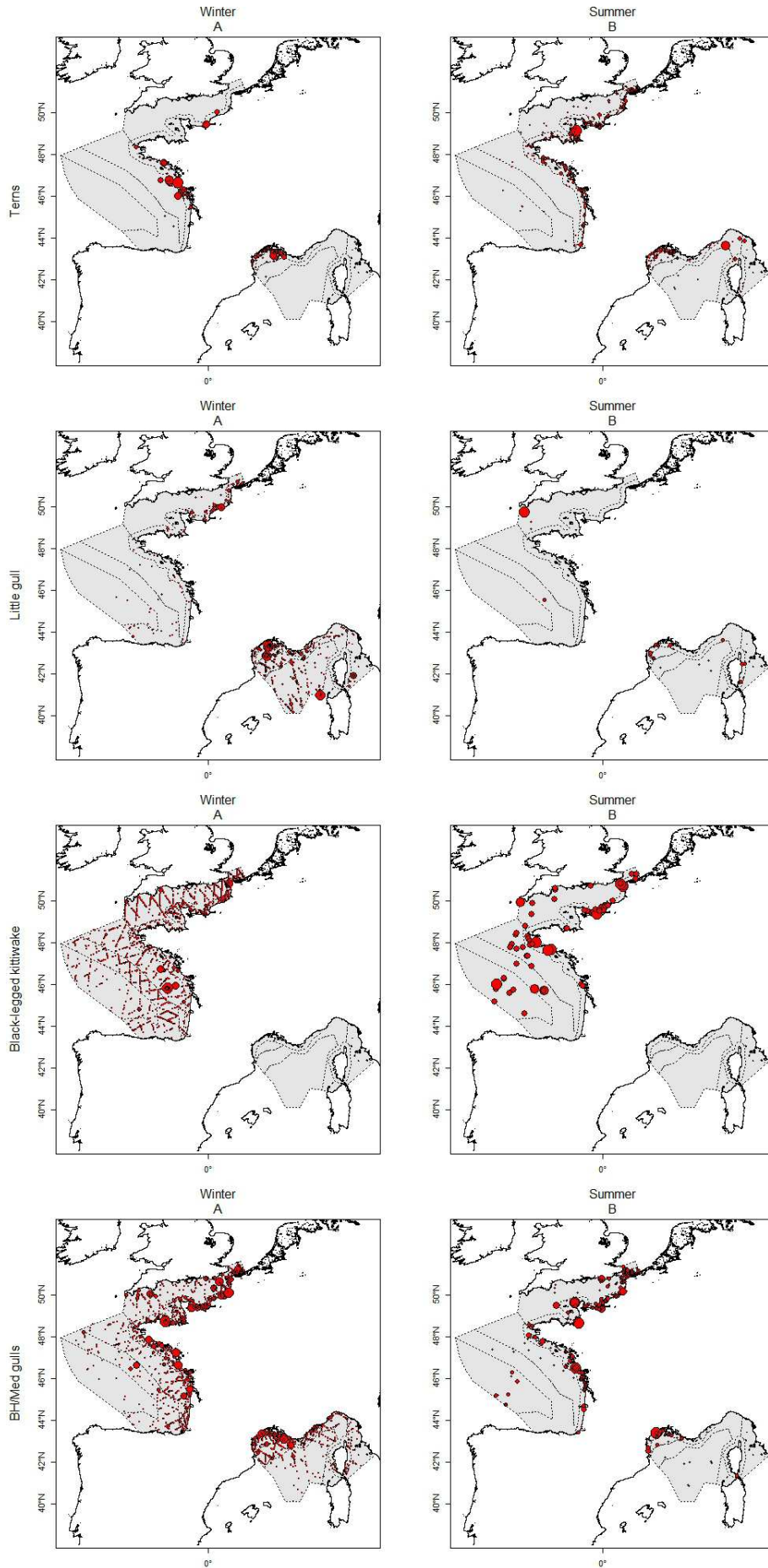
Annexe 20 – Nombre d’observations d’oiseaux collectées en effort lors des deux campagnes SAMM en Atlantique (le nombre d’individus est indiqué entre parenthèse).

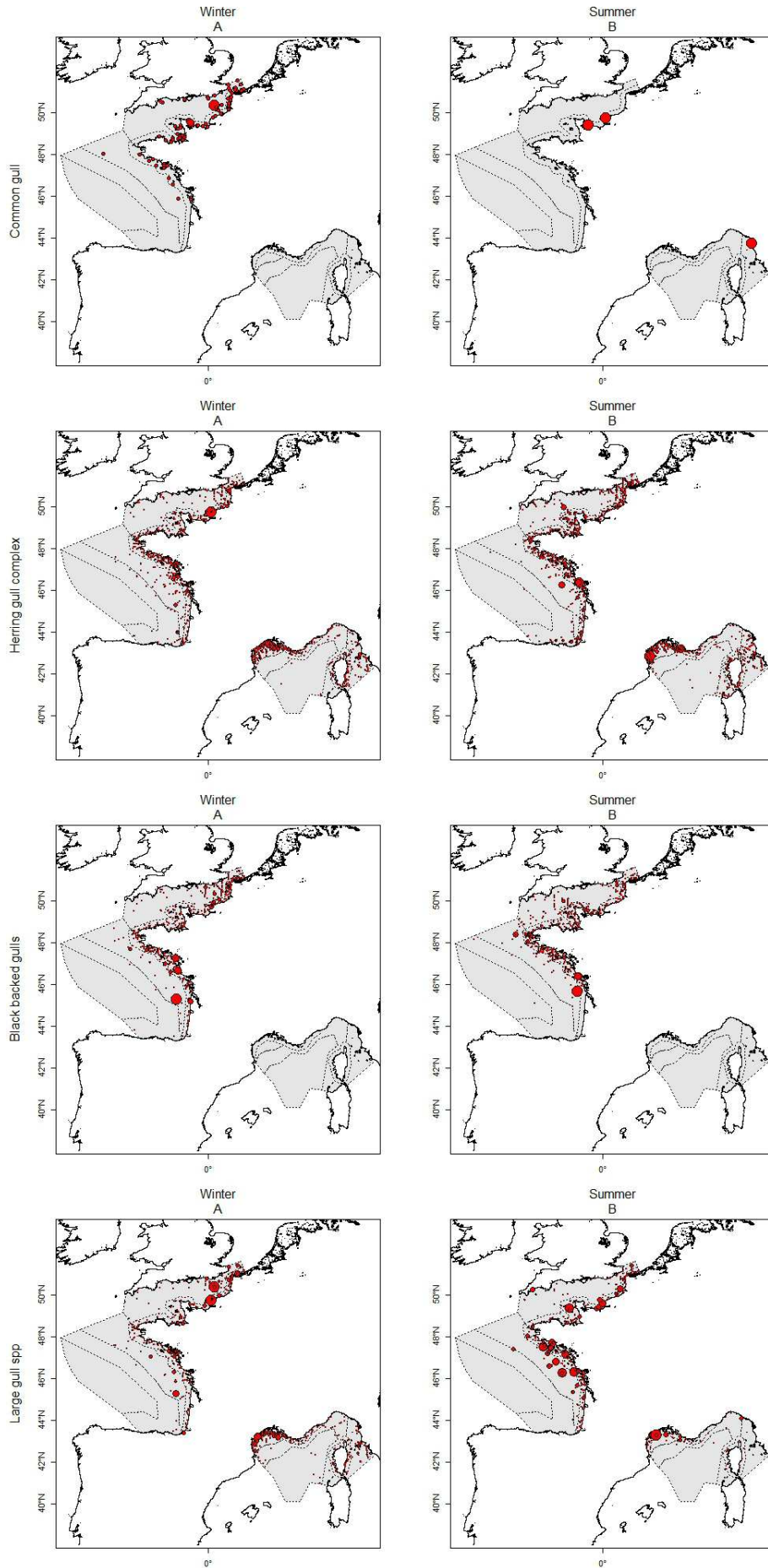
Nom commun	Manche		Golfe de Gascogne	
	Hiver	Eté	Hiver	Eté
Fulmar boréal	226 (499)	95 (108)	120 (241)	100 (175)
Puffin cendré	0 (0)	0 (0)	0 (0)	110 (324)
Petit puffin	3 (13)	97 (464)	13 (18)	82 (306)
Puffin spp	3 (3)	1 (1)	2 (4)	5 (8)
Grand puffin	0 (0)	0 (0)	0 (0)	118 (567)
Océanite ind.	5 (10)	66 (89)	152 (296)	482 (629)
Fou de bassan	1914 (5336)	1457 (2415)	1783 (5787)	1083 (1795)
Grand cormoran	0 (0)	11 (16)	37 (103)	15 (18)
Cormoran huppé	0 (0)	3 (3)	7 (13)	5 (27)
Cormoran spp	191 (415)	142 (360)	15 (24)	22 (69)
Grand labbe	50 (52)	21 (22)	141 (156)	46 (53)
Petit labbe	4 (4)	0 (0)	0 (0)	5 (5)
Sterne caugek	1 (1)	115 (172)	10 (25)	96 (147)
Sterne moyenne	0 (0)	293 (666)	10 (35)	111 (185)
Sterne spp	11 (24)	62 (173)	56 (118)	48 (81)
Sterne naine	0 (0)	6 (13)	0 (0)	0 (0)
Mouette pygmée	95 (227)	3 (22)	44 (51)	3 (4)
Mouette rieuse	36 (72)	30 (38)	32 (52)	8 (11)
Mouette mélanocéphale	10 (14)	0 (0)	6 (7)	3 (4)
Mouette tridactyle	1172 (1571)	39 (49)	1083 (1662)	34 (44)
Mouette rieuse/mel ind.	876 (2370)	235 (415)	723 (1375)	109 (198)
Goéland cendré	95 (117)	2 (2)	14 (14)	0 (0)
« Grand goéland gris »	394 (1234)	891 (1549)	498 (1899)	658 (1818)
« Grand goéland noir »	509 (961)	207 (308)	256 (975)	124 (245)
Goéland brun	4 (4)	128 (185)	17 (24)	260 (508)
Goéland marin	78 (102)	43 (62)	13 (13)	54 (112)
Goéland spp	253 (2999)	192 (1175)	138 (1695)	230 (2076)
Laridés spp	243 (2585)	47 (361)	56 (1245)	34 (902)
Alcidés spp	0 (0)	0 (0)	6 (7)	1 (2)
Guillemot / pingouin	3785 (12133)	135 (327)	2430 (4701)	104 (201)
Macreuse brune	3 (17)	0 (0)	0 (0)	1 (1)
Macreuse noire	16 (209)	1 (5)	20 (680)	0 (0)
Macreuse spp	67 (833)	22 (88)	31 (347)	0 (0)
Bernache cravant	50 (221)	0 (0)	11 (909)	0 (0)
Tadorne de Belon	0 (0)	1 (1)	4 (145)	4 (59)
Plongeon spp	212 (843)	0 (0)	3 (3)	0 (0)
Grèbe spp	5 (5)	0 (0)	10 (11)	0 (0)
Autres oiseaux	47 (1635)	50 (194)	56 (593)	89 (312)
Total	10358 (34509)	4395 (9283)	7797 (23228)	4044 (10886)

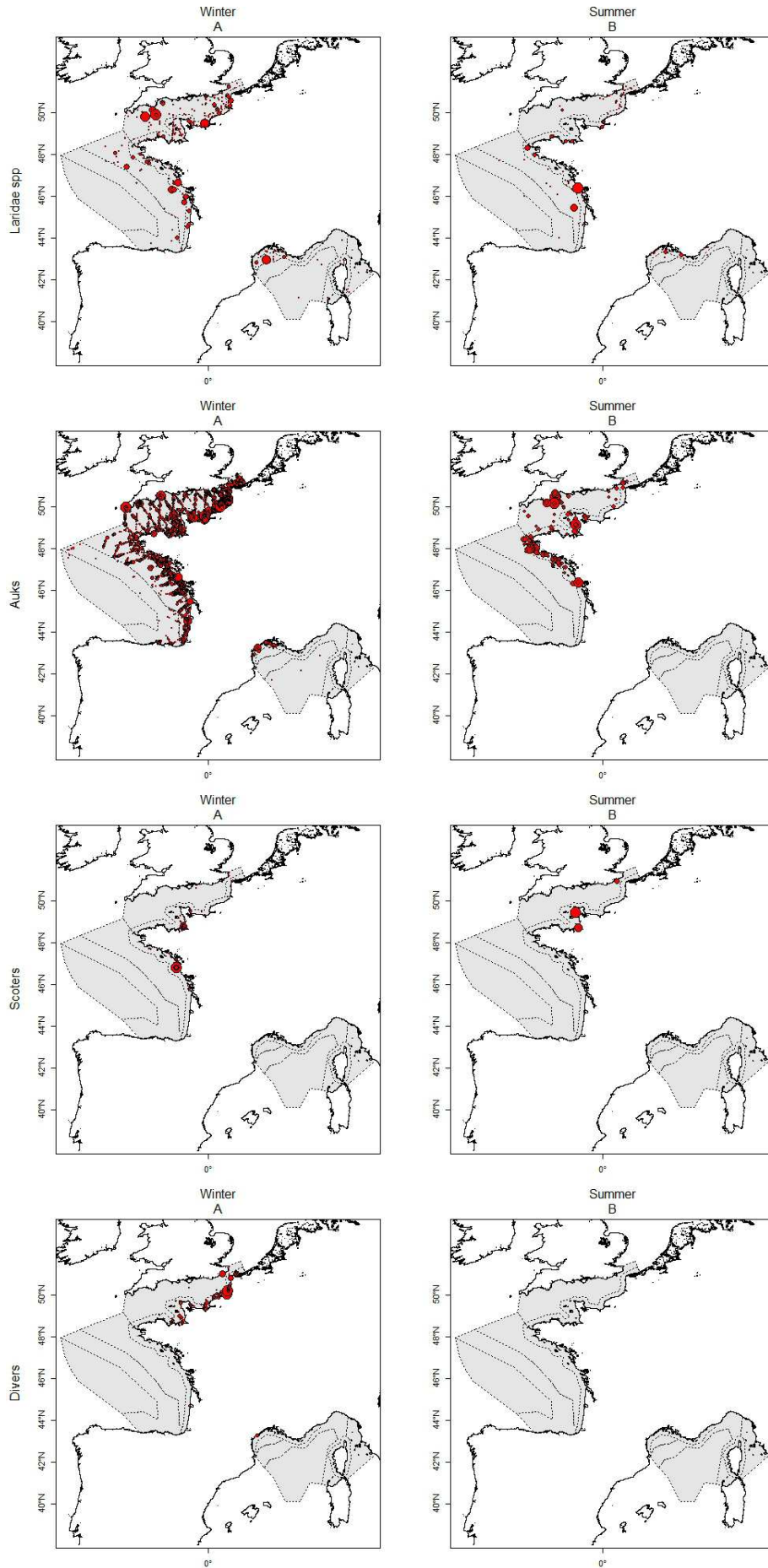
Annexe 21 – Localisation des observations d’oiseaux marins collectées en effort lors des deux campagnes SAMM en Atlantique et en Méditerranée.













Annexe 22 – Abondances en mer estimées\* pour les groupes et espèces d’oiseaux marins en Atlantique par strate et par saison (CV en %) : golfe de Gascogne, Manche et total de la région (somme des abondances du plateau, du talus et de l’océanique).

Groupe espèce		Golfe de Gascogne				Manche		Atlantique		
		Côte	Plateau	Talus	Océanique	Côte	Plateau	Abondance	Int. confiance 95%	
<b>Fulmar boréal</b>	Hiver	447 (70,3)	4318 (38,7)	2703 (19,1)	1735 (29,7)	1930 (24,2)	11190 (16,5)	19947	13040	31395
	Eté	290 (38,4)	1630 (19,6)	2556 (28)	1416 (55,2)	361 (23,8)	2409 (16,1)	8010	4882	13948
<b>Petits puffins</b>	Hiver	36 (100)	245 (47,6)	422 (57,1)	0 (0)	196 (120,2)	37 (100)	704	257	1979
	Eté	2641 (35,5)	5646 (45,4)	173 (44,7)	142 (57,7)	3308 (48,5)	4246 (37,9)	10206	4612	22701
<b>Grands puffins</b>	Hiver	0	0	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	0	0
	Eté	34 (70,6)	596 (76,3)	17130 (20,1)	14251 (20,6)	0 (0)	0 (0)	31977	21324	48776
<b>Océanites</b>	Hiver	1302 (32,4)	4526 (22,6)	3167 (25,7)	2795 (49,9)	33 (70,7)	148 (86,6)	10637	5998	19889
	Eté	426 (30,3)	9542 (12,1)	11052 (9)	991 (22,6)	476 (20,7)	2123 (20,9)	23708	18848	29999
<b>Fou de Bassan</b>	Hiver	22051 (12,2)	109597 (10,6)	10642 (26,8)	964 (44,9)	38352 (9,6)	89708 (9,7)	210910	170024	263389
	Eté	9321 (11,3)	19841 (8,8)	15058 (12,9)	3775 (20,7)	14523 (7,8)	44464 (6,2)	83138	70318	98780
<b>Cormorans</b>	Hiver	1698 (30,5)	939 (38,1)	0 (0)	0 (0)	3751 (18,5)	5179 (25,2)	6118	3642	10353
	Eté	443 (24,7)	2 129 (49)	0 (0)	519 (100)	3891 (19,9)	3430 (26,2)	6078	3029	13625
<b>Grand labbe</b>	Hiver	429 (25,3)	3144 (14,4)	1436 (25,9)	0 (0)	393 (23,3)	849 (23,5)	5429	3783	7868
	Eté	222 (34,2)	976 (29,2)	345 (31,5)	142 (57,7)	82 (44,7)	653 (28,1)	2116	1176	3865
<b>Petits labbes</b>	Hiver	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	65 (50)	0 (0)	0	0	0
	Eté	34 (70,7)	40 (100)	35 (100)	47 (100)	0 (0)	0 (0)	121	24	621
<b>Sternes</b>	Hiver	1376 (25,9)	2368 (32,5)	84 (70,7)	0 (0)	294 (66,6)	258 (42,8)	2711	1414	5274
	Eté	4448 (15,3)	4771 (21,3)	449 (43,2)	236 (64,4)	8173 (11,7)	14576 (14,1)	20032	14498	28165
<b>Mouette pygmée</b>	Hiver	107 (40,7)	572 (32,4)	929 (28,8)	482 (44,5)	2016 (23,8)	3063 (27,7)	5046	2850	9005
	Eté	34 (70,7)	0 (0)	69 (100)	0 (0)	0 (0)	670 (100)	739	144	3778
<b>Mouette tridactyle</b>	Hiver	2198 (15,1)	19029 (8,3)	17990 (7,1)	9831 (13,3)	7720 (7,6)	30407 (5,9)	77258	66523	89908
	Eté	102 (57,7)	716 (32,2)	207 (64,2)	472 (40,5)	312 (32,2)	653 (26,4)	2048	1065	4078

Groupe espèce		Golfe de Gascogne				Manche		Atlantique		
		Côte	Plateau	Talus	Océanique	Côte	Plateau	Abondance	Int. confiance 95%	
<b>Mouettes rieuse et mélanocéphale</b>	Hiver	8578 (11,8)	20294 (10,9)	9418 (16,9)	1639 (27,9)	15243 (10)	43432 (9,9)	74783	59895	93752
	Eté	1611 (23,2)	2624 (21,8)	104 (57,7)	991 (42,8)	3858 (14,8)	6800 (16,8)	10519	7102	15947
<b>Grands goélands gris</b>	Hiver	15833 (14,3)	11189 (16,6)	2956 (50,5)	0 (0)	6673 (16,1)	10591 (14,4)	24736	17267	36986
	Eté	9424 (10,6)	20714 (15,1)	4213 (33,1)	94 (70,7)	14343 (9)	21150 (11,4)	46172	34619	62496
<b>Grands goélands noirs</b>	Hiver	6387 (15,8)	8134 (22,9)	127 (57,7)	0 (0)	9146 (14,3)	15373 (14,3)	23634	16894	33360
	Eté	5300 (9,7)	13478 (20,1)	104 (78,2)	47 (100)	4021 (13)	11473 (14,1)	25102	17866	35673
<b>Grands goélands ind.</b>	Hiver	17317 (31)	16701 (35,3)	296 (55,7)	0 (0)	13885 (27,8)	50409 (24,7)	67406	39905	114785
	Eté	14093 (27,4)	37732 (23,9)	1416 (85,2)	0 (0)	9157 (30)	16903 (28,9)	56052	33825	95319
<b>Grands goélands (total)</b>	Hiver	39536 (15,1)	36023 (18,7)	3379 (44,4)	0 (0)	29704 (15,2)	76370 (16,8)	115771	81573	165503
	Eté	28816 (14,2)	71924 (13,9)	5733 (32)	142 (57,7)	27520 (11,6)	49526 (12)	127324	97175	167917
<b>Laridés ind.</b>	Hiver	6290 (41,1)	26461 (38,7)	3463 (78,5)	0 (0)	8210 (30,6)	63450 (23,3)	93373	54078	167978
	Eté	2778 (71,8)	23180 (47,3)	69 (70,7)	94 (70,7)	4579 (33)	3266 (35,7)	26610	11310	62943
<b>Alcidés</b>	Hiver	38742 (6,5)	83221 (6,3)	6673 (21,9)	289 (78,1)	80745 (5,5)	201225 (4,7)	291408	261743	325835
	Eté	2863 (18,2)	1392 (41,3)	0 (0)	0 (0)	683 (38,1)	10869 (19,8)	12261	8046	18979
<b>Macreuses</b>	Hiver	4861 (43,8)	24705 (56,8)	0 (0)	0 (0)	4301 (28,7)	29374 (28,7)	54079	21977	134946
	Eté	17 (100,0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	16 (100,0)	1395 (81,6)	1395	344	5658
<b>Plongeurs</b>	Hiver	54 (57,7)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	6688 (21,8)	15344 (23,8)	15344	9695	24283
	Eté	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	0	0

\* sans correction liée à la détection

Annexe 23 – Nombre d’observations d’oiseaux collectées en effort lors des deux campagnes SAMM en Méditerranée (le nombre d’individus est indiqué entre parenthèse).

Nom commun	Classification	Nombre d'observations	
		Hiver	Eté
Puffin cendré	<i>Calonectris diomedea</i>	1 (1)	156 (301)
Petit puffin	<i>P. yelkouan/ puffinus/ mauretanicus</i>	411 (1540)	279 (1381)
Puffin spp	<i>Puffinus sp / Calonectris spp</i>	2 (4)	19 (190)
Grand puffin	<i>Calonectris/ P. gravis /griseus</i>	1 (1)	162 (687)
Océanite spp	<i>Hydrobates/Oceanites/Oceanodroma</i>	7 (13)	75 (101)
Fou de bassan	<i>Morus bassanus</i>	87 (190)	43 (60)
Grand cormoran	<i>Phalacrocorax carbo</i>	8 (9)	0 (0)
Cormoran huppé	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	7 (51)	11 (30)
Cormoran spp	<i>Phalacrocorax spp</i>	9 (18)	21 (68)
Grand labbe	<i>Catharacta skua</i>	0 (0)	7 (8)
Petit labbe	<i>Stercorarius parasiticus / pomarinus</i>	1 (1)	1 (1)
Sterne caugek	<i>Sterna sandvicensis</i>	43 (52)	138 (189)
Sterne moyenne	<i>Sterna hirundo / paradisaea</i>	0 (0)	92 (200)
Sterne naine	<i>Sterna albifrons</i>	0 (0)	16 (43)
Sterne spp	<i>Sterna spp</i>	121 (153)	19 (23)
Mouette pygmée	<i>Larus minutus</i>	674 (1336)	30 (45)
Mouette rieuse	<i>Larus ridibundus</i>	41 (73)	0 (0)
Mouette mélanocéphale	<i>Larus melanocephalus</i>	164 (280)	1 (2)
Mouette tridactyle	<i>Rissa tridactyla</i>	1 (2)	0 (0)
Mouette rieuse/mel ind.	<i>Larus ridibundus / melanocephalus...</i>	945 (1619)	64 (117)
Petit goéland gris	<i>Larus canus/audouinii</i>	0 (0)	1 (1)
Grand goéland gris	<i>Larus argentatus / michahellis</i>	976 (2528)	881 (2407)
Grand goéland spp	<i>Larus spp</i>	509 (2332)	111 (793)
Laridés spp	<i>Laridae spp</i>	33 (322)	20 (130)
Alcidés spp	<i>Alcidae spp</i>	25 (59)	0 (0)
Guillemot / pingouin	<i>Alca / Uria spp</i>	52 (191)	0 (0)
Plongeon spp	<i>Gavia spp</i>	3 (10)	0 (0)
Grèbes	<i>Podiceps spp</i>	3 (3)	0 (0)
Autres oiseaux	<i>aves</i>	17 (25)	187 (425)
Total		4141 (10813)	2334 (7202)

Annexe 24 – Abondances en mer estimées (sans correction liée aux conditions d’observation) pour les groupes et espèces d’oiseaux marins en Méditerranée par strate et par saison (CV en %) : côte continent et côte Corse, plateau golfe du Lion, plateau mer tyrrhénienne, talus, océanique et total de la région (somme des abondances du plateau, du talus et de l’océanique).

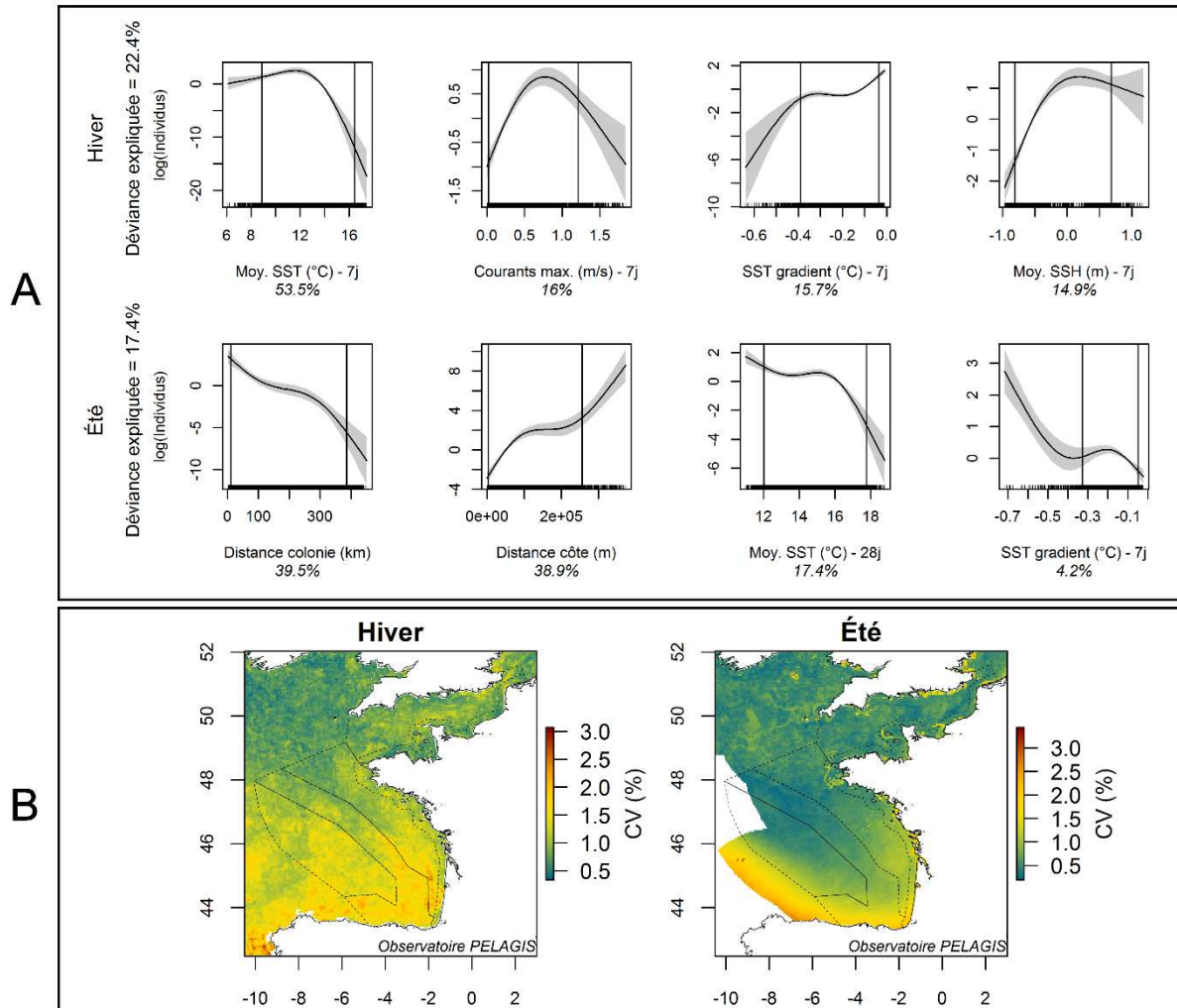
Groupe espèce	Saison	Côte Cont.	Côte Corse	Plateau Lion	Plateau Thyr	Talus	Océanique	Abondance	95% int. confiance	
<b>Petits puffins</b>	Hiver	11206 (17,3)	438 (40)	4634 (20,2)	1476 (34,8)	9821 (42,3)	1385 (35,4)	17316	9031	34193
	Eté	7572 (26,7)	1417 (45,2)	4930 (31,9)	8679 (39)	5060 (35,4)	362 (36,9)	19031	9587	37880
<b>Grands puffins</b>	Hiver	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	34 (100)	77 (100)	111	22	568
	Eté	2841 (31,8)	2939 (21,2)	2484 (35,5)	6143 (39,2)	4085 (32,1)	362 (36,7)	13074	6583	26044
<b>Océanites</b>	Hiver	0 (0)	0 (0)	14 (99,9)	0 (0)	0 (0)	231 (78,1)	552	158	1952
	Eté	83 (47,5)	39 (57,6)	453 (26,8)	169 (57,6)	518 (39,5)	1450 (22,8)	2590	1507	4589
<b>Fou de Bassan</b>	Hiver	1513 (46,5)	52 (70,6)	1090 (28,2)	141 (70,6)	34 (100)	0 (0)	0	682	2537
	Eté	527 (42,2)	13 (100,1)	234 (30,7)	56 (99,8)	91 (74,5)	40 (100)	422	174	1252
<b>Cormorans*</b>	Hiver	147 (37,4)	963 (71,3)	218 (74,9)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1110	346	3680
	Eté	0 (0)	1001 (37,6)	0 (0)	113 (99,8)	549 (75,2)	40 (100)	1001	491	2043
<b>Sternes</b>	Hiver	1571 (23,1)	0 (0)	0 (0)	984 (49,5)	34 (100)	0 (0)	0	1143	4359
	Eté	2245 (16,7)	182 (83,2)	2530 (17,2)	620 (108,2)	1219 (44,8)	201 (44,6)	4571	2536	10299
<b>Mouette pygmée</b>	Hiver	3455 (19,8)	26 (100)	4292 (19,1)	4333 (50,5)	9752 (13,5)	21131 (12,6)	39508	28674	56972
	Eté	263 (39,7)	143 (58,6)	141 (49,3)	0 (0)	0 (0)	121 (57,7)	353	122	1050
<b>Mouette rieuse/mélanocéphale</b>	Hiver	7049 (12,1)	1108 (30,4)	6515 (14,1)	3796 (22,9)	22688 (10)	9694 (16,5)	42693	33069	55448
	Eté	728 (38,7)	39 (105,4)	594 (29,4)	56 (100)	91 (57,7)	242 (40,7)	983	493	2113
<b>Grands goélands gris</b>	Hiver	10647 (14,5)	5000 (20,2)	10985 (13,6)	8856 (15,7)	3388 (17)	385 (44,5)	23613	17553	31940
	Eté	10423 (13,6)	1586 (16,2)	6998 (13,7)	11722 (14,6)	5213 (19,4)	443 (30)	24376	17995	33120
<b>Grands goélands ind.</b>	Hiver	12306 (24,9)	2345 (34,3)	14378 (26,8)	11036 (29,5)	2532 (25,3)	385 (44,6)	28331	16580	48505
	Eté	2716 (33,5)	364 (60,9)	5951 (46,5)	56 (100)	1341 (34,4)	121 (100)	7470	3231	17658
<b>Grands goélands (total)</b>	Hiver	22954 (15,6)	7346 (19)	25363 (16,8)	19892 (19)	5920 (16)	769 (31,3)	51944	36794	73442
	Eté	13139 (13,6)	1950 (18)	12948 (21,7)	11779 (14,6)	6554 (17,6)	564 (32,1)	31845	22340	45611
<b>Laridés ind.</b>	Hiver	117 (70,6)	361 (64,6)	3714 (72,3)	70 (100)	137 (49,9)	462 (76,3)	4383	1233	15679
	Eté	1580 (66,2)	13 (100,1)	78 (99,9)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	77	1612
<b>Alcidés</b>	Hiver	1380 (39,6)	26 (100)	1976 (29,7)	0 (0)	0 (0)	231 (57,6)	2207	1199	4151
	Eté	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0	0	0

\*les estimations globales de cette espèce sont celles de la strate côtière qui reflète probablement mieux la réalité.

## Annexe 25 – Fulmar boréal - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

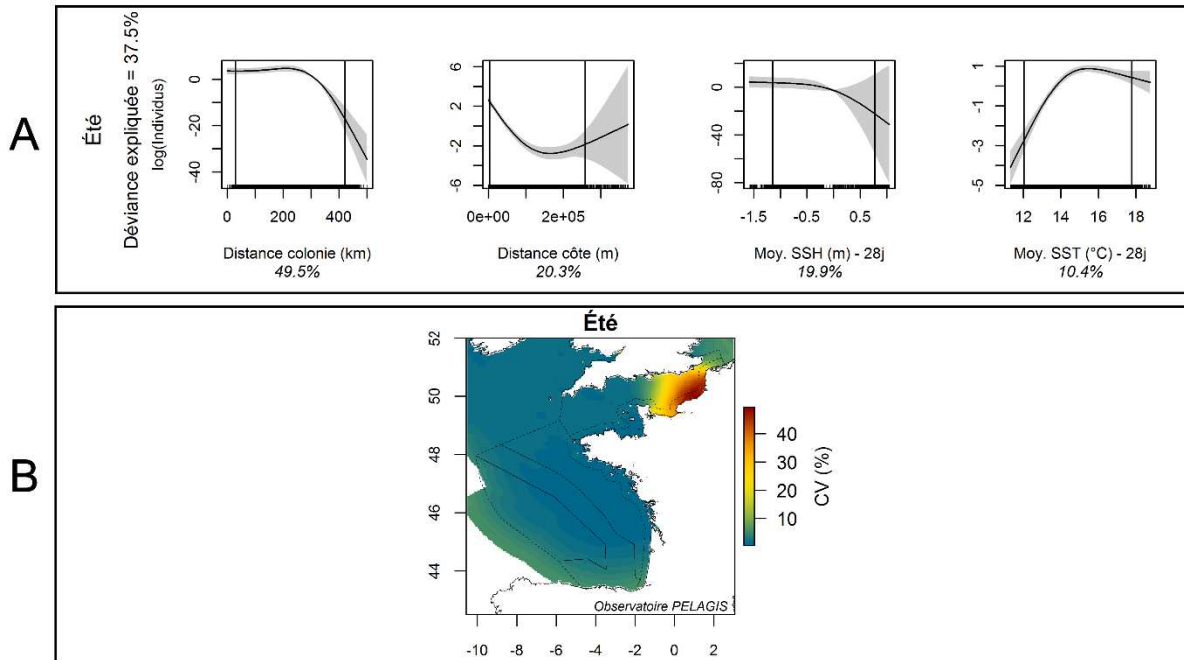
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 26 – Petits puffins - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle été.

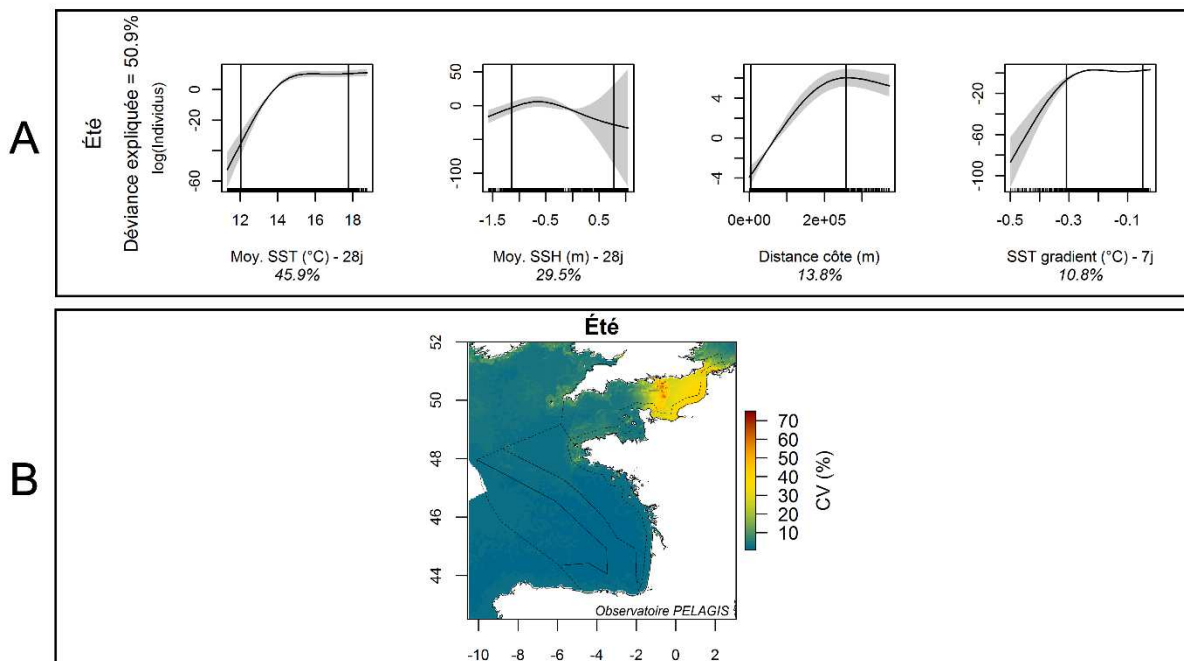
B : Coefficients de variations (en %).



## Annexe 27 – Grands puffins - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle été.

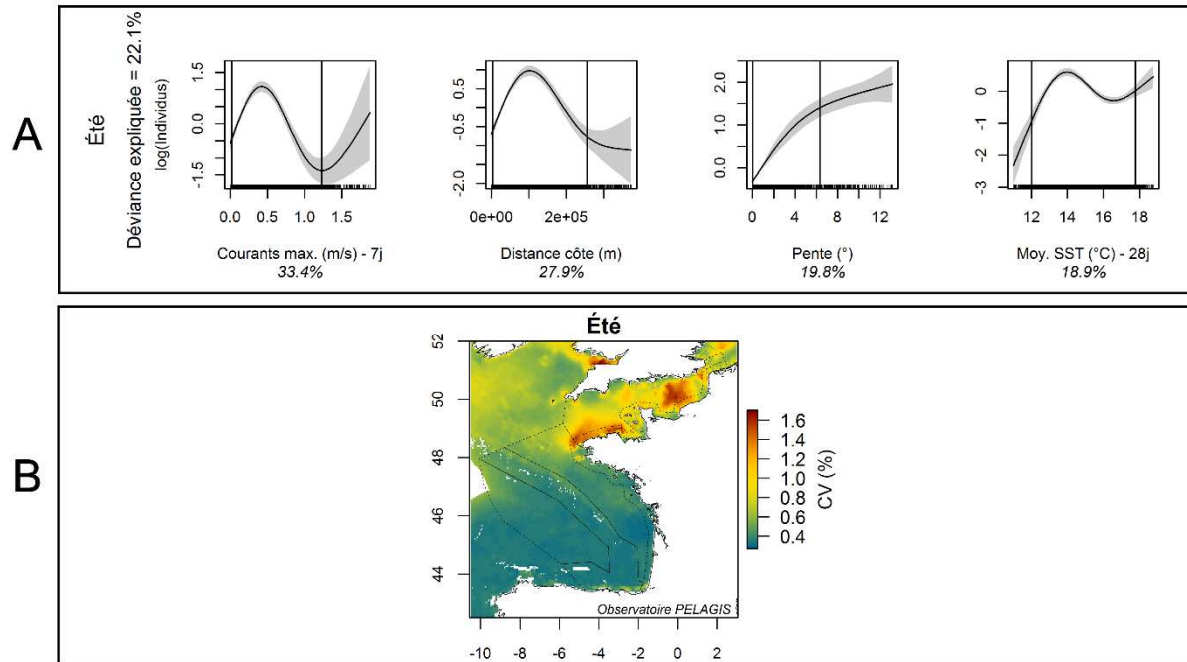
B : Coefficients de variations (en %) associés.



## Annexe 28 – Océanites - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle été.

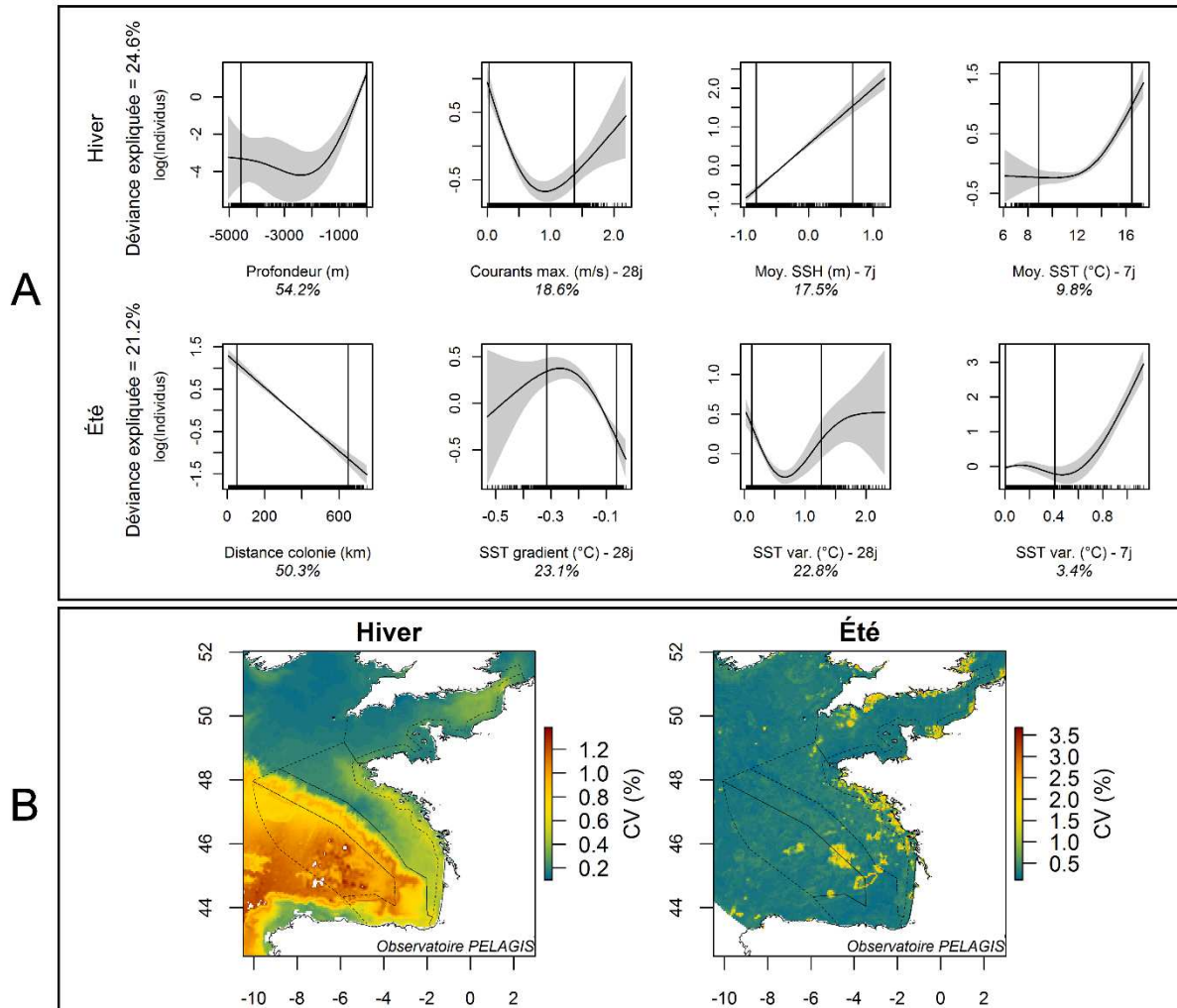
B : Coefficients de variations (en %) associés.



## Annexe 29 – Fou de Bassan - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).

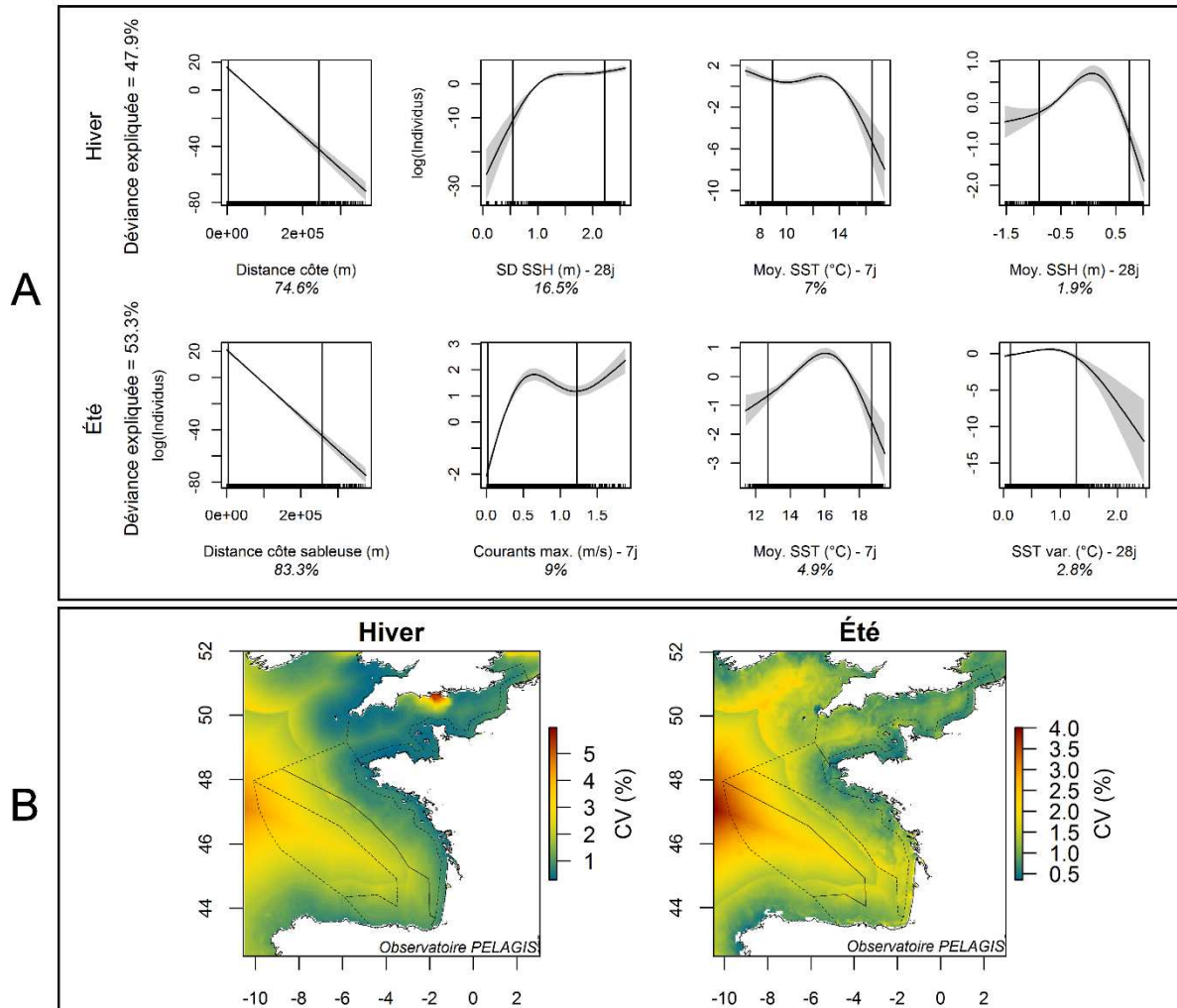




## Annexe 30 – Cormorans - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

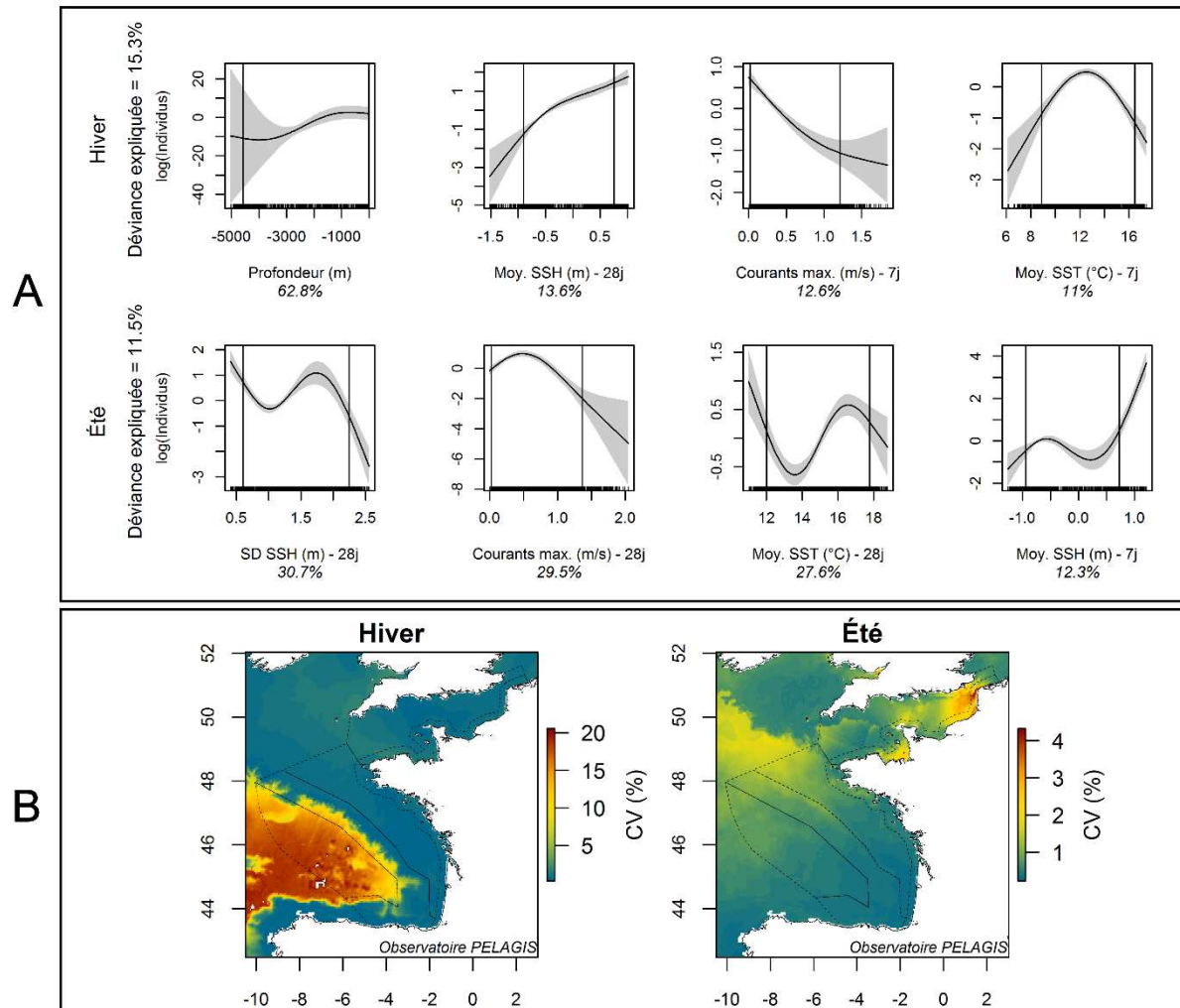
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 31 – Grand labbe - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

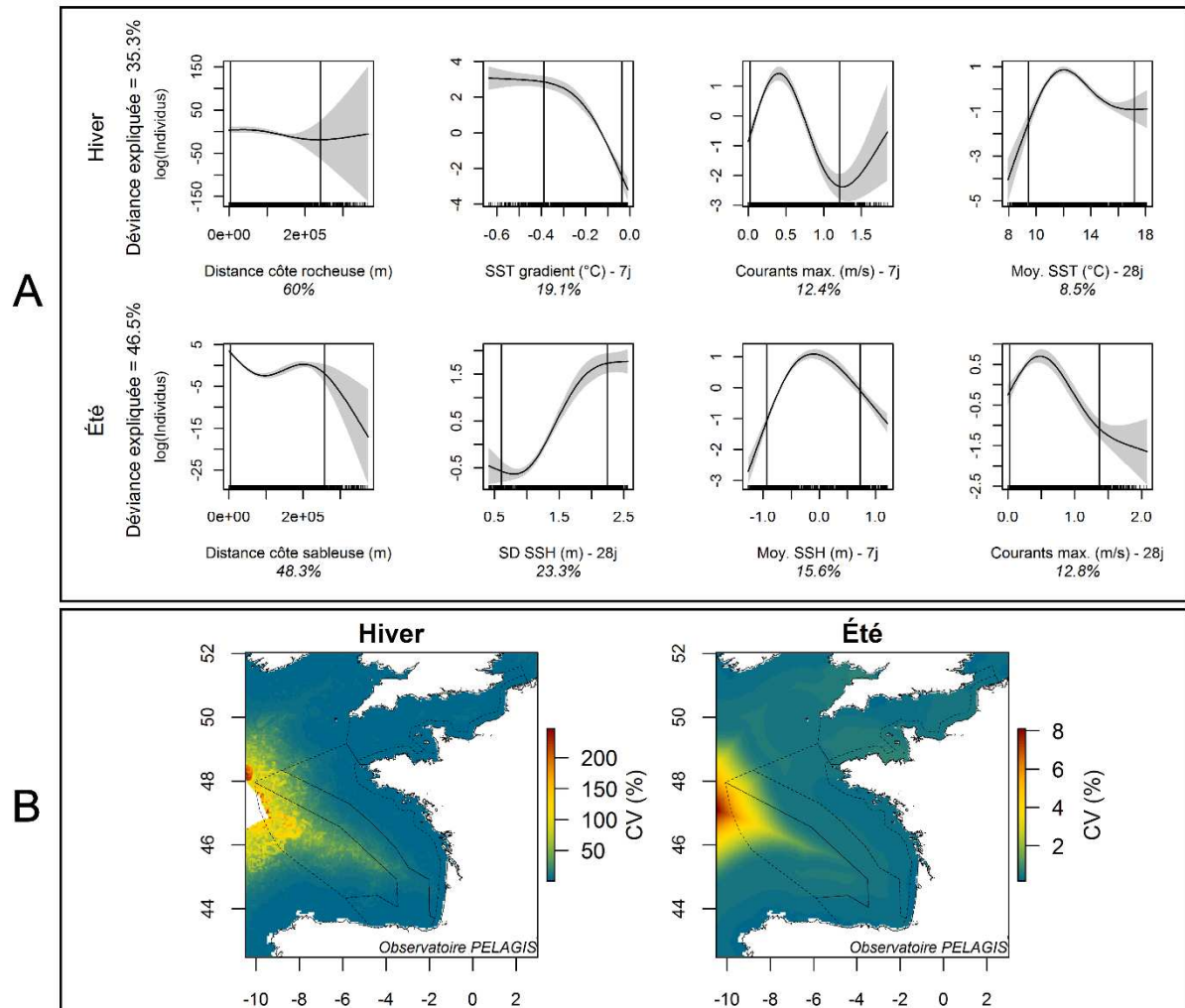
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 32 – Sternes - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

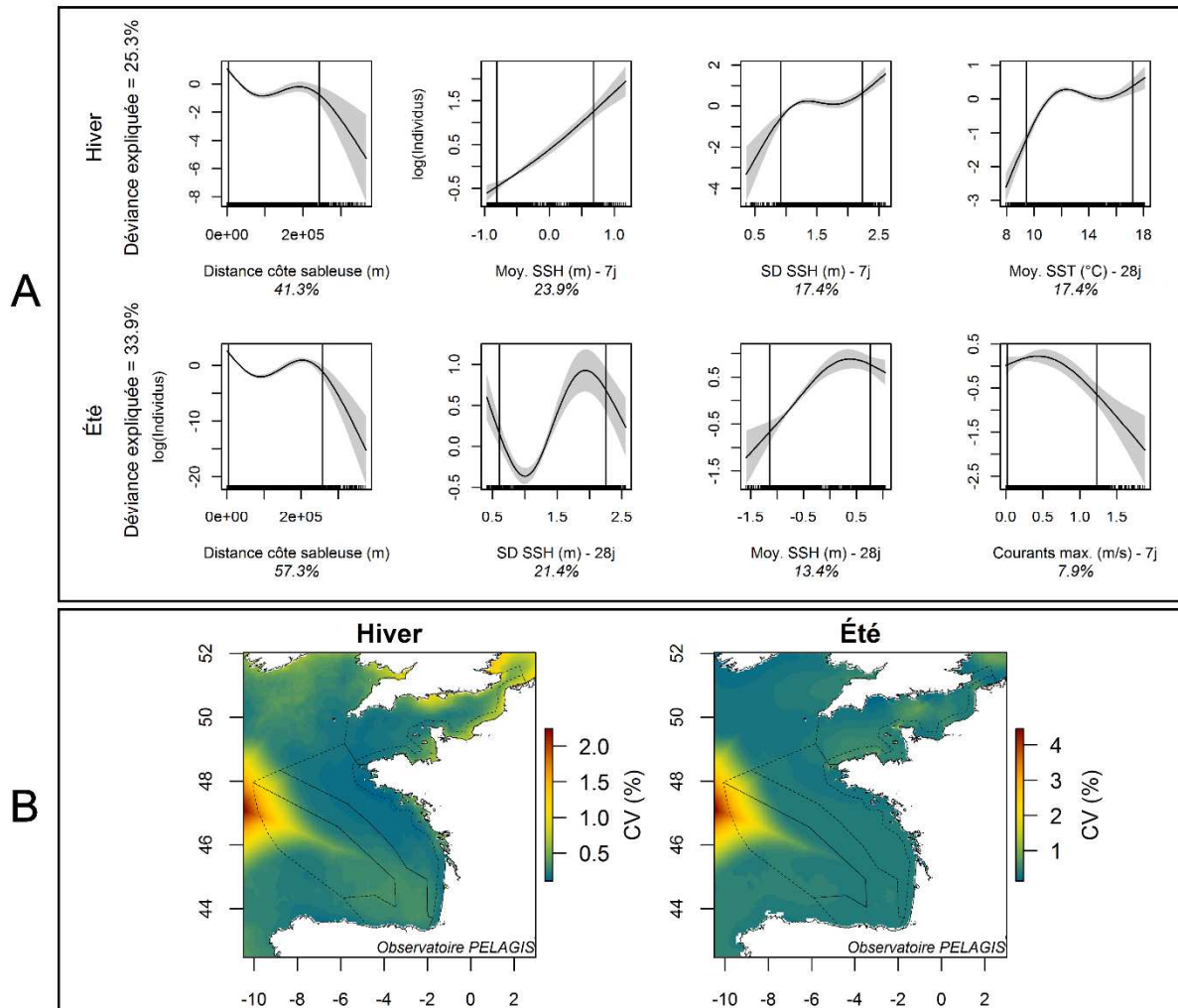
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



Annexe 33 – Mouette rieuse et mouette mélanocéphale - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

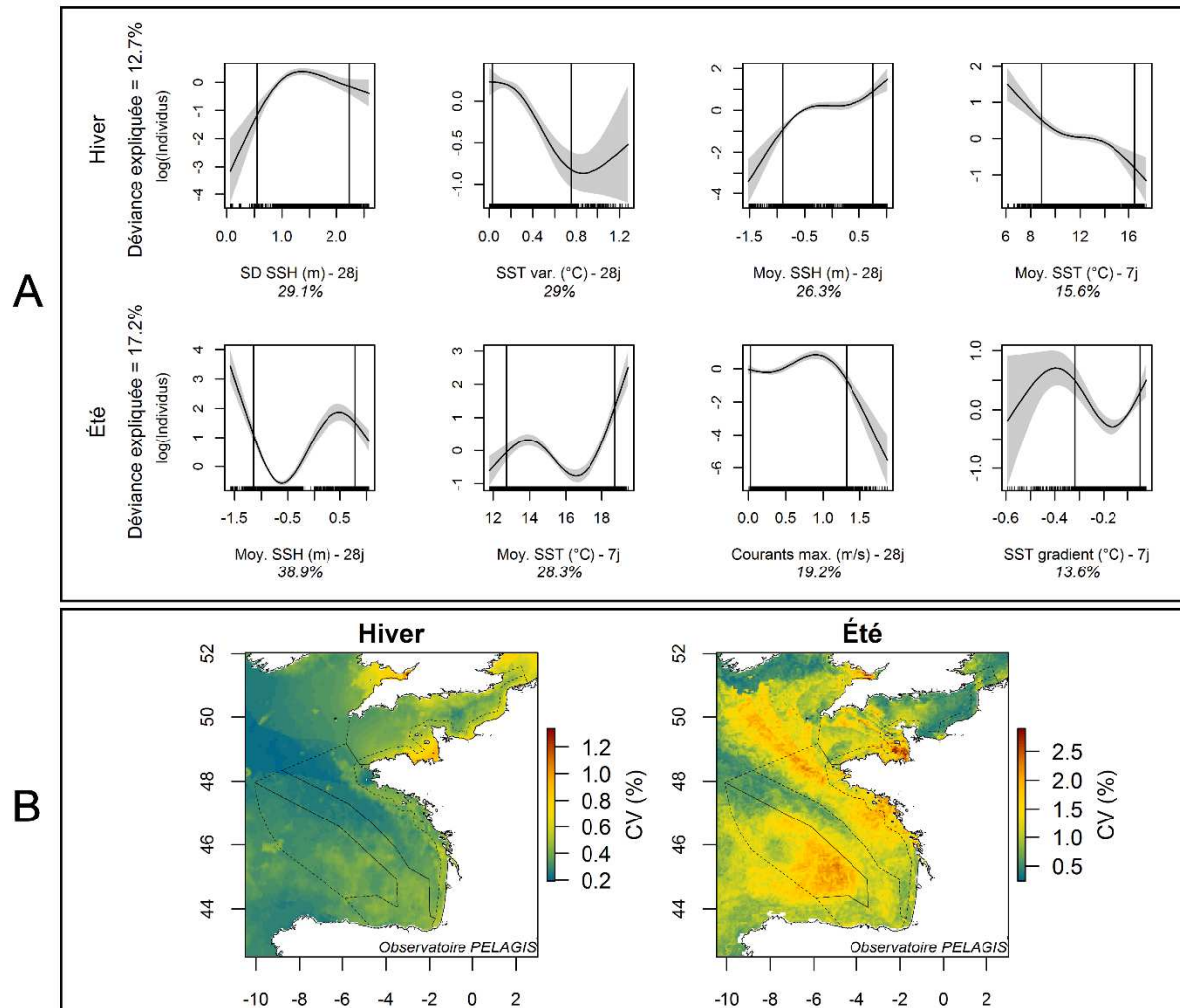
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 34 – Mouette tridactyle - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

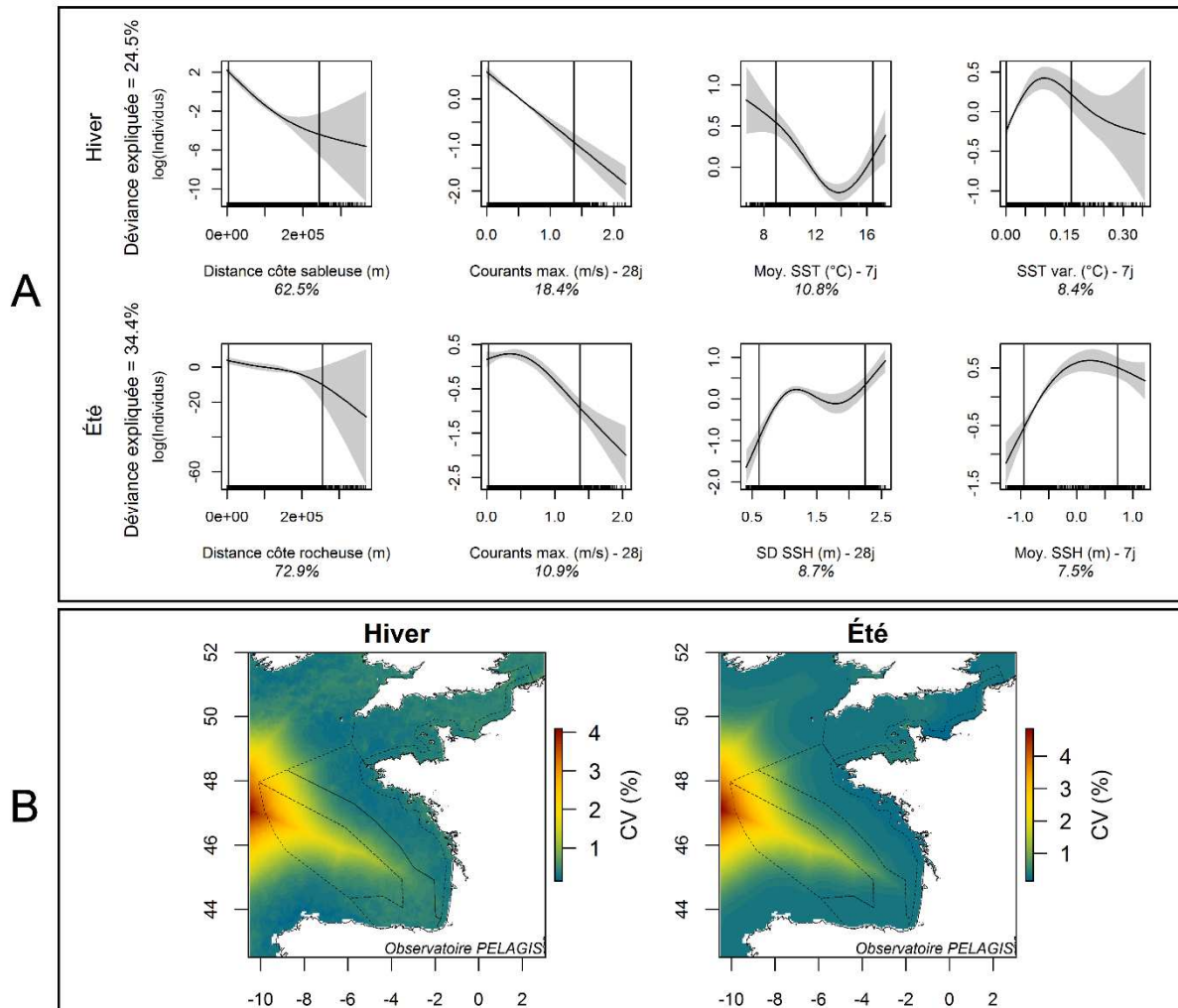
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 35 – Grands goélands gris - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

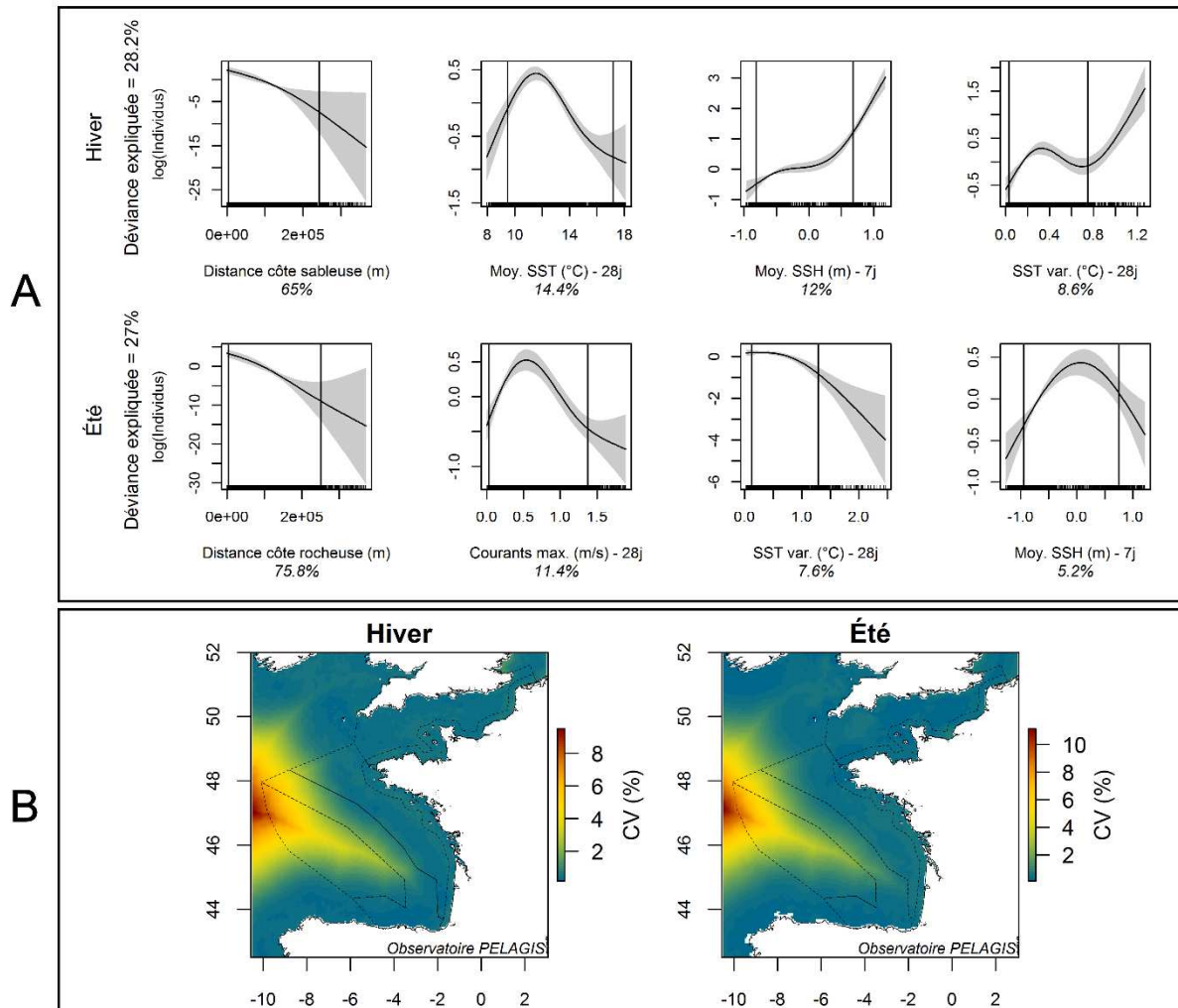
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 36 – Grands goélands noirs - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

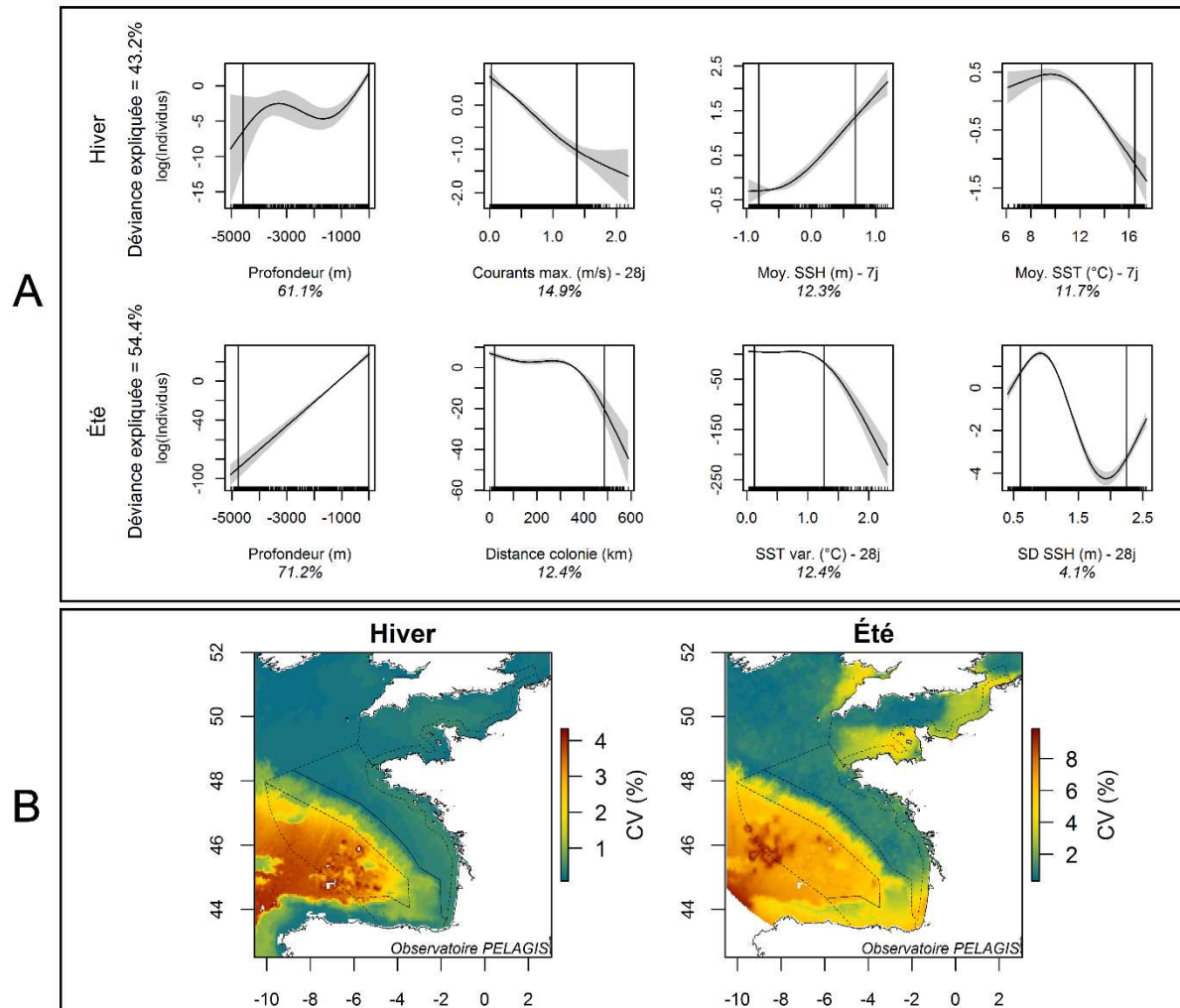
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 37 – Alcidés - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).

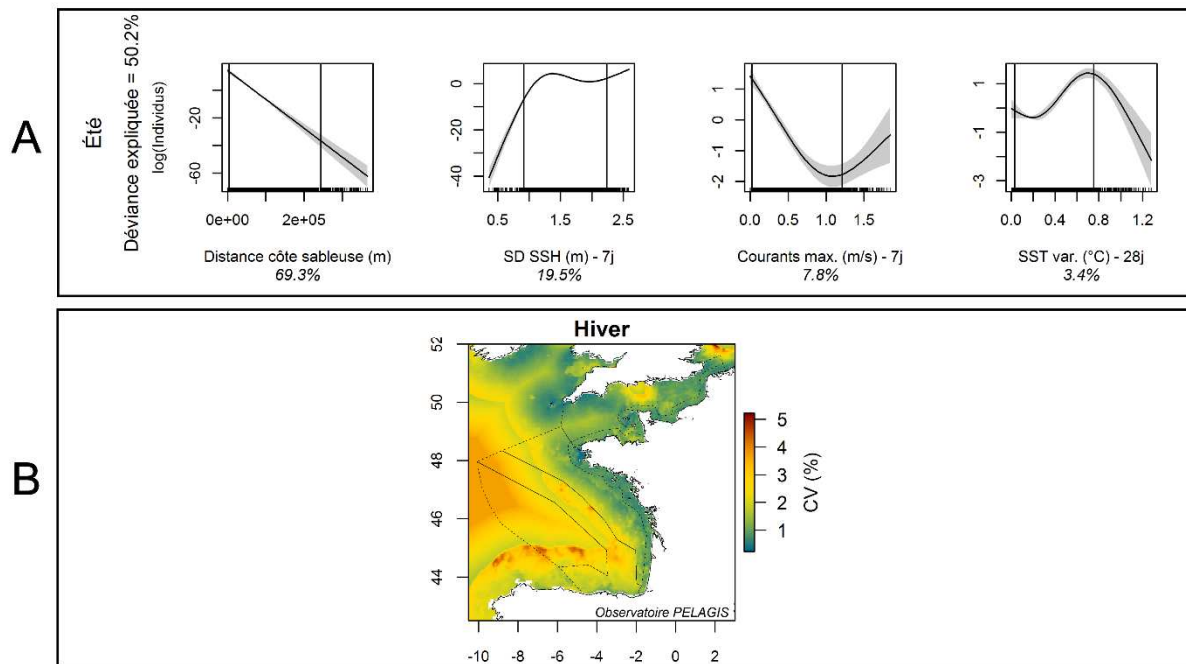




## Annexe 38 – Macreuses - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver.

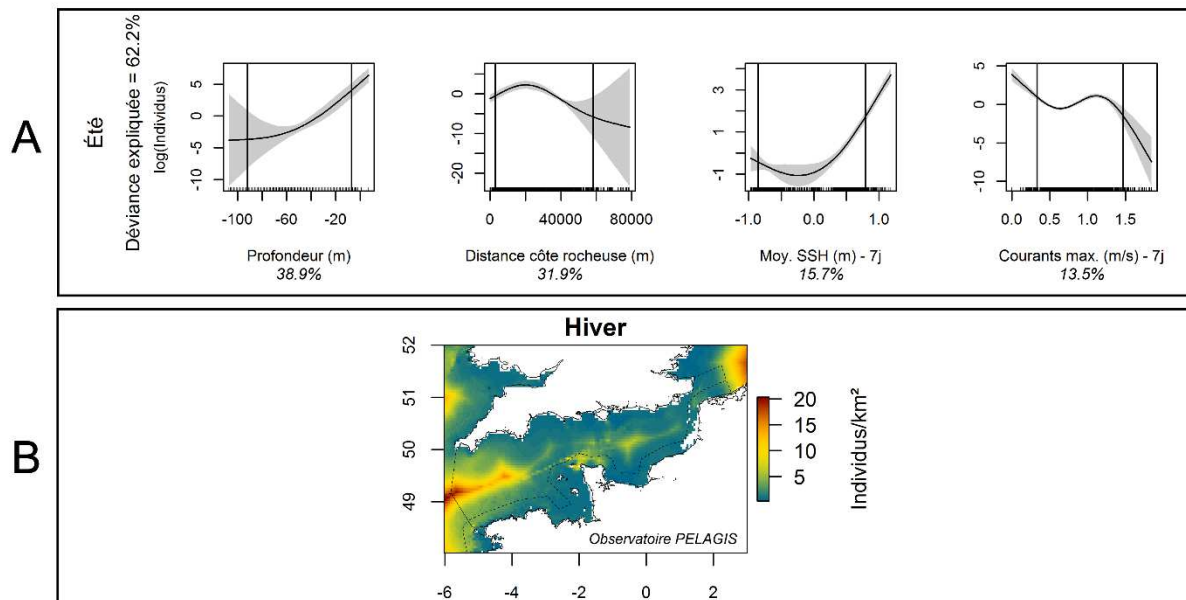
B : Coefficients de variations (en %) associés.



## Annexe 39 – Plongeurs - Atlantique

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver.

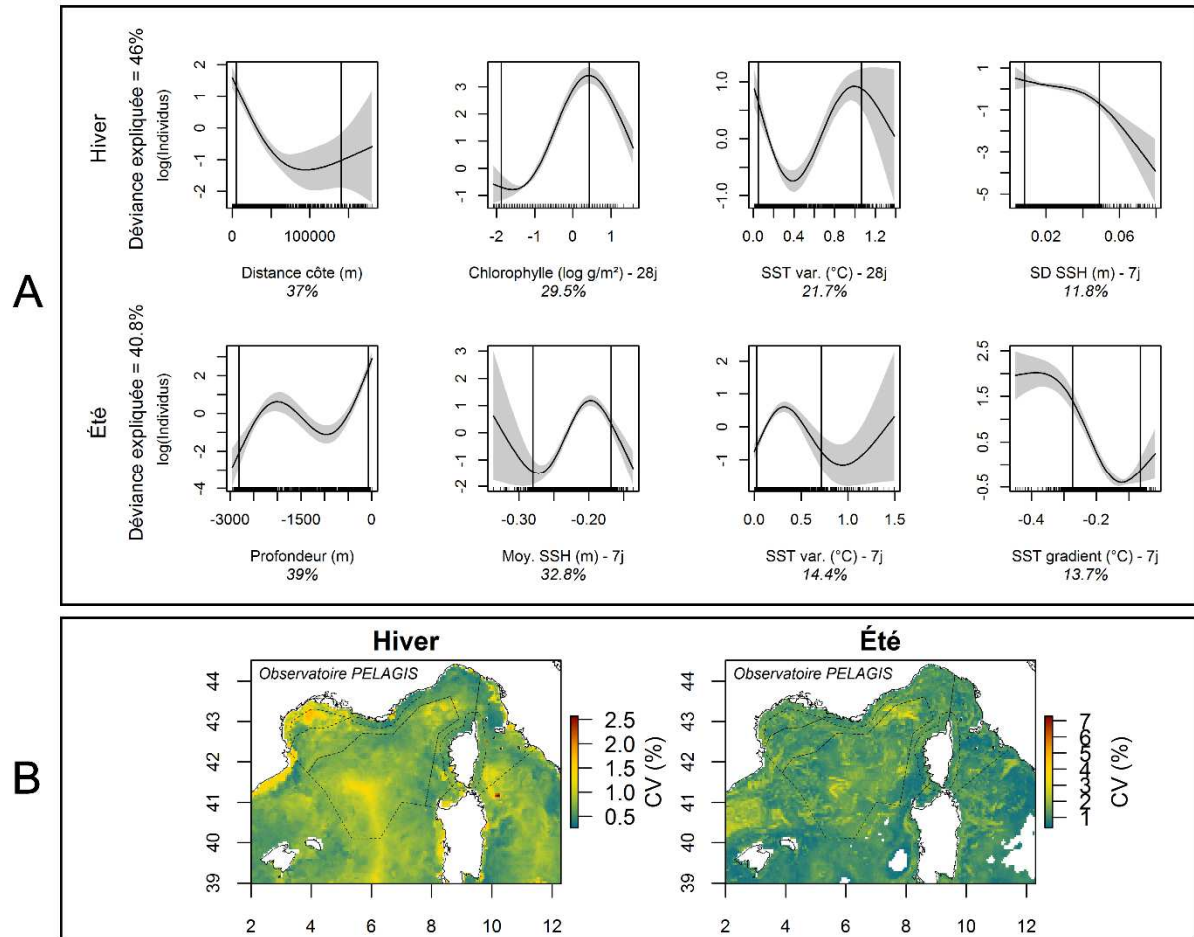
B : Coefficients de variations (en %) associés.



## Annexe 40 – Petits puffins - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

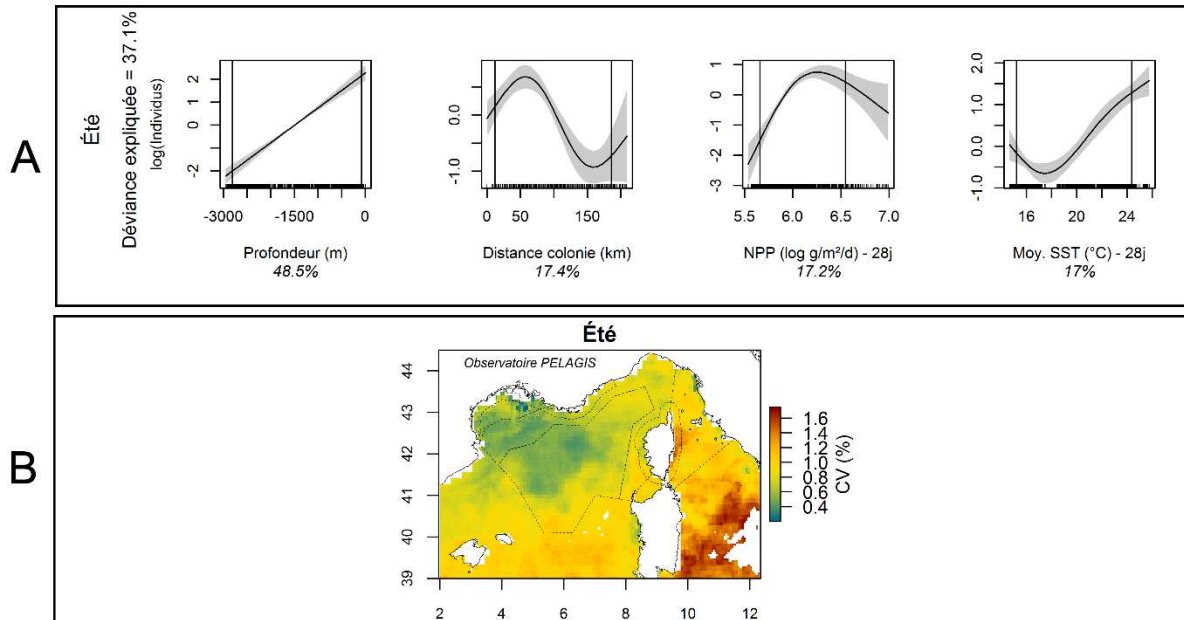
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



## Annexe 41 – Grands puffins - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle été.

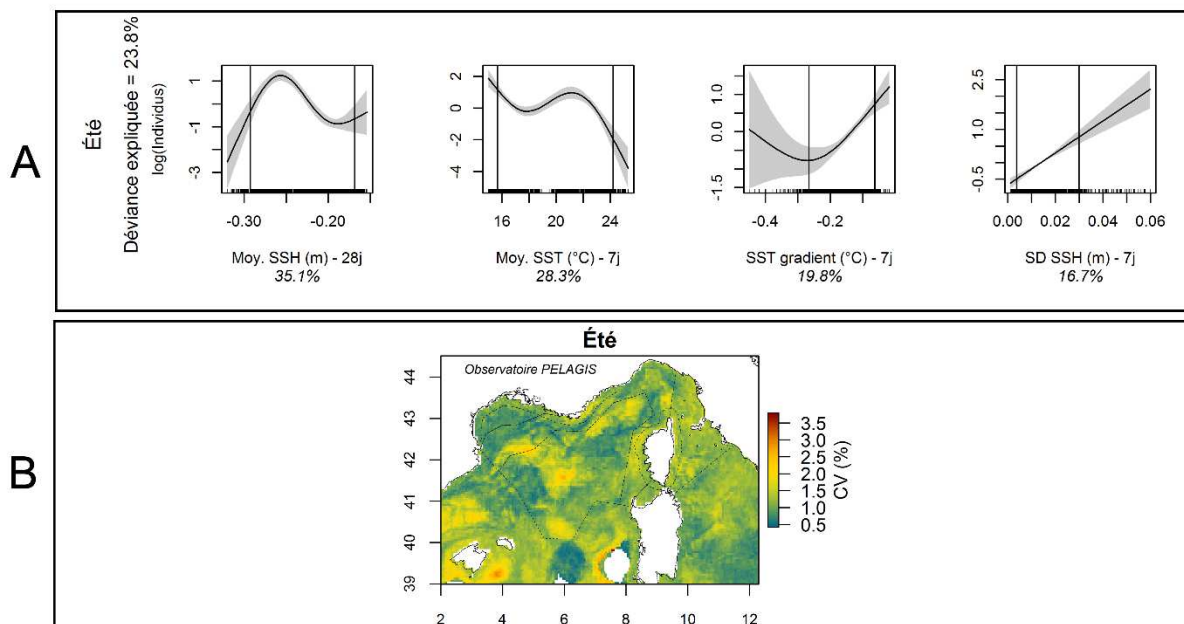
B : Coefficients de variations (en %) associés.



## Annexe 42 – Océanites - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle été.

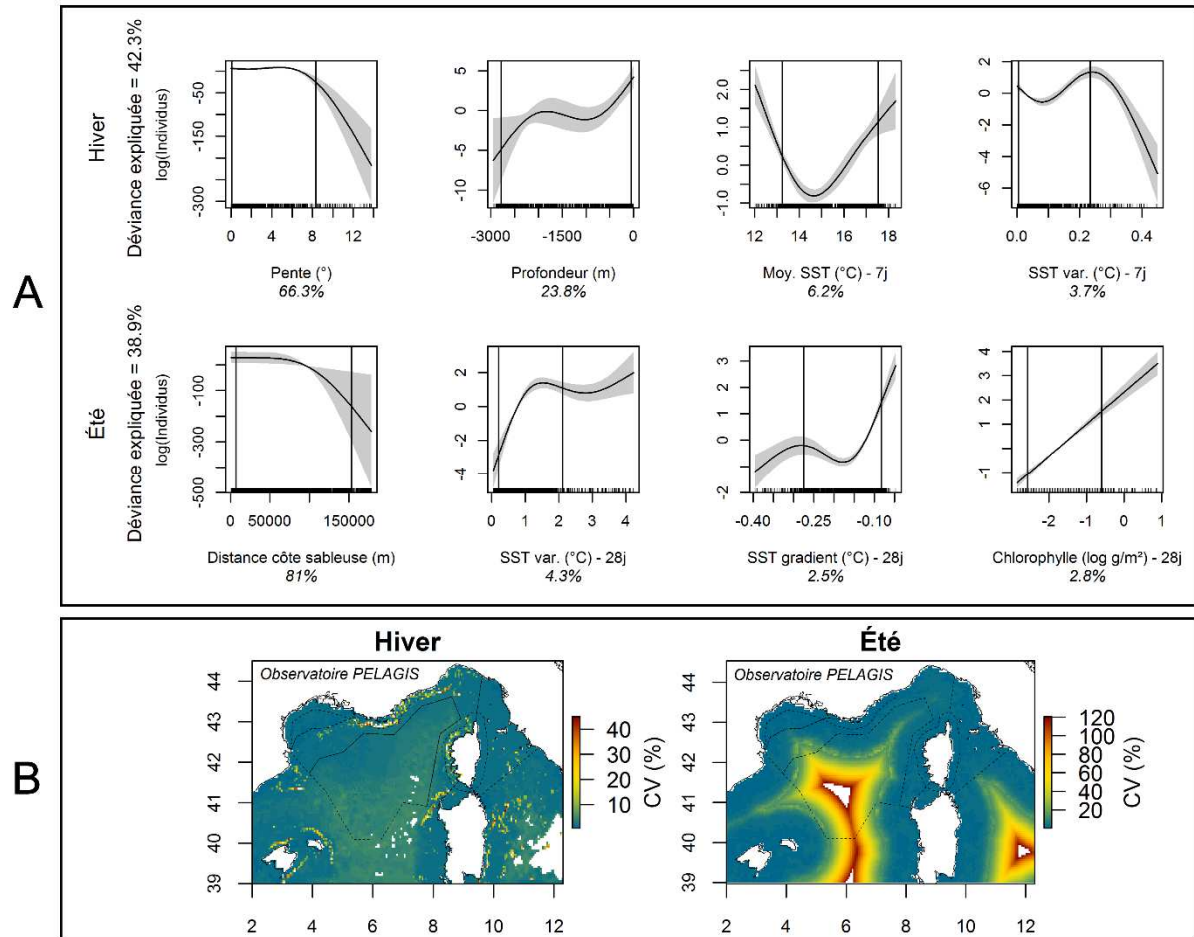
B : Coefficients de variations (en %) associés.



## Annexe 43 – Sternes - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

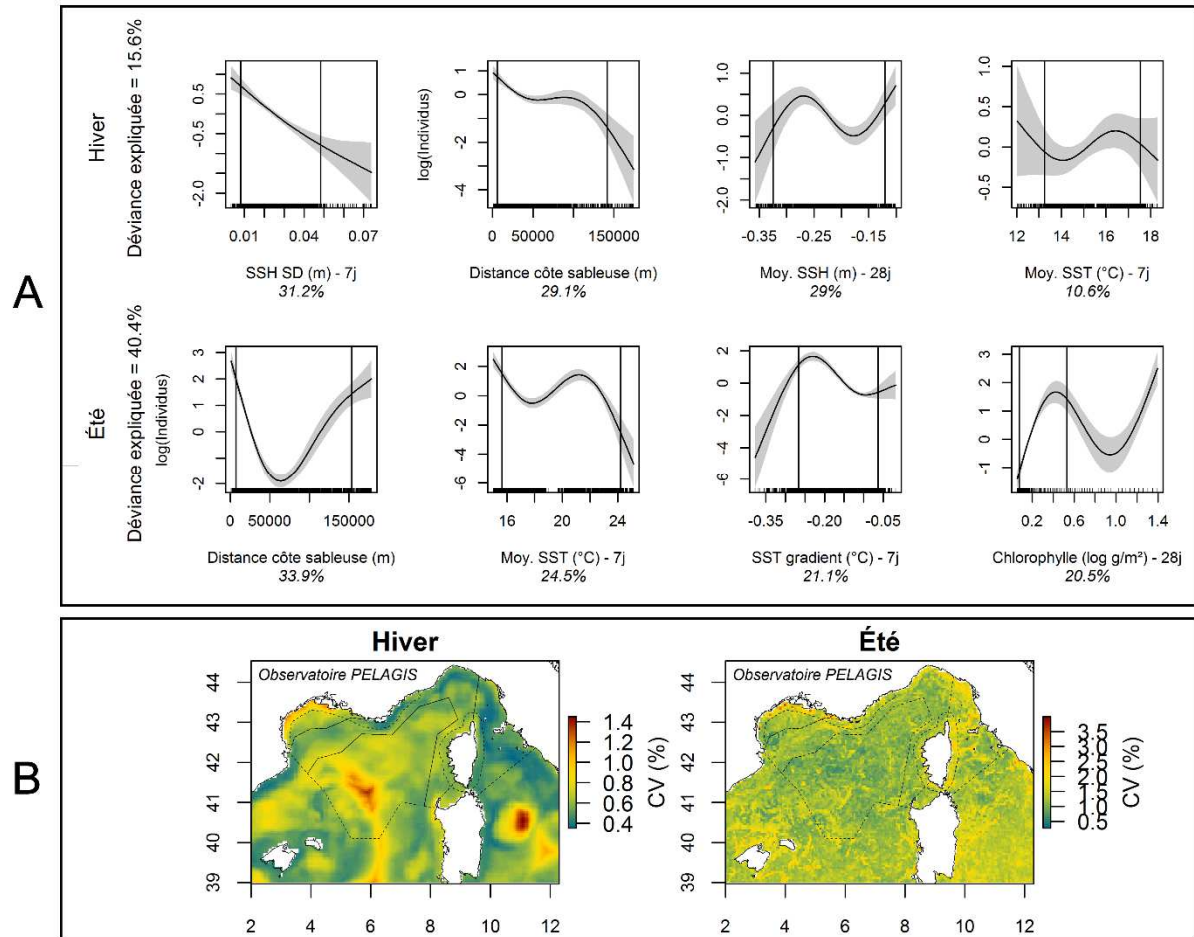
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



Annexe 44 – Mouettes rieuses et mélanocéphales - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

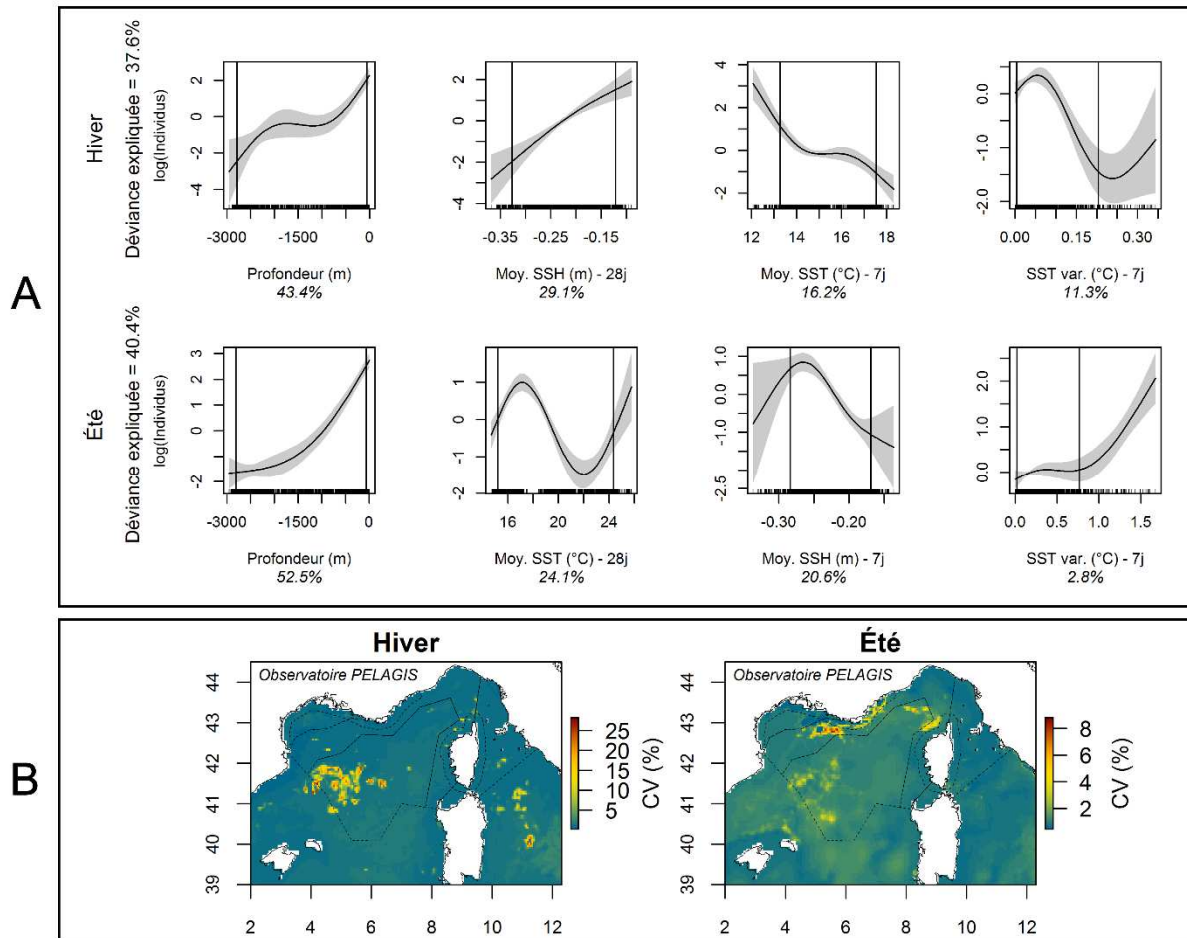
B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



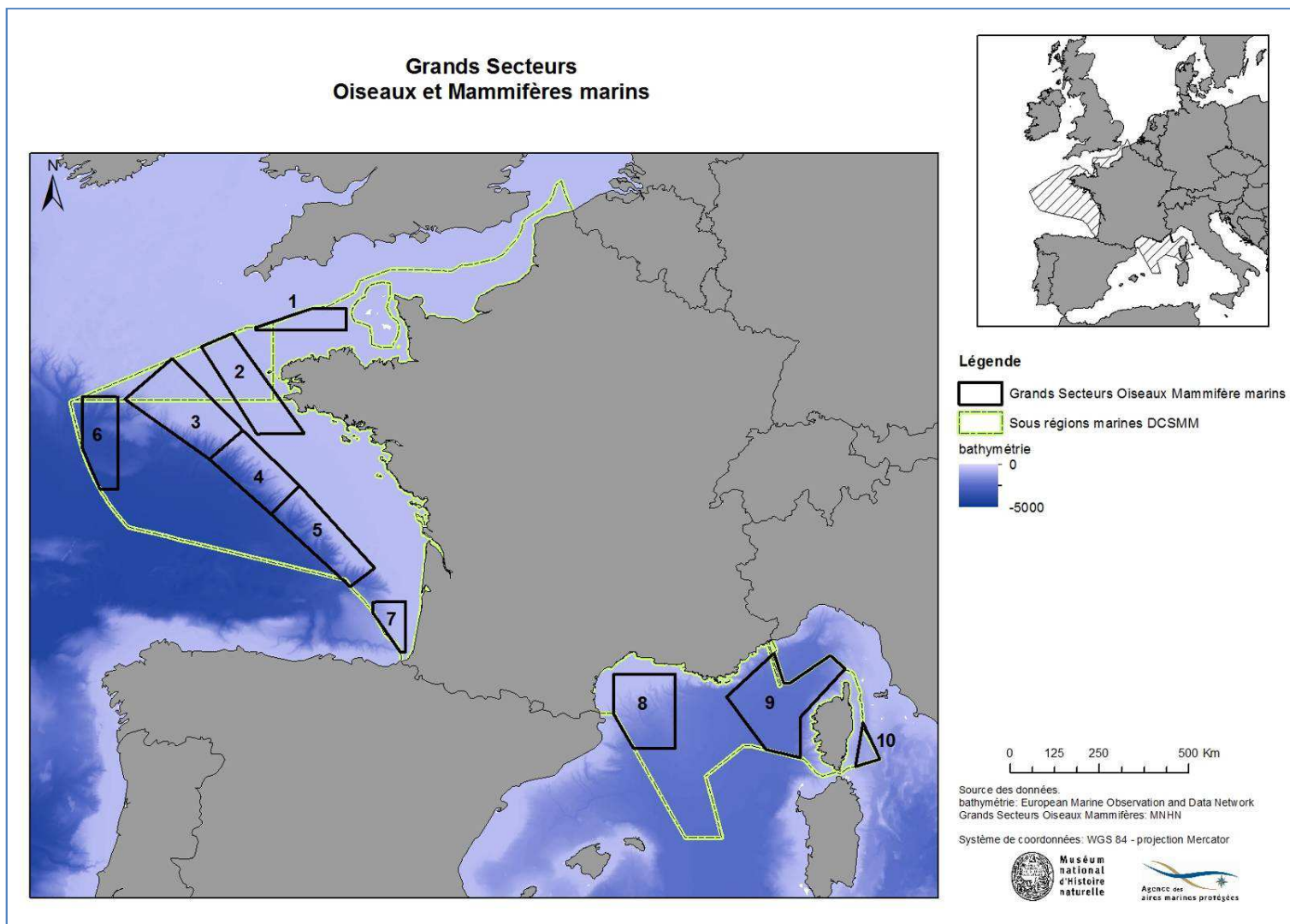
Annexe 45 – Grands goélands gris - Méditerranée

A : Covariables sélectionnées pour le modèle hiver (en haut) et été (en bas).

B : Coefficients de variations (en %) associés aux modèles hiver (à gauche) et été (à droite).



Annexe 46 – Localisation des grands secteurs identifiés dans les eaux françaises pour les oiseaux et mammifères marins (source MNHN, Paris).



Annexe 47 – Proportions de la population de cétacés des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Grand Secteur (en %).

Grands Secteurs	Région	MARSOUINS % ZEE		Petits delphininés % ZEE		Grand dauphin % ZEE		Globicéphalinés % ZEE		Rorquals % ZEE	
		été	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver	été	hiver
1	ATL	6,0	0,6	0,0	1,3	0,3	0,3	0,0	0,9		
2	ATL	17,0	0,6	0,3	7,7	2,0	0,3	0,4	1,4		
3	ATL	15,7	0,1	7,9	15,4	4,2	2,8	5,4	4,4		
4	ATL	2,3	0,0	6,5	4,9	4,8	3,3	7,8	4,5		
5	ATL	1,1	0,1	7,4	4,9	5,4	7,6	19,7	4,7		
6	ATL	0,3	0,0	8,2	2,6	2,6	2,3	3,0	3,2		
7	ATL	0,1	0,3	1,6	1,1	0,6	2,3	1,2	0,7		
8	MED			2,7	2,1	9,2	11,8	5,6	21,4	12,7	8,5
9	MED			6,7	4,5	6,3	5,3	8,2	7,5	37,6	34,4
10	MED			0,4	0,2	2,8	0,6	1,5	2,9	0,1	0,4
<b>TOTAL</b>		<b>42,6</b>	<b>1,8</b>	<b>41,6</b>	<b>44,7</b>	<b>38,1</b>	<b>36,6</b>	<b>52,8</b>	<b>51,6</b>	<b>50,4</b>	<b>43,3</b>



Annexe 48 – Proportions de la population d’oiseaux marins des eaux sous juridiction française (ZEE) présents dans chaque Grand Secteur (en %).

Espèces	Région	Atlantique							Méditerranée			Total GS	Total DO	Total DO + GS
	Grands secteurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Fulmar boréal	été	3,7	9,2	12,5	7,9	5,0	1,1	0,0				<b>39,3</b>	2,8	42,2
	hiver	2,4	9,5	18,2	4,0	1,3	1,5	0,1				<b>37,0</b>	7,6	44,7
Petits puffins	été	0,2	1,7	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	6,0	1,7	0,2	<b>10,4</b>	44,0	54,5
	hiver								10,5	5,4	1,5	<b>17,4</b>	33,6	51,1
Grands puffins	été	0,0	0,0	6,0	3,3	9,5	7,2	0,0	4,0	0,7	0,9	<b>31,6</b>	3,1	34,7
	hiver												0,0	0,0
Océanites	été	1,3	6,5	12,0	11,3	10,8	1,0	1,2	2,1	1,7	0,1	<b>47,8</b>	8,2	56,0
	hiver												0,0	0,0
Fous de Bassan	été	3,5	7,8	6,2	4,5	3,6	1,8	0,5				<b>27,9</b>	14,8	42,7
	hiver	0,8	3,9	2,9	1,4	2,8	0,1	4,6				<b>16,4</b>	22,1	38,6
Cormorans	été	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				<b>1,2</b>	47,1	48,2
	hiver	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				<b>0,5</b>	52,9	53,4
Grand labbe	été	1,1	6,4	9,5	4,2	4,7	2,6	1,2				<b>29,9</b>	13,2	43,1
	hiver	1,0	6,3	13,6	6,4	5,4	0,1	3,7				<b>36,5</b>	13,8	50,4
Sternes	été	0,1	1,2	1,0	0,2	0,4	0,0	0,2	3,4	2,2	0,2	<b>8,9</b>	40,9	49,9
	hiver	0,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,2	0,2	0,0	<b>11,8</b>	40,6	52,4
Mouette tridactyle	été	3,5	7,8	4,6	2,2	2,7	2,0	0,7				<b>23,6</b>	13,9	37,5
	hiver	1,5	6,2	8,5	5,3	5,2	3,1	1,5				<b>31,3</b>	11,5	42,8
Mouette rieuse / mélanocéphale	été	0,2	1,7	3,7	1,2	2,1	0,0	0,4	1,5	0,3	0,0	<b>11,3</b>	33,6	44,9
	hiver	0,6	2,7	2,2	1,3	1,9	0,0	0,7	6,2	9,2	0,9	<b>25,6</b>	19,0	44,6
Grands goélands gris	été	0,3	3,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,7	14,3	0,8	0,4	<b>20,0</b>	30,5	50,5
	hiver	0,3	2,3	0,1	0,2	0,1	0,0	1,3	12,4	0,5	0,2	<b>17,4</b>	34,5	52,0
Grands goélands noirs	été	1,5	9,9	0,2	0,3	0,1	0,0	1,0				<b>12,9</b>	31,3	44,2
	hiver	0,9	4,6	0,2	0,3	0,1	0,0	1,2				<b>7,3</b>	30,1	37,4
Alcidés	été	1,1	12,5	0,6	0,2	0,4	0,0	0,0				<b>14,8</b>	22,1	36,9
	hiver	1,5	5,0	3,5	1,2	1,2	0,0	1,1				<b>13,5</b>	23,4	36,8
Macreuses	été													0,0
	hiver	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				<b>0,6</b>	67,4	67,9
Plongeurs	été													0,0
	hiver	0,0										<b>0,0</b>	34,5	34,5