ACQUISITION DE CONNAISSANCES SUR LA MEGAFAUNE MARINE DANS LE FINISTERE SUD

Rapport intermédiaire

Année 1

Rapport intermédiaire

Date

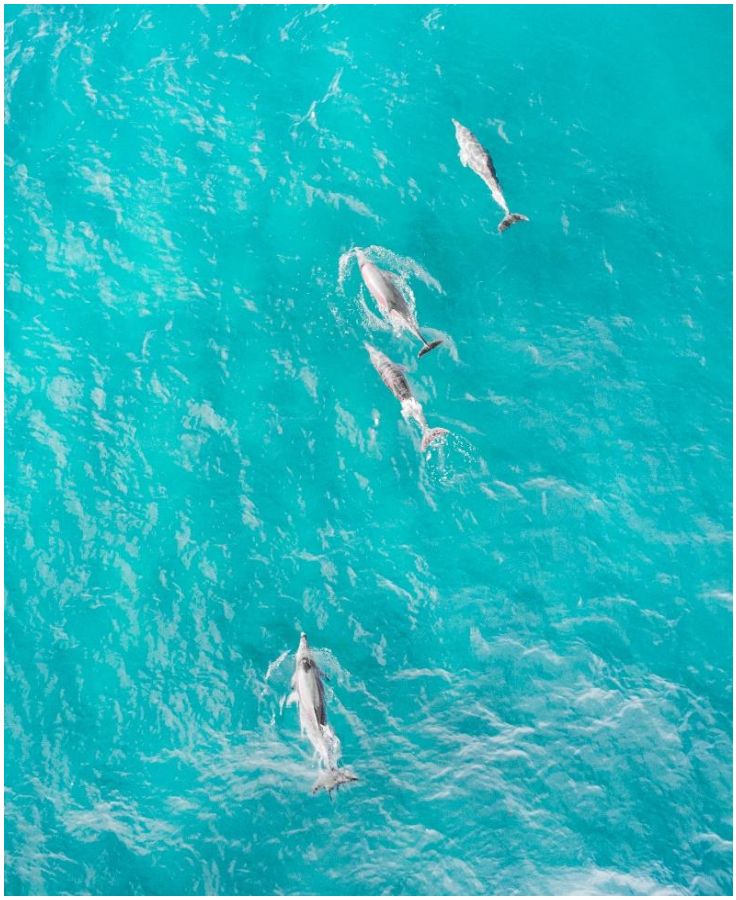
29/06/2023

Zone d'étude

Finistère Sud

Réalisation pour

Office Français pour la Biodiversité



PIXSEA est le groupement d'entreprises de :

PIXSEA – www.pixsea.fr – contact@pixsea.fr

Citation recommandée	Pettex et Hamani, 2023. Acquisition de connaissances sur la mégafaune marine dans le Finistère sud par suivi aérien – Rapport intermédiaire. Cohabys, 72p	
Version/Indice	Version 2	
Date	29/06/2023	
Nom de fichier	Rapport_intermediaire_FInistereSud_Pixsea_V2.docx	
N° de contrat	Marché OFB 2020-43	
Date de démarrage de la mission	25/08/2021	
Maître d'ouvrage	Office Français de la Biodiversité	
Relecteurs	Karen Bourgeois, Guillaume Paquignon, Guilhem Autret	
Interlocuteur	Karen Bourgeois	karen.bourgeois@ofb.gouv.fr
Cohabys, Responsable du projet	Emeline Pettex Attachée de recherches	emeline.pettex@univ-lfr.fr
Rédaction & Analyses des données	Emeline Pettex Vincent Hamani	emeline.pettex@univ-lfr.fr vincent.hamani@univ-lfr.fr
Partenaires	Pixair Survey	

Table des matières

Table des matières 3
Remerciements 5
Liste des figures 6
Liste des tableaux 7
Introduction 8
Matériel et méthodes 9
Zone d'étude et plan d'échantillonnage 9
Protocole du suivi visuel 9
Acquisition d'images haute résolution 11
Analyses des données visuelles 11
Validation et groupe d'espèces 11
Distribution spatiale de la mégafaune marine 12
Abondance des oiseaux et des mammifères marins 13
Résultats 14
Effort réalisé 14
Observations collectées 15
Oiseaux marins 17
Richesse spécifique et composition de l'avifaune 17
Abondance 19
Distribution 20
Les alcidés 20
Le fou de Bassan 22
Les océanites 24
Les grands puffins 26
Les petits puffins 28
Les grands goélands noirs 30
Les grands goélands gris 32
Les mouettes 34
La mouette tridactyle 36
Les sternes 38
Les laridés et grands goélands indéterminés 40
Les labbes 42
Les cormorans 43
Les macreuses 45
Zone de densité maximale 46

Activité 48
Mammifères marins 49
Richesse spécifique 49
Abondance 51
Distribution 52
Le marsouin commun 52
Les petits delphininés 53
Le grand dauphin 55
Les delphininés indéterminés 56
Les autres cétacés 58
Zone de densité maximale 59
Approche prédateurs supérieurs à l'échelle de la zone d'étude 61
Richesse spécifique 61
Distribution 62
Autre mégafaune marine 64
Distribution 64
Activités humaines et déchets 65
Les activités de pêche 65
Les bateaux de plaisance 66
Les déchets 67
Synthèse des résultats et conclusion 68
Références 70

Remerciements

Les suivis aériens dans le Finistère Sud contribuent à renforcer les connaissances et la conservation de la mégafaune marine. Elles n'ont été rendues possibles que par l'action de nombreuses institutions et personnes que nous souhaitons remercier ici.

L'Office Français de la Biodiversité a commandé et financé cette étude. Nous remercions les personnes qui coordonnent cette mission pour l'OFB : Matthieu Entraygues, Morgane Remaud et Karen Bourgeois, mais également toutes les personnes de l'OFB qui assurent le suivi financier de ce marché.

Ces campagnes ne pourraient être conduites sans l'investissement et la disponibilité des observateurs que nous tenons à remercier pour la qualité de leur travail : Thomas Barreau, Vincent Bretille, Simon Ernst, Hélène Quevreux et Sébastien Théof.

Nous tenons également à remercier l'ensemble du personnel aéronautique de Pixair Survey pour leur disponibilité et leur professionnalisme : Christian Morales, Jean-Jérôme Houdaille, Slim Khouadja, Clément Hannes.

Nous remercions également Alessio Maglio et Pierre-André Farque pour leur aide technique pour le logiciel SAMMOA.

Enfin nous souhaitons remercier toutes les personnes qui assurent le suivi financier et juridique de ces missions à l'ADERA et à l'Avion Jaune : Valérie Moreau, Violaine Mirande et le service juridique de l'ADERA et Geneviève Hamel pour l'Avion Jaune.

Liste des figures

Figure 1: Zone d'étude, Finistère Sud (contour de la zone rouge et transects d'observation en vert) 9
Figure 2 : (a) Avion à ailes hautes de type BN2 ; (b) hublot-bulle ; (c) postes d'observation ; (d) saisie des données et navigation. 10
Figure 3 : Etat de la mer (en Beaufort) observé le long des transects (effort linéarisé). 15
Figure 4 : Tracés GPS des survols réalisés (en orange), transects (en vert). 15
Figure 5 : Nombres d'espèces ou de groupes d'espèces (sans redondance) observés dans les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h, Archipel des Glénan, Dunes et côtes de Trévignon et au sein de la zone d'étude Finistère Sud, en fonction des saisons et sur l'ensemble de l'année 1. 17
Figure 6 : Composition spécifique des espèces ou groupes d'espèces d'oiseaux marins (nombre d'individus en %) en fonction de la saison et sur l'ensemble des suivis. 18
Figure 7 : Cartes de distribution des observations d'alcidés, par saison et annuelle. 20
Figure 8 : Cartes de distribution krigée des alcidés, par saison et annuelle. 21
Figure 9 : Cartes de distribution des observations de fou de Bassan, par saison et annuelle. 22
Figure 10 : Cartes de distribution krigée du fou de Bassan, par saison et annuelle. 23
Figure 11 : Cartes de distribution des observations d'océanites, par saison et annuelle. 24
Figure 12 : Cartes de distribution krigée des océanites, par saison et annuelle. 25
Figure 13 : Cartes de distribution des observations de grands puffins, par saison et annuelle. 26
Figure 14 : Cartes de distribution krigée des grands puffins, par saison et annuelle. 27
Figure 15 : Cartes de distribution des observations de petits puffins, par saison et annuelle. 28
Figure 16 : Cartes de distribution krigée des petits puffins, par saison et annuelle. 29
Figure 17 : Cartes de distribution des observations de grands goélands noirs, par saison et annuelle. 30
Figure 18 : Cartes de distribution krigée des grands goélands noirs, par saison et annuelle. 31
Figure 19 : Cartes de distribution des observations de grands goélands gris, par saison et annuelle. 32
Figure 20 : Cartes de distribution krigée des grands goélands gris, par saison et annuelle. 33
Figure 21 : Cartes de distribution des observations de mouettes, par saison et annuelle. 34
Figure 22 : Cartes de distribution krigée des mouettes, par saison et annuelle. 35
Figure 23 : Cartes de distribution des observations de mouette tridactyle, par saison et annuelle. 36
Figure 24 : Cartes de distribution krigée de la mouette tridactyle, par saison et annuelle. 37
Figure 25 : Cartes de distribution des observations de sternes, par saison et annuelle. 38
Figure 26 : Cartes de distribution krigée des sternes, par saison et annuelle. 39
Figure 27 : Cartes de distribution des observations de laridés et de grands goélands indéterminés, par saison et annuelle. 40
Figure 28 : Cartes de distribution krigée des laridés et des grands goélands indéterminés, par saison et annuelle. 41
Figure 29 : Cartes de distribution des observations de labbes, par saison et annuelle. 42
Figure 30 : Cartes de distribution des observations de cormorans, par saison et annuelle. 43
Figure 31 : Carte annuelle de distribution krigée des cormorans. 44
Figure 32 : Cartes de distribution des observations de macreuses noires, par saison et annuelle. 45
Figure 33 : Carte de distribution des observations d'oiseaux marins, par saison et annuelle. 46
Figure 34 : Carte krigée de densité maximale (en déciles) de l'ensemble des oiseaux marins. 47
Figure 35 : Activité des oiseaux marins lors de l'observation (en %) : oiseau posé (en noir), oiseau en vol (en gris). 48
Figure 36 : Nombres d'espèces ou de groupes d'espèces (sans redondance) observés dans les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h, Archipel des Glénan, Dunes et côtes de Trévignon et au sein de la zone d'étude Finistère Sud, en fonction des saisons et sur l'ensemble de l'année 1. 49
Figure 37 : Composition spécifique des espèces ou groupes d'espèces de mammifères marins (nombre d'individus en %) en fonction de la saison et sur l'ensemble des suivis. 50
Figure 38 : Cartes de distribution des observations de marsouin commun, par saison et annuelle. 52
Figure 39 : Cartes de distribution des observations de petits delphininés, par saison et annuelle. 53
Figure 40 : Cartes de distribution krigée des petits delphininés, par saison et annuelle. 54
Figure 41 : Carte de distribution des observations de grand dauphin, en automne. 55
Figure 42 : Cartes de distribution des observations de delphinines indéterminés, par saison et annuelle. 56

Figure 43 : Cartes de distribution krigée des delphininés indéterminés, par saison et annuelle. 57
Figure 44 : Cartes de distribution des observations d'autres espèces de cétacés, par saison et annuelle. 58
Figure 45 : Carte de distribution des observations de mammifères marins, par saison et annuelle. 59
Figure 46 : Carte krigée de la densité maximale (en déciles) de l'ensemble des mammifères marins. 60
Figure 47 : Nombres d'espèces ou de groupes d'espèces (sans redondance) observés dans les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h, Archipel des Glénan, Dunes et côtes de Trévignon et au sein de la zone d'étude Finistère Sud, en fonction des saisons et sur l'ensemble de l'année 1. 61
Figure 48 : Carte de distribution des observations de prédateurs supérieurs, par saison et annuelle. 62
Figure 49 : Carte de distribution krigée des prédateurs supérieurs, par saison et annuelle. 63
Figure 50 : Cartes de distribution des observations d'autres espèces de mégafaune marine, par saison et annuelle. 64
Figure 51 : Cartes de distribution des observations d'activités de pêche, par saison et annuelle. 65
Figure 52 : Cartes de distribution des observations de bateaux de plaisance, par saison et annuelle. 66
Figure 53 : Cartes de distribution des observations de déchets, par saison et annuelle. 67

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des groupes d'espèces appliqués pour les oiseaux marins, adaptés aux espèces connues pour être présentes dans la zone d'étude (et limités aux données collectées lors des survols). 11
Tableau 2: Description des groupes d'espèces appliqués pour les cétacés.. 12
Tableau 3 : Descriptif des survols réalisés pendant la première année 14
Tableau 4 : Résumé des observations collectées au cours des 4 survols. 16
Tableau 5 : Estimation de l'abondance observée des espèces ou groupes d'oiseaux marins dans la zone d'étude en fonction des saisons 19
Tableau 6 : Estimation de l'abondance observée des espèces ou groupes de mammifères marins dans la zone d'étude en fonction des saisons. 51

Introduction

La conservation des espèces de la mégafaune marine, qui réunit les oiseaux et les mammifères marins, les requins, les grands poissons et les tortues, représente un enjeu fort à l'échelle européenne et nationale, notamment pour répondre aux objectifs fixés par les différentes directives concernant ces espèces (92/43/EEC, 1992; 2008/56/EC, 2016; 2009/147/EC, 2016). Ces espèces longévives sont caractérisées par une survie des adultes élevée, une production de jeunes limitée et souvent associée à une maturité sexuelle tardive (Schreiber et Burger, 2001). Ces caractéristiques les rendent plus vulnérables aux menaces anthropiques qui affectent le milieu marin, particulièrement dans les pays industrialisés (Halpern *et al.*, 2008). Le statut de conservation ou les tendances démographiques de nombreuses espèces d'oiseaux et de mammifères marins inquiètent la communauté des scientifiques et des gestionnaires en charge de leur protection (García-Barón *et al.*, 2019; Paleczny *et al.*, 2015). Par ailleurs, ces espèces sont extrêmement mobiles et dépendantes des proies qu'elles recherchent en mer tout au long de leur cycle de vie, ce qui favorise des changements de distribution au sein d'aires de répartition généralement vastes, en fonction des saisons mais également en fonction des années (Certain *et al.*, 2008; Lambert *et al.*, 2021; Laran *et al.*, 2017; Pettex *et al.*, 2017). Cela a limité l'état des connaissances de ces espèces, notamment sur les habitats préférentiels et les zones fonctionnelles ainsi que sur leur persistance dans le temps, particulièrement avec le processus de changements globaux (Lambert *et al.*, 2021, 2018).

Le golfe de Gascogne est une zone importante pour la mégafaune marine. Les communautés sont diversifiées et fréquentent le golfe à différentes périodes de l'année, en fonction de la phénologie des espèces migratrices et résidentes (Biais *et al.*, 2017; Lambert *et al.*, 2021; Pettex *et al.*, 2017; Waggitt *et al.*, 2020). Au sein de cet ensemble, la pointe du Finistère est un lieu de passage important pour les espèces venant de la mer du Nord et de la Manche, ainsi que de la mer d'Irlande et de la mer Celtique. Cette zone est fréquentée par de nombreuses espèces de mammifères, d'oiseaux marins, d'élasmobranches, de grands poissons et de tortues (Brereton *et al.*, 2003; Cadiou *et al.*, 2010; Louis *et al.*, 2017; Pettex *et al.*, 2014; Sims *et al.*, 2003; Virgili *et al.*, 2017). De forts enjeux de conservation sont également identifiés pour les espèces d'oiseaux marins. Parmi elles, le puffin des Baléares, qui fréquente la zone en période inter-nuptiale, puisqu'elle est classée en « danger critique d'extinction » par l'UICN (Guilford *et al.*, 2012; Lambrechts et Entraygues, 2019).

Dans ce contexte, l'Office Français de la Biodiversité (OFB) a souhaité collecter des données sur la mégafaune marine dans une zone du Finistère Sud, qui comprend les aires marines protégées (ZPS/ZSC) Roches de Penmarc'h (FR5312009/FR5302008), Archipel des Glénan (FR5310057/FR5300023) et Dunes et Côtes de Trévignon (FR5312010/FR5300049), auxquelles s'ajoute la zone située entre la ZPS Penmarc'h et la limite sud du Parc naturel marin d'Iroise. Pour ce faire, un recensement aérien visuel a été réalisé au cours de l'année 2021/22, à raison d'un suivi par saison, pour étudier la diversité et la distribution de la mégafaune marine au sein de cette zone d'étude. Les suivis aériens sont régulièrement utilisés pour investiguer les communautés de grande faune marine car ils permettent de couvrir de larges zones rapidement et offrent de meilleures capacités de détection des espèces que les suivis par bateau (Araújo *et al.*, 2022; Hammond *et al.*, 2017; Panigada *et al.*, 2011; Pettex *et al.*, 2017).

Dans cette étude, il s'agira de qualifier et de quantifier la fréquentation spatio-temporelle de la zone par la mégafaune marine : oiseaux marins, mammifères marins, élasmobranches, thonidés, poisson-lune et tortues marines. L'objectif est de mettre en évidence d'éventuelles zones préférentielles, de caractériser la richesse spécifique et l'abondance des communautés de prédateurs supérieurs en fonction des saisons, mais également d'identifier les activités anthropiques de la zone pour évaluer les enjeux en termes d'activités en mer et de pollution.

Matériel et méthodes

Zone d'étude et plan d'échantillonnage

Quatre survols ont été réalisés entre septembre 2021 et juillet 2022, à raison d'une campagne par saison. La zone d'étude correspond à l'aire située à l'ouest et au sud du Finistère. Elle s'étend de la pointe du Raz au nord de la baie d'Audierne (Figure 1) à l'anse de Rospico, située à l'est de l'estuaire de l'Aven et du Bélon. Cette zone couvre la baie d'Audierne et les trois aires marines protégées (ZPS/ZSC) suivantes : Roches de Penmarc'h (FR5312009/FR5302008), Archipel des Glénan (FR5310057/FR5300023) et Dunes et Côtes de Trévignon (FR5312010/FR5300049). Elle concentre d'importants enjeux écologiques, tant pour les mammifères que pour les oiseaux marins. La surface de la zone d'étude totalise 2295 km^2.

L'échantillonnage est réalisé le long de transects parallèles (9 axes Est-Ouest et 12 axes Nord-Sud), orientés perpendiculairement au trait de côte pour suivre le gradient bathymétrique, afin d'améliorer la précision des estimations d'abondance pour les espèces à faible densité (Buckland *et al.*, 2008). La longueur totale des transects est de 573 km ; elle peut être parcourue entièrement au cours d'une journée de vol. En tenant compte de la largeur de la bande observée par les observateurs dans le protocole, la couverture de ce plan d'échantillonnage représente 10% de la zone d'étude pour les oiseaux marins (bande d'une largeur totale de 400 mètres) et 25% pour les mammifères marins (bande de 500 mètres)[1].

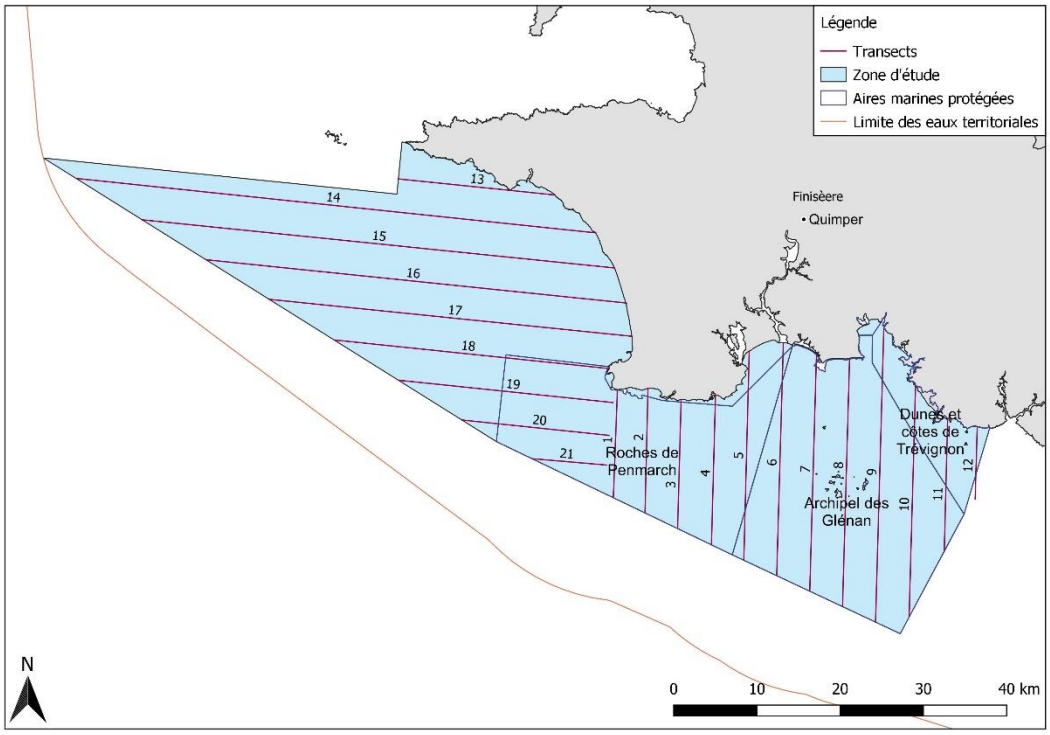


Figure 1: Zone d'étude, Finistère Sud (contour de la zone rouge et transects d'observation en vert)

Protocole du suivi visuel

La méthodologie générale est identique à celle mise en place lors des campagnes SAMM effectuées en France métropolitaine en 2011/2012 (Pettex *et al.*, 2014). Une équipe de trois personnes (deux observateurs et un navigateur) est embarquée à bord d'un avion équipé de hublots-bulle permettant

[1] Cette estimation est toutefois exagérée pour les mammifères marins, car dans les faits il est difficile de couvrir une telle largeur de bande sans réduire la capacité de détection des animaux dans la bande des 200 mètres.

une vision à la verticale (Figure 2a et 2b). L'avion se déplace le long des transects, à une vitesse constante de 90 nœuds (167 km.h^{-1}) et à une hauteur de 600 pieds (183 m).

Les deux observateurs (un de chaque côté de l'avion) relèvent à l'œil nu les observations de l'ensemble de la mégafaune pélagique (mammifères, oiseaux marins, tortues, élasmobranches) et des activités humaines (déchets, bateaux, bouées de pêche), avec un protocole adapté aux groupes taxonomiques et aux types d'objets (Figure 2c). Un échantillonnage en bande (*strip transect*) est réalisé pour les observations d'oiseaux et d'activités humaines (bateaux, déchets, bouées de pêche), dans un couloir de 200 mètres de part et d'autre du transect. Pour les observations de mammifères marins et des autres espèces de la mégafaune marine (tortues, requins et raies, poissons), un échantillonnage en ligne (*line transect*) est réalisé, 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.

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

Pour chaque observation, un ensemble de paramètres est enregistré (variable selon les taxons) : espèce ou groupe d'espèces, nombre d'individus, catégorie d'âge, angle de détection, présence de jeunes, comportement… Les conditions environnementales (état de la mer, turbidité, houle, éblouissement et couverture nuageuse) sont collectées, ainsi qu'un indice de détectabilité basé sur les petits delphininés et déterminé de manière globale par l'observateur (conditions excellentes, bonnes, moyennes ou pauvres). Elles sont relevées par les observateurs à chaque début de transect et à chaque fois qu'un des paramètres change.
Toutes les informations sont saisies par le navigateur (Figure 2d) sur un ordinateur équipé du logiciel SAMMOA 1.2.2 (Observatoire Pelagis, Code Lutin) et relié à un GPS qui enregistre la position de l'avion toutes les deux secondes. Une bande audio est enregistrée via l'interface afin de permettre de compléter les saisies manquantes après le vol et de valider les données collectées.

Acquisition d'images haute résolution

Les éléments associés à l'acquisition d'images par les caméras embarquées ainsi que les éléments de résultats des analyses d'images sont présentés, pour ce rapport intermédiaire, dans un document annexe transmis par le groupement.

Analyses des données visuelles

Validation et groupe d'espèces

La première étape consiste à la vérification de l'ensemble du jeu de données qui se compose des données d'effort et des observations collectées. Après chaque vol, le navigateur complète la saisie des données manquantes à l'aide de la bande son obtenue grâce au logiciel SAMMOA 1.2.2. Il corrige les erreurs ou les incohérences détectées automatiquement et par contrôle visuel. Quand toutes les données d'effort et d'observations sont complètes et vérifiées, les données du vol sont validées et exportées vers des fichiers shapefile (.shp). Une deuxième étape de vérification est menée sous QGIS 3.16.5 (QGIS Development Team, 2021) avant linéarisation de l'effort en segments nommés « leg » au sein desquels les conditions environnementales sont homogènes.

Tableau 1 : Description des groupes d'espèces appliqués pour les oiseaux marins, adaptés aux espèces connues pour être présentes dans la zone d'étude (et limités aux données collectées lors des survols).

Famille	Groupes ou espèces	Espèces associées
Alcidae	Alcidés	Macareux moine *Fratercula arctica* Guillemot de Troïl *Uria aalge* Pingouin torda *Alca torda*
Sulidae	Fou de Bassan	*Morus bassanus*
Hydrobatidae	Océanites	Océanite tempête *Hydrobates pelagicus* Océanite culblanc *Oceanodroma leucorhoa*
Procellariidae	" Petits puffins "	Puffin des Anglais *Puffinus puffinus* Puffin des Baléares *Puffinus mauretanicus*
	" Grands puffins "	Puffin majeur *Ardenna gravis* Puffin fuligineux *Ardenna grisea* Puffin cendré *Calonectris borealis*
Phalacrocoracidae	Cormorans	Grand cormoran *Phalacrocorax carbo* Cormoran huppé *Phalacrocorax aristotelis*
Stercorariidae	Grand labbe	*Catharacta skua*
Laridae	Sternes	Sterne arctique *Sterna paradisaea* Sterne pierregarin *Sterna hirundo* Sterne naine *Sterna albifrons* Sterne caugek *Thalasseus sandvicensis*
	Mouette tridactyle	*Rissa tridactyla*
	Mouettes spp	Mouette rieuse *Chroicocephalus ridibundus* Mouette mélanocéphale *Ichthyaetus melanocephalus* Mouette pygmée *Larus minutus* Mouettes indéterminées
	"Grand goéland noir"	Goéland marin *Larus marinus* Goéland brun *Larus fuscus*
	"Grand goéland gris"	Goéland argenté *Larus argentatus* Goéland leucophée *Larus michahellis*
	"Grand goéland spp"	Grands goélands indéterminés (souvent immatures)
	Laridés spp	Toutes les espèces de laridés (indéterminés)
Anatidae	Macreuses	Macreuse noire *Melanitta nigra* Macreuse brune *Melanitta fusca*

Pour l'ensemble des analyses, des regroupements d'espèces ont été effectués, que ce soit pour les oiseaux marins (Tableau 1) ou les cétacés (Tableau 2). Ces regroupements reposent sur des critères taxonomiques (plusieurs espèces d'un même genre), morphologiques (espèces proches, difficiles à différencier dans le contexte de l'observation aérienne) et écologiques (afin d'obtenir des estimations pour des espèces ou groupes d'espèces qui représentent un enjeu en termes de conservation). Certaines espèces sont aisément identifiées depuis l'avion et peuvent être traitées individuellement. Les photographies réalisées pendant les vols pourront améliorer les identifications et réduire le nombre d'observations attribuées à des groupes non déterminés à l'espèce. C'est le cas des observations de delphininés indéterminés, des laridés indéterminés et des grands goélands indéterminés, par exemple. Certains clichés permettront également d'identifier les individus à l'espèce (dauphin commun vs petits delphininés, puffin des Baléares vs petits puffins). Ces corrections seront appliquées pour le rapport final et intégrées dans les analyses.

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

(Sous) Famille	Groupes ou espèces	Espèces associées
Phocoenidae	Marsouin commun	*Phocoena phocoena*
Delphininae	Petits delphininés	Dauphin commun *Delphinus delphis* Dauphin bleu et blanc *Stenella coeruleoalba*
	Grand dauphin	*Tursiops truncatus*
	Delphininés spp	Dauphin commun *Delphinus delphis* Dauphin bleu et blanc *Stenella coeruleoalba* Grand dauphin *Tursiops truncatus*
Globicephalinae	Globicéphale noir Dauphin de Risso	*Globicephala melas* *Grampus griseus*
Physeteridae	Cachalot macrocéphale	*Physeter macrocephalus*
Balenopteridae		Petit rorqual *Balaenoptera acutorostrata*

Distribution spatiale de la mégafaune marine

La distribution des oiseaux et des mammifères marins est prédite pour chaque taxon et à chaque saison, en fonction de la taille des groupes observés, par la méthode du krigeage. Le krigeage est une méthode d'interpolation basée sur des modèles d'autocorrélation qui présuppose que les distances entre les variables et leurs tailles reflètent les variations de leur distribution (Baillargeon, 2005; Oliver and Webster, 1990). Ainsi le krigeage permet d'estimer et de cartographier les densités des individus présents dans les zones non échantillonnées à travers l'analyse statistique de leurs distributions dans les zones échantillonnées (le long des transects) (Oliver et Webster, 1990). En d'autres termes, il permet d'estimer la valeur d'une densité à partir des observations voisines.

L'analyse est effectuée en deux temps le premier sert à modéliser la distribution des densités observées ; et le second permet de prédire les densités et les incertitudes associées sur une zone donnée. On peut ainsi choisir précisément le modèle de distribution et de projection de nos densités. Quatre modèles ont été considérés pour cette analyse : « sphérique », « exponentielle », « gaussien » et « linéaire ». Afin que les cartes de distribution soient les plus précises possibles, le choix du modèle de distribution et les ajustements associés (anisotropie, distance d'interpolation etc.) sont effectués manuellement pour chaque taxon et à chaque saison. Les modèles sont ajustés à l'aide d'un semi-variogramme, mais également en fonction de la concordance entre les sorties graphiques et les cartes de distribution des observations.

Le semi-variogramme décrit la corrélation spatiale entre les observations selon l'équation suivante :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum i, j \in N(h) \; (xi - yi)^2$$

où $N(h)$ est le nombre de paires d'observations (xi,yi) séparées par une distance spatiale h (Gratton, 2002).

Les grands groupes d'individus pouvant masquer la distribution des plus petits, une transformation log a été appliquée sur l'ensemble des données pour en diminuer l'effet. La distribution spatiale et l'interpolation des données sont estimées sur une grille d'une résolution d'1 km^2. L'ensemble des analyses est effectué avec le logiciel R® (version 4.1.2 « Bird Hippie ») associé aux packages « automap » et « gstat ».

Abondance des oiseaux et des mammifères marins

La méthode du « Distance sampling » est utilisée pour estimer l'abondance. Cette méthode repose sur l'hypothèse que la probabilité de détection des individus est fonction de la distance à l'observateur : plus l'individu est loin du transect plus la probabilité qu'il soit détecté diminue (Buckland *et al.*, 2001). Ainsi, en compilant les distances perpendiculaires au sein d'une zone d'étude pour une espèce ou un groupe d'espèces donné, il est possible d'estimer leur probabilité de détection en fonction de l'éloignement aux transects (Besnard et Salles, 2010; Buckland *et al.*, 2001). La probabilité de détection étant estimée, il devient possible d'estimer le nombre d'individus présents sur la zone.

La distance perpendiculaire B est obtenue à l'aide d'un inclinomètre ; avec B = A x sin θ où A est la hauteur de vol et θ est l'angle entre l'avion et l'observation.

La fonction de détection g(x), permet d'estimer la probabilité de détection des individus dans une zone donnée selon deux distributions principales : « semi-normal » et « hazard ». Le choix du modèle est fait par le critère d'information d'Akaike ou AIC (Akaike, 1973; Thomas *et al.*, 2010).

Une fois le modèle de détection sélectionné, il est possible de calculer la largeur de bande effective appelée *esw* (*effective strip width*), de sorte que le nombre d'animaux détectés à l'extérieur de l'*esw* soit exactement égal au nombre d'animaux manqués à l'intérieur de l'*esw*. L'hypothèse qui en découle est que tous les animaux situés dans la bande effective sont détectés avec la même probabilité (Thomas *et al.*, 2002). Une fois l'*esw* déterminée, il est possible d'estimer l'abondance (Ñ) des individus présents sur la zone :

$$\hat{N} = A \frac{n}{2L\, esw} \hat{E}\,[s]$$

avec A la surface de la zone (en km^2), L l'effort d'échantillonnage total (en km), n le nombre d'observation et Ê [s] l'estimation de la taille de groupe. L'erreur autour de chaque estimation est prise en compte, par le biais d'un coefficient de variation (CV) (Buckland *et al.,* 2001).

Les distances perpendiculaires ne peuvent pas être calculées pour les oiseaux car il est impossible d'estimer leur hauteur de vol et les observations sont trop nombreuses. Les abondances sont alors obtenues en considérant qu'un observateur expérimenté détecte avec la même probabilité tous les oiseaux présents à moins de 200 m du transect (protocole de *strip transect*). Ainsi pour les oiseaux l'*esw* est de 0,2 km. Un modèle « uniforme » est alors employé comme fonction de détection, pour laquelle la probabilité de détection vaut 1 sur toute la largeur de la bande.

L'ensemble des analyses est effectué avec le logiciel R® (version 4.1.2 « Bird Hippie ») associé aux packages « *Distance* » et « *Rdistance* ».

Résultats

Effort réalisé

Lors de cette première année de suivi, nous avons pu réaliser les quatre vols prévus selon le calendrier du marché (Tableau 3), pour un total de 2325 kilomètres parcourus en effort d'observation (hors transit). Avant chaque mission, les conditions météorologiques ont fait l'objet d'une analyse fine dès le démarrage de la période de vol jusqu'à la prévision d'une fenêtre météorologique adéquate. La veille météorologique a été faite sur le site www.windy.com et lorsqu'un risque de brouillard était présent, nous avons contacté le routeur de Météo France le matin ou le jour précédent le vol.

Tableau 3 : Descriptif des survols réalisés pendant la première année

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Eté
Date du vol	22/09/2021	16/01/2022	09/04/2021	24/07/2022
Avion	Cessna 337 Air Périgord	BN2 Pixair Survey	BN2 Pixair Survey	BN2 Pixair Survey
Pilote	Claude Delohen	Jean Jérôme Houdaille	Slim Khouadja	Clément Hannes
Observateurs	Emeline Pettex Hélène Quevreux Simon Ernst	Emeline Pettex Thomas Barreau Simon Ernst	Emeline Pettex Thomas Barreau Vincent Bretille	Hélène Quevreux Simon Ernst Sébastien Théof
Opérateur digital	Thomas Stokart Bruno Roux	Thomas Stokart	Thomas Stokart	Bruno Roux
Météo	Ensoleillé. Vitesse du vent < 15 km/h.	Nuages en altitude. Vitesse du vent < 15 km/h.	Ensoleillé. Vitesse du vent < 15 km/h.	Ensoleillé. Vent faible d'Est.
Durée de vol	4h40	5 h	4h45	4h37
Effort (en km)	593	578	578	576
Beaufort <4 (%)	100	100	100	80

Ces précautions nous ont permis de réaliser les survols dans de bonnes conditions d'observation, avec un état de la mer inférieur ou égal à 3 Beaufort, sans pluie ni nuages bas (Figure 1 et Figure 3). Seul le vol du mois de juillet 2022 compte 20 % de l'effort parcouru au-delà de 4 Beaufort (soient 115 km). Ce vol a été le plus difficile à programmer en raison de la fermeture des zones militaires pendant 10 jours en juin, suivie de l'indisponibilité de l'avion pendant 3 semaines à cause d'une panne. Le jour retenu pour le survol présentait des conditions correctes sans être totalement optimales.

Lors de chaque vol, un opérateur de l'Avion Jaune était présent, ainsi que trois observateurs qualifiés. Hormis l'observatrice de Cohabys, les observateurs étaient tous des experts indépendants, formés par l'Observatoire Pelagis pour les campagnes SAMM1 et SAMM2 ou très expérimentés sur les suivis aériens (Sébastien Théof).

Après le premier survol, nous avons choisi de changer d'avionneur et de voler avec les avions Britten Norman 2 (BN2) de la compagnie Pixair Survey, basée à Rouen. Le BN2 est en effet l'avion le plus adapté pour ces survols, dont les conditions de vitesse et d'altitude présentent des risques pour de nombreux appareils. Ces avions sont plus grands et permettent d'embarquer trois observateurs et un opérateur pour les caméras en plus du pilote, ce qui sécurise la prise des photos. Par ailleurs, les pilotes de Pixair Survey sont les plus entrainés pour ces survols aux besoins spécifiques, notamment le suivi strict des transects et la gestion des vols à basse altitude à la côte (Figure 4). Ce choix entraine

néanmoins des contraintes pour la disponibilité des aéronefs, très sollicités pour ces missions de suivis en mer.

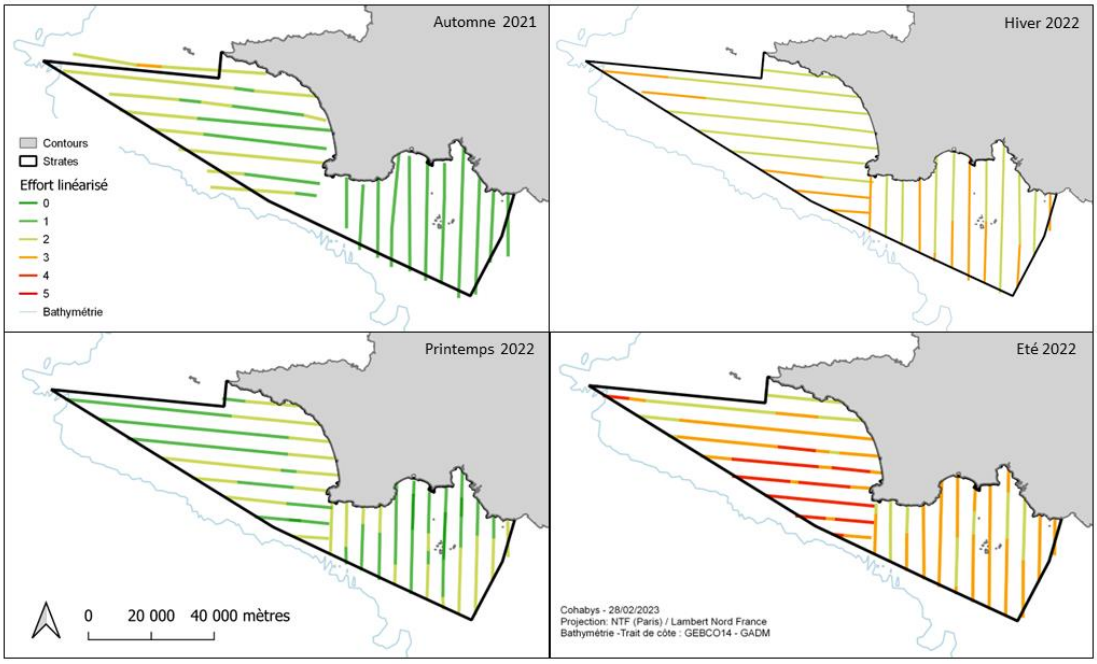


Figure 3 : Etat de la mer (en Beaufort) observé le long des transects (effort linéarisé).

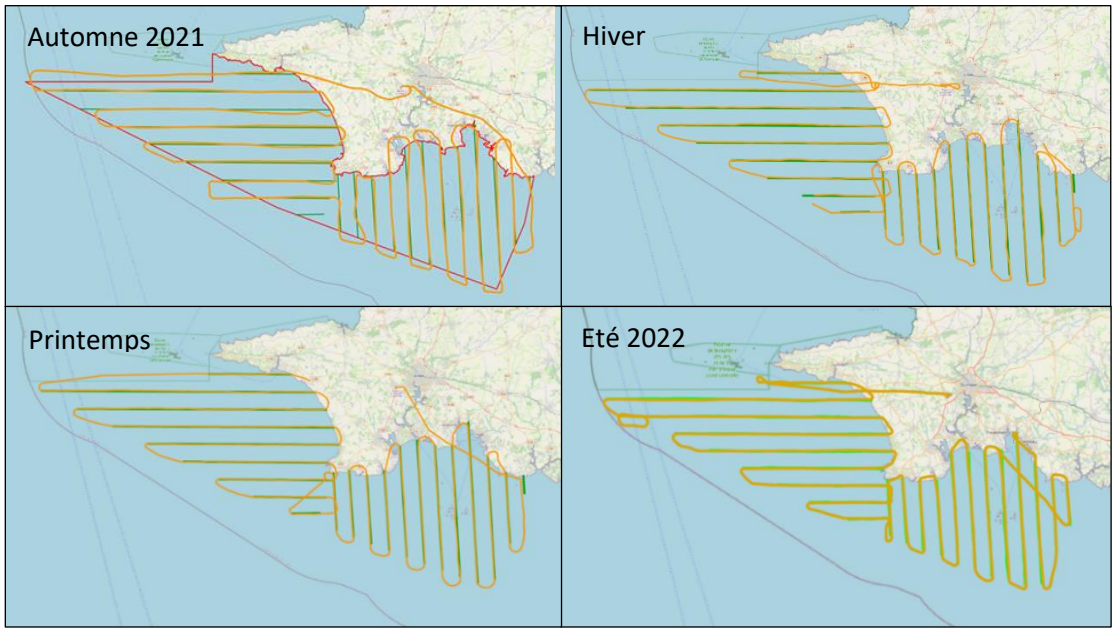


Figure 4 : Tracés GPS des survols réalisés (en orange), transects (en vert).

Observations collectées

Au cours des 4 survols réalisés en 2021/22, un nombre total de 4022 observations a été enregistré, dont 2919 observations d'oiseaux pour un total estimé de 8812 individus et 217 observations de mammifères marins pour un total estimé de 2274 individus (Tableau 4). Les campagnes de l'hiver et du printemps représentent 69 % des observations d'oiseaux réalisées (62 % des individus estimés), ce qui souligne l'utilisation de la zone pendant la période d'hivernage et de migration pré-nuptiale. Les mammifères marins ont été plus observés en été et en automne - malgré des conditions d'observation moins favorables en été – avec 65 % des observations enregistrées (75 % des individus estimés). Les autres espèces de mégafaune marine observées sont des poissons lune et des requins (requin bleu

pour toutes les observations qui ont été identifiées à l'espèce). Un requin pèlerin a été vu lors du vol d'avril 2022. Aucune tortue n'a été observée lors des quatre premiers survols. Les activités humaines recensées sont essentiellement des bateaux de plaisance et des bouées de pêche. Les déchets restent limités.

*Tableau 4 : Résumé des observations collectées au cours des 4 survols (nombre d'individus estimé entre parenthèses) pour les différentes catégories (espèces ou groupes). Les groupes suivis d'un * sont les plus susceptibles de voir le nombre d'observations modifié (ou les effectifs) suite à l'analyse des photos.*

		Automne (2021)	Hiver (2022)	Printemps (2022)	Eté (2022)	Toutes saisons (2022)
Oiseaux	Alcidés	4 (8)	676 (1345)	459 (1401)	2 (3)	1141 (2757)
	Fou de Bassan (*Morus bassanus*)	81 (190)	63 (131)	139 (253)	143 (294)	426 (868)
	Océanites*	2 (3)	-	-	25 (44)	27 (47)
	Fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*)	-	-	-	-	-
	Puffins ind.*	17 (182)	-	-	8 (76)	25 (258)
	Grands puffins*	8 (27)	-	-	22 (69)	30 (96)
	Petits Puffins*	33 (164)	6 (15)	43 (139)	34 (92)	116 (410)
	Laridés ind.*	66 (842)	55 (345)	9 (21)	19 (115)	149 (1323)
	Grands goélands ind.*	41 (199)	19 (75)	26 (698)	85 (450)	171 (1422)
	Grands goélands noirs*	61 (92)	27 (32)	52 (65)	38 (45)	178 (234)
	Grands goélands gris*	71 (109)	75 (218)	66 (105)	44 (54)	256 (486)
	Mouettes ind.*	37 (96)	65 (94)	22 (38)	14 (56)	138 (284)
	Mouette pygmée (*Larus minutus*)*	-	-	5 (13)	-	5 (13)
	Mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*)*	-	62 (95)	21 (31)	-	83 (126)
	Sternes ind.*	-	2 (6)	14 (28)	9 (13)	27 (47)
	Sterne caugek (*Thalasseus sandvicensis*)	-	14 (18)	50 (103)	9 (12)	73 (133)
	Labbes	3 (3)	-	2 (2)	1 (1)	6 (6)
	Cormorans	7 (23)	7 (66)	16 (21)	8 (8)	38 (118)
	Macreuses	2 (50)	-	3 (17)	-	5 (67)
	Anatidés	-	1(15)	-	-	1(15)
	Bernache cravant (*Branta bernicla*)	-	-	-	-	-
	Plongeons	-	-	1 (1)	-	1 (1)
	Limicoles	1 (20)	3 (27)	3 (22)	-	7 (69)
	Ensemble des oiseaux	443 (2028)	1078 (2483)	935 (2962)	463 (1339)	2919 (8812)
Mammifère marin	Marsouin commun (*Phocoena phocoena*)	-	3 (3)	3 (3)	1 (3)	7 (7)
	Grand dauphin (*Tursiops truncatus*)*	1 (10)	-	-	-	1 (10)
	Dauphin de Risso (*Grampus griseus*)	-	-	3 (7)	-	3 (7)
	Petits delphininés*	44 (896)	44 (389)	16 (137)	51 (521)	155 (1943)
	Delphininés ind.*	15 (176)	4 (5)	3 (22)	23 (95)	45 (298)
	Petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*)	1 (1)	-	-	2 (2)	3 (3)
	Cachalot (*Physeter macrocephalus*)	-	-	-	1 (1)	1 (1)
	Ensemble des mammifères	61 (1083)	52 (401)	25 (169)	79 (621)	217 (2274)
Poisson	Requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*)	-	-	1 (1)	-	1 (1)
	Requin bleu (Prionace glauca) et ind.	14 (14)	-	-	4 (4)	18 (18)
	Poisson lune (*Mola mola*)	10 (10)	-	-	16 (16)	26 (26)
Activités anthropiques	Bateaux de plaisance motorisés	28 (37)	7 (9)	10 (10)	45 (53)	90 (109)
	Bateaux de plaisance à voiles	21 (21)	1 (1)	4 (4)	43 (48)	69 (74)
	Bateaux de plaisance ind.	-	1 (1)	-	-	1 (1)
	Chalutiers	6 (6)	2 (2)	1 (1)	-	9 (9)
	Bateaux arts dormants	-	5 (5)	4 (7)	-	9 (12)
	Palangriers	-	-	1 (1)	-	1 (1)
	Bateaux de pêche ind.	4 (4)	-	1 (1)	2 (2)	7 (7)
	Bouées de pêche	88 (128)	63 (104)	82 (116)	181 (375)	414 (723)
	Déchets	10 (10)	110 (139)	80 (86)	13 (14)	213 (249)

Oiseaux marins

Richesse spécifique et composition de l'avifaune

La description de la richesse spécifique d'observations aériennes présente quelques limites liées à la difficulté d'identification à l'espèce. Certains groupes englobent plusieurs espèces et la richesse spécifique telle qu'elle est décrite dans le présent rapport ne reflète que partiellement le nombre d'espèces effectivement rencontrées pendant les suivis. Dans les résultats qui suivent, nous avons dénombré les espèces ou les groupes qui ne sont pas redondants. A titre d'exemple, si une espèce de goéland a été identifiée, le ou les groupes auxquelles l'espèce appartient ne sont alors pas comptabilisés (ex : grands goélands gris, laridés indéterminés). La richesse spécifique indiquée est donc donnée *a minima* (Figure 5).

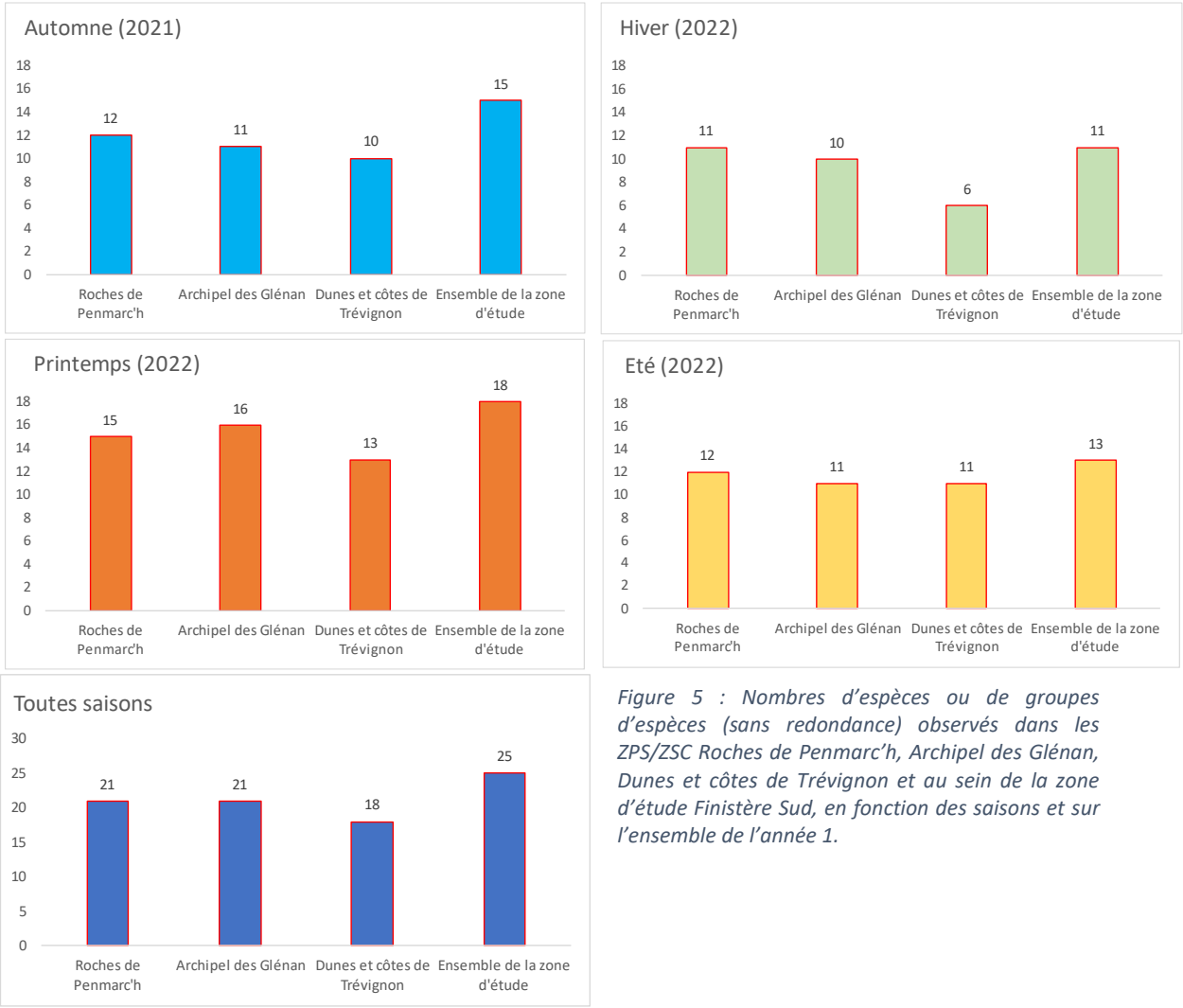


Figure 5 : Nombres d'espèces ou de groupes d'espèces (sans redondance) observés dans les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h, Archipel des Glénan, Dunes et côtes de Trévignon et au sein de la zone d'étude Finistère Sud, en fonction des saisons et sur l'ensemble de l'année 1.

Au sein de la zone d'étude, le nombre d'espèces ou groupes d'oiseaux marins ou limicoles varie entre 11 et 18 au cours de l'année, avec un maximum observé pendant la période de migration pré-nuptiale. Toutes saisons confondues, l'avifaune marine compte un minimum de 25 espèces ou groupes. La zone abrite des zones fonctionnelles dont la nature varie entre les saisons – migration, hivernage, estivage et reproduction – et accueille des espèces qui seront présentes pour une ou plusieurs phases de leur cycle de vie. Assez logiquement du fait de leur plus grande taille, les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h et Archipel des Glénan abritent un nombre d'espèces plus élevé que la ZPS/ZSC Dunes et

côtes de Trévignon tout au long de l'année. Cependant, aucune des deux grandes aires marines protégées ne réunit la totalité des espèces présentes dans la grande zone d'étude, à part en hiver.

Au-delà du nombre d'espèces rencontrées, il est intéressant de regarder la composition de la communauté aviaire et ses variations saisonnières (Figure 6). A l'automne (septembre), les laridés représentent 72 % des individus recensés avec une majorité de laridés indéterminés. Les procellariidés comptent pour 11 % (essentiellement des petits puffins) et les fous de Bassan pour 10 %. En hiver (janvier), les alcidés réunissent 54 % des oiseaux dénombrés, 35 % pour les laridés et 5 % pour le fou de Bassan.

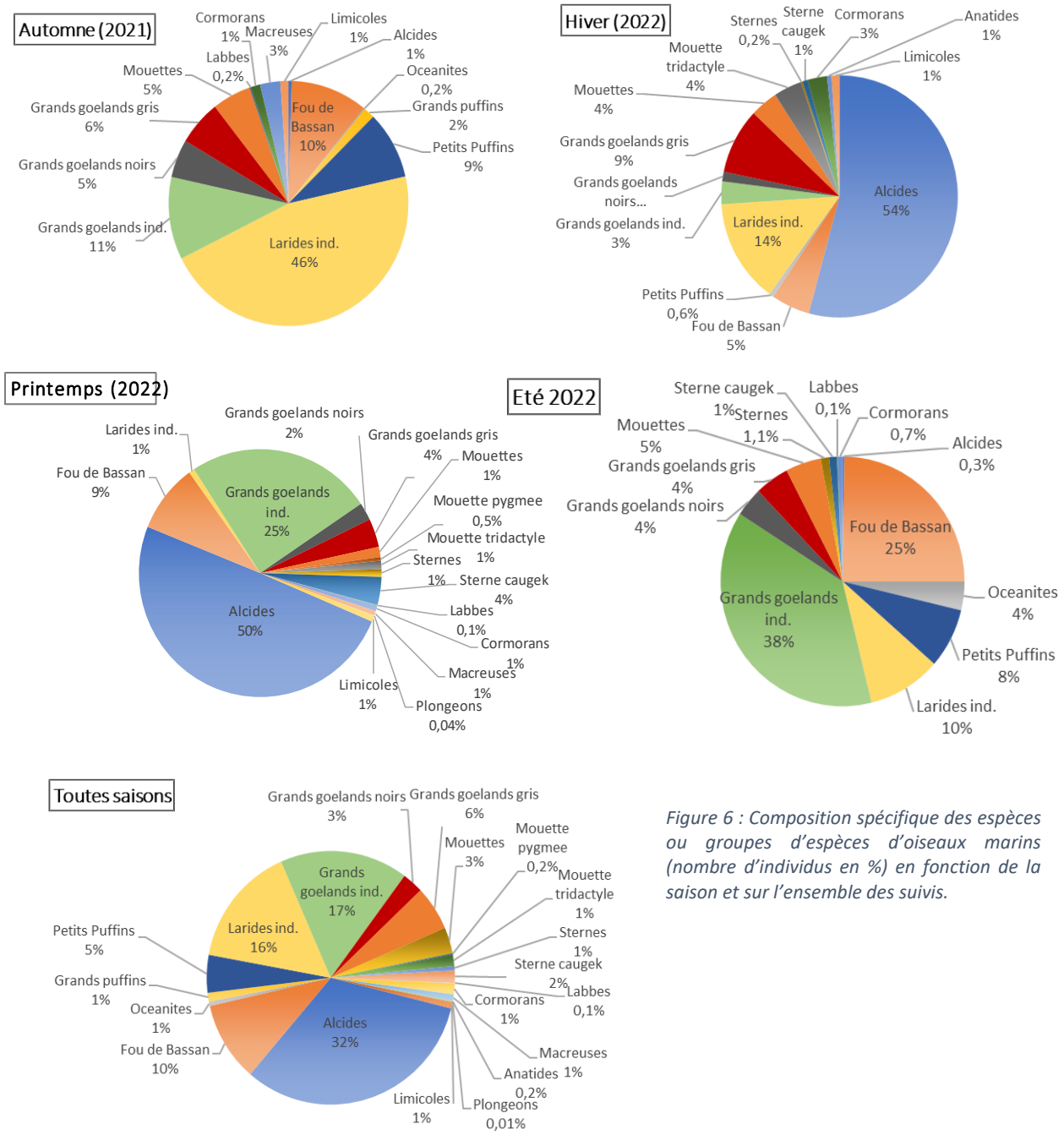


Figure 6 : Composition spécifique des espèces ou groupes d'espèces d'oiseaux marins (nombre d'individus en %) en fonction de la saison et sur l'ensemble des suivis.

Au printemps (avril), les alcidés représentent encore la moitié des effectifs totaux, suivis par les laridés avec 30 % et les fous de Bassan pour 9 %. Enfin, en été, les laridés représentent 63 % des oiseaux recensés, avec une forte proportion de goélands immatures, suivis par les fous de Bassan avec 25 %. Les petits puffins, puffins des Anglais et puffins des Baléares comptent pour 8 % des effectifs totaux,

soulignant l'importance de la zone pour ce groupe en été et à l'automne. Le bilan sur cette première année de suivi montre une communauté diversifiée et composée à 52 % de laridés (goélands, mouettes et sternes), à 32 % d'alcidés, à 10 % de sulidés et à 7 % de procellariidés, toutes saisons confondues.

Abondance

Les estimations d'abondance ont été produites par saison sur l'ensemble de la zone d'étude. Le plan d'échantillonnage n'est pas adapté pour produire des estimations d'abondance robustes à l'échelle des trois aires marines protégées (les incertitudes sont plus élevées que les estimations. Il n'est pas pertinent de produire une estimation annuelle des effectifs puisque les oiseaux présents sur la zone peuvent l'être sur plusieurs saisons au cours de leur cycle biologique.

Les abondances reflètent logiquement la composition spécifique illustrée dans la section précédente (Tableau 5). En automne, les laridés sont très largement majoritaires et au sein de cette famille, les laridés indéterminés comptent pour près de 80 % des individus estimés. Cela s'explique notamment par la présence de jeunes et d'immatures qui posés sur l'eau sont difficiles à identifier à l'espèce. En hiver, les alcidés représentent 55 % des effectifs totaux avec près de 10 000 individus estimés et les laridés représentent 38 % de la population aviaire. Au printemps, la population approche les 30 000 individus sur la zone, les alcidés comptant encore pour 47 % des effectifs. En été, les laridés sont les plus abondants (60 %), suivis par les fous de Bassan (29 %). Cette dernière espèce, est relativement abondante tout au long de l'année, mais c'est en hiver que les densités sont les plus faibles. Le groupe des petits puffins, qui inclue le puffin des Anglais et le puffin des Baléares, est plus abondant pendant les périodes pré- et post-nuptiales que pendant la saison estivale. Les observations de petits puffins en hiver étaient trop peu nombreuses pour calculer une abondance.

La population d'oiseaux marins observée en mer au sein de la zone d'étude présente des variations saisonnières importantes (Tableau 5). Les effectifs estimés au printemps sont trois fois plus élevés qu'en été et 1,5 fois plus élevés qu'en automne et en hiver. Il semble que la zone est un lieu de passage important pendant la migration pré-nuptiale.

*Tableau 5 : Estimation de l'abondance observée des espèces ou groupes d'oiseaux marins dans la zone d'étude en fonction des saisons. Nombre d'individus estimés et son coefficient de variation ; les intervalles de confiance à 95 % sont entre crochets. Les groupes suivis d'un * sont les plus susceptibles de voir le nombre d'observations modifié (ou les effectifs) suite à l'analyse des photos.*

		Automne (2021)	Hiver (2022)	Printemps (2022)	Eté (2022)
Oiseaux	Alcidés	-	9 900.5 ± 0.2	13 701.1 ± 0.19	-
	Fou de Bassan*	1 805.2 ± 0.3	921.9 ± 0.5	2 474.2 ± 0.3	2 863.6 ± 0.3
	Océanites*	-	-	-	428.6 ± 0.4
	Grands puffins*	-	-	-	672.1 ± 0.4
	Petits Puffins*	1 558.2 ± 0.4	-	1 359.4 ± 0.5	896.1 ± 0.4
	Laridés ind.*	9 890.8 ± 0.3	2 850.1 ± 0.4	7 031.5 ± 0.6	4 059.4 ± 0.5
	Grands goélands gris*	1 035.6 ± 0.3	2 123.3 ± 0.4	1 026.9 ± 0.2	526.0 ± 0.3
	Grands goélands noirs*	874.1 ± 0.3	311.7 ± 0.2	635.7 ± 0.2	438.3 ± 0.3
	Mouettes*	912.1 ± 0.4	669.0 ± 0.3	498.8 ± 0.3	545.4 ± 0.6
	Mouette tridactyle*	-	668.0 ± 0.3	303.2 ± 0.5	-
	Sternes	-	233.8 ± 0.3	1 281.1 ± 0.3	243.5 ± 0.4
	Cormorans	-	-	205.4 ± 0.3	-
	Ensemble des oiseaux	**19 268.4 ± 0.2** [14724 - 23813]	**17 927.3 ± 0.2** [14913 - 20942]	**28 967.0 ± 0.2** [22351 - 35583]	**9 721.8 ± 0.3** [6839 -12604]

Distribution

Les distributions des observations sont présentées sous forme de cartes saisonnières pour les quatre vols effectués en 2021/2022 et synthétisées par une carte « toutes saisons » qui présentent l'ensemble des observations d'une espèce ou d'un groupe d'espèces. Pour chaque groupe, une carte des observations et une carte krigée sont présentées lorsque le nombre d'observations est suffisant.

Les alcidés

Ce groupe réunit le macareux moine (*Fratercula arctica*), le guillemot de Troïl (*Uria aalge*) et le pingouin torda (*Alca torda*). Les alcidés représentent plus d'un quart des observations totales réalisées, ils sont le groupe le plus abondant. Leur distribution varie fortement entre les saisons (Figure 7 et Figure 8). Les alcidés sont présents en période internuptiale (environ 10 000 individus estimés en hiver) et en période prénuptiale (près de 14 000 individus estimés au printemps). Ils sont très abondants au sein de l'ensemble de la zone d'étude, avec néanmoins des concentrations plus élevées au sein des aires protégées Roches de Penmarc'h et Archipel des Glénan. Les alcidés évitent la frange côtière ainsi que les îles des Glénan. Ils sont quasiment absents à l'automne et en été. Les alcidés sont très majoritairement observés posés sur l'eau, seuls ou en petit groupes de quelques individus.

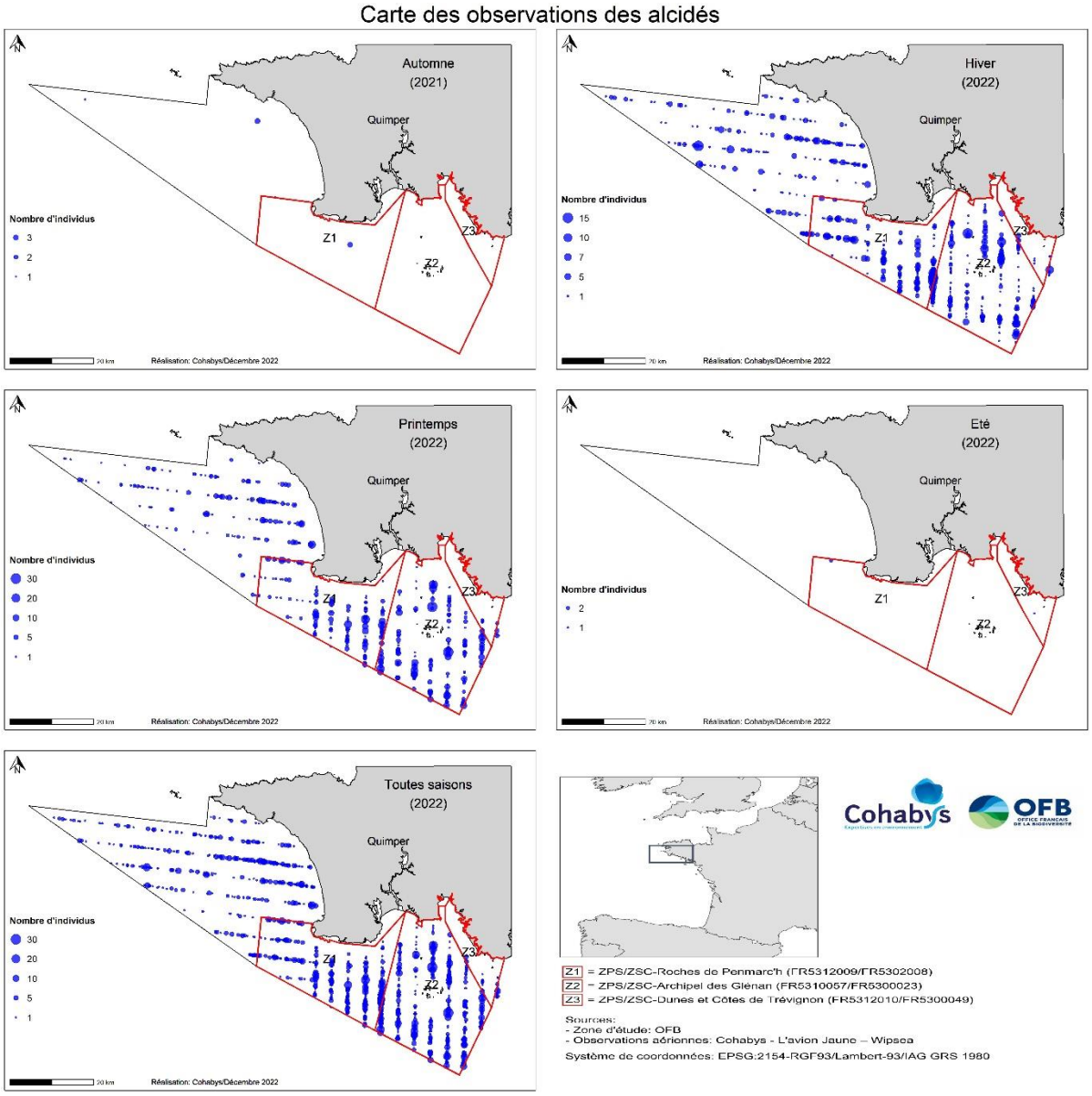


Figure 7 : Cartes de distribution des observations d'alcidés, par saison et annuelle.

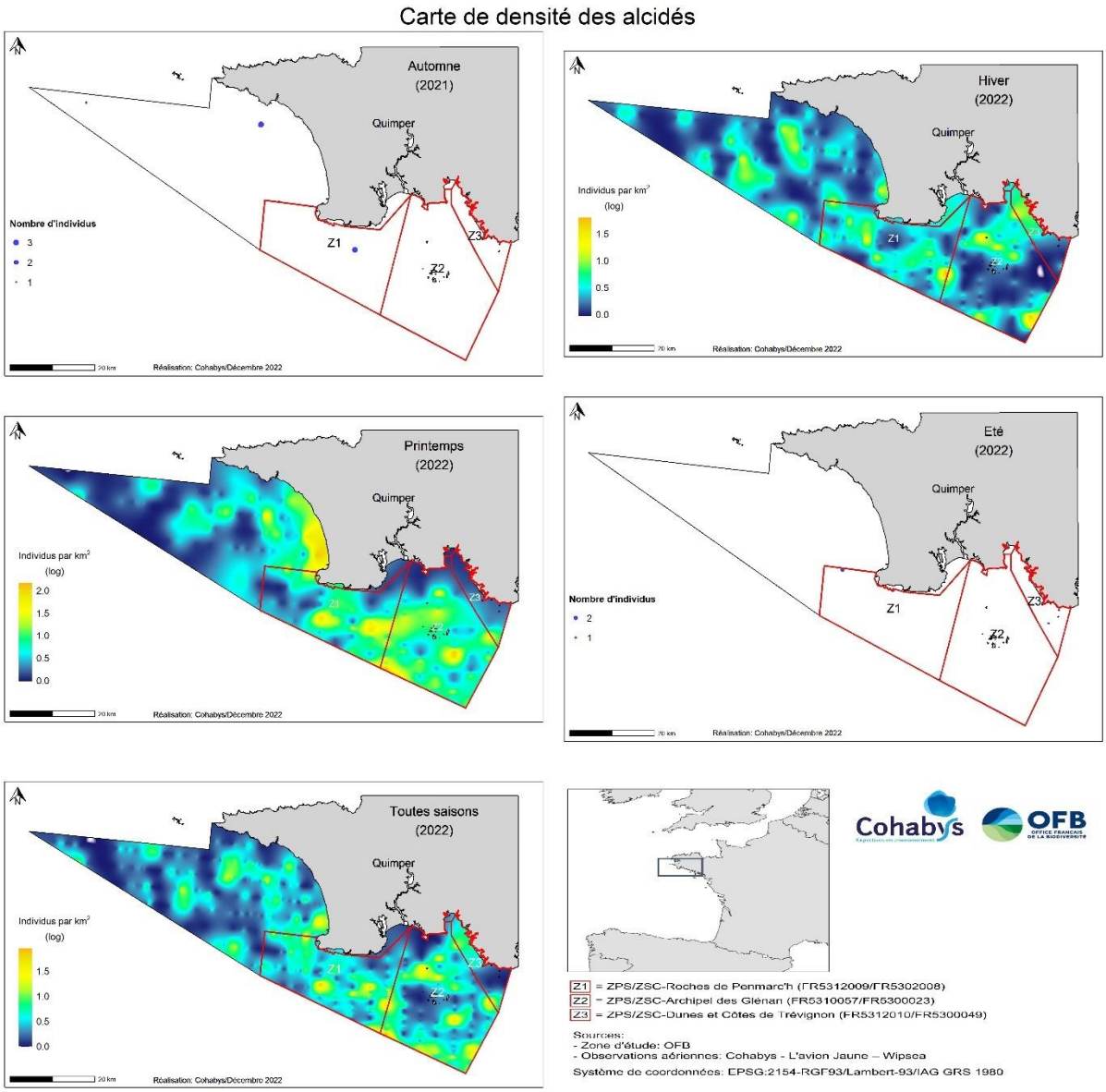


Figure 8 : Cartes de distribution krigée des alcidés, par saison et annuelle.

Le fou de Bassan

Le fou de Bassan (*Morus bassanus*) est aisément identifié à l'espèce même si les juvéniles peuvent ponctuellement être confondus avec un puffin de grande taille (ex. puffin majeur). L'espèce occupe quasiment l'ensemble de la zone d'étude tout au long de l'année avec des effectifs un peu plus importants au printemps et en été et compris entre 1000 et 3000 individus selon la saison (Figure 9). L'espèce est pélagique et est observée communément au large de la baie d'Audierne et au sud des Glénan. Des groupes plus importants sont observés, très probablement en lien avec la présence d'un bateau en pêche. Ces grands groupes affectent l'interpolation spatiale en masquant les observations d'individus isolés (Figure 10).

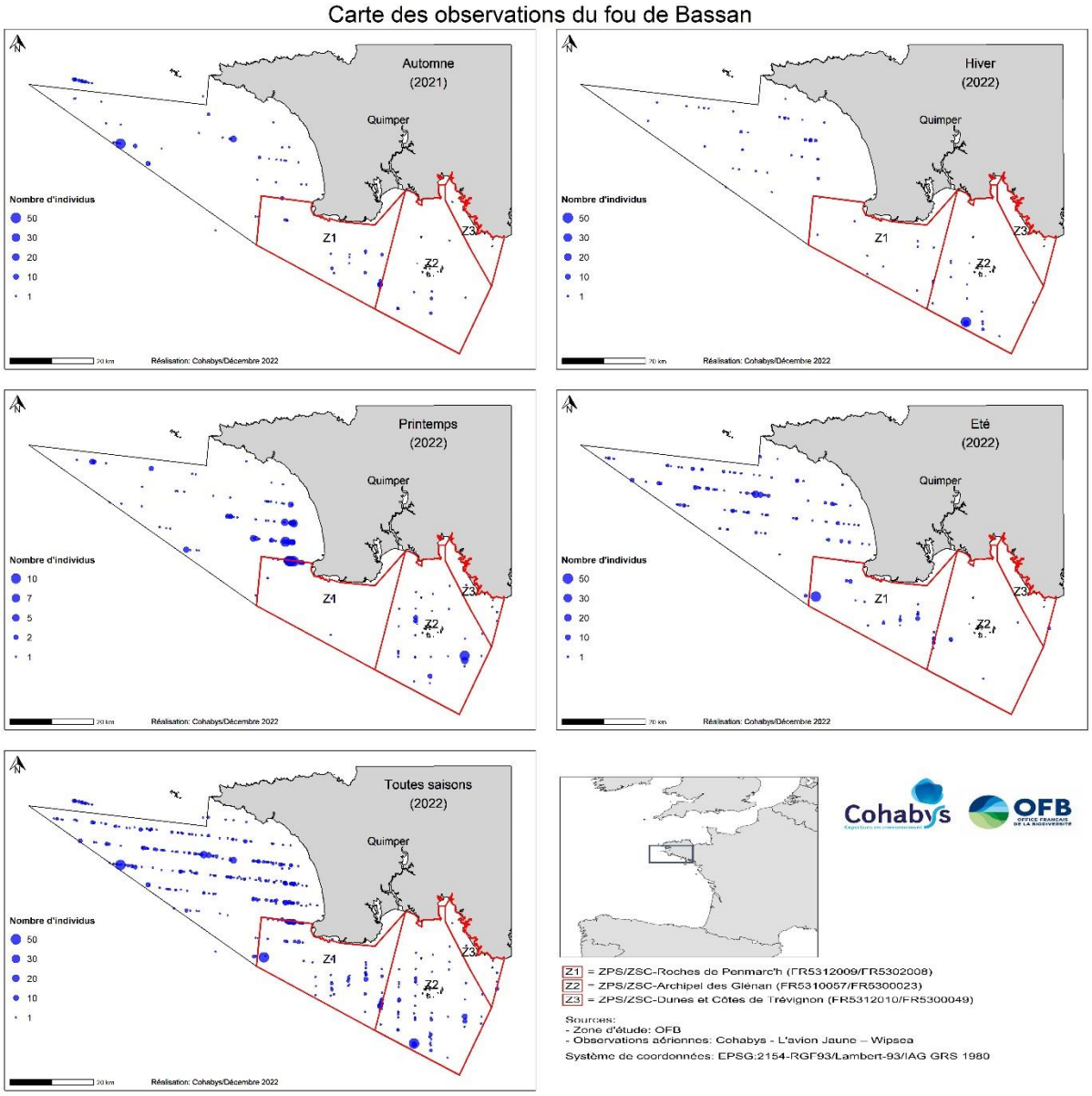


Figure 9 : Cartes de distribution des observations de fou de Bassan, par saison et annuelle.

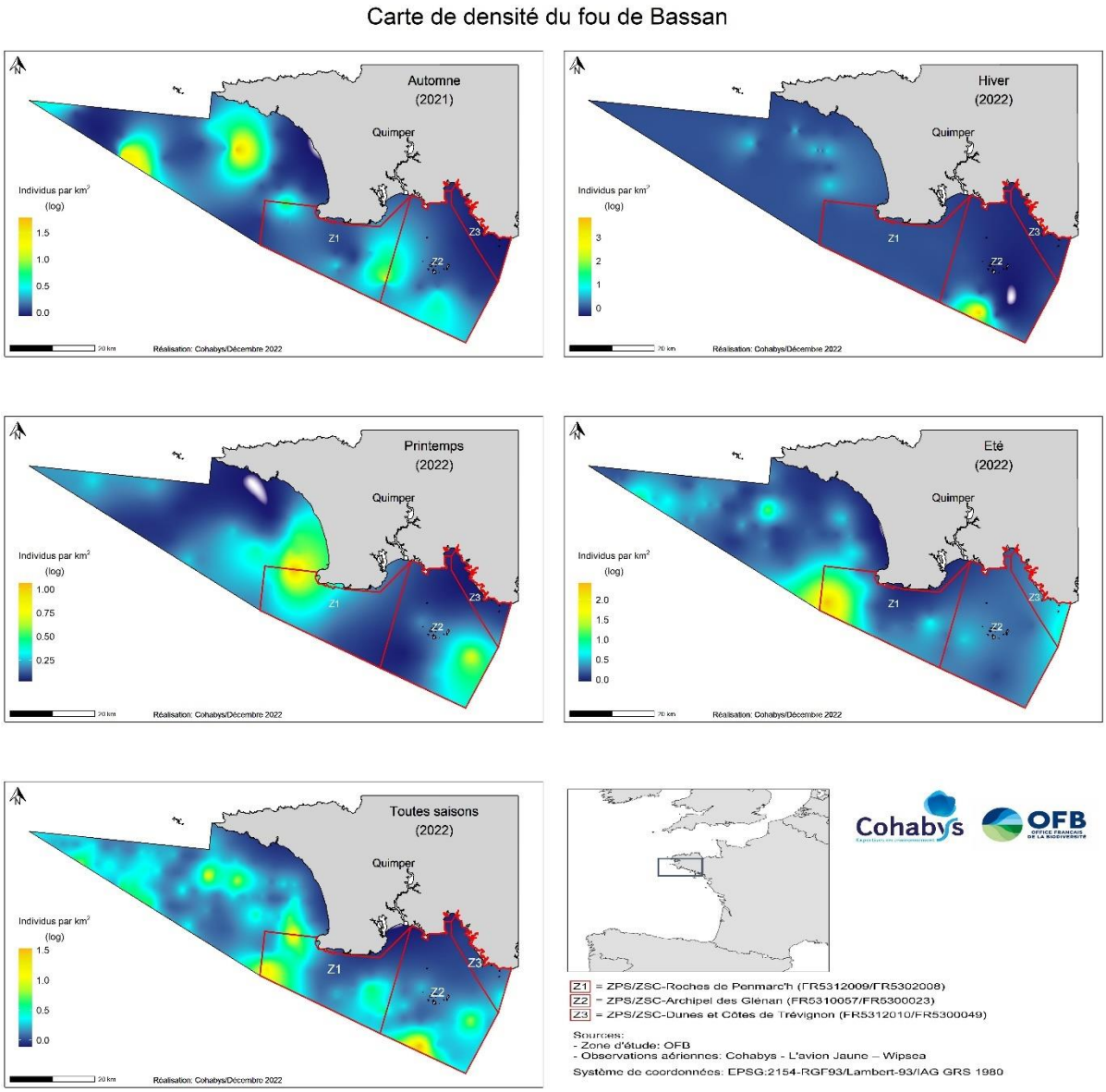


Figure 10 : Cartes de distribution krigée du fou de Bassan, par saison et annuelle.

Les océanites

Les océanites ne sont pas identifiés à l'espèce depuis l'avion, mais les espèces principalement rencontrées dans la zone d'étude sont les océanites tempête (*Hydrobates pelagicus*) et les océanites culblanc (*Oceanodroma leucorhoa*). Les océanites sont détectés très majoritairement en vol, il est probable que la détection des oiseaux posés (radeaux notamment) soit limitée. Le groupe est présent dans toute la zone d'étude en été, mais la densité des observations est plus élevée au large de la baie d'Audierne (Figure 11 et Figure 12). Quelques observations ont été réalisées à l'automne (septembre). Le groupe n'a pas été observé en janvier et en avril. Avec 500 individus prédits en été dans la zone, leur abondance est sans doute sous-estimée en raison de l'absence de détection de groupes posés notamment.

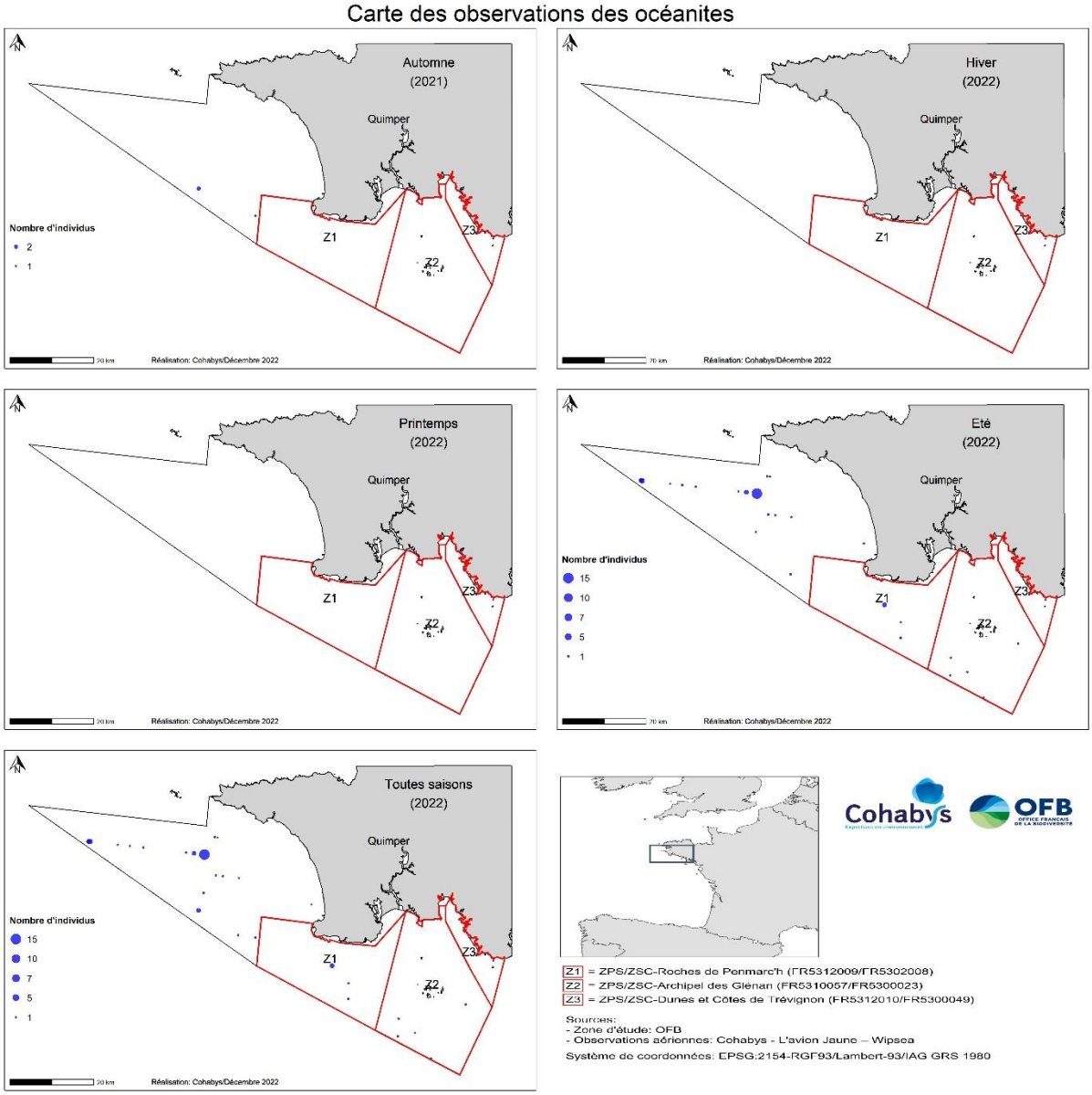


Figure 11 : Cartes de distribution des observations d'océanites, par saison et annuelle.

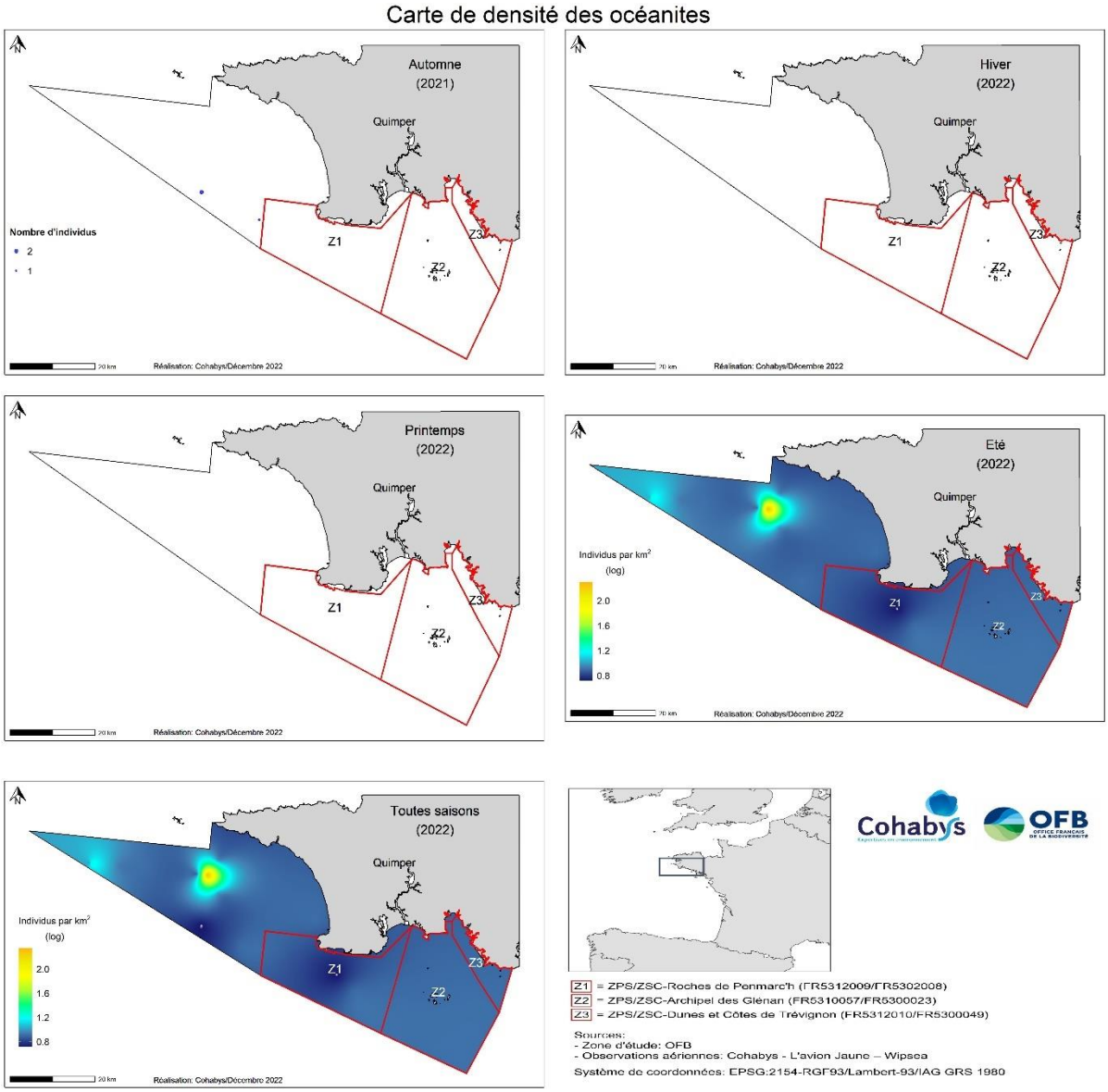


Figure 12 : Cartes de distribution krigée des océanites, par saison et annuelle.

Les grands puffins

Les grands puffins désignent les puffins de grande taille qui fréquentent la zone d'étude : le puffin majeur (*Ardenna gravis*), le puffin fuligineux (*Ardenna grisea*) et le puffin cendré (*Calonectris borealis*). Ils ne sont pas identifiables à l'espèce par observation aérienne visuelle. Les grands puffins ont été observés principalement en juillet, un tiers des observations ont été faites pendant le vol de septembre. Ils sont vus au large, majoritairement au sein des aires marines protégées Roches de Penmarc'h et Archipel des Glénan (Figure 13 et Figure 14). Ils n'ont pas été observés en janvier ni en avril. Les oiseaux sont vus en vol ou posés en radeaux de 10 à 30 individus. Leur abondance est estimée à 700 individus environ dans la zone en été.

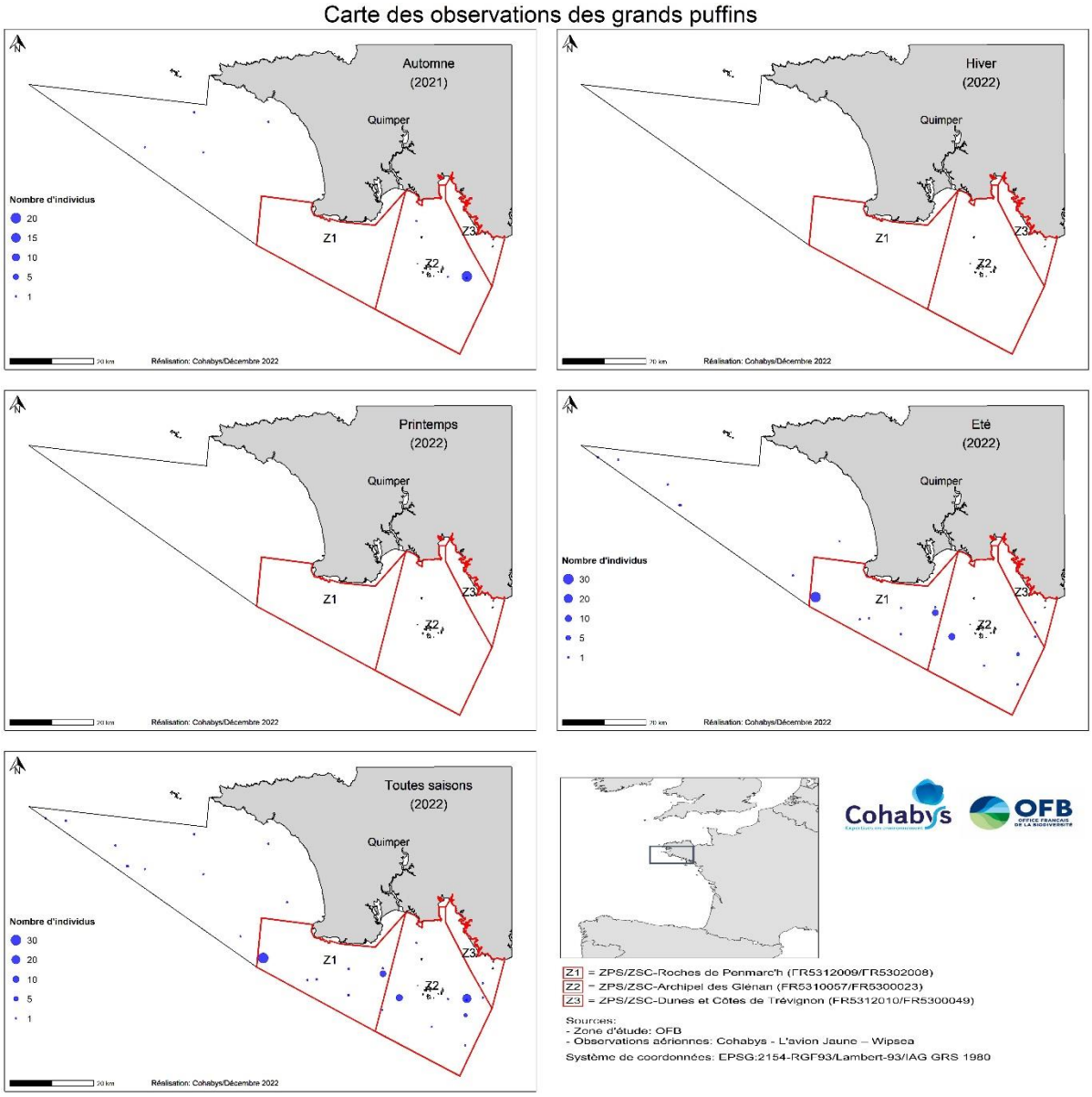


Figure 13 : Cartes de distribution des observations de grands puffins, par saison et annuelle.

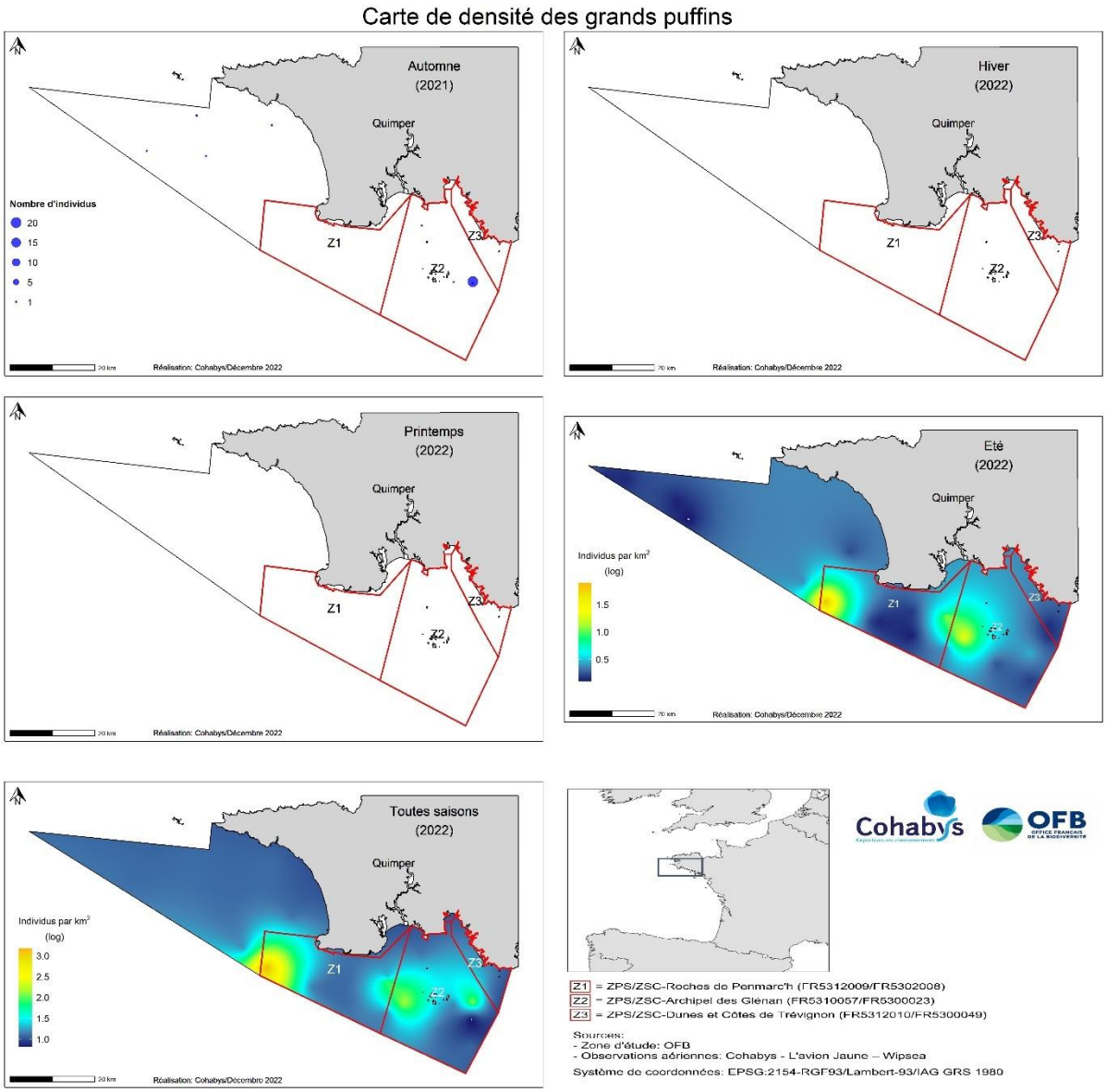


Figure 14 : Cartes de distribution krigée des grands puffins, par saison et annuelle.

Les petits puffins

Les petites espèces de puffins présentes dans la zone sont le puffin des Baléares (*Puffinus mauretanicus*) et le puffin des Anglais (*Puffinus puffinus*). Les deux espèces sont difficilement identifiables par observation visuelle depuis l'avion, elles sont donc regroupées pour ces analyses intermédiaires. L'analyse des images permet dans certaines conditions (critères visibles) d'identifier les puffins des Anglais. Cette information sera reportée sur les cartes d'observation du rapport final pour les observations confirmées à l'espèce. Les petits puffins sont observés tout au long de l'année, avec des effectifs plus élevés au printemps et à l'automne cependant (environ 1500 individus). Les petits puffins sont pélagiques et se distribuent de façon relativement homogène au sein de la zone d'étude (Figure 15 et Figure 16). Des groupes plus importants sont observés (de 10 à 40 individus) en été et en automne dans la baie d'Audierne, formant des radeaux d'oiseaux posés.

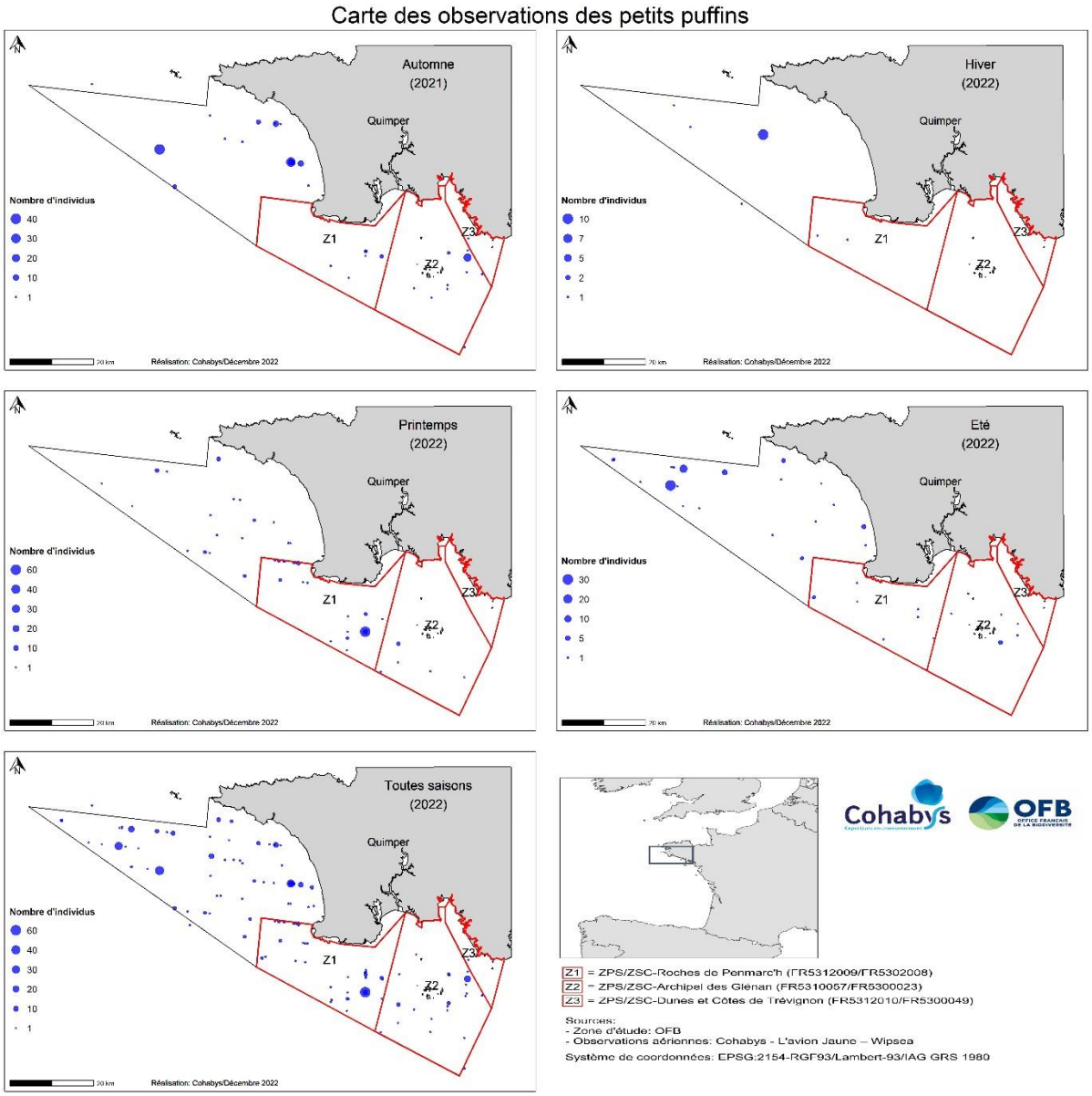


Figure 15 : Cartes de distribution des observations de petits puffins, par saison et annuelle.

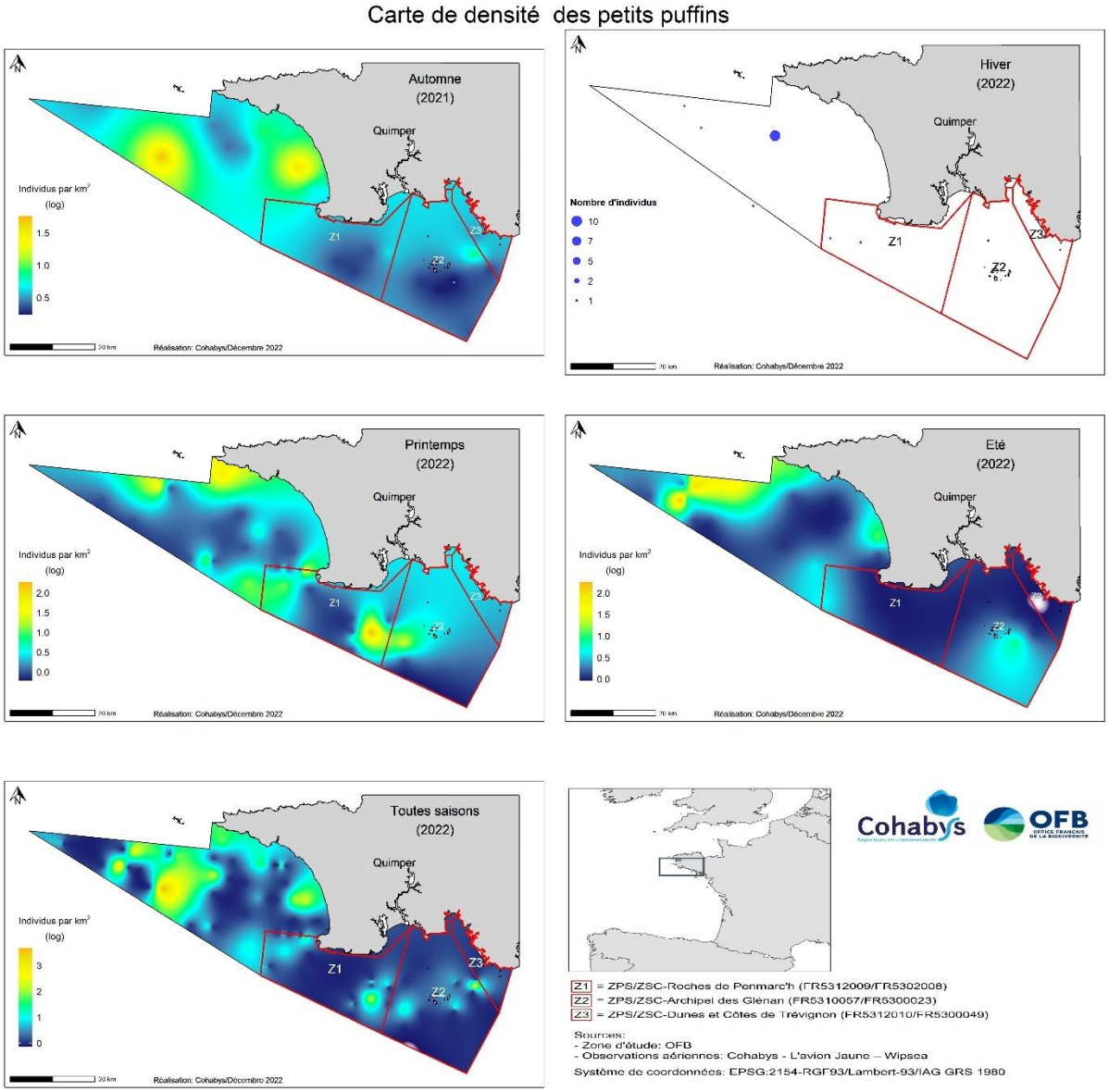


Figure 16 : Cartes de distribution krigée des petits puffins, par saison et annuelle.

Les grands goélands noirs

Le goéland marin (*Larus marinus*) et le goéland brun (*Larus fuscus*) sont réunis au sein du groupement grands goélands noirs, car l'identification à l'espèce est souvent difficile notamment lorsqu'ils sont posés, et ce malgré leur différence de taille. Les individus immatures de ces deux espèces sont majoritairement comptabilisés dans le groupe des grands goélands indéterminés (car ils sont confondus avec les immatures des goélands argentés et leucophées). Le groupe est présent tout au long de l'année et dans toute la zone d'étude, avec une distribution pélagique même s'il peut être observé proche des côtes. Les effectifs sont sensiblement plus élevés à l'automne (env. 900 individus, Tableau 5), avec une concentration d'individus en petits groupes au sud de la zone d'étude, dans les aires marines protégées Roches de Penmarc'h et Archipel des Glénan (Figure 17 et Figure 18). Cette zone de concentration est également visible au printemps. Le groupe présente une distribution un peu plus côtière pendant la saison de reproduction (été).

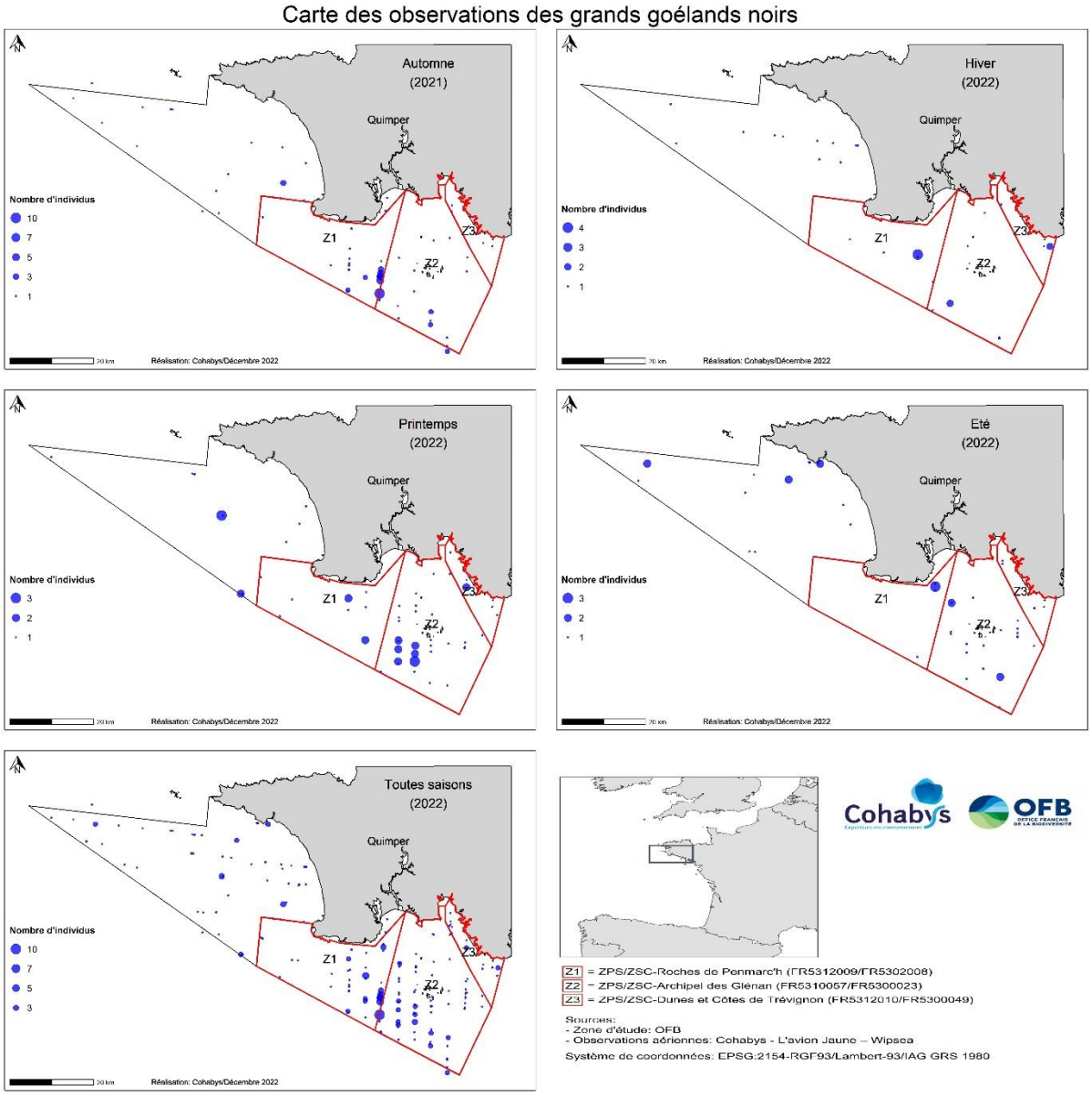


Figure 17 : Cartes de distribution des observations de grands goélands noirs, par saison et annuelle.

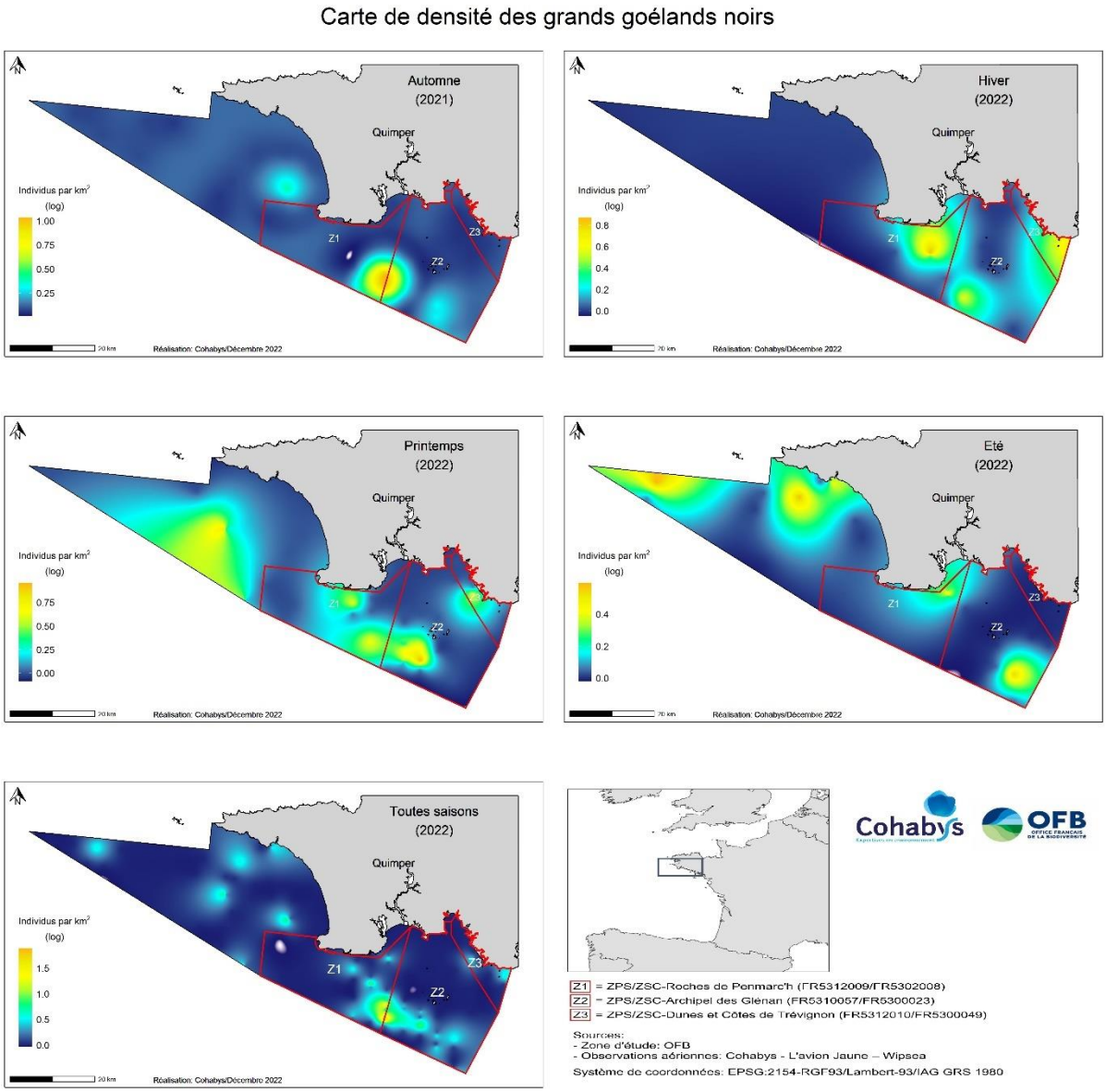


Figure 18 : Cartes de distribution krigée des grands goélands noirs, par saison et annuelle.

Les grands goélands gris

Le goéland argenté (*Larus argentatus*) et le goéland leucophée (*Larus michahellis*) sont réunis au sein du groupement grands goélands gris, car ils ne sont pas identifiés à l'espèce en avion. Le goéland argenté est néanmoins majoritairement rencontré dans le Golfe de Gascogne. Les individus immatures de ces deux espèces sont majoritairement comptabilisés dans le groupe des grands goélands indéterminés (car ils sont confondus avec les autres goélands immatures). Le groupe est présent toute l'année dans la zone d'étude, avec des effectifs assez peu variables, compris entre 500 et 2000 individus en fonction des saisons (Tableau 5). Les observations sont cependant plus nombreuses en hiver, avec une distribution pélagique et homogène sur la zone d'étude (Figure 19 et Figure 20). Lors des trois autres sessions d'observation, les grands goélands gris étaient plus concentrés dans le sud de la zone d'étude, au sein des trois aires protégées. C'est en été que le nombre d'observation en mer est le plus faible, sans doute en lien avec la reproduction des adultes qui limite la dispersion au large. Les observations de groupes jusqu'à 25 individus sont associées fréquemment à un comportement de nourrissage près des bateaux de pêche.

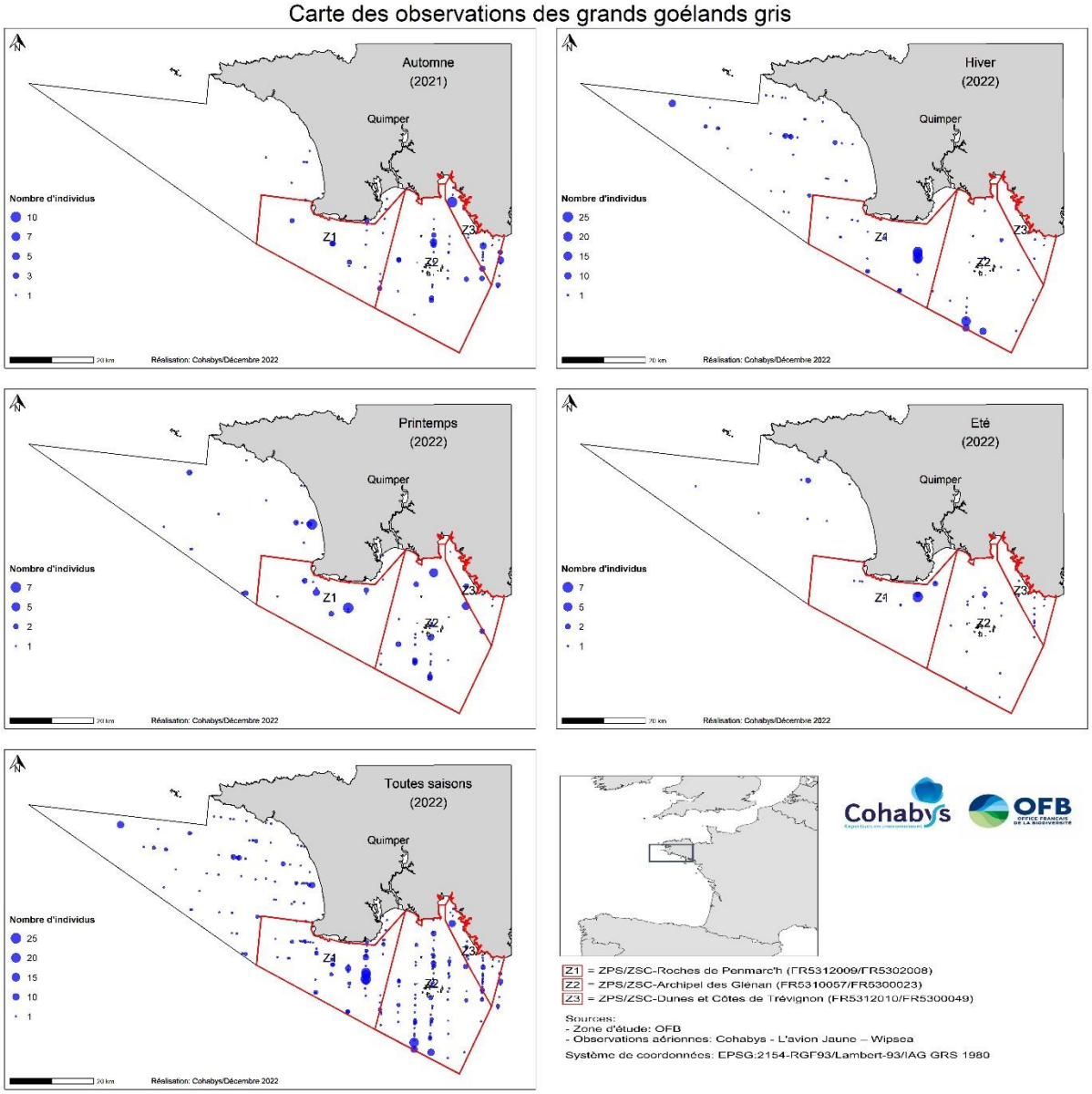


Figure 19 : Cartes de distribution des observations de grands goélands gris, par saison et annuelle.

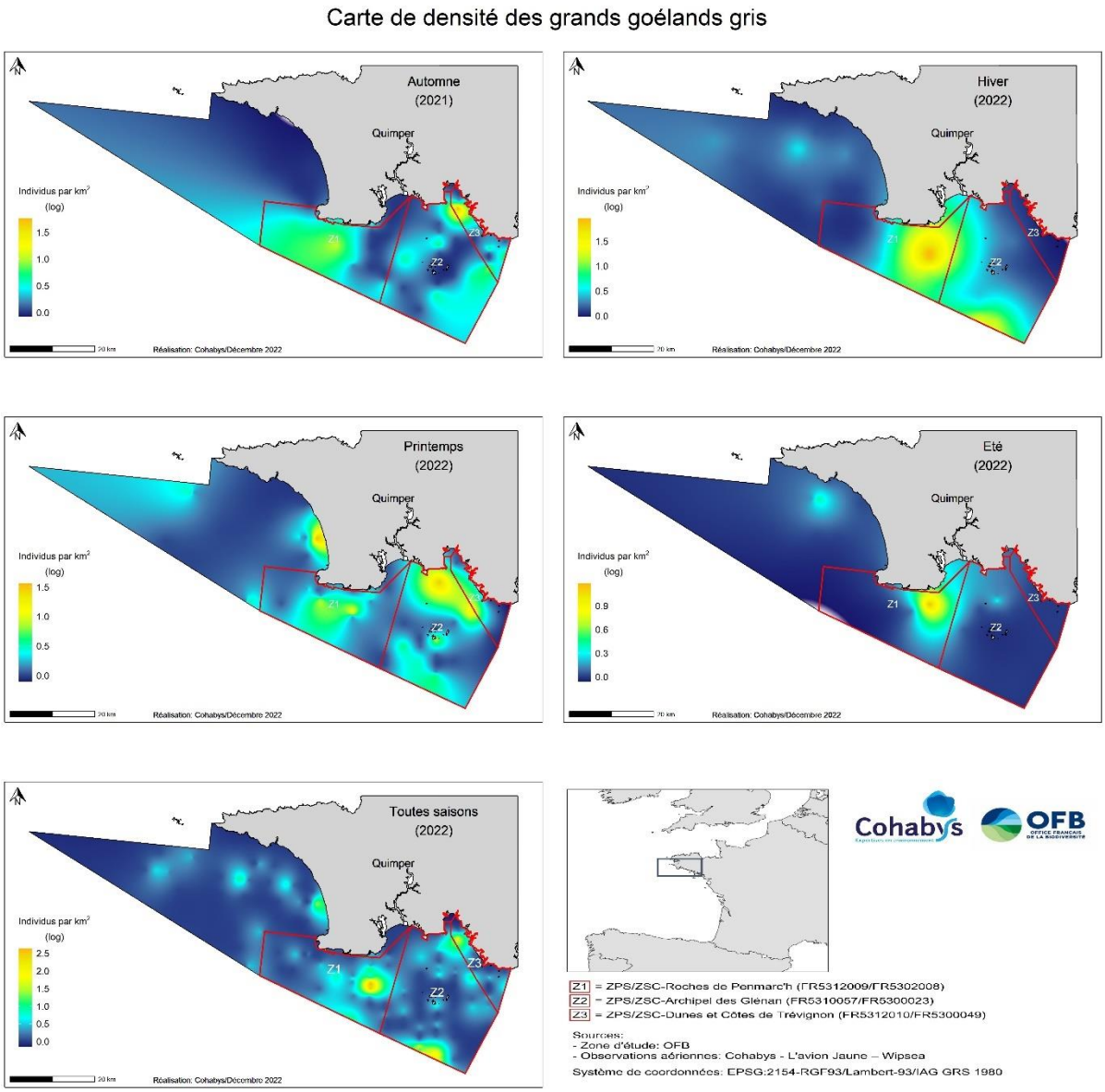


Figure 20 : Cartes de distribution krigée des grands goélands gris, par saison et annuelle.

Les mouettes

Le groupe des mouettes réunit la mouette rieuse (*Chroicocephalus ridibundus*), la mouette mélanocéphale (*Ichthyaetus melanocephalus*) et les autres mouettes non identifiées à l'espèce (lorsqu'elles sont posées ou observation trop rapide). Les cinq observations de mouette pygmée ont été ajoutées à ce groupe pour les cartes ci-dessous. Les mouettes sont présentes dans la zone d'étude tout au long de l'année, mais elles sont plus nombreuses à l'automne et en hiver. La distribution varie au cours des saisons, avec une concentration un peu plus côtière en été, alors qu'elle est plus pélagique aux autres saisons et particulièrement en automne (Figure 21 et Figure 22). Les mouettes sont fréquemment observées en petits groupes, sans association avec des bateaux de pêche. Les effectifs estimés varient entre 500 et 900 individus environ, selon les saisons (Tableau 5).

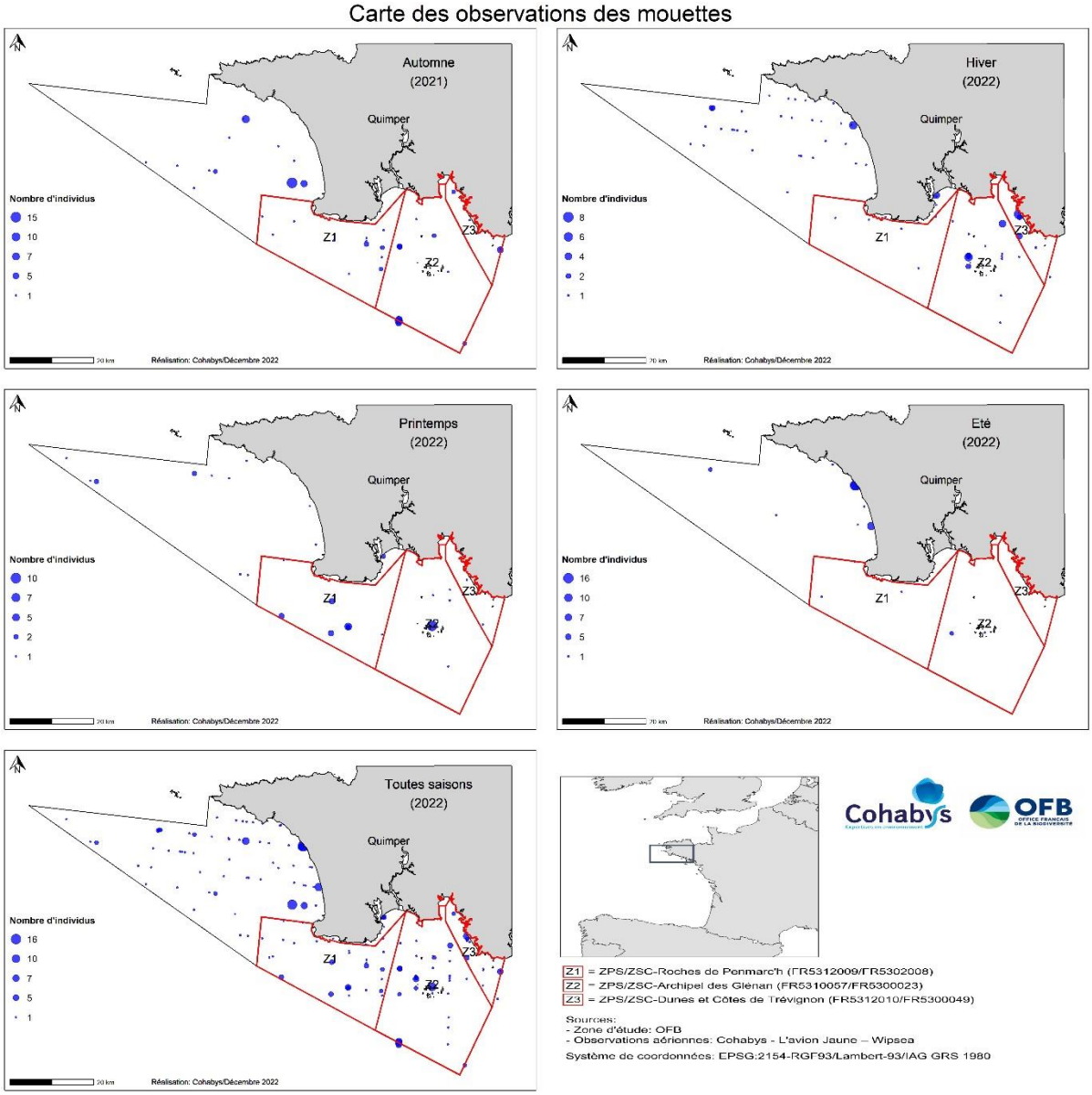


Figure 21 : Cartes de distribution des observations de mouettes, par saison et annuelle.

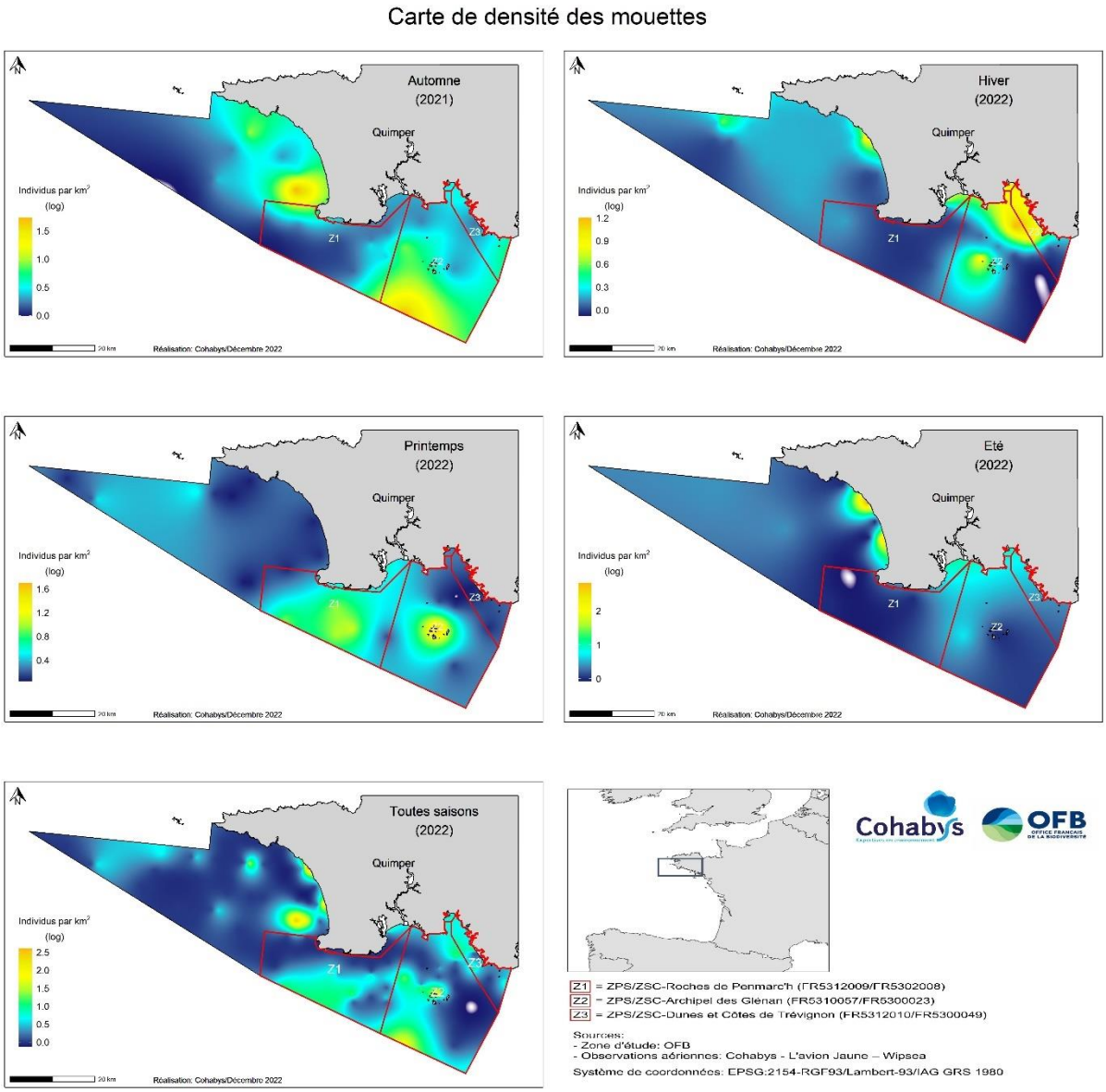


Figure 22 : Cartes de distribution krigée des mouettes, par saison et annuelle.

La mouette tridactyle

La mouette tridactyle (*Rissa tridactyla*) est identifiée à l'espèce relativement aisément (il est possible néanmoins que des observations soient classées en mouettes indéterminées, si les conditions ne permettent pas l'identification). L'espèce est observée dans toute la zone d'étude, en hiver et au printemps uniquement. En hiver, la moitié nord de la baie d'Audierne et la zone autour des Glénan montrent des concentrations plus importantes (Figure 23 et Figure 24). Au printemps, l'espèce est plus pélagique encore et est observée au nord de la zone d'étude ainsi que dans l'aire marine protégée Roches de Penmarc'h. Ses effectifs estimés sont compris entre 300 et 700 individus au printemps et en hiver respectivement.

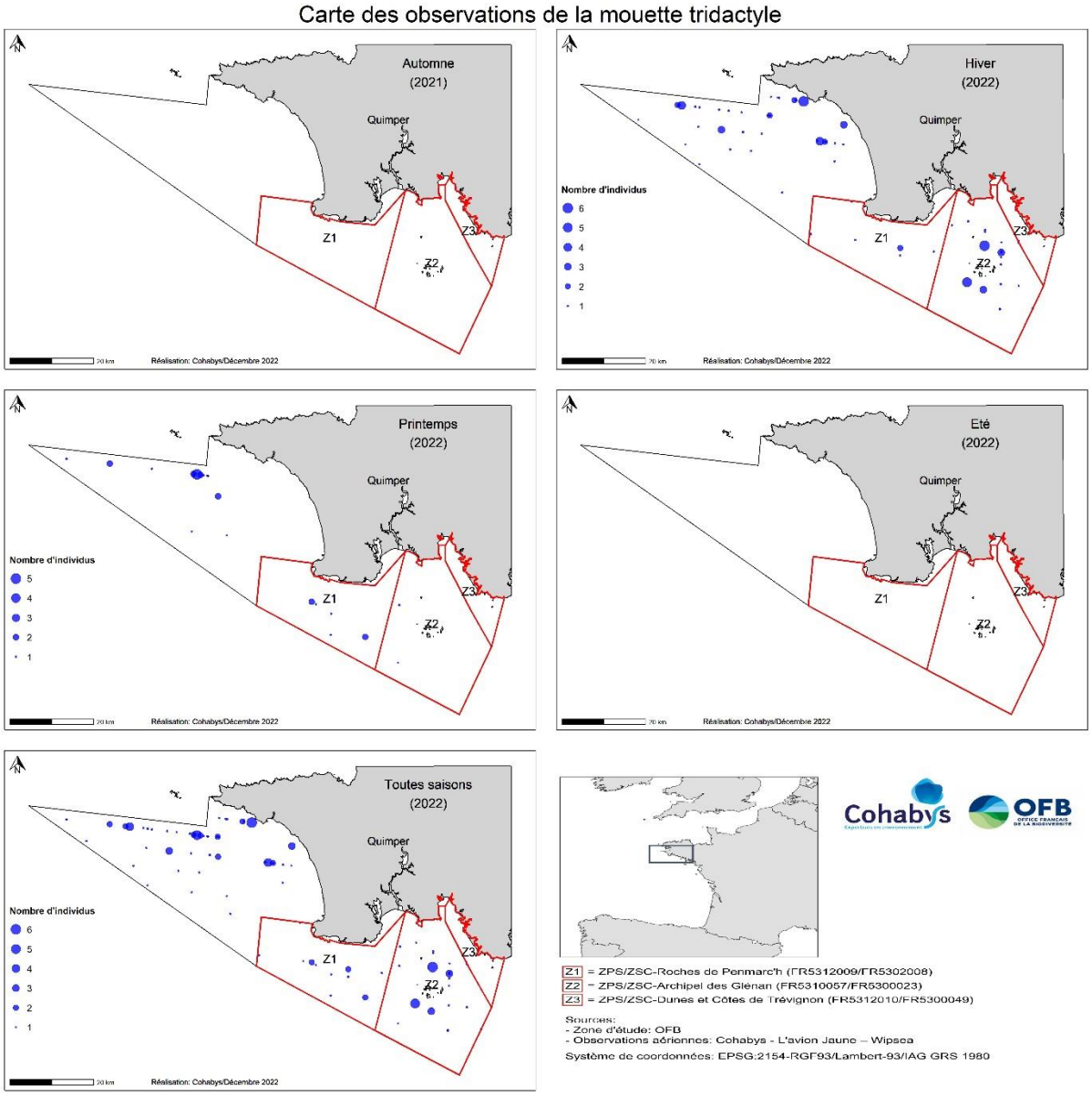


Figure 23 : Cartes de distribution des observations de mouette tridactyle, par saison et annuelle.

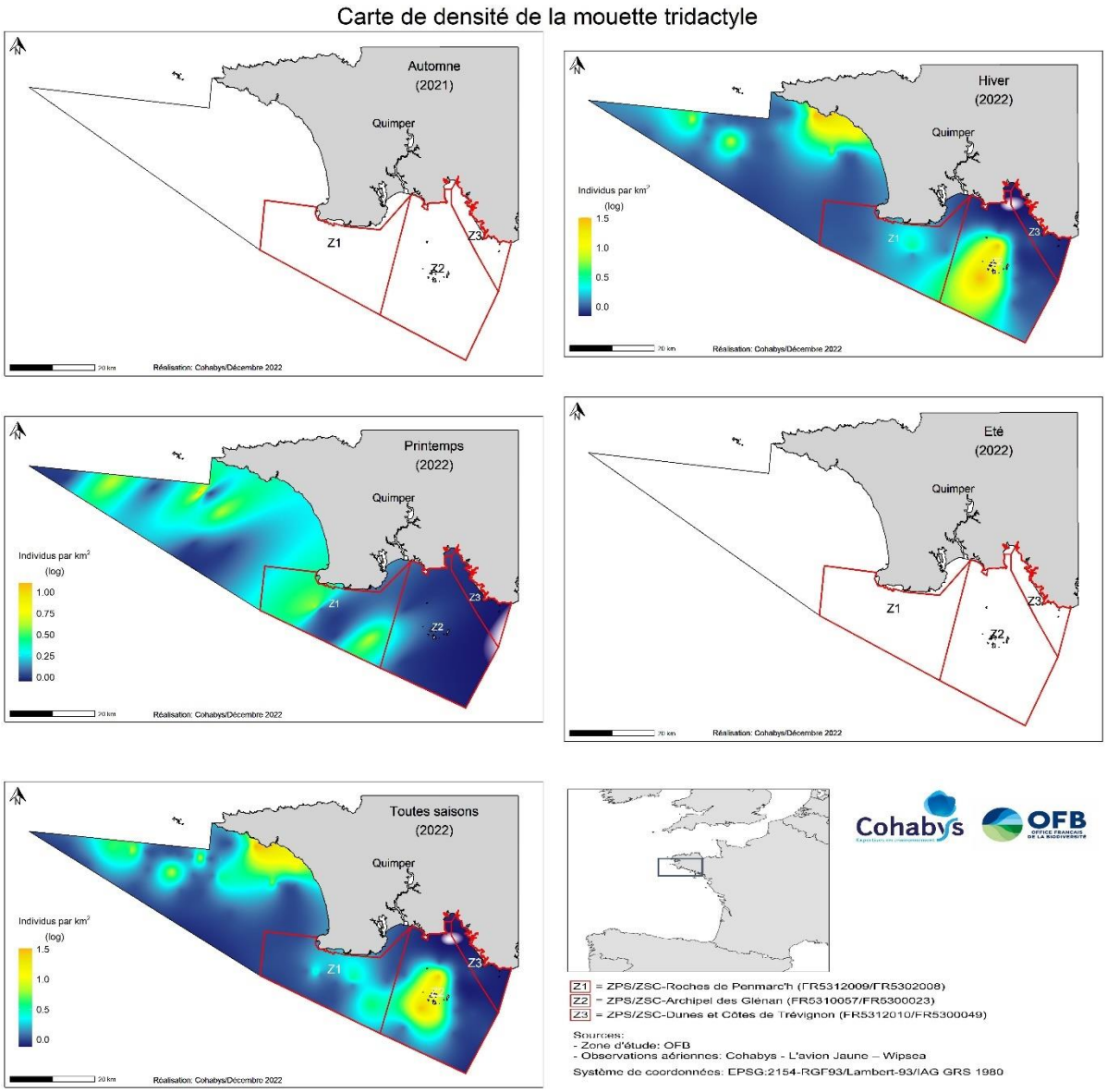


Figure 24 : Cartes de distribution krigée de la mouette tridactyle, par saison et annuelle.

Les sternes

La sterne caugek (*Thalasseus sandvicensis*) représente les ¾ des observations de sternes réalisées dans la zone d'étude. La sterne pierregarin (*Sterna hirundo*), la sterne arctique (*Sterna paradisaea*) et la sterne naine (*Sternula albifrons*) sont également présentes dans la zone mais leur identification à l'espèce depuis l'avion étant plus délicate (la sterne naine est plus facilement identifiée en vol), ces observations sont classées en sternes indéterminées. Les effectifs observés sont maximaux au printemps (environ 1300 individus), avec 75 % des observations réalisées lors de ce vol. Les sternes sont principalement distribuées dans le sud de la zone d'étude, au sein des trois aires marines protégées, où elles sont vues au large, alors que les observations faites en baie d'Audierne sont plus côtières (Figure 25 et Figure 26). La même préférence pour la zone élargie autour des Glénan est visible pour l'hiver et l'été. Aucune observation de sterne n'a été faite pendant le vol de septembre 2021.

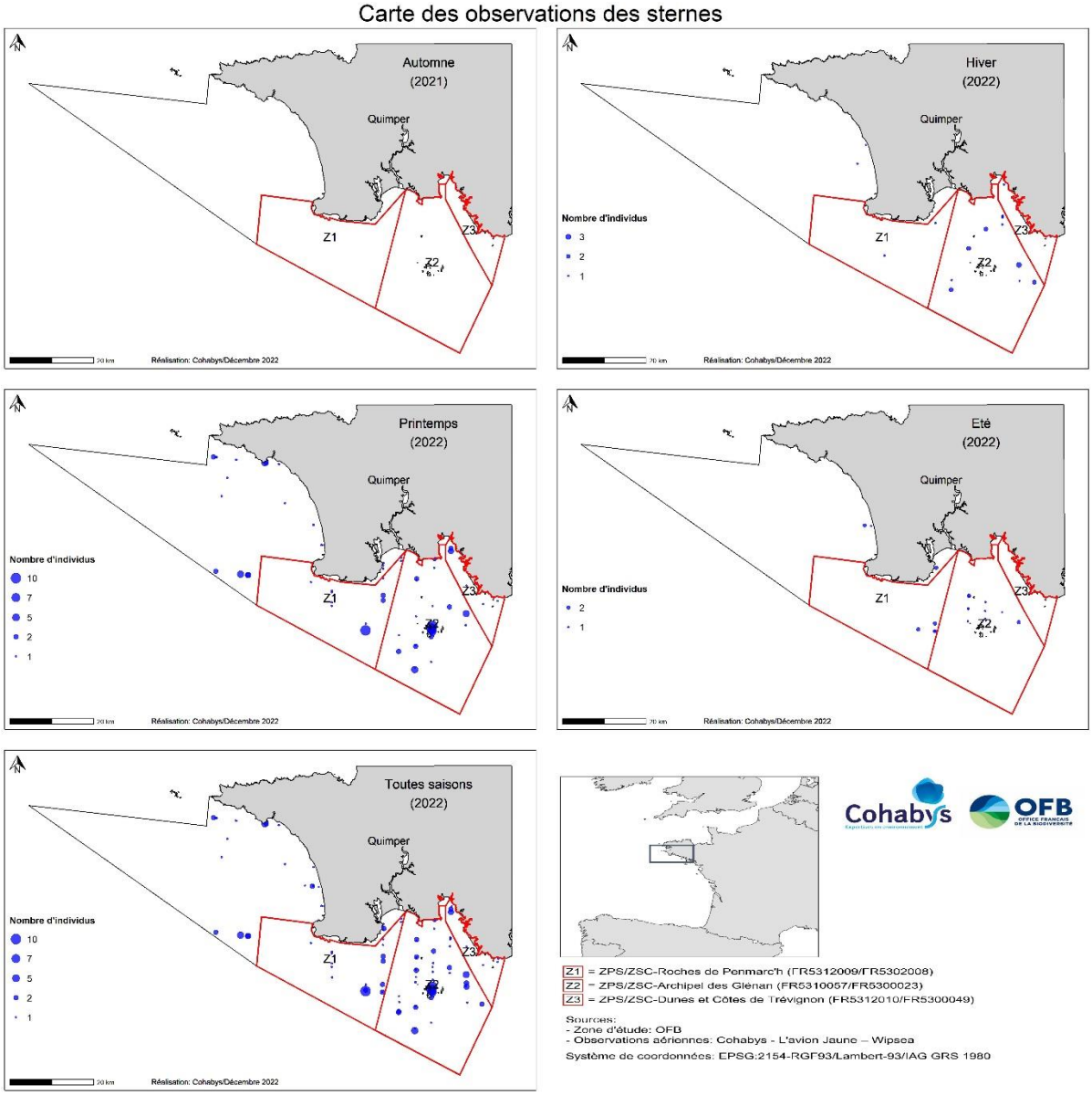


Figure 25 : Cartes de distribution des observations de sternes, par saison et annuelle.

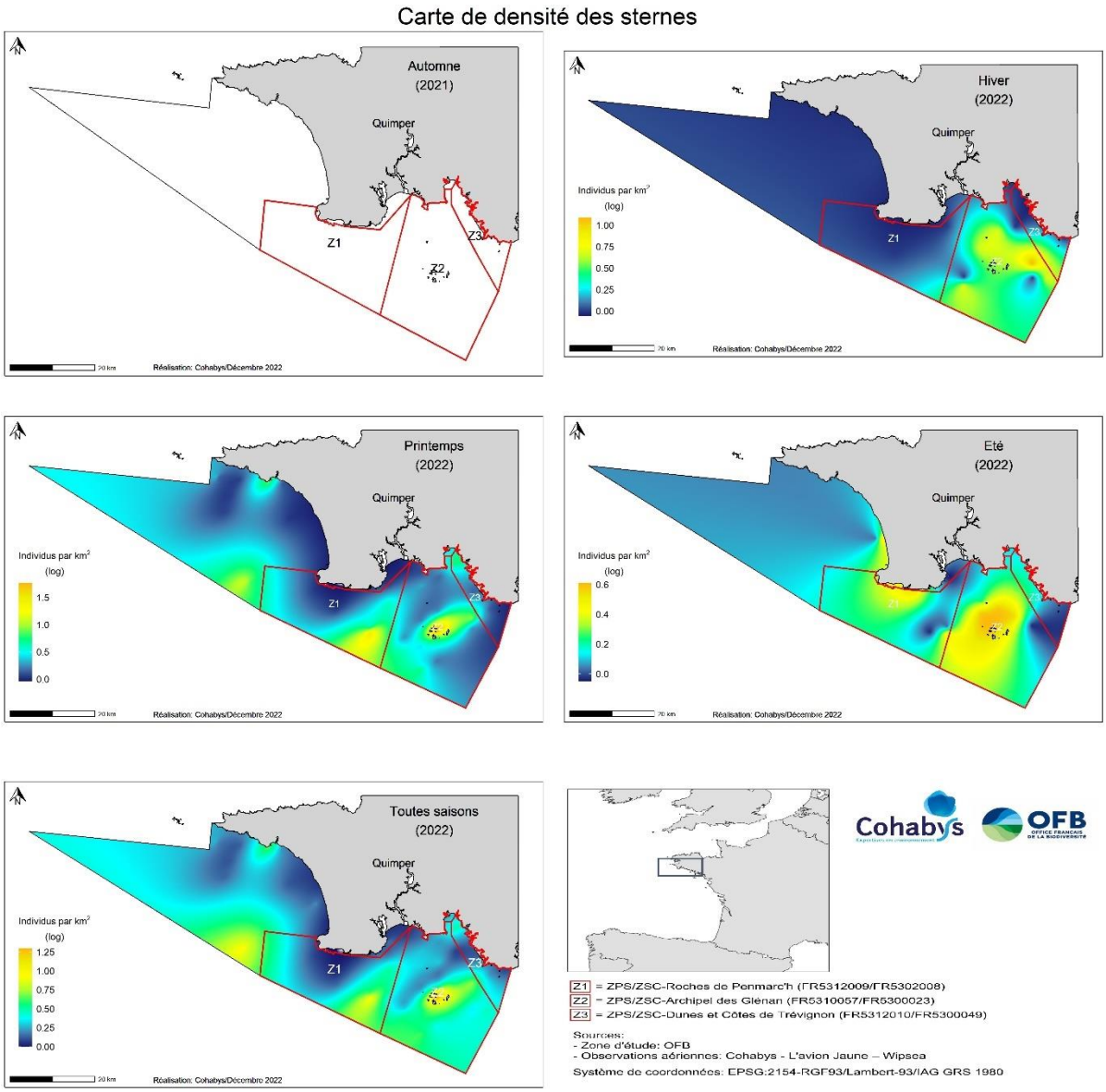


Figure 26 : Cartes de distribution krigée des sternes, par saison et annuelle.

Les laridés et grands goélands indéterminés

Ce groupe réunit toutes les observations de laridés qui ne peuvent être attribuées à un des groupes de laridés précédents, la plupart du temps pour des oiseaux posés ou de grands groupes. Dans les cartes ci-dessous, figurent également les observations de grands goélands pour lesquelles, il n'a pas été possible de déterminer s'ils étaient des goélands « noirs » ou « gris », dans le cas d'individus immatures, de grands groupes et d'oiseaux posés. Ces laridés représentent des effectifs élevés, avec des regroupements allant jusqu'à 250 individus estimés. Ils sont observés au cours des 4 saisons, avec une distribution pélagique plutôt au sud de la zone d'étude en automne et au printemps, alors qu'elle est plus homogène sur l'ensemble de la zone d'étude en hiver et en été (Figure 27 et Figure 28). Les laridés indéterminés sont très majoritairement observés en automne. Les grands goélands indéterminés sont logiquement majoritairement vus au printemps et en été. Les effectifs estimés vont de 3000 individus en hiver à 10000 en automne (Tableau 5).

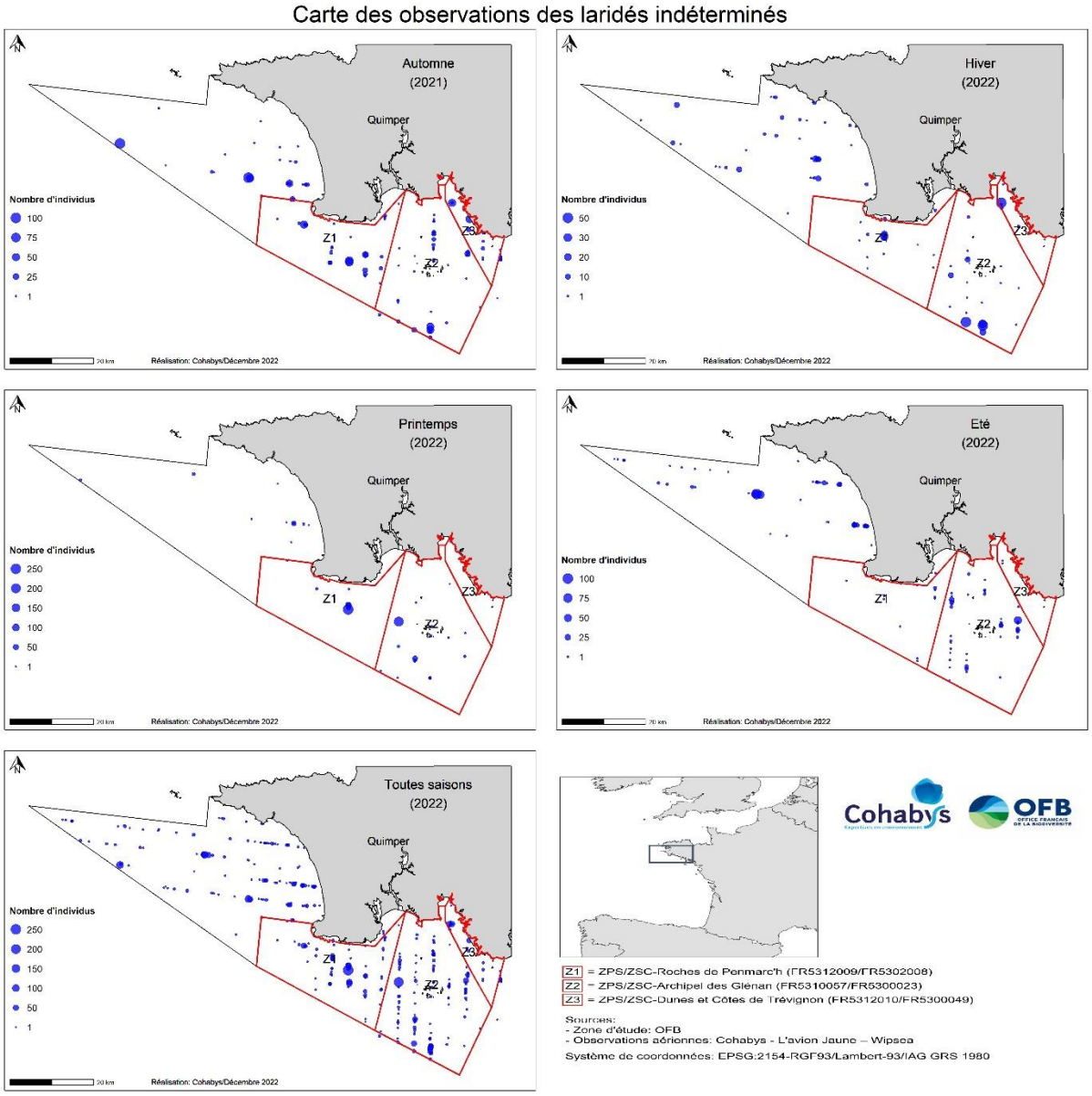


Figure 27 : Cartes de distribution des observations de laridés et de grands goélands indéterminés, par saison et annuelle.

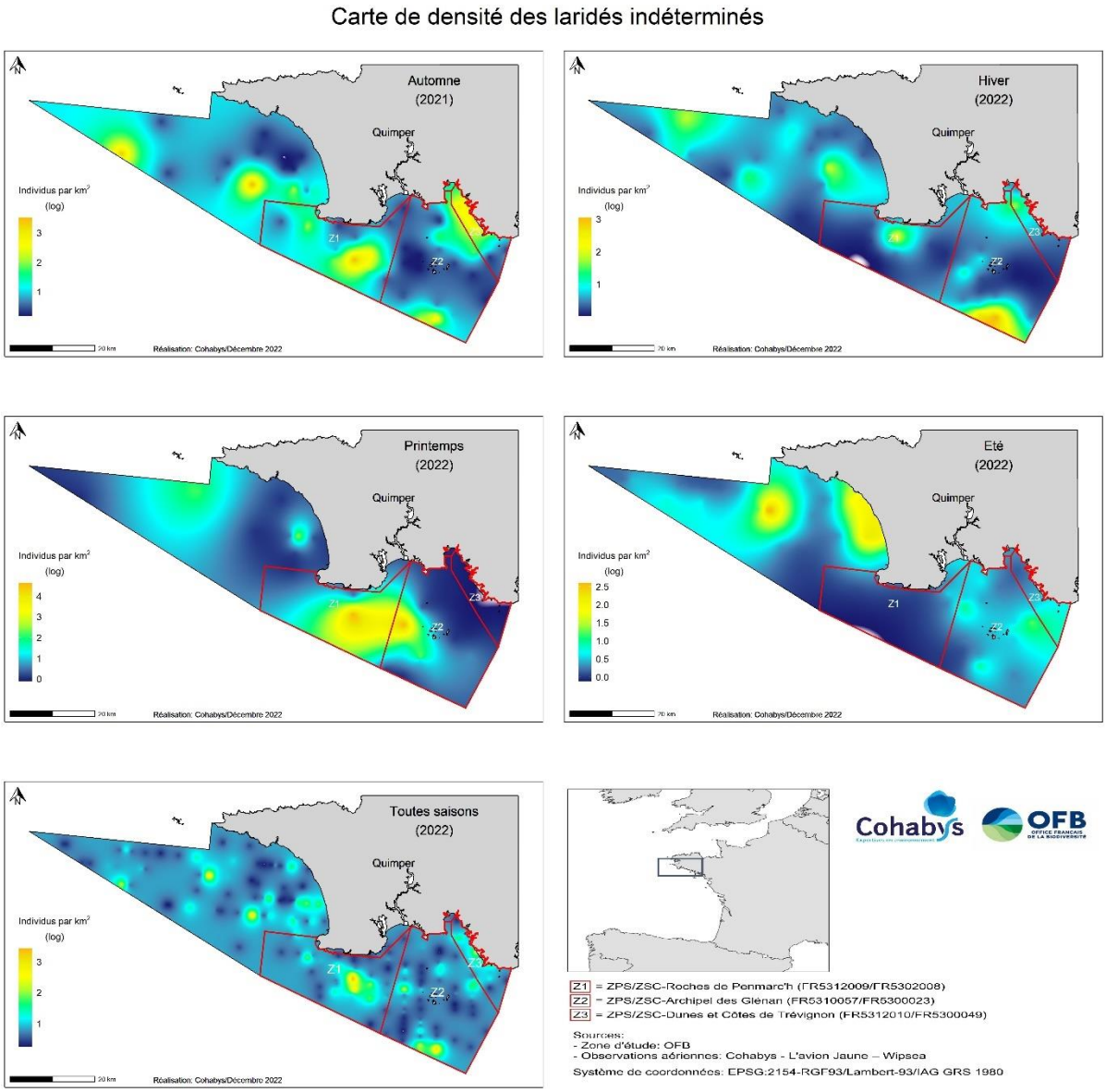


Figure 28 : Cartes de distribution krigée des laridés et des grands goélands indéterminés, par saison et annuelle.

Les labbes

Seul le grand labbe (*Stercorarius skua*) a été observé au cours des survols, en de rares occasions alors qu'il est bien présent dans le golfe de Gascogne en période internuptiale. Les observations sont réalisées au large de la baie d'Audierne en automne et au printemps, mais un individu a été observé en juillet (Figure 29).

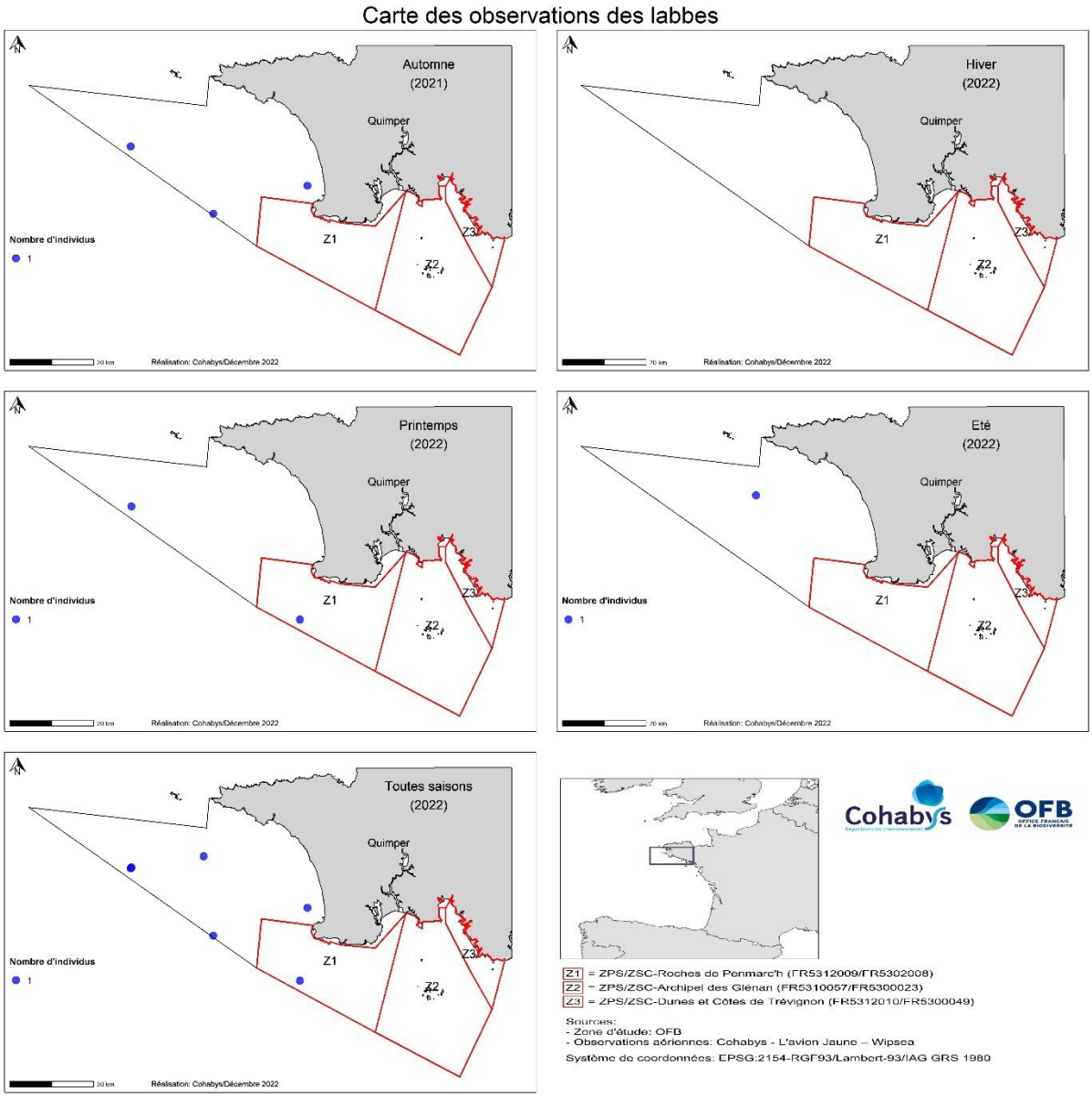


Figure 29 : Cartes de distribution des observations de labbes, par saison et annuelle.

Les cormorans

Le grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) et le cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*) sont tous deux observés dans la zone, mais la plupart des identifications se font difficilement à l'espèce par avion (cormorans indéterminés). Un nombre limité d'observations a été réalisé, mais le groupe est vu tout au long de l'année. A l'automne, les cormorans sont visibles uniquement au sein de l'aire marine protégée de l'Archipel des Glénan. La zone des Glénan est privilégiée toute l'année même si des cormorans sont présents également le long des côtes de la baie d'Audierne (Figure 30 et Figure 31).

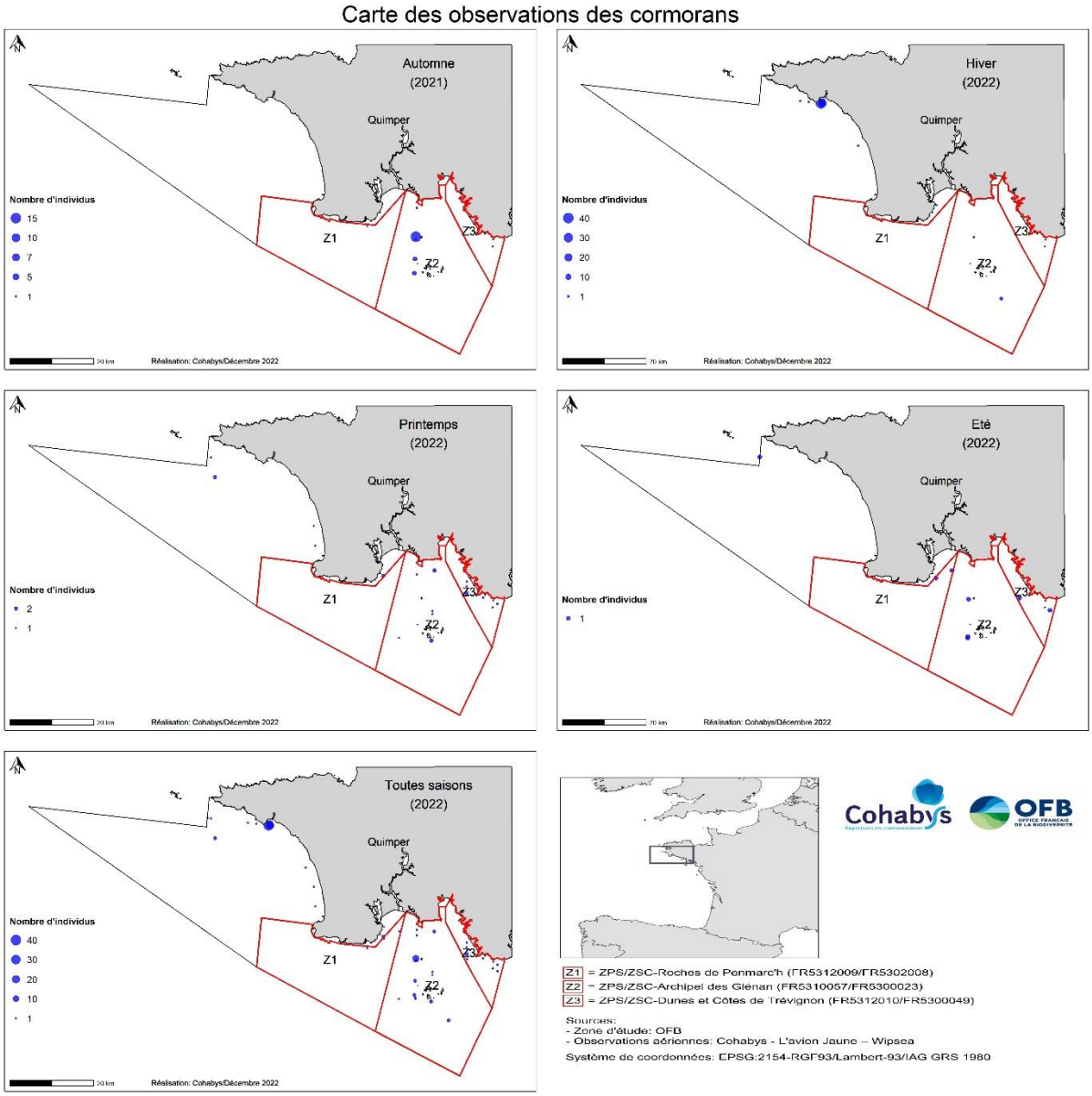


Figure 30 : Cartes de distribution des observations de cormorans, par saison et annuelle.

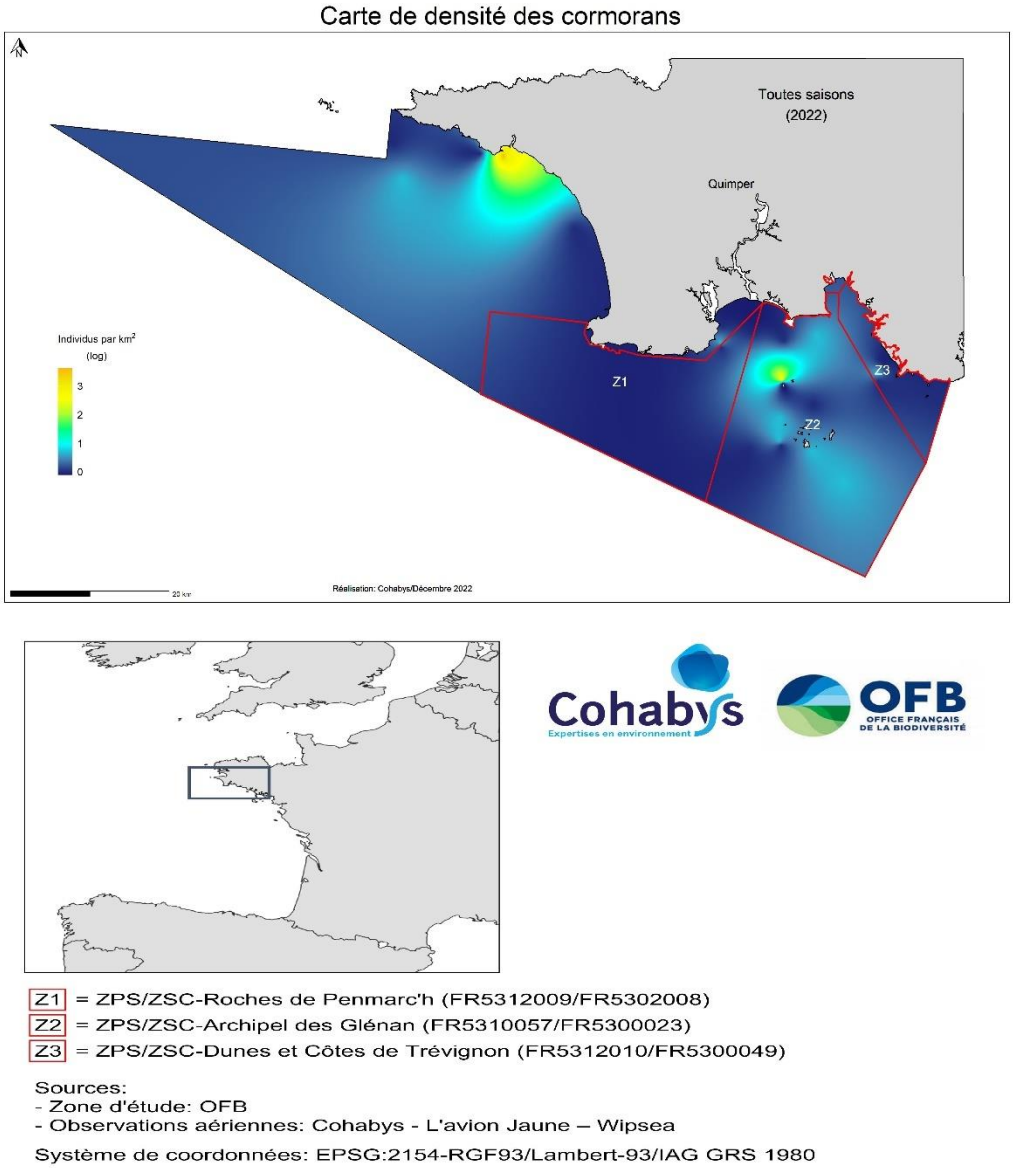


Figure 31 : Carte annuelle de distribution krigée des cormorans.

Les macreuses

Une seule espèce de macreuse a été observée dans la zone d'étude lors de ces survols, il s'agit de la macreuse noire (*Melanitta nigra*). Les rares observations ont été réalisées en automne et au printemps, en un point côtier au centre de la baie d'Audierne (Figure 32).

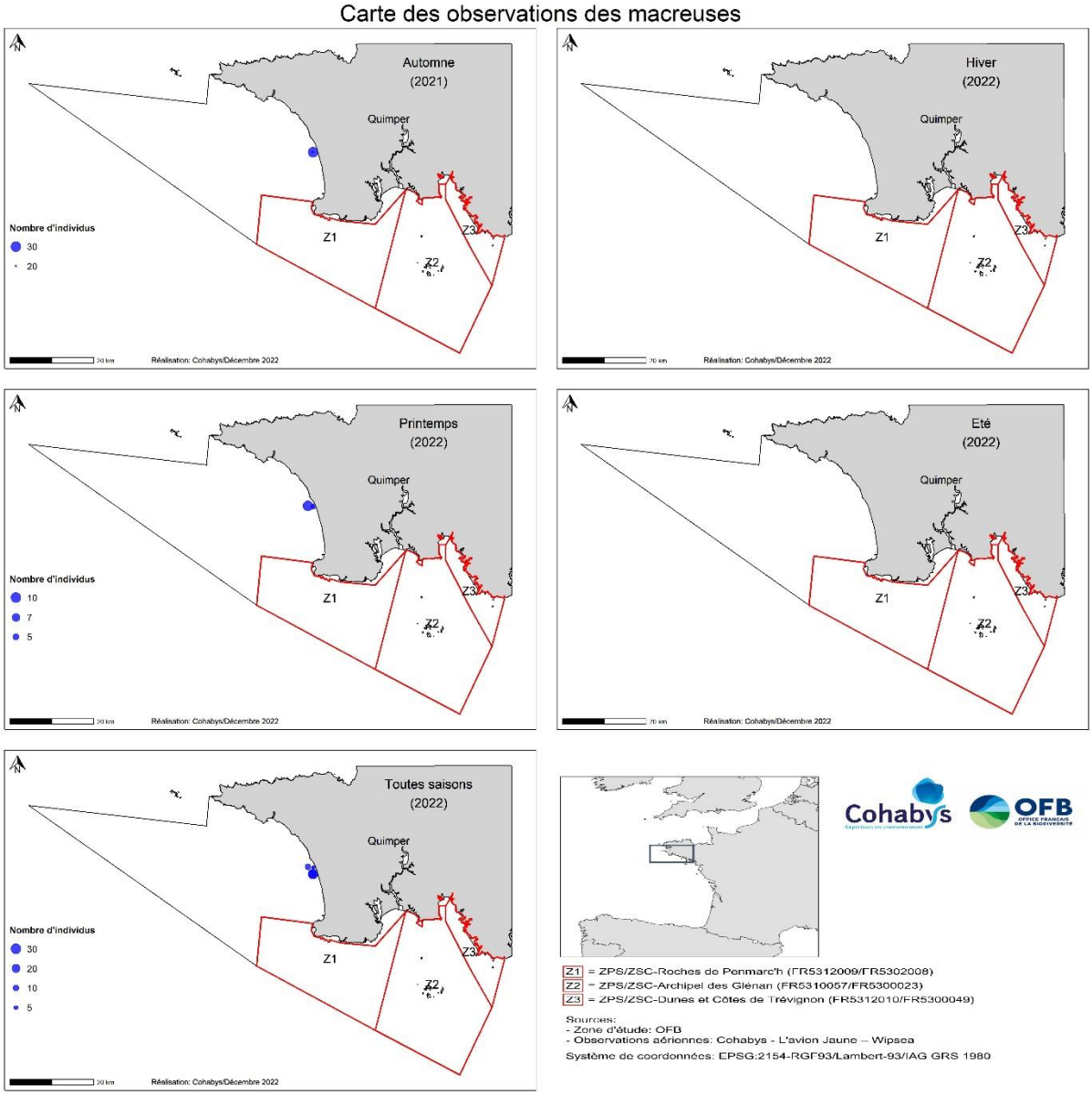


Figure 32 : Cartes de distribution des observations de macreuses noires, par saison et annuelle.

Zone de densité maximale

L'analyse des zones de densité maximale à l'échelle de la zone d'étude est obtenue par krigeage de toutes les données d'oiseaux marins, rendu possible par l'*esw* commune à toutes les espèces par le protocole de *strip transect* (basé sur l'hypothèse d'une détection parfaite et uniforme des oiseaux dans une bande de 200 m de large). Le krigeage est influencé par la présence de grands groupes, qui sont visibles sur les prédictions saisonnières, et limite en partie le lissage autour des observations d'individus seuls ou en petits groupes. Il faut en tenir compte pour la lecture de la carte de densité maximale et ne pas surinterpréter les points chauds qui sont liés aux grands groupes (Figure 33 et Figure 34).

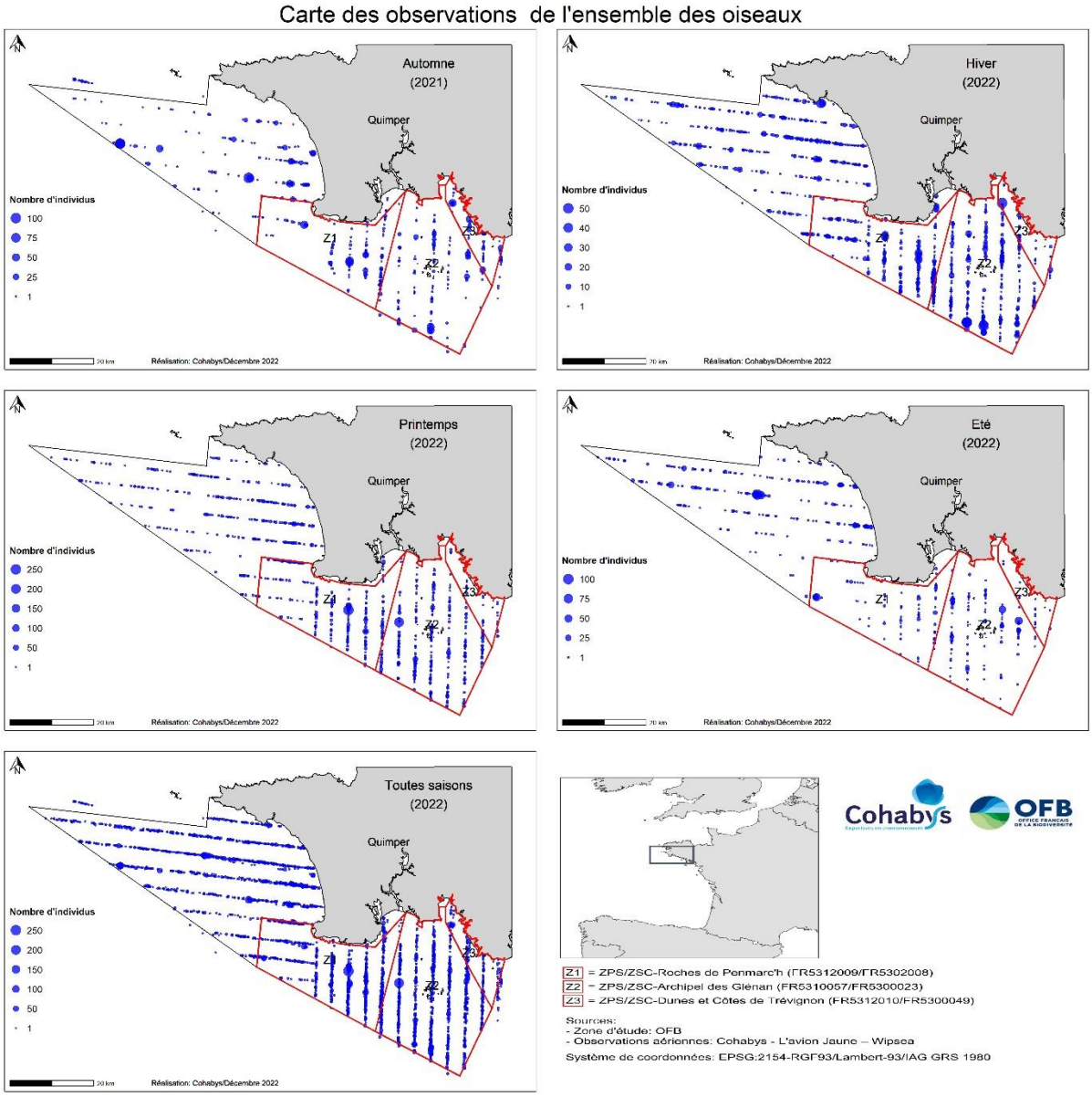


Figure 33 : Carte de distribution des observations d'oiseaux marins, par saison et annuelle.

Il apparait que la zone d'étude est fréquentée par de nombreux oiseaux tout au long de l'année avec, comme on l'a décrit précédemment, des périodes plus intenses au printemps et en hiver.

En automne, des zones de densité maximale sont discernables mais la comparaison avec les observations indique que ces zones correspondent aux larges groupes de laridés, potentiellement éphémères si leur présence est liée à une activité de pêche. Les densités d'oiseaux semblent

relativement plus faibles au nord-ouest de la zone d'étude (dans le triangle le plus à l'ouest de la zone d'étude). La densité d'oiseaux est élevée au sein des 3 ZPS/ZSC. Il faut noter que deux transects sont manquants sur ce vol du fait d'un problème de suivi du plan de vol par le pilote (transect n°21 et transect n°1, cf Figure 1 et Figure 3), l'absence d'observation au sud-ouest de la ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h correspond à une absence de données à cet endroit.

Au printemps et en hiver, les oiseaux occupent toute la zone d'étude, sans qu'on puisse mettre en exergue de zone de densité maximale, à part une fois encore les effets larges groupes plus visibles en hiver, mais peu représentatifs de zone préférentielle à notre sens.

La densité en été présente des similarités avec l'automne avec moins d'oiseaux et quelques zones de plus fortes densités le long de la baie d'Audierne, et dans les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h et Archipel des Glénan.

La carte annuelle (Figure 34) établit bien cette absence de zone de densité maximale marquée dans la zone d'étude et ne met pas en évidence la prévalence des ZPS/ZSC existantes sur la baie d'Audierne.

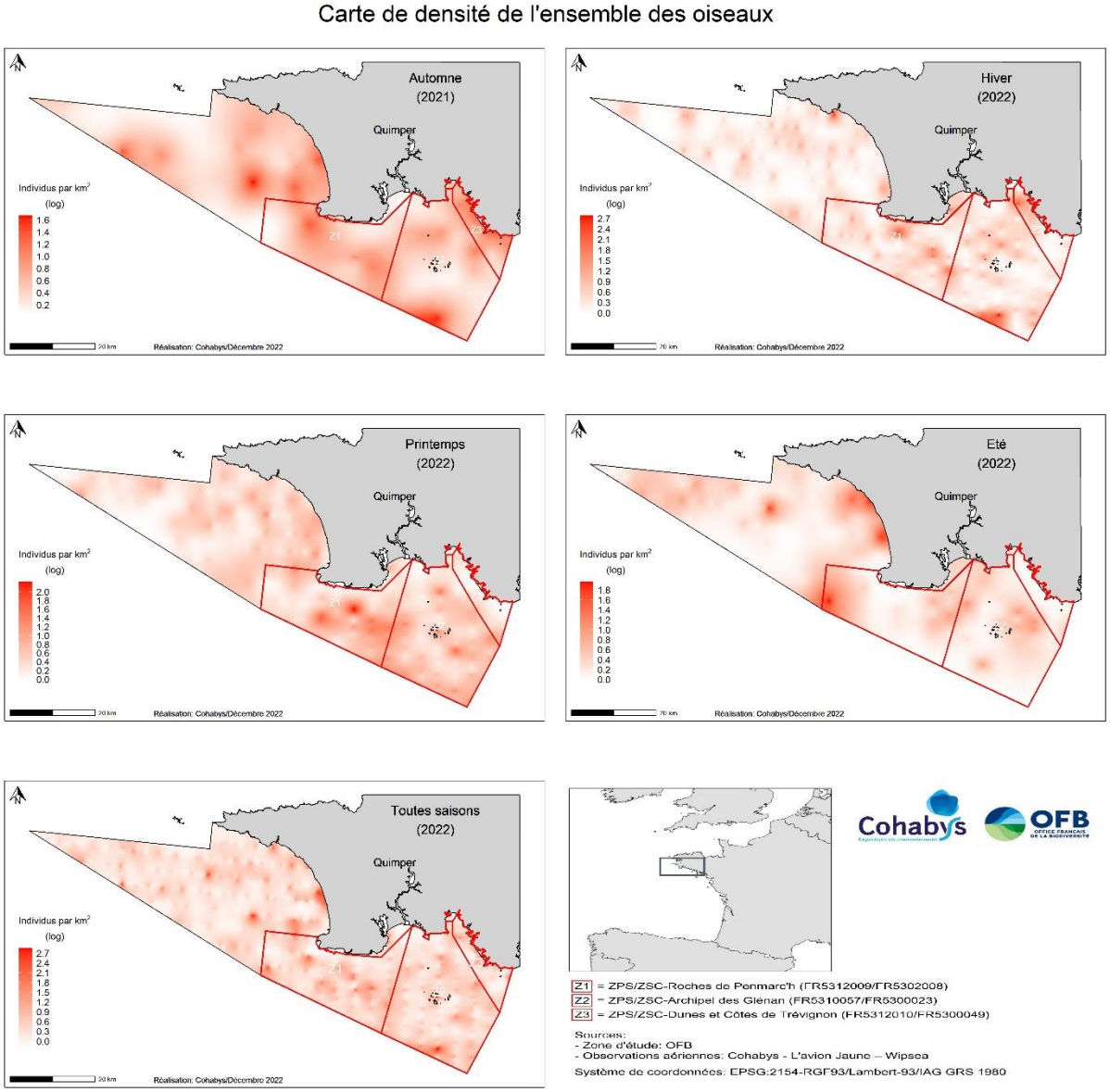


Figure 34 : Carte krigée de densité maximale (en déciles) de l'ensemble des oiseaux marins.

Activité

L'activité des oiseaux est systématiquement relevée lors des survols, notamment s'ils sont posés ou en vol. Le protocole aérien ne permet pas de caractériser des zones fonctionnelles sur la base de ces informations, car il ne traduit qu'un état instantané de l'activité des oiseaux, et non un vrai budget-temps comme peuvent le faire des données télémétriques par exemple. Toutefois, la proportion des comportements pour chaque groupe d'espèces apporte des indications sur le comportement de certains groupes et sur le jeu de données produit (Figure 35).

Les alcidés sont pratiquement toujours observés posés, à l'inverse des sternes qui ne sont vues qu'en vol. Pour ces dernières, cela indiquerait que les sternes posées sont assimilées à des mouettes ou à des laridés indéterminés, notamment car le critère d'identification est la longueur et la finesse des ailes lorsqu'elles sont en vol. De manière un peu similaire, la forte proportion de mouettes tridactyles en vol peut également traduire en partie une difficulté à identifier l'espèce lorsqu'elle est posée. Elle sera ainsi probablement classée en mouettes non identifiées. Les mouettes tridactyles ont été observées en hiver et au printemps, il est possible aussi que les mouettes tridactyles soient de passage dans la zone lors des migrations ou soient régulièrement en recherche alimentaire lorsqu'elles sont présentes. La proportion de laridés indéterminés posés renforce ces hypothèses ; ces observations concernent également les grands groupes à proximité d'un bateau de pêche, pour lesquelles le temps d'observation ne permet pas de détailler la composition du groupe. Les photos permettront d'améliorer l'identification et l'attribution de laridés à un niveau taxonomique plus bas. Les océanites ne sont jamais observées posées. Dans ce cas présent, il est possible que la détection des océanites posées soit mauvaise depuis l'avion et que les oiseaux posés soient ignorés. Les fous de Bassan sont en vol pour 75% des observations. Pour cette espèce, l'activité relevée correspond sans doute à la réalité, puisque l'espèce est détectée et identifiée facilement. Les grands et petits puffins, à l'instar des goélands noirs sont observés autant en vol qu'au repos.

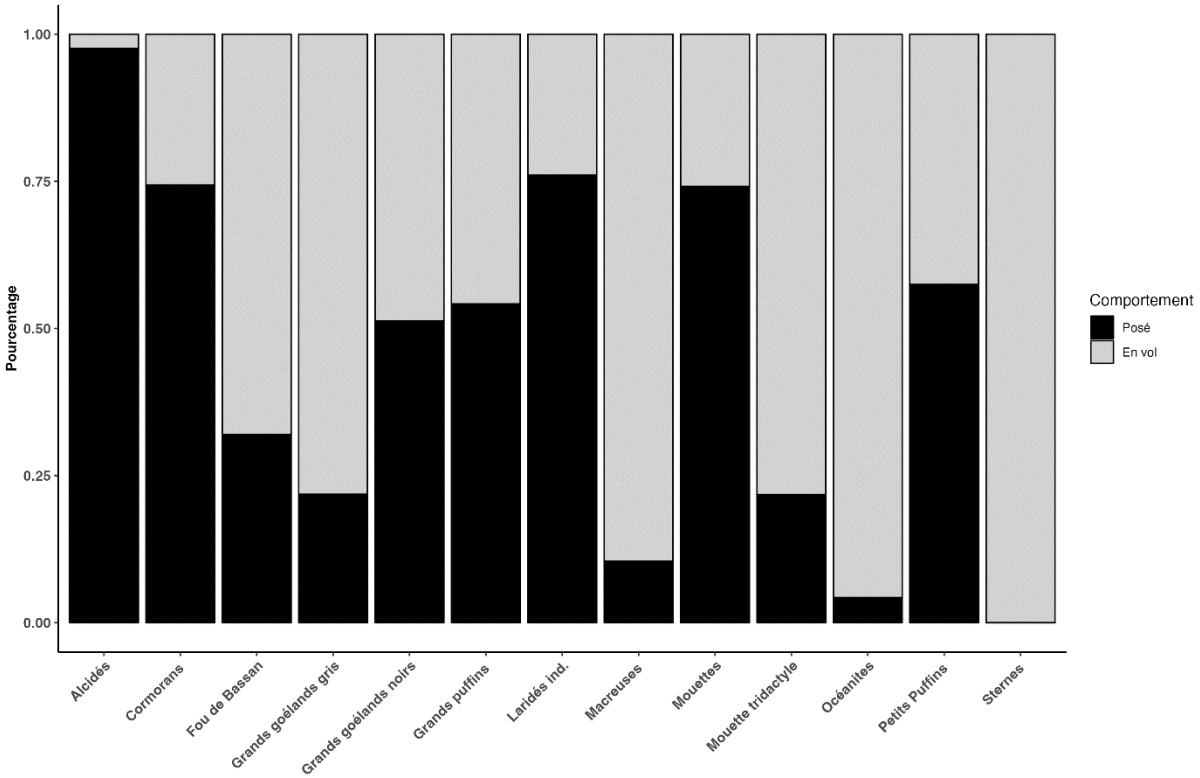


Figure 35 : Activité des oiseaux marins lors de l'observation (en %) : oiseau posé (en noir), oiseau en vol (en gris).

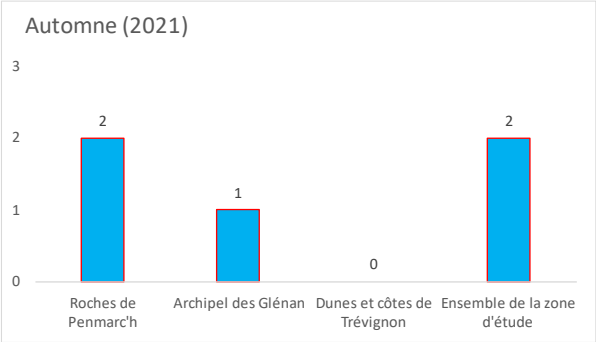
Mammifères marins

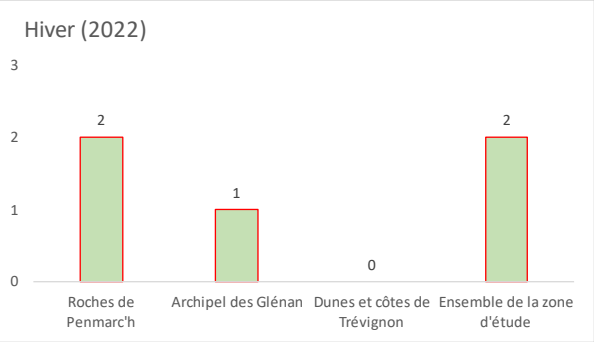
Richesse spécifique

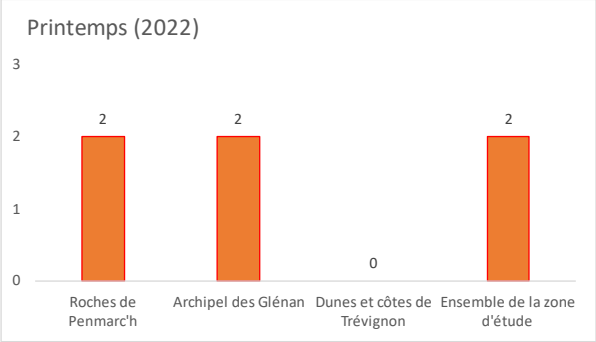
La description de la richesse spécifique d'observations aériennes présente des limites liées à la difficulté d'identification à l'espèce. Certains groupes englobent plusieurs espèces et la richesse spécifique telle qu'elle est décrite dans le présent rapport ne reflète que partiellement le nombre d'espèces effectivement observées pendant les survols. Dans les résultats qui suivent, nous avons dénombré les espèces ou les groupes qui ne sont pas redondants. La richesse spécifique indiquée est donc donnée *a minima*.

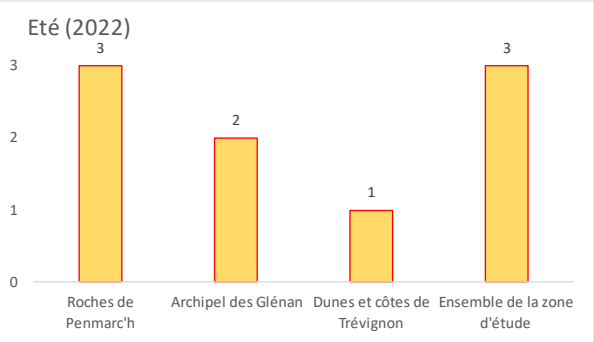
Au total, six espèces différentes ont été observées dans la zone d'étude au cours de quatre survols, ce qui apparaît relativement élevé pour une zone de petite taille et relativement côtière (Figure 36). Le dauphin commun *Delphinus delphis*, espèce la plus fréquemment observée, le grand dauphin *Tursiops truncatus* et le marsouin commun *Phocoena phocoena* étaient attendus ; le dauphin de Risso *Grampus griseus*, le petit rorqual *Balaenoptera acutorostrata* et le cachalot *Physeter macrocephalus* sont un peu plus surprenants compte tenu de leurs préférences écologiques et montrent une diversité spécifique importante de la zone d'étude.

La richesse spécifique varie peu au cours des saisons, mais le nombre total d'espèces observées sur l'année suggère une variabilité saisonnière des espèces dans la zone. Il faut être prudent sur cette conclusion car l'effort d'observation ne permet pas d'établir l'absence des espèces non observées au cours d'un vol.









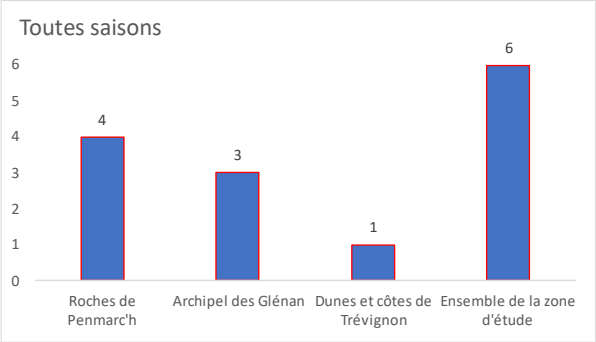


Figure 36 : Nombres d'espèces ou de groupes d'espèces (sans redondance) observés dans les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h, Archipel des Glénan, Dunes et côtes de Trévignon et au sein de la zone d'étude Finistère Sud, en fonction des saisons et sur l'ensemble de l'année 1.

L'aire marine protégée Roches de Penmarc'h présente la même richesse spécifique que la zone d'étude à chaque saison, mais sur l'année globale, il s'avère que le nombre d'espèces est supérieur dans la zone d'étude. La richesse spécifique observée dans la ZPS/ZSC Archipel des Glénan est plus faible malgré une taille plus grande que la ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h. La ZPS/ZSC Dune et côtes de Trévignon ne compte qu'une espèce (Figure 36).

En termes de fréquence des espèces ou des groupes observés, la population de mammifères marins est très largement dominée par les petits delphininés, qui représentent 86 % des individus (Figure 37). L'essentiel des observations est très probablement du dauphin commun, mais il n'est pas toujours évident de l'établir visuellement. Le dauphin bleu et blanc a normalement une distribution beaucoup plus océanique. La part d'observations classées en « delphininés indéterminés » pourrait renforcer la fréquence des observations de grands dauphins mais également de petits delphininés. L'analyse des images devrait réduire le nombre d'observations de delphininés indéterminés..

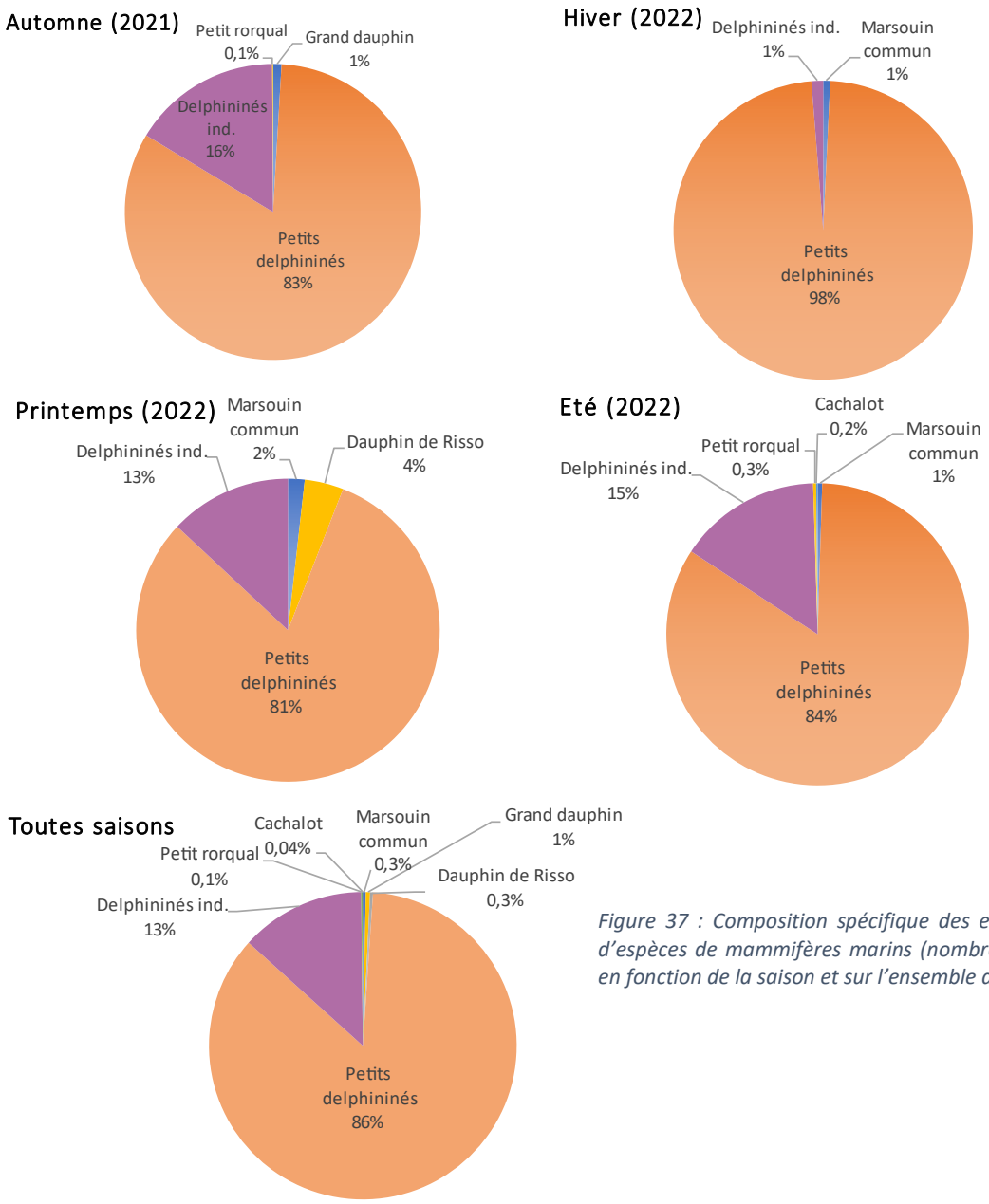


Figure 37 : Composition spécifique des espèces ou groupes d'espèces de mammifères marins (nombre d'individus en %) en fonction de la saison et sur l'ensemble des suivis.

Abondance

Les estimations d'abondance ont été produites par saison sur l'ensemble de la zone d'étude pour les groupes qui présentaient un nombre d'observations suffisant par saison. Le plan d'échantillonnage n'est pas adapté pour produire des estimations d'abondance robustes à l'échelle des trois aires marines protégées (les incertitudes sont plus élevées que les estimations). Il n'est pas pertinent de produire une estimation annuelle des effectifs puisque les cétacés présents sur la zone peuvent l'être sur plusieurs saisons au cours de leur cycle biologique.

Les abondances ont été calculées pour les petits delphininés et pour les delphininés indéterminés (en automne et en été pour ces derniers). Il est, à ce stade des analyses, difficile de savoir quelle est la proportion de petits delphininés et de grand dauphin dans les observations de delphininés indéterminés, néanmoins cela permet de mieux estimer le nombre de cétacés présents dans la zone. Ces estimations sont corrigées du biais de détection grâce au calcul de l'*esw* obtenu avec la modélisation de la fonction de détection. En revanche, elles ne sont pas pondérées par un facteur de correction pour la disponibilité en surface.

On observe une variabilité saisonnière des effectifs en fonction des saisons (Tableau 6). Les effectifs des petits delphininés en automne sont trois fois plus élevés qu'en été et 1,5 fois plus élevés qu'en hiver. Les effectifs estimés au printemps sont les plus bas avec moins de 1000 individus (8 fois inférieurs à l'automne). Une variabilité des effectifs similaire est observée pour les delphininés indéterminés. Ces variations importantes suggèrent des mouvements migratoires entre les saisons, affectant localement les densités estimées. Il faut toutefois considérer que les coefficients de variations et donc les intervalles donnés pour les estimations sont importants, particulièrement en hiver et au printemps. La zone d'étude néanmoins compte plusieurs milliers de delphininés en toutes saisons, ce qui représente des effectifs relativement élevés pour une zone de cette taille. L'estimation comprise entre 5 631 et 12 811 individus pour l'automne souligne l'importance de l'enjeu de conservation.

*Tableau 6 : Estimation de l'abondance observée des espèces ou groupes de mammifères marins dans la zone d'étude en fonction des saisons. Nombre d'individus estimés (coefficient de variation entre parenthèse ; intervalles de confiance à 95 % entre crochets). Les groupes suivis d'un * sont les plus susceptibles de voir le nombre d'observations modifié (ou les effectifs) suite à l'analyse des photos.*

	Automne (2021)	Hiver (2022)	Printemps (2022)	Eté (2022)
Petits delphininés*	8 034.2 ± 0.4	4 981.8 ± 0.7	967.0 ± 0.7	2 420.7 ± 0.3
Delphininés ind.*	1 428.3 ± 0.4	-	-	870.6 ± 0.4
Ensemble des mammifères*	**9 220.7 ± 0.4** [5 631 – 12 811]	**5 168.7 ± 0.6** [1 850 – 8 487]	**1 277.5 ± 0.6** [509 – 2 046]	**3 475.3 ± 0.3** [2 599 – 4 351]

Distribution

Le marsouin commun

Le marsouin commun (*Phocoena phocoena*) a été observé dans la zone d'étude au cours des trois survols réalisés en hiver, au printemps et en été (Figure 38). Le nombre d'observations limité (7) atteste de sa présence régulière dans la zone, sans doute en faible abondance et sans préférence marquée au sein de la zone d'étude. L'absence d'observation à l'automne peut signifier simplement que les faibles densités n'ont pas permis de l'observer pendant ce vol, sans pouvoir exclure sa présence.

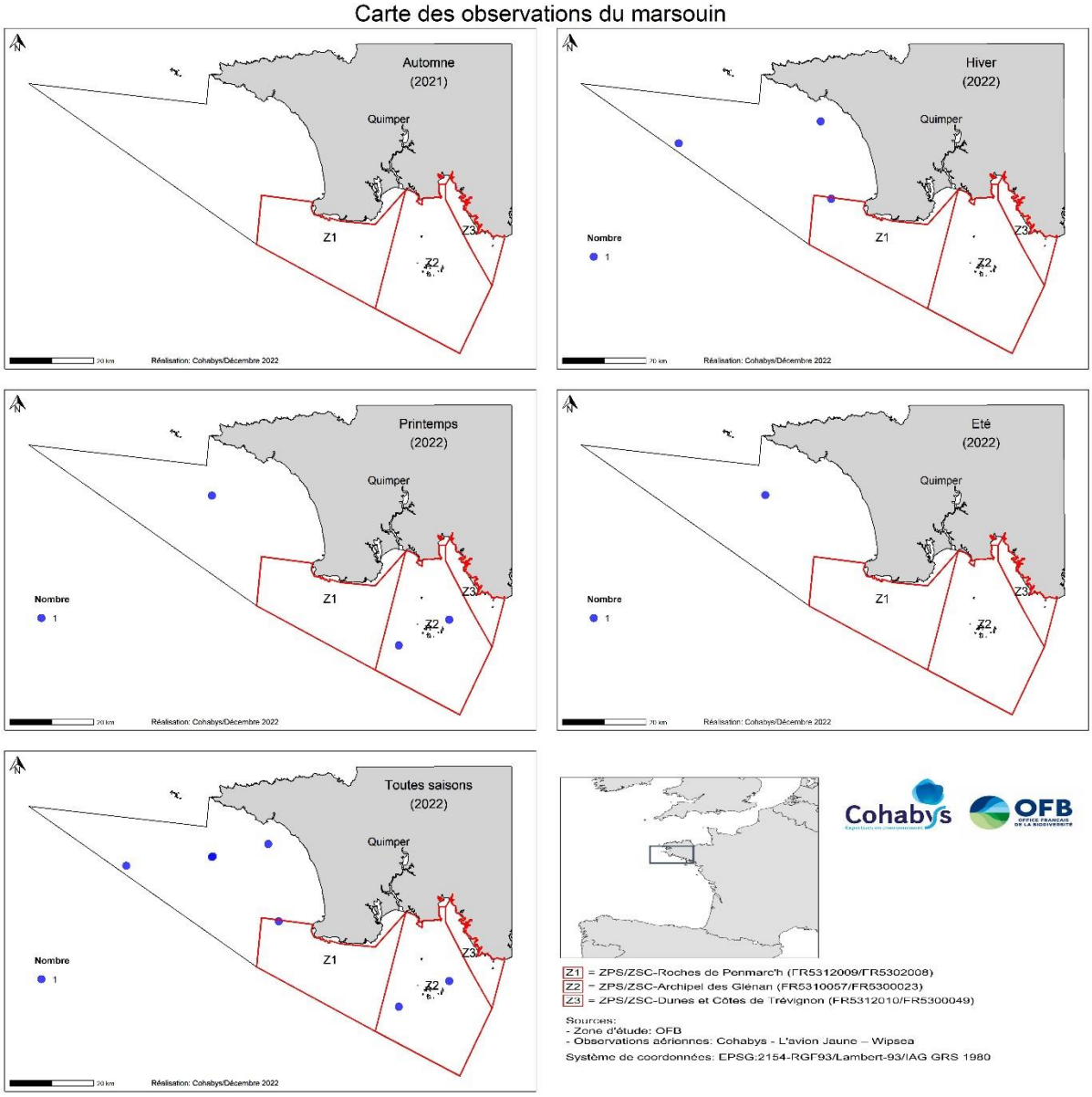


Figure 38 : Cartes de distribution des observations de marsouin commun, par saison et annuelle.

Les petits delphininés

Le groupe des petits delphininés réunit le dauphin commun (*Delphinus delphis*) et le dauphin bleu et blanc (*Stenella coeruleoalba*), qui ne sont pas toujours identifiés à l'espèce par les observateurs. Ce groupe est très largement majoritaire dans la zone d'étude. Si la présence du dauphin bleu et blanc ne peut être totalement exclue, il est fort probable que le dauphin commun soit l'espèce observée lors des survols. Le dauphin bleu et blanc fréquente généralement des secteurs beaucoup plus au large, au bord du plateau continental et sur le talus. Les petits delphininés sont présents en abondance dans la zone d'étude et forment des groupes allant de quelques individus à plus de 250 (estimation). Les dauphins occupent la quasi-totalité de la zone survolée, mais la moitié sud de la baie d'Audierne et la zone au sud de Penmarc'h et des Glénan semblent préférentielles (Figure 39 et Figure 40). Le nord de la zone d'étude n'est pas fréquenté, sauf en été en faible densité.

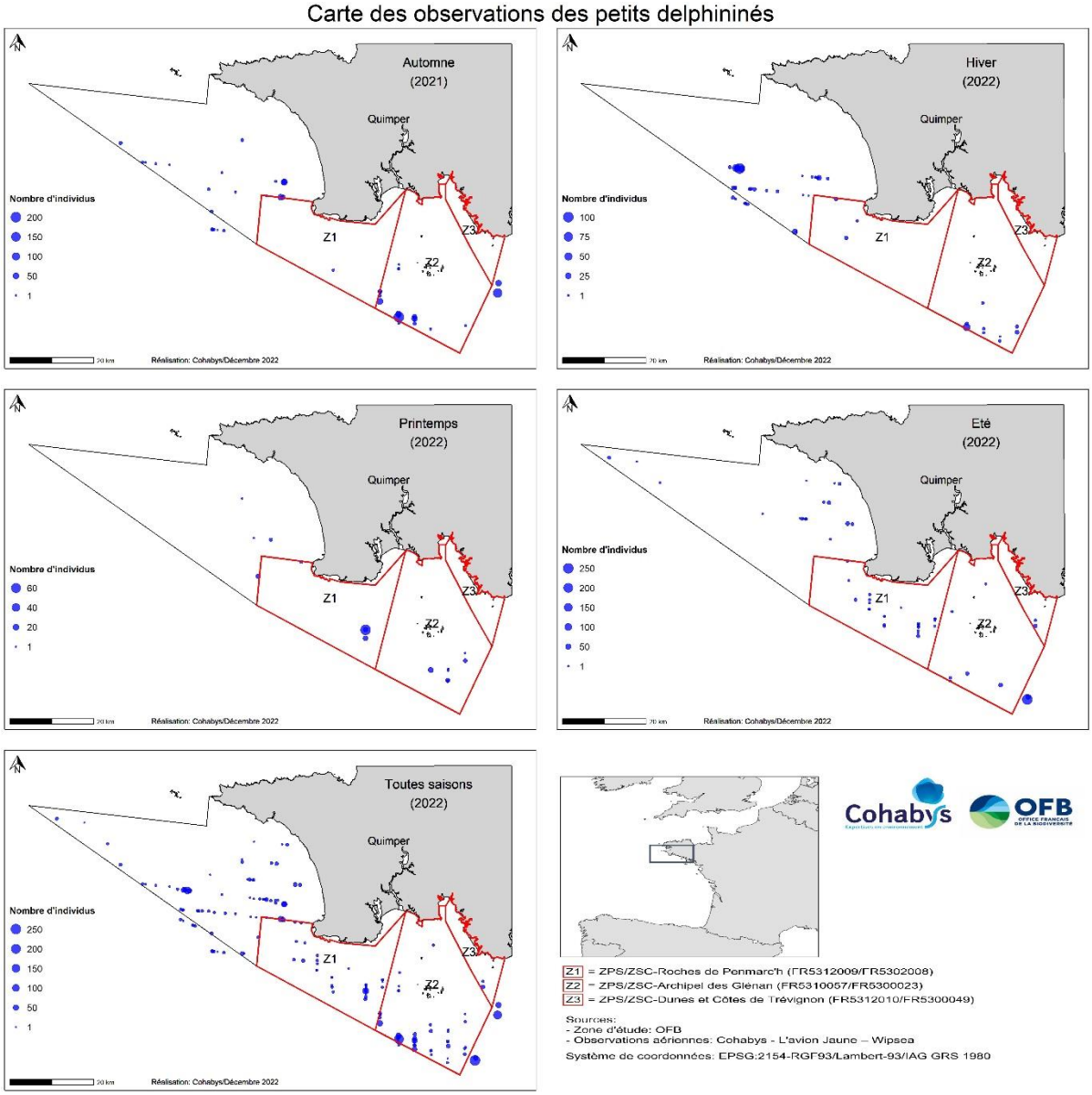


Figure 39 : Cartes de distribution des observations de petits delphininés, par saison et annuelle.

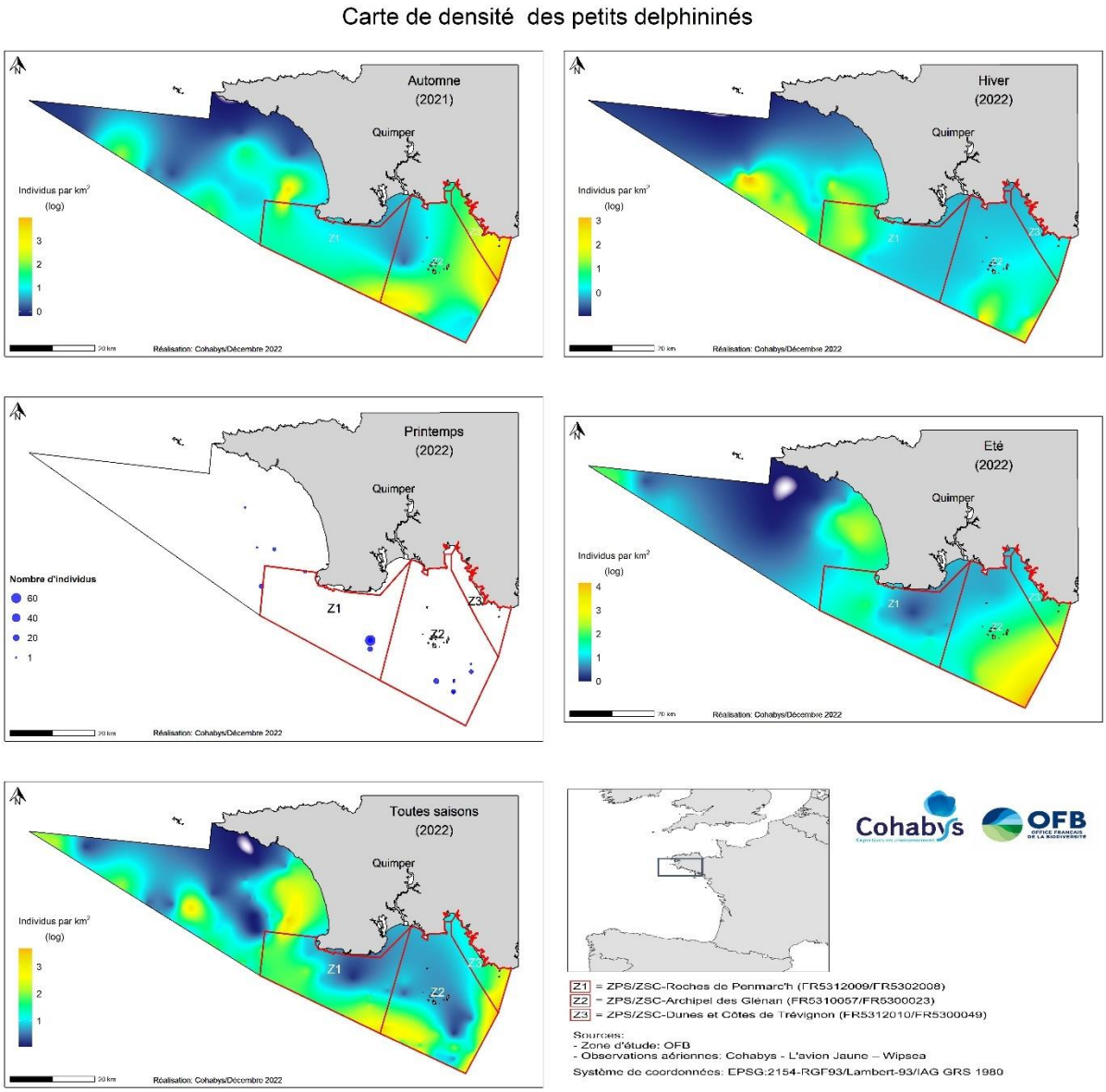


Figure 40 : Cartes de distribution krigée des petits delphininés, par saison et annuelle.

Le grand dauphin

Le grand dauphin (*Tursiops truncatus*) a été observé une seule fois au sud de la zone d'étude, lors du vol d'automne (Figure 41). Cependant, l'analyse des photographies de delphininés indéterminés pourra confirmer la présence du grand dauphin pendant ces suivis.

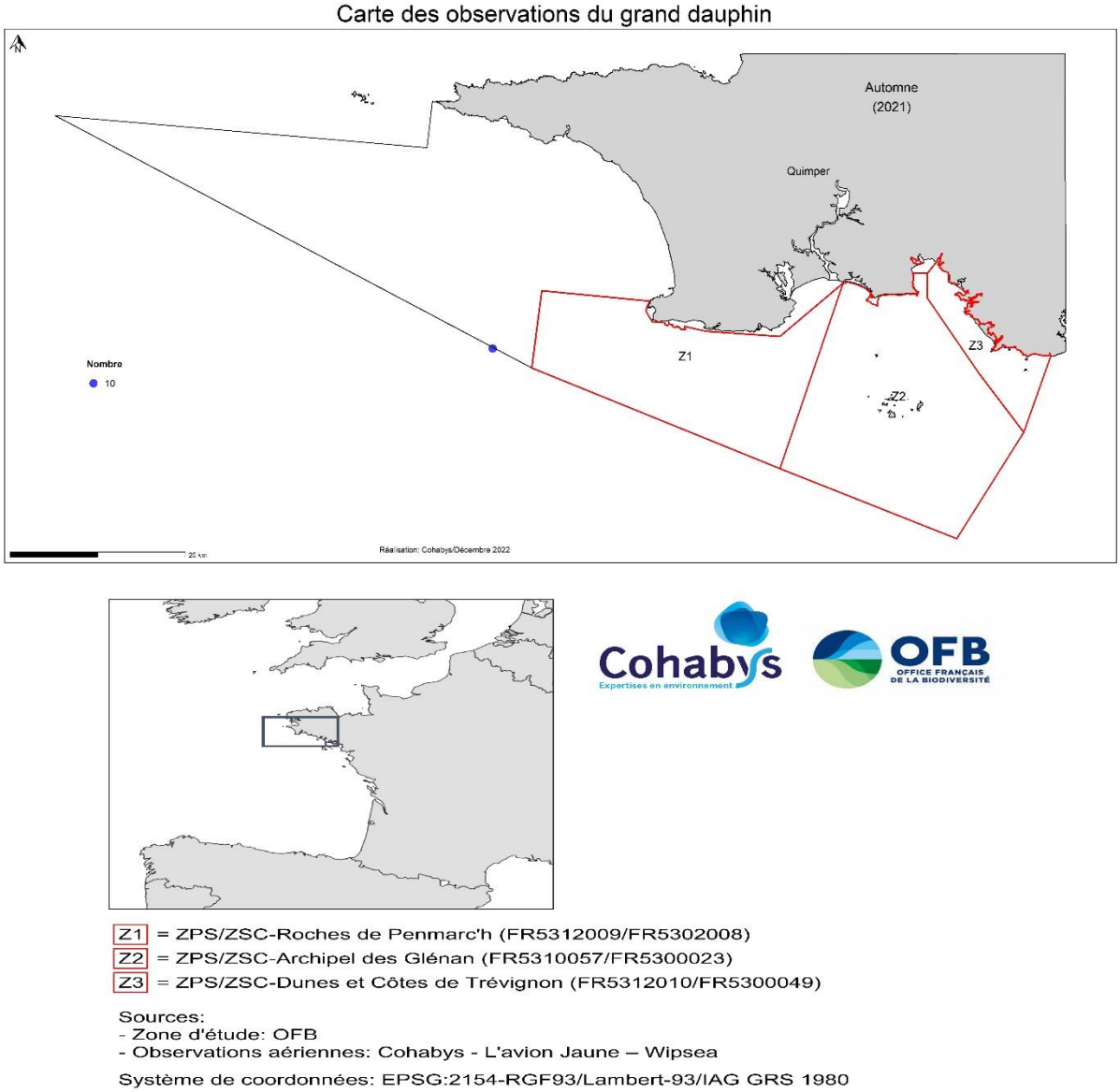


Figure 41 : Carte de distribution des observations de grand dauphin, en automne.

Les delphininés indéterminés

Ce groupement réunit toutes les espèces de delphininés possibles dans la zone, il s'agit donc ici d'observations pour lesquelles le doute subsiste entre les petits delphininés et le grand dauphin. Le nombre des observations classées en delphininés indéterminés est potentiellement lié aux conditions d'observations - la lumière ou le soleil pouvant faire paraître les petits dauphins plus gros par exemple – mais également aux observateurs, certains préférant être plus conservateurs sur l'identification en cas de doute. Ces observations ne sont généralement pas prises en compte dans les analyses. Dans cette étude, il faudra analyser les photographies disponibles pour attribuer ces observations à un groupe (grand dauphin ou petits delphininés le plus probablement). On peut noter que ces observations ont été plus nombreuses pendant les vols de l'automne et du printemps. Leur distribution est assez homogène avec toutefois une présence plus visible en baie d'Audierne et au sud des Glénan (Figure 42 et Figure 43). Les observations collectées sont souvent des groupes de plusieurs individus (jusqu'à 50).

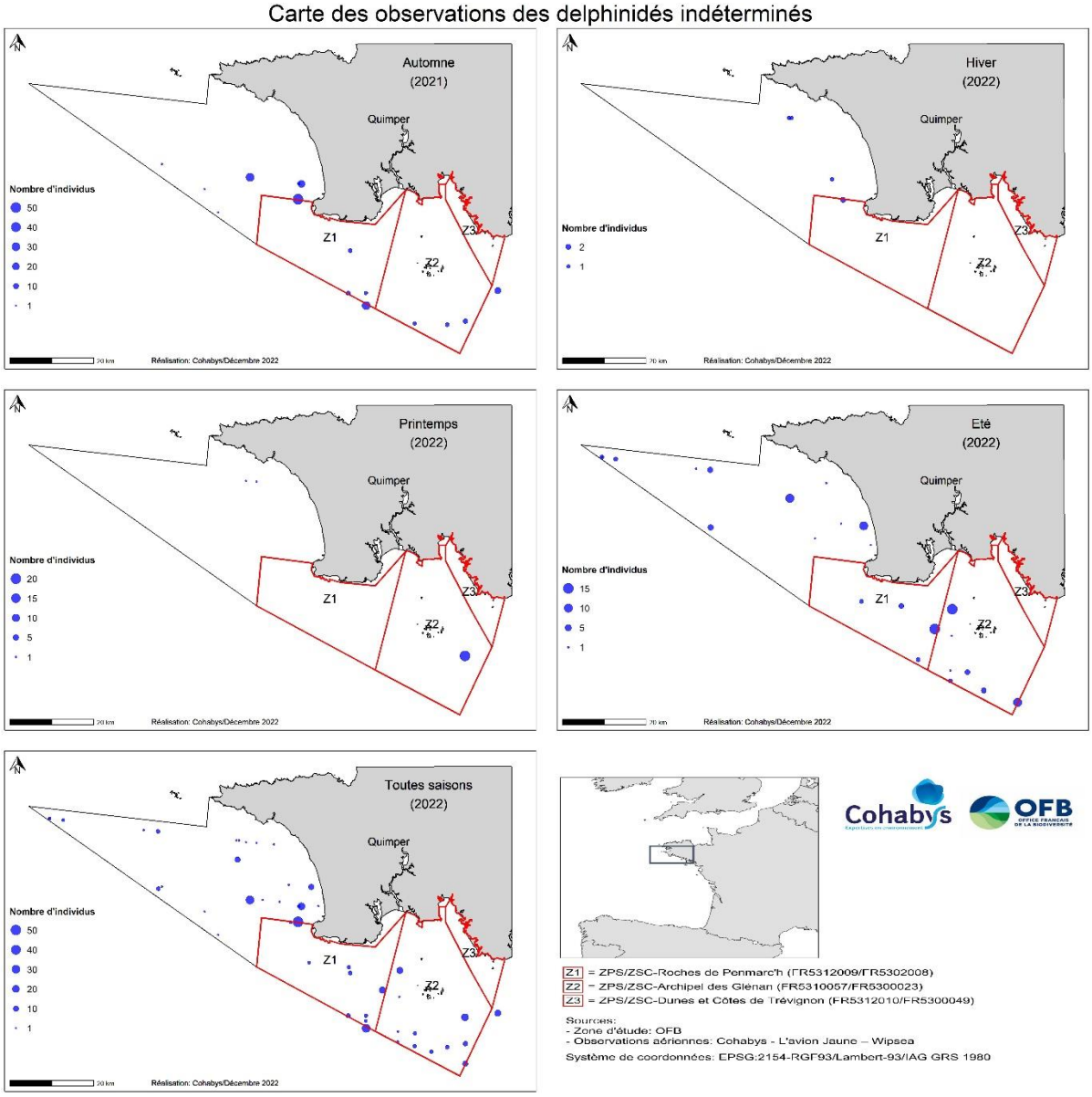


Figure 42 : Cartes de distribution des observations de delphinines indéterminés, par saison et annuelle.

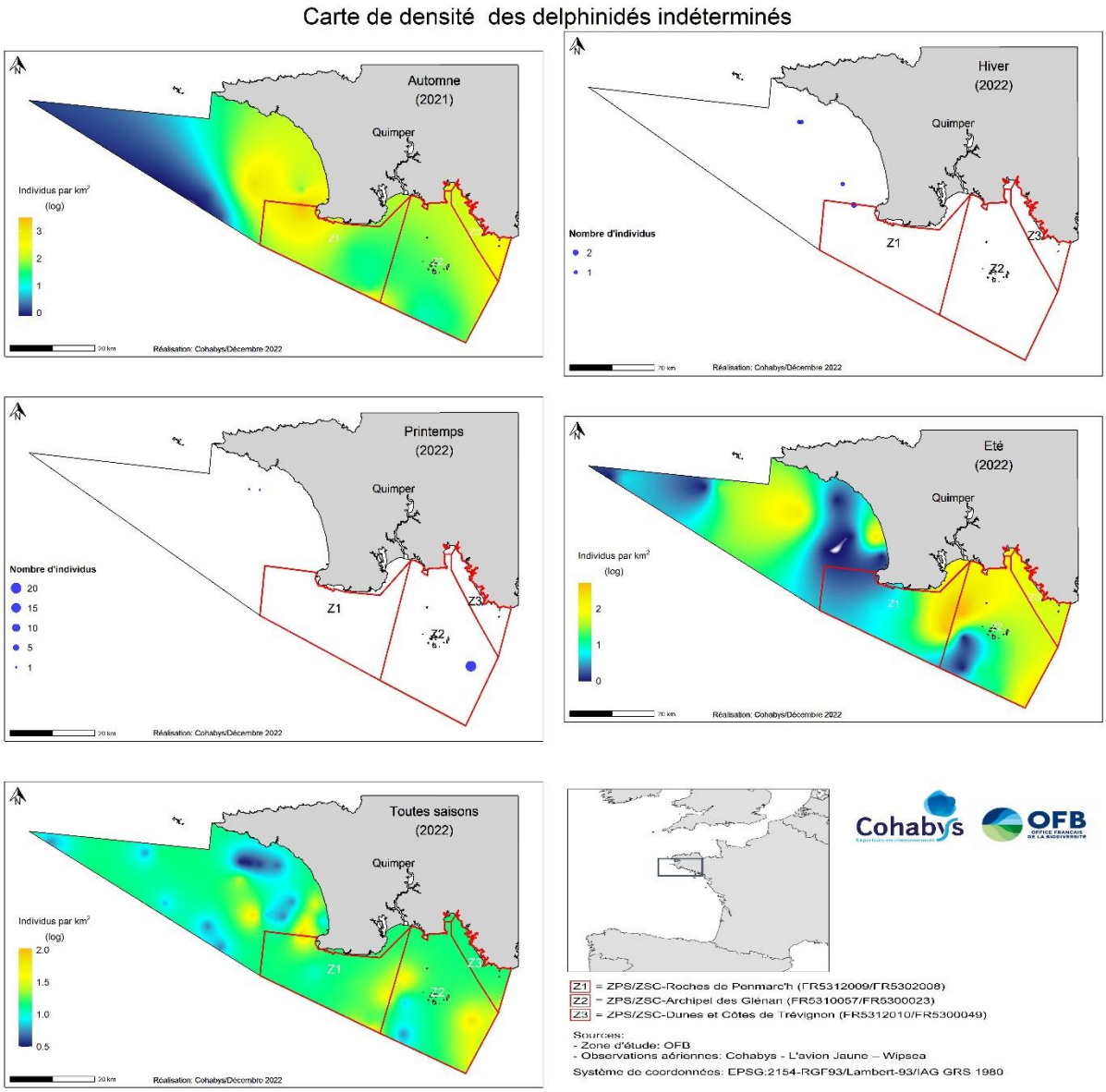


Figure 43 : Cartes de distribution krigée des delphininés indéterminés, par saison et annuelle.

Les autres cétacés

Il est très intéressant de constater la richesse spécifique de cette zone relativement côtière et la présence d'espèces, qui sont d'ordinaire plus au large ou même rencontrées sur le talus continental. Parmi les espèces observées, on compte le dauphin de Risso (*Grampus griseus*), le petit rorqual ou rorqual à museau pointu (*Balaenoptera acutorostrata*), et le cachalot (*Physeter macrocephalus*). Le faible nombre d'observations ne permet pas d'identifier de distribution particulière pour ces espèces (Figure 44).

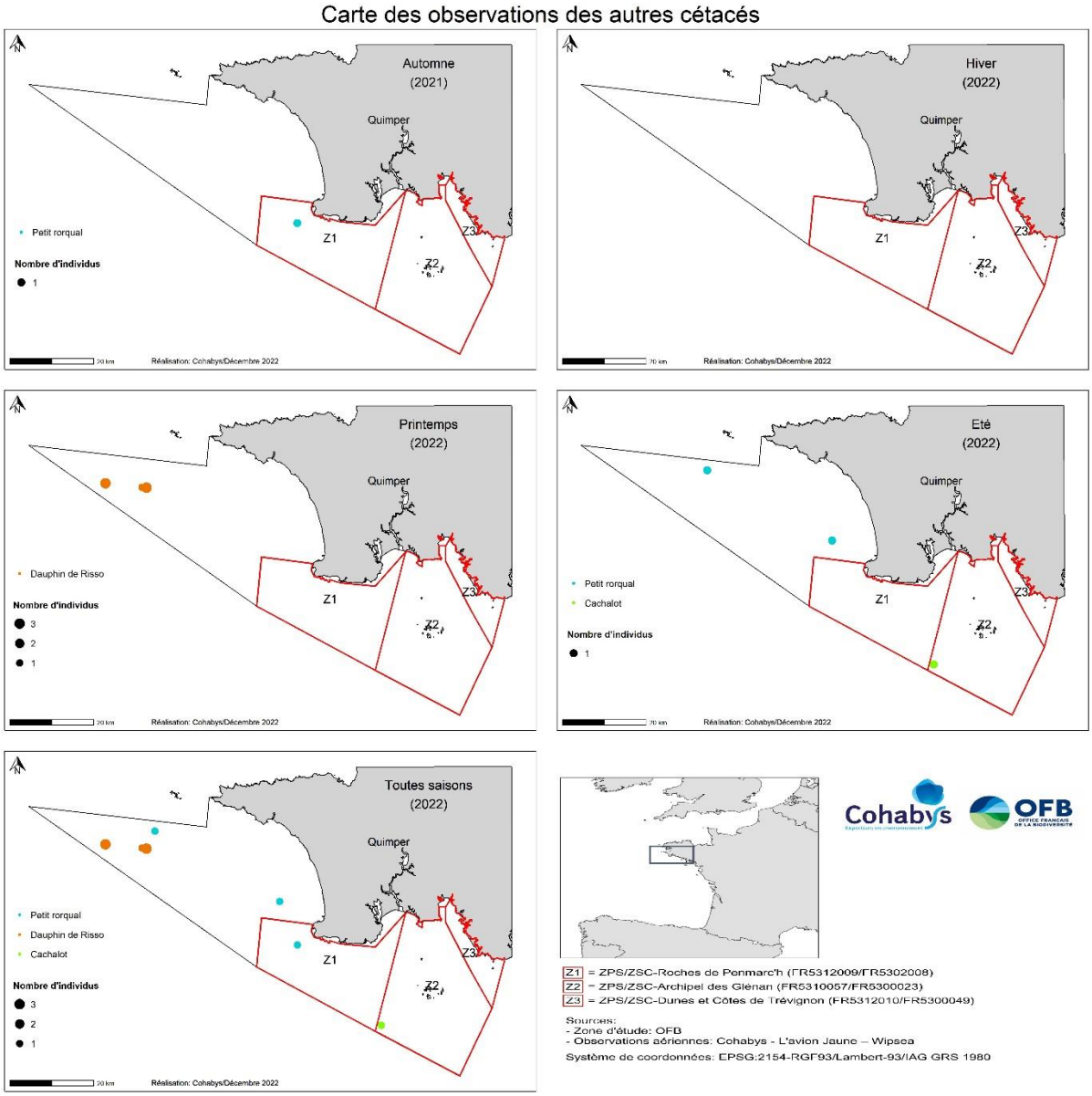


Figure 44 : Cartes de distribution des observations d'autres espèces de cétacés, par saison et annuelle.

Zone de densité maximale

Comme pour les oiseaux marins, le krigeage est influencé par la présence de groupes, mais l'effet est moins fort car ils sont plus restreints en taille et moins nombreux. Il faut tout de même en tenir compte pour la lecture de la carte de densité maximale et ne pas surinterpréter les points chauds qui sont liés aux grands groupes (Figure 45 et Figure 46).

Le nombre d'observations obtenu bien qu'élevé pour moins de 20 h d'effort (217 observations), rend délicat la détermination de zone de densité maximale, notamment pour des animaux aussi mobiles que les mammifères marins. Avec toute la prudence nécessaire, il semblerait qu'un même *pattern* se dessine en automne et en hiver avec une concentration des observations au sud des Glénan et dans la partie sud de la baie d'Audierne (vers l'ouest).

La carte annuelle est plus parlante et indique une forte occupation de toute la zone d'étude avec plutôt certaines zones d'exclusion autour des Glénan et la zone plus côtière au nord de la baie d'Audierne.

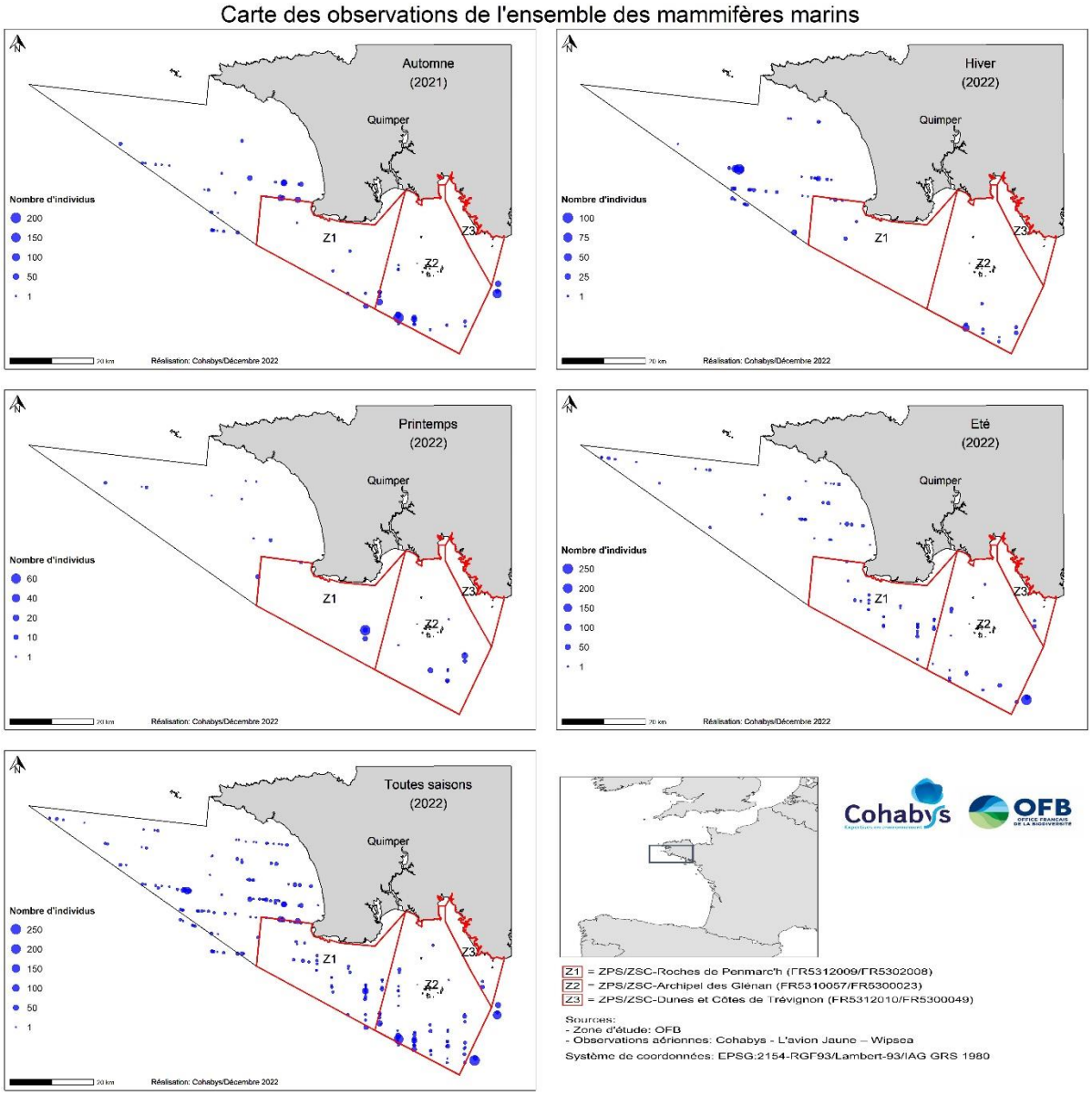


Figure 45 : Carte de distribution des observations de mammifères marins, par saison et annuelle.

Comme pour les oiseaux, ce qui se dessine est plutôt l'importance de toute la zone d'étude pour les mammifères marins, avec une diversité élevée, compte tenu de sa nature assez côtière.

La zone en dehors des ZPS/ZSC n'est pas moins fréquentée par les mammifères marins que les aires marines protégées.

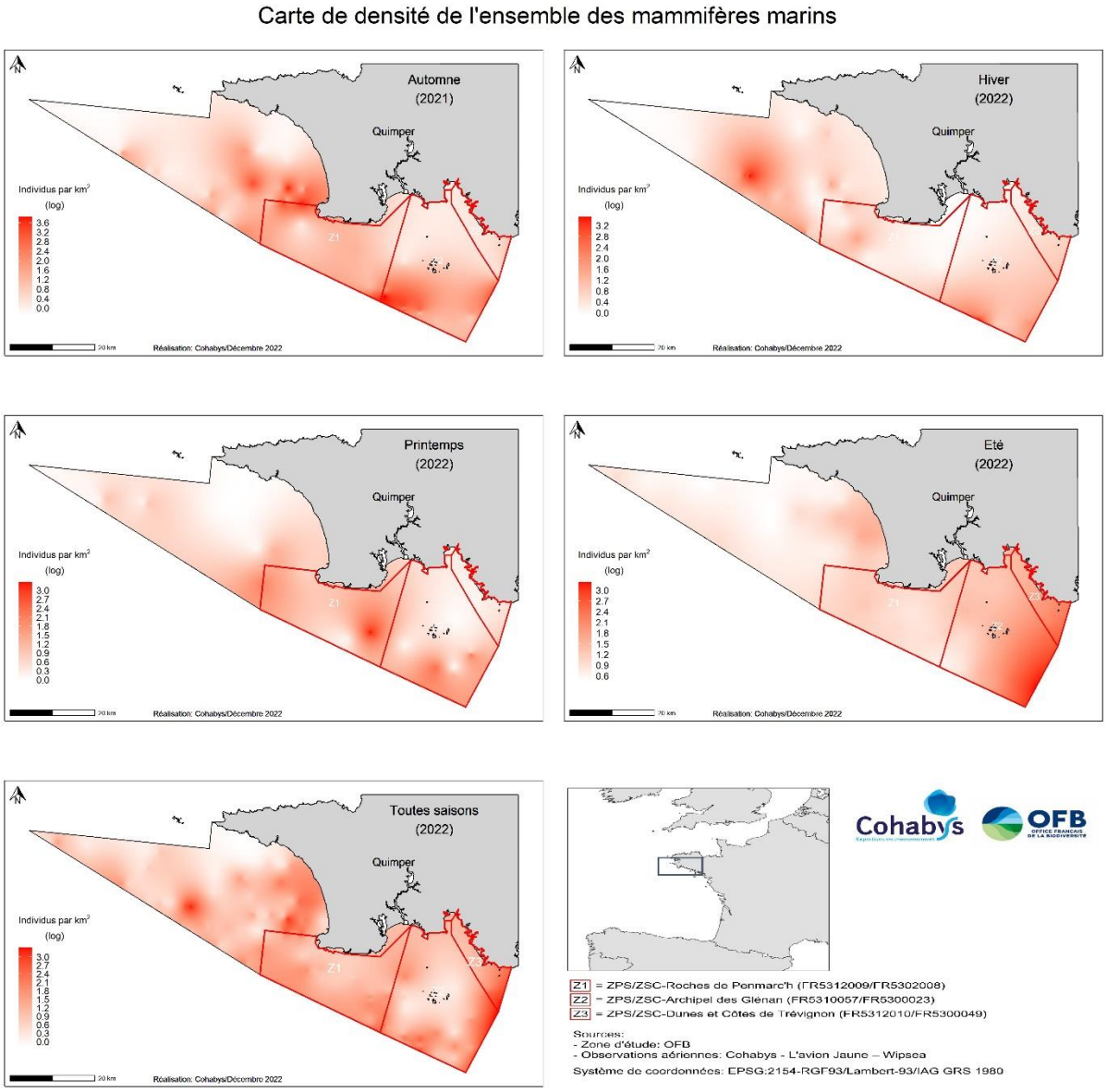


Figure 46 : Carte krigée de la densité maximale (en déciles) de l'ensemble des mammifères marins.

Approche prédateurs supérieurs à l'échelle de la zone d'étude

Richesse spécifique

La richesse spécifique obtenue à l'échelle des oiseaux et des mammifères marins réunis dans un ensemble prédateurs supérieurs atteint un maximum de 31 espèces *a minima* pour l'ensemble de la zone d'étude, si on considère la première année dans son ensemble (Figure 47). Ce chiffre est sous-estimé, du fait de l'incapacité à parfaitement identifier les espèces par suivi aérien visuel.

Globalement, le nombre de groupes taxonomiques varie faiblement entre les saisons avec un pic en été (20) et un minimum en hiver (13). La richesse spécifique est très similaire entre les deux plus grandes ZPS/ZSC, elle est logiquement plus faible dans la ZPS/ZSC Dunes et côtes de Trévignon, de par sa taille.

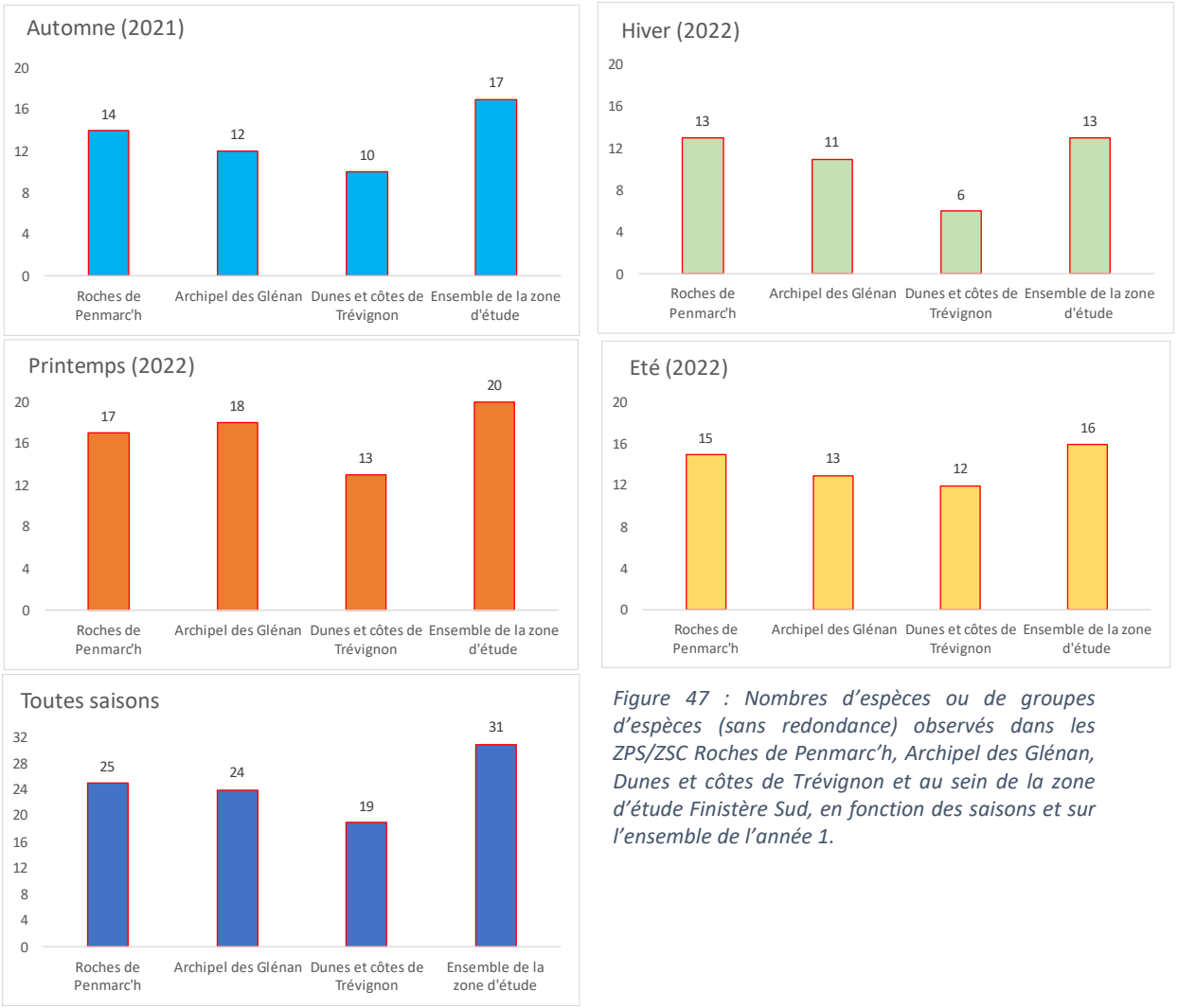


Figure 47 : Nombres d'espèces ou de groupes d'espèces (sans redondance) observés dans les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h, Archipel des Glénan, Dunes et côtes de Trévignon et au sein de la zone d'étude Finistère Sud, en fonction des saisons et sur l'ensemble de l'année 1.

Cette affirmation est à nuancer du fait d'un effort restreint au sein de cette aire marine protégée et du biais induit par le survol. Des comptages côtiers seraient plus adaptés pour caractériser la richesse spécifique de cette zone côtière.

Il est intéressant de noter que la zone non couverte par des aires marines protégées abrite des groupes taxonomiques, tels que les macreuses et le dauphin de Risso qui n'ont pas été observés dans les 3 ZPS/ZSC, indiquant l'intérêt biologique de cet espace maritime.

Distribution

La distribution des observations des oiseaux et mammifères marins est très similaire à celle de l'ensemble des oiseaux, du fait du peu d'observations de mammifères marins.

Il apparait que la zone d'étude est fréquentée par de nombreux prédateurs supérieurs tout au long de l'année avec, comme on l'a décrit précédemment, de plus fortes densités au printemps et en hiver (Figure 48 et Figure 49). En automne, on retrouve l'influence des grands groupes d'oiseaux dans la distribution krigée, mais les densités de prédateurs semblent relativement plus faibles au nord-ouest de la zone d'étude (dans le triangle le plus à l'ouest de la zone d'étude)[2]. La densité est élevée au sein des 3 ZPS/ZSC, ainsi que dans la baie d'Audierne.

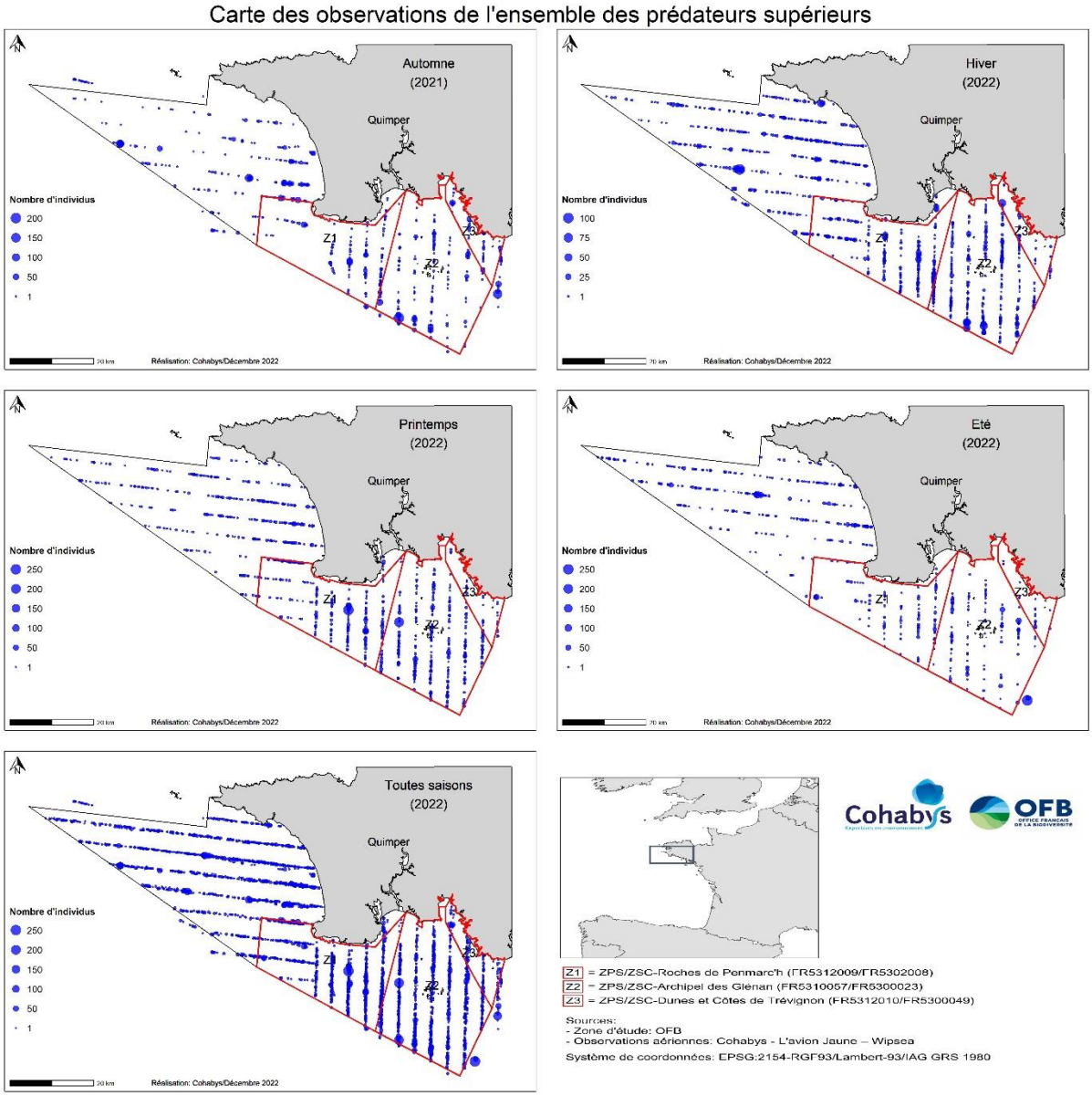


Figure 48 : Carte de distribution des observations de prédateurs supérieurs, par saison et annuelle.

[2] Pour rappel, deux transects sont manquants sur ce vol du fait d'un problème de suivi du plan de vol par le pilote (transect n°21 et transect n°1, cf. Figure 1 et Figure 3), l'absence d'observation au sud-ouest de la ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h correspond à une absence de données à cet endroit.

Au printemps et en hiver, les oiseaux occupent toute la zone d'étude, sans qu'on puisse mettre en exergue de zone vraiment préférentielle, même si les ZPS/ZSC présentent des densités plus élevées (en particulier au printemps).

La distribution en été présente des similarités avec l'automne, avec moins de grands groupes cependant, et quelques zones de plus fortes densités le long de la baie d'Audierne, et dans les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h et Archipel des Glénan.

La carte annuelle (Figure 48 et Figure 49) établit bien la présence des prédateurs supérieurs dans l'ensemble de la zone d'étude, tout au long de l'année.

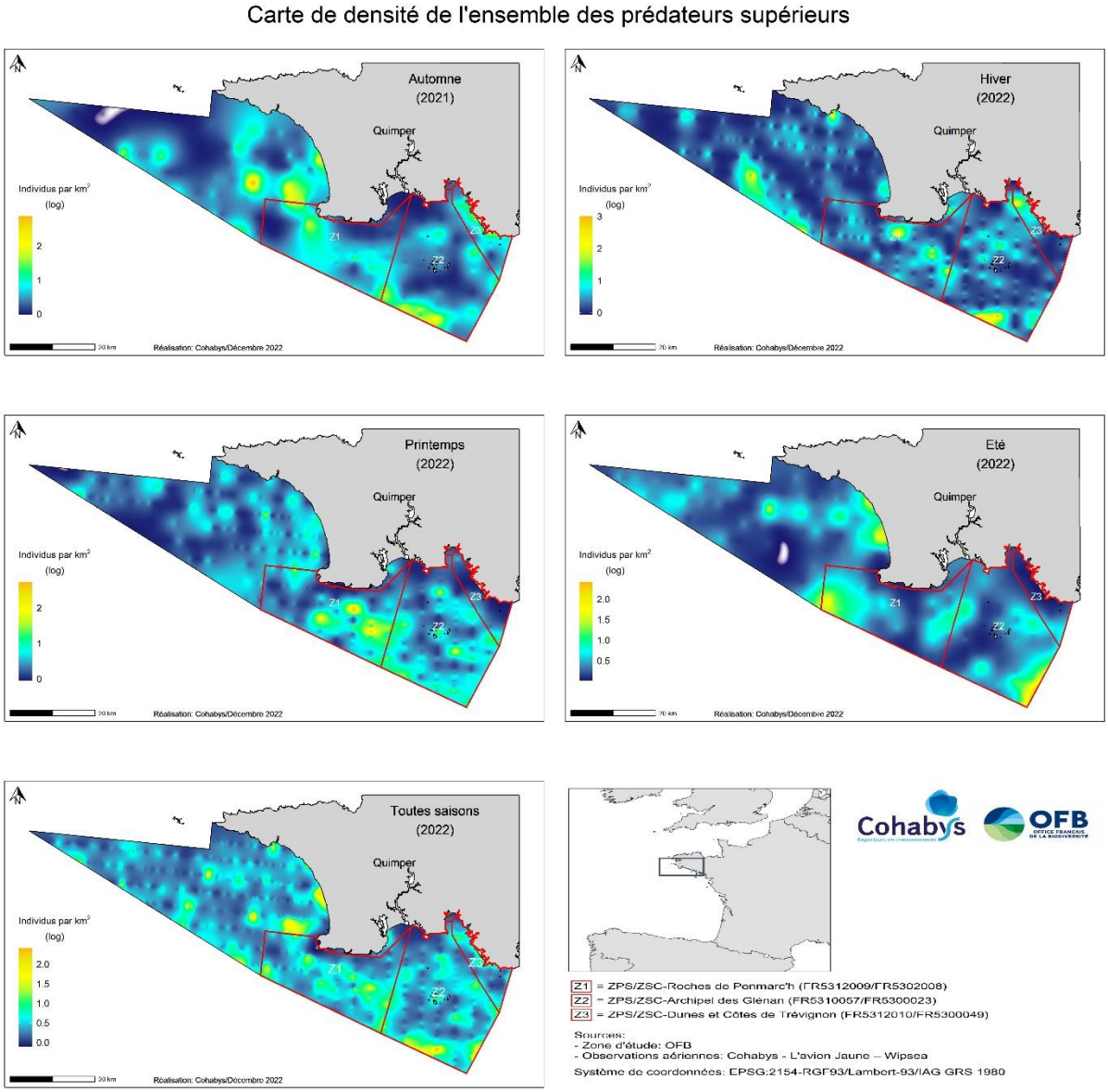


Figure 49 : Carte de distribution krigée des prédateurs supérieurs, par saison et annuelle.

Autre mégafaune marine

Distribution

Les autres espèces de la mégafaune marine pour lesquelles les observations sont relevées dans le protocole sont les tortues, les raies et requins et les grands poissons (Figure 50). Lors des quatre premiers survols de ce suivi, l'espèce la plus fréquemment observée est le poisson lune (*Mola mola*) en été et en hiver seulement. L'espèce occupe toute la zone d'étude, même si elle semble un peu plus abondante au large de la baie d'Audierne. Les requins – majoritairement du requin bleu (*Prionace glauca*) – ont été nombreux à l'automne et concentrés dans le sud des aires marines protégées Roches de Penmarc'h et Archipel des Glénan. Un requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*) a été vu en baie d'Audierne au printemps 2022. Aucune observation d'autre mégafaune marine n'a été faite pendant le vol de janvier.

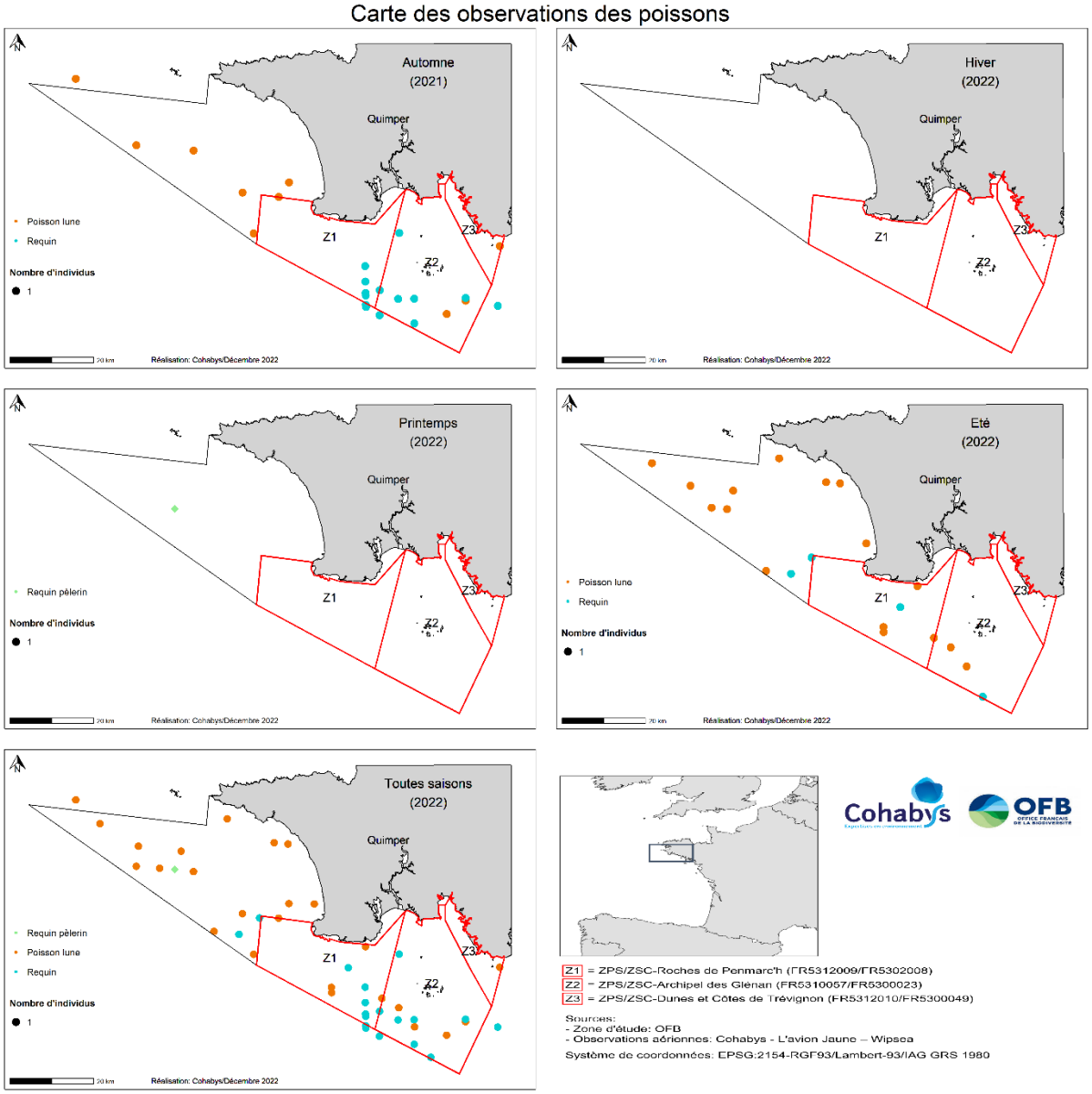


Figure 50 : Cartes de distribution des observations d'autres espèces de mégafaune marine, par saison et annuelle.

Activités humaines et déchets

Les activités de pêche

Les activités de pêche recensées sont majoritairement associées à des bouées de pêche, dont la distribution semble assez concentrée au sud de la zone d'étude, et notamment avec de fortes densités observées dans le voisinage des Glénan (Figure 51). Les bouées de pêche sont plus dispersées dans la baie d'Audierne, on les observe même très au large. Moins de 30 bateaux de pêche ont été recensés dans la zone, chalutiers et arts dormants étant les plus nombreux. Leur distribution ne montre pas de zone de concentration particulière.

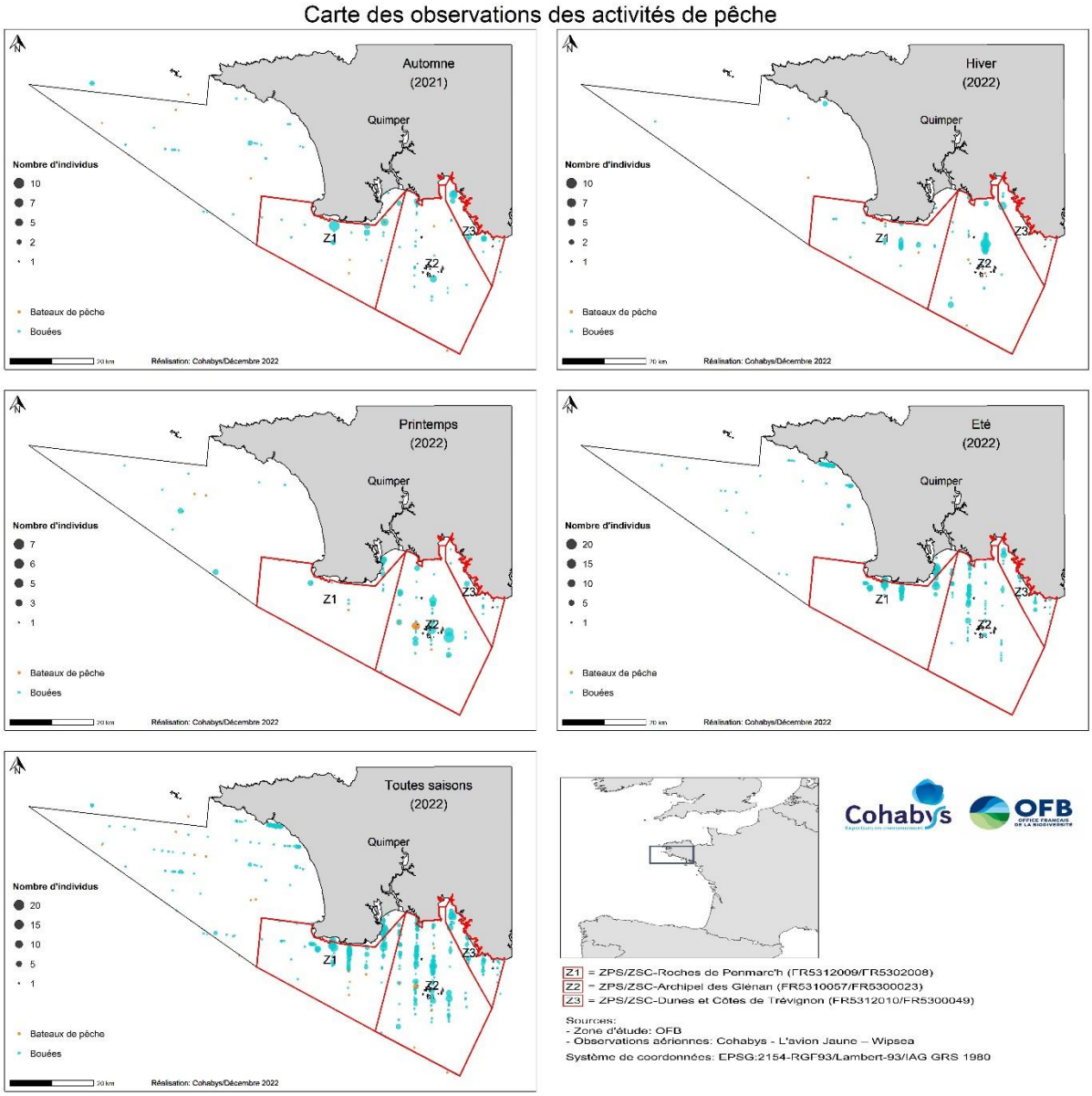


Figure 51 : Cartes de distribution des observations d'activités de pêche, par saison et annuelle.

Les bateaux de plaisance

Les bateaux sont catégorisés en bateau de plaisance à moteur et bateau de plaisance à voile. On observe logiquement une augmentation de leur nombre en été et à l'automne, ces deux saisons réunissant 85 % des 160 observations collectées au total. La fréquentation des bateaux de plaisance est plus importante dans la partie sud de la zone de suivi, notamment entre la côte et les Glénan (Figure 52). La baie d'Audierne est un peu plus fréquentée en été seulement.

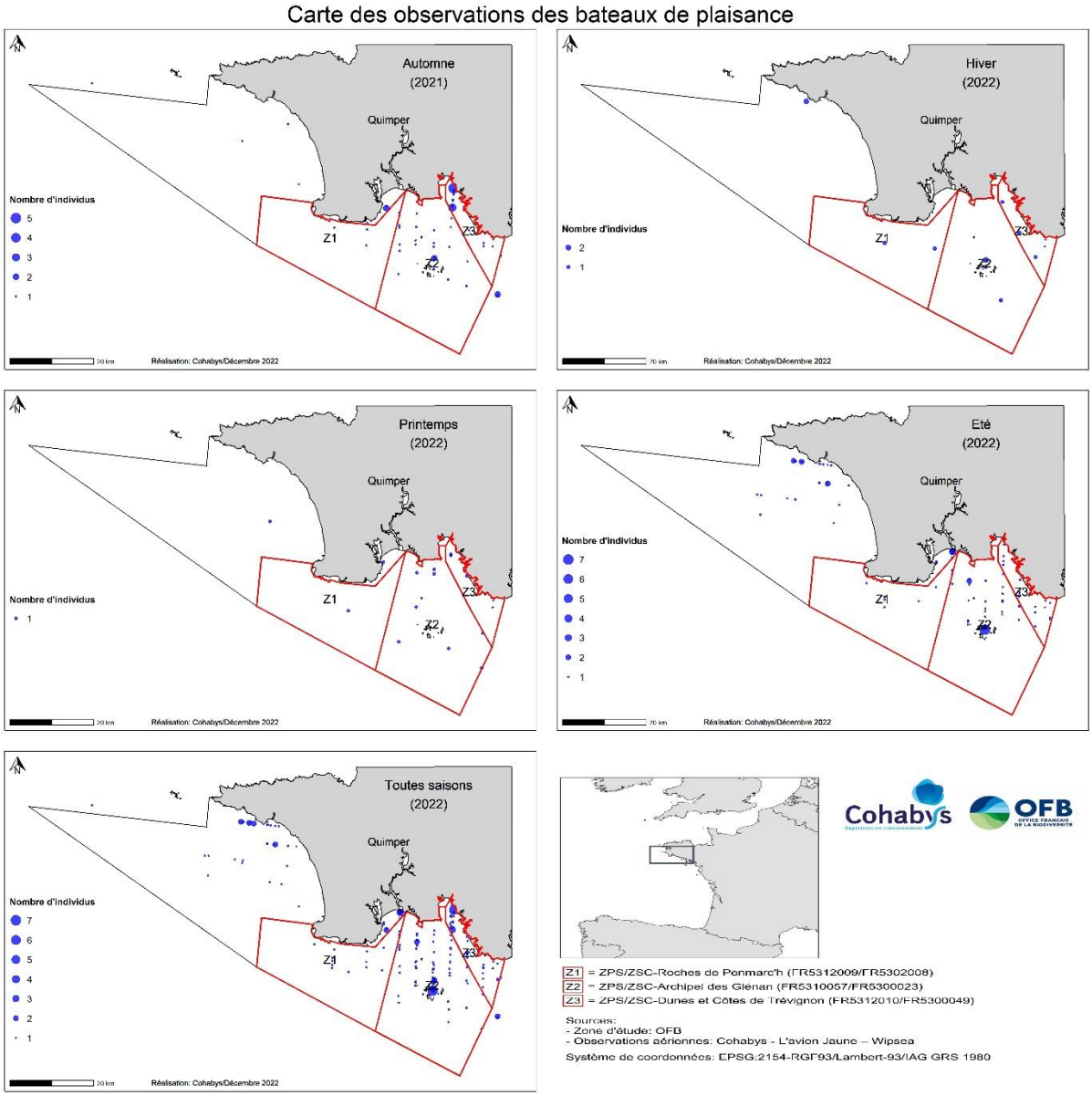


Figure 52 : Cartes de distribution des observations de bateaux de plaisance, par saison et annuelle.

Les déchets

Les déchets relevés font une taille de plus de 40 cm. Lorsque cela est possible, la nature du déchet est précisée : bois, plastique, déchet de pêche. Comparativement à d'autres secteurs, un nombre assez limité de déchets a été recensé (environ 200) sur toute l'année. Ils sont très majoritairement vus en hiver et au printemps (au lendemain de la forte tempête Diego). Leur distribution est plutôt pélagique, il semble que ce soient des déchets provenant du large plutôt que de la côte où ils sont très peu vus (Figure 53). Aucune trace de pollution n'a été observée durant ces survols.

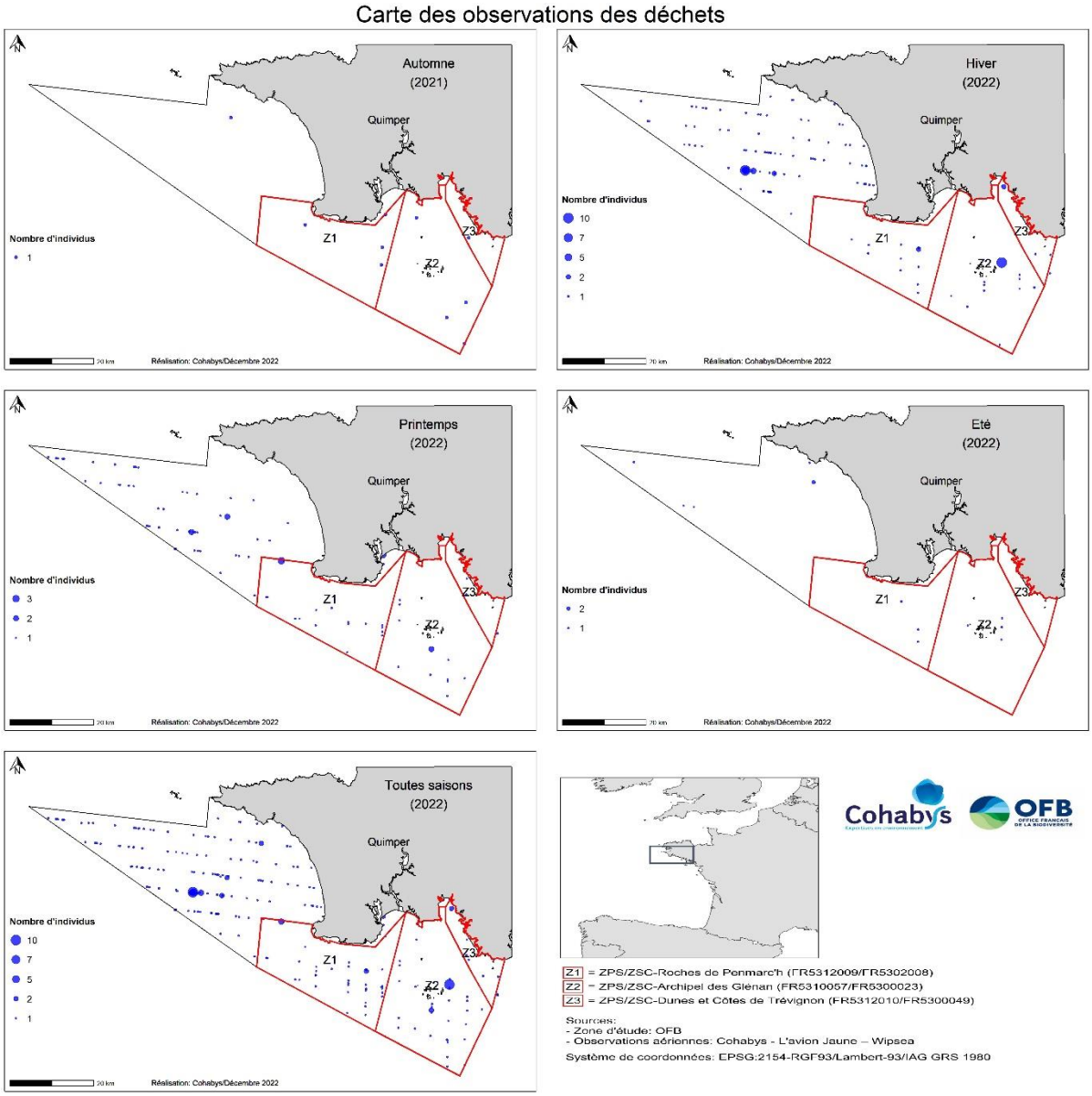


Figure 53 : Cartes de distribution des observations de déchets, par saison et annuelle.

Synthèse des résultats et conclusion

Ce rapport intermédiaire a pour objectif de présenter les résultats de la première année de suivis aériens dans la zone d'étude du Finistère sud, qui comprend le secteur du large à la côte de la baie d'Audierne et les trois ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h, Archipel des Glénan et Dunes et côtes de Trévignon. Au cours des quatre survols réalisés à chacune des saisons entre septembre 2021 et juillet 2022, nous avons collecté un total de 4022 observations en effort, dont 2919 observations d'oiseaux et 217 observations de mammifères marins. Les grands poissons (poisson lune et requins) ainsi que les activités humaines ont été relevés également. L'effort total d'observation représente un peu plus de 2300 kilomètres.

Le premier constat de cette étude est l'abondance et la diversité importantes de la communauté d'oiseaux et de mammifères marins présents tout au long de l'année dans la zone d'étude. Malgré les limites d'identification liées à l'observation aérienne visuelle, nous avons identifié 31 taxons différents pour ces deux groupes. Cette estimation est faite *a minima*, certains groupes pouvant regrouper plusieurs espèces très probablement présentes dans la zone d'étude. C'est le cas pour les puffins de petite et de grande taille, les mouettes, les sternes, les alcidés, les goélands et les cormorans. La richesse spécifique des mammifères marins est assez élevée, avec 6 espèces différentes identifiées dans une zone relativement côtière et de taille modeste. Ce nombre ne tient pas compte du phoque gris dont la présence est documentée dans la zone (Vincent *et al.*, 2002). La richesse spécifique observée pour l'ensemble des prédateurs supérieurs (limité aux oiseaux et aux mammifères marins) est similaire entre les ZPS/ZSC Roches de Penmarc'h et Archipel des Glénan ; elle paraît sensiblement inférieure dans la ZPS/ZSC Dunes et côtes de Trévignon, ce qui peut être dû à un échantillonnage trop faible et peu adapté à cette zone très côtière ainsi qu'à sa taille. Au global, il est intéressant de constater que l'ensemble de la zone d'étude présente une richesse spécifique supérieure à celle des ZPS/ZSC, ce qui peut signifier la présence d'espèces différentes dans la baie d'Audierne ou simplement une diversité plus importante à cette échelle (certaines espèces ne seraient pas présentes dans toutes les aires marines).
La diversité des espèces d'oiseaux marins est sensiblement plus élevée au printemps, période qui correspond à la migration pré-nuptiale de nombreuses espèces d'oiseaux marins de retour vers les sites de nidification du nord de l'Europe (Fort *et al.*, 2012; Kürten *et al.*, 2022; Stone *et al.*, 1995). Cette diversité est associée à une abondance maximale estimée à cette saison, ce qui montre que la zone est un lieu de passage ou de halte pour certains migrateurs. Les alcidés sont prédominants dans la population aviaire en hiver et au printemps (environ 50 % des effectifs), ce qui indique potentiellement que la zone est utilisée par cette famille comme zone d'hivernage et de passage ou de repos pendant la migration pré-nuptiale. La grande famille des laridés est abondante en toute saison, avec un nombre élevé d'observations de grands groupes de laridés indéterminés, pour lesquels l'identification visuelle à un groupe taxonomique inférieur pourra être obtenue par analyses des images. Les fous de Bassan fréquentent la zone d'étude tout au long de l'année avec des effectifs plus élevés au printemps et en été. Enfin les observations de petits puffins sont assez nombreuses pour produire des estimations d'abondance (à part en hiver). Les effectifs estimés en juillet sont inférieurs à ceux de l'automne et du printemps. Il est difficile de commenter les variations saisonnières pour ce groupe, qui réunit vraisemblablement les puffins des Anglais et les puffins des Baléares lorsque ces derniers estivent en dans le golfe de Gascogne et en Manche ouest (Guilford *et al.*, 2012; Lambrechts et Entraygues, 2019). A cette saison, des groupes de plusieurs dizaines d'individus ont bien été observés tout au nord de la zone d'étude. A l'échelle de la communauté aviaire, la distribution ne semble pas présenter de zones préférentielles marquées. Les variations saisonnières sont notables mais l'ensemble de la zone d'étude est fréquenté par les oiseaux marins.

Cette absence de zone préférentielle est également visible pour les mammifères marins avec une communauté diversifiée mais largement dominée par les petits delphininés (et probablement par le dauphin commun) tout au long de l'année. D'autres espèces sont observées mais en petits nombres, si bien qu'il est difficile d'établir une saisonnalité de leur présence dans la zone. Il faudrait fortement augmenter l'effort d'observation pour avoir des échantillons permettant de mettre en évidence des variations saisonnières dans la présence ou la distribution. La population de petits delphininés est estimée à plusieurs milliers d'individus, avec toutefois des variations notables entre certaines saisons (entre le printemps et l'automne). Cependant les intervalles de confiance sont relativement élevés et limitent notre capacité à estimer l'amplitude des variations saisonnières.

Dans la zone d'étude, les activités humaines en mer sont relativement modérées, elles se composent essentiellement des bouées de pêche et de la plaisance. Ces deux activités se concentrent surtout dans la partie sud de la zone d'étude, au sein des trois ZPS/ZSC. Les bateaux de plaisance naviguent essentiellement entre la côte et les Glénan, avec une présence accrue en été et à l'automne (septembre). Les macro-déchets sont visibles mais en faibles densités, ils sont plus présents en hiver, sans doute en lien avec la dérive de déchets depuis le large.

Les suivis aériens présentent de nombreux avantages pour améliorer les connaissances disponibles sur la mégafaune marine ainsi que les activités humaines en mer. Il faut cependant mesurer les limites de ces suivis pour produire des descriptions précises des espèces présentes et de leurs effectifs. Les suivis visuels sont en effet contraints par les contraintes météorologiques fortes pour offrir de bonnes conditions d'observation et par la limite d'identification des espèces. Les incertitudes associées aux estimations d'abondance sont autant liées à l'effort d'observation qu'à la détection des animaux.

En conclusion, cette première année de suivi a mis en évidence la diversité et l'abondance de prédateurs supérieurs dans l'ensemble de la zone du Finistère Sud, sans évidence de zone de fortes densités marquées au sein de cet espace.

Références

92/43/EEC, 1992. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, OJ L.

2008/56/EC, 2016. Law - EU Coastal and Marine Policy - Environment - European Commission [WWW Document]. URL http://ec.europa.eu/environment/marine/eu-coast-and-marine-policy/marine-strategy-framework-directive/index_en.htm (accessed 8.23.16).

2009/147/EC, 2016. The Birds Directive - Environment - European Commission [WWW Document]. URL http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/birdsdirective/index_en.htm (accessed 8.23.16).

Akaike, H., 1973. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. Presented at the Second International Symposium on Information Theory., Akademiai Kiado, Budapest, Hungary, pp. 267–281.

Araújo, H., Rodrigues, P.C., Bastos-Santos, J., Ferreira, M., Pereira, A., Martínez-Cedeira, J., Vingada, J., Eira, C., 2022. Monitoring Abundance and Distribution of Northern Gannets Morus bassanus in Western Iberian Waters in Autumn by Aerial Surveys. Ardeola 69, 179–202. https://doi.org/10.13157/arla.69.2.2022.ra1

Baillargeon, S., 2005. Le krigeage : revue de la théorie et application à l interpolation spatiale de données de précipitations (Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en statistique pour l'obtention du grade de Maître és sciences.).

Besnard, A., Salles, J.-M., 2010. Suivi scientifique d'espèces animales aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000.

Biais, G., Coupeau, Y., Séret, B., Calmettes, B., Lopez, R., Hetherington, S., Righton, D., 2017. Return migration patterns of porbeagle shark (Lamna nasus) in the Northeast Atlantic: implications for stock range and structure. ICES J. Mar. Sci. 74, 1268–1276. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw233

Brereton, T.M., Weir, C., Hobbs, M., Williams, A.D., 2003. A low-cost, year-round seabird monitoring programme in the English channel & Bay of Biscay: preliminary results 1995-2001. Ornis Hung. 12–13, 105–115.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L., Thomas, L. (Eds.), 2008. Advanced Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations, Illustrated edition. ed. Oxford University Press, Oxford.

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.

Cadiou, B., Bioret, F., Chenesseau, D., 2010. Response of breeding European Storm Petrels Hydrobates pelagicus to habitat change. J. Ornithol. 151, 317–327. https://doi.org/10.1007/s10336-009-0458-3

Certain, G., Ridoux, V., van Canneyt, O., Bretagnolle, V., 2008. Delphinid spatial distribution and abundance estimates over the shelf of the Bay of Biscay. ICES J. Mar. Sci. J. Cons. 65, 656–666. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn046

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. https://doi.org/10.1890/110194

García-Barón, I., Santos, M.B., Uriarte, A., Inchausti, J.I., Escribano, J.M., Albisu, J., Fayos, M., Pis-Millán, J.A., Oleaga, Á., Alonso Mier, F.E., Hernández, O., Moreno, O., Louzao, M., 2019. Which are the main threats affecting the marine megafauna in the Bay of Biscay? Cont. Shelf Res. 186, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.csr.2019.07.009

Gratton, Y., 2002. Le krigeage: la méthode optimale d'interpolation spatiale. Artic. L'Institut D'Analyse Géographique 1.

Guilford, T., Wynn, R., McMinn, M., Rodríguez, A., Fayet, A., Maurice, L., Jones, A., Meier, R., 2012. Geolocators Reveal Migration and Pre-Breeding Behaviour of the Critically Endangered Balearic Shearwater Puffinus mauretanicus. PLOS ONE 7, e33753. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0033753

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. https://doi.org/10.1126/science.1149345

Hammond, P.S., Lacey, C., Gilles, A., Viquerat, S., Boerjesson, P., Herr, H., Macleod, K., Ridoux, V., Santos, M., Scheidat, M., 2017. Estimates of cetacean abundance in European Atlantic waters in summer 2016 from the SCANS-III aerial and shipboard surveys. Wageningen Marine Research.

Kürten, N., Schmaljohann, H., Bichet, C., Haest, B., Vedder, O., González-Solís, J., Bouwhuis, S., 2022. High individual repeatability of the migratory behaviour of a long-distance migratory seabird. Mov. Ecol. 10, 5. https://doi.org/10.1186/s40462-022-00303-y

Lambert, C., Authier, M., Doray, M., Dorémus, G., Spitz, J., Ridoux, V., 2018. Decadal stability in top predator habitat preferences in the Bay of Biscay. Prog. Oceanogr., Multidisciplinary integrated surveys 166, 109–120. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.03.007

Lambert, C., Dorémus, G., Ridoux, V., 2021. The persistence in time of distributional patterns in marine megafauna impacts zonal conservation strategies. Peer Community J. 1. https://doi.org/10.24072/pcjournal.46

Lambrechts, A., Entraygues, M., 2019. Synthèse des connaissances relatives au Puffin des Baléares (Puffinus mauretanicus). Agence française pour la biodiversité, Biotope.

Laran, S., Authier, M., Blanck, A., Doremus, G., Falchetto, H., Monestiez, P., Pettex, E., Stephan, E., Van Canneyt, O., Ridoux, V., 2017. Seasonal distribution and abundance of cetaceans within French waters-Part II: The Bay of Biscay and the English Channel. Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 141, 31–40.

Louis, M., Buanic, M., Lefeuvre, C., Le Nilliot, P., Ridoux, V., Spitz, J., 2017. Strong bonds and small home range in a resident bottlenose dolphin community in a Marine Protected Area (Brittany, France, Northeast Atlantic). Mar. Mammal Sci. 33, 1194–1203.

Oliver, M.A., Webster, R., 1990. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. Int. J. Geogr. Inf. Syst. 4, 313–332. https://doi.org/10.1080/02693799008941549

Paleczny, M., Hammill, E., Karpouzi, V., Pauly, D., 2015. Population Trend of the World's Monitored Seabirds, 1950-2010. PLOS ONE 10, e0129342. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129342

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. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022878

Pettex, E., David, L., Authier, M., Blanck, A., Dorémus, G., Falchetto, H., Laran, S., Monestiez, P., Van Canneyt, O., Virgili, A., Ridoux, V., 2017. Using large scale surveys to investigate seasonal variations in seabird distribution and abundance. Part I: The North Western Mediterranean Sea. Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr., Abundance, distribution and habitats of Atlantic and Mediterranean marine megafauna 141, 74–85. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2016.11.008

Pettex, E., Lambert, C., Laran, S., Ricart, A., Virgili, A., Falchetto, H., Authier, M., Monestiez, P., Van Canneyt, O., Dorémus, G., Blanck, A., Toison, V., Ridoux, V., 2014. Suivi Aérien de la Mégafaune Marine en France métropolitaine - Rapport final. Univ. Rochelle UMS 3462 - Programme PACOMM - Agence Aires Mar. Protégées 169. https://doi.org/10.13140/2.1.2698.5287

QGIS Development Team, 2021. QGIS Geographic Information System.

Schreiber, E.A., Burger, J., 2001. Biology of Marine Birds, 1st ed. CRC Press.

Sims, D.W., Southall, E.J., Richardson, A.J., Reid, P.C., Metcalfe, J.D., 2003. Seasonal movements and behaviour of basking sharks from archival tagging: no evidence of winter hibernation. Mar. Ecol. Prog. Ser. 248, 187–196.

Stone, C.J., Webb, A., Barton, C., Ratcliffe, N., Reed, T.C., Tasker, M.L., Camphuysen, C.J., Pienkowski, M.W., 1995. An Atlas of Seabird Distribution in North-West European Waters. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.

Thomas, L., Buckland, S.T., Burnham, K.P., Anderson, D.R., Laake, J.L., Borchers, D.L., Strindberg, S., 2002. Distance sampling, in: Encyclopedia of Environmetrics. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, pp. 544–552.

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. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01737.x

Vincent, C., Ridoux, V., Fedak, M.A., Hassani, S., 2002. Mark-recapture and satellite tracking in rehabilitated juvenile grey scals (Halichoerus grypus): dispersal and potential effects on wild populations. Aquat. Mamm. 28, 121–130.

Virgili, A., Lambert, C., Pettex, E., Dorémus, G., Van Canneyt, O., Ridoux, V., 2017. Predicting seasonal variations in coastal seabird habitats in the English Channel and the Bay of Biscay. Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr., Abundance, distribution and habitats of Atlantic and Mediterranean marine megafauna 141, 212–223. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2017.03.017

Waggitt, J.J., Evans, P.G., Andrade, J., Banks, A.N., Boisseau, O., Bolton, M., Bradbury, G., Brereton, T., Camphuysen, C.J., Durinck, J., 2020. Distribution maps of cetacean and seabird populations in the North-East Atlantic. J. Appl. Ecol. 57, 253–269.