



DELphinus MOuvements GESTion

Mai 2025

Carte de distribution des proies
des dauphins d'après la re-
spatialisation de leur contenus
stomacaux



GOVERNEMENT





Durée du projet : 3,5 ans

Date de lancement : 01/03/2022

Date de fin : 31/10/2025

Coordinateurs de projet : Clara Ulrich, Pierre Petitgas, Jérôme Spitz, Marion Pillet.

Site web : <https://delmoges.recherche.univ-lr.fr>

Livrable

WP concerné : WP1

Responsables du WP : Tiphaine Chouvelon (ULR/CNRS), Amélia Viricel (UBO)

Livrable L.1.4.1

Date de production : 16 Mai 2025

Titre : Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux

Auteurs : Spitz Jérôme, Paille Jade, Faure Johanna, Peltier Hélène.

Résumé

Depuis les années 1990, la France connaît régulièrement des épisodes de mortalités importantes de dauphins, qui entraînent des pics d'échouages sur le littoral Atlantique en hiver. Depuis 2016, les échouages de petits cétacés dans le golfe de Gascogne présentant des traces de capture, atteignent des niveaux inédits. Si les données scientifiques actuelles permettent d'évaluer globalement le risque induit par ces captures accidentelles pour la conservation de la population de dauphins communs, elles sont toutefois trop lacunaires pour comprendre les déterminants écosystémiques et halieutiques à l'origine de ces captures. En concertation avec l'Office français de la biodiversité, les professionnels de la pêche et l'Etat, La Rochelle Université-CNRS et l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) ont construit le projet Delmoges (Delphinus MOuvements GEstion). Il vise, dans un premier temps, à combler ces lacunes en allant chercher des nouvelles données sur les habitats des dauphins, sur leurs interactions trophiques dans l'écosystème et leurs interactions techniques avec les engins de pêche. Ensuite, le projet propose d'intégrer les connaissances sur l'ensemble du socio-écosystème pour envisager une diversité de scénarios de diminution des captures accidentelles incluant des solutions technologiques et, enfin, d'en évaluer les conséquences biologiques et socio-économiques.

Ce livrable explore l'usage des dauphins communs comme échantillonneurs biologiques des communautés de petits pélagiques en respatialisant dans le golfe de Gascogne la composition de leurs contenus stomacaux collectées lors d'échouages afin de déterminer la distribution spatiale de leur proie ou a minima les différentes zones où chaque espèce proie est ingérée par ce prédateur.

Dissémination

Type de livrable : cartographies

Public : Oui

Lieux de stockage : site web de Pelagis, site web Delmoges

Consortium scientifique



La Rochelle Université
23 avenue Albert Einstein
BP 33060
17031 La Rochelle

<https://www.univ-larochelle.fr/>



Centre national de la recherche scientifique (CNRS)
3, rue Michel-Ange
75794 Paris cedex 16

<https://www.cnrs.fr/fr>



Institut Français pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer)
1625 route de Sainte-Anne - CS 10070
29280 Plouzané

www.ifremer.fr/



Université
de Bretagne
Occidentale

Université de Bretagne Occidentale (UBO)
3 rue des Archives
CS93837
29238 Brest cedex 3

<https://nouveau.univ-brest.fr/>



COMITÉ NATIONAL
DES PÊCHES MARITIMES
ET DES ÉLEVAGES MARINS

Comité National des Pêches Maritimes et des Elevages
Marins (CNPMEM)
134 avenue de Malakoff
75116 Paris

<https://www.comite-peches.fr/>

Table des matières

1	Contexte et présentation du livrable	5
1.1	Contexte environnemental et scientifique.....	5
1.2	Rôle du livrable	5
1.3	Structure du document	5
2	Qui est mangé où ? Spatialisation des zones d'alimentation de chacune des principales espèces proies du dauphin commun	6
2.1	Introduction	6
2.2	Matériels & méthodes	7
2.2.1	Données sources	7
2.2.2	Spatialisation des carcasses	7
2.3	Résultats & discussion	10
3	Cartographie de distribution des proies prédatées par les dauphins communs.....	13
3.1	Zones de mortalité probable des dauphins communs échoués	13
3.2	Abondance des proies fraîches.....	14
3.3	Biomasse des proies fraîches.....	21
3.4	Occurrence des proies fraîches.....	29
4	Bibliographie	37
5	ANNEXES.....	39
5.1	Annexe 1. Distribution en taille des principales proies du dauphin commun	39

1 Contexte et présentation du livrable

1.1 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL ET SCIENTIFIQUE

Dans le golfe de Gascogne, les petits poissons pélagiques (e.g. sardines, anchois, sprats, chichards) sont la principale ressource du dauphin commun, prédateur des plus énergivore qui doit satisfaire ses besoins énergétiques par l'ingestion de poissons riches en lipides. La relation entre dauphin commun et petits poissons pélagiques s'avère aussi être un facteur significativement important dans le risque de capture accidentelle de cette espèce dans le golfe de Gascogne. Cependant, si l'abondance de ces espèces de poissons est très bien suivie au printemps depuis plus de 20 ans, très peu de données existent sur leur abondance, leur distribution et leur comportement en hiver, limitant fortement l'étude et la compréhension des relations proie-prédateur à ce moment crucial pour les captures accidentelles.

1.2 ROLE DU LIVRABLE

Le livrable a pour objectif de fournir des cartes de distribution des différentes espèces de poissons majoritairement présentes dans les contenus stomacaux, cartes obtenues par la spatialisation des contenus stomacaux dans le golfe de Gascogne à travers la reconstitution de la dérive inverse de la carcasse, de sa position d'échouage à sa position probable de mort.

1.3 STRUCTURE DU DOCUMENT

La vocation du document est principalement de produire des cartes de distribution des poissons ingérés par le dauphin commun. Le cœur du document est ainsi la section 3 présentant les différentes cartes obtenues. Cette section est précédée d'un corps de texte structuré sous le format d'un article scientifique permettant d'introduire ce travail, de présenter les données et les méthodes, les principaux résultats à retenir et une discussion sur l'usage de tels produits.

2 Qui est mangé où ? Spatialisation des zones d'alimentation de chacune des principales espèces proies du dauphin commun

2.1 INTRODUCTION

Le monde sous-marin est par définition difficile d'accès à l'œil humain, il en résulte que l'étude de la vie marine, et en particulier si elle est profonde ou mobile, est souvent un challenge pour l'humain. Pour connaître la diversité, l'abondance et la distribution des espèces marines, les scientifiques ont au cours du temps développé différentes approches, différentes méthodologies, différentes technologies pour estimer ces paramètres chez les différents groupes d'espèces vivantes. Une approche originale a également été d'utiliser des prédateurs marins en tant qu'échantillonneurs des océans. Ainsi, l'étude de leur contenus stomacaux de prédateurs peut renseigner sur les communautés de niveaux trophiques inférieurs (Cherel et al., 2004), la mesure des contaminants dans leur tissus renseigne la présence de molécules souvent non détectables directement dans l'environnement et renseigne sur la santé des écosystèmes (Fossi and Panti, 2017), la pose de capteurs sur leur corps permet de collecter des données uniques sur la physique de l'Océan (Charrassin et al., 2008), voir sur les pratiques illégales de pêches (Weimerskirch et al., 2020).

Dans le golfe de Gascogne, les petits poissons pélagiques (e.g. sardines, anchois, sprats, chichards) sont une ressource clé de l'écosystème en soutenant notamment différents prédateurs supérieurs comme certaines espèces de cétacés, d'oiseaux de mer ou de grands poissons (Spitz et al., 2018). Cette ressource est notamment cruciale pour le dauphin commun, prédateur des plus énergivore qui doit satisfaire ses besoins énergétiques par l'ingestion de poissons riches en lipides (Spitz et al., 2010). La relation entre dauphin commun et petits poissons pélagiques s'avère aussi être un facteur significativement important dans le risque de capture accidentelle de cette espèce dans le golfe de Gascogne. Cependant, si l'abondance de ces espèces de poissons sont très bien suivis au printemps depuis plus de 20 ans, la connaissance de leur écologie hivernale est très peu connue et étudiée (Doray et al., 2018). Très peu de données existent sur leur abondance, leur distribution et leur comportement durant cette saison, limitant fortement l'étude et la compréhension des relations proie-prédateur à ce moment crucial pour les captures accidentelles.

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'usage des dauphins communs comme échantillonneurs biologiques des communautés de petits pélagiques en respatialisant dans le golfe de Gascogne la composition de leurs contenus stomacaux collectés lors d'échouages. Il s'agit ainsi de déterminer la distribution spatiale de leur proie ou *a minima* les différentes zones où chaque espèce proie est ingérée par ce prédateur. L'hypothèse sous-jacente est que le dauphin commun est connu pour sélectionner préférentiellement des petites espèces de poissons riches en énergie indifféremment de l'espèce considérée. La sélection ici chez un

prédateur sauvage s'effectue sur des critères de diversité fonctionnelle et non taxonomique (Spitz et al., 2014). Ainsi la présence d'une espèce donnée de poisson dans un estomac de dauphin commun relève de la variabilité des taux de rencontre des différentes espèces proie intégrant son profil de prédateur. Les contenus des estomacs peuvent ainsi être assimilés à des traits de chaluts qui serait principalement sélectifs sur les petits poissons pélagiques. Les dauphins capturés accidentellement sont principalement en action de chasse au moment de leur capture. L'ensemble des estomacs respatialisées dans le golfe de Gascogne à travers la reconstitution de la dérive inverse de la carcasse, de sa position d'échouage à sa position probable de mort, permet d'obtenir une série de « stations » d'observations apte à être synthétisée sous forme de cartes de distribution des différentes espèces de poissons majoritairement présentes dans les contenus stomacaux.

2.2 MATERIELS & METHODES

2.2.1 Données sources

Les données des contenus stomacaux sont disponibles pour deux périodes, la première de 1999-2006, antérieure à l'augmentation forte des mortalités par captures observées depuis 2016, et la seconde, 2017-2019, correspondant à des années de fortes mortalités par captures accidentelles. Les données disponibles reposent respectivement pour les deux périodes sur 100 et 106 animaux analysés. Les données ont été produites pour l'analyse des changements temporelles de l'alimentation (Faure et al., 2025 ; L142) et repose sur l'analyse des restes de proies présents dans les contenus stomacaux. Pour chaque estomac, le nombre d'individus et la biomasse totale de chaque espèce proie présente est disponible. Le détail des méthodes sont disponibles dans le livrable L142.

La très large majorité des dauphins communs morts par captures accidentelles présente des proies faiblement digérées dans leur estomacs, ces restes « frais » en opposition à des restes durs accumulés ont été ingérés peu avant leur mort. Seuls cette catégorie de restes est utilisée dans les analyses afin de ne pas considérer des proies ingérées depuis plus longtemps et potentiellement venant d'autres zones.

2.2.2 Spatialisation des carcasses

La trajectoire de carcasses de dauphins à la dérive peut être modélisée par l'utilisation du modèle MOTHY (Modèle Océanique de Transport d'Hydrocarbures) qui prédit la dérive en sens direct (du lieu de mort en mer vers le lieu d'échouage) ou en rebours (du lieu d'échouage vers la zone probable de mort en mer). Développé initialement par Météo France à des fins de sécurité en mer, MOTHY a été adapté à la modélisation de dérive de petits cétacés (Peltier et al., 2012). C'est donc la version en rebours qui permet d'identifier les zones probables de mort en mer des carcasses retrouvées échouées à la côte.

L'hypothèse principale est que les carcasses échouées flottent tout au long de leur dérive avec un taux d'immersion constant de 90% (Peltier et al., 2012). Le modèle intègre un modèle atmosphérique calibré par les observations du centre européen pour les prévisions

météorologiques à moyen terme (ECMWF), un modèle de marée et la bathymétrie fournie par le SHOM (Daniel et al., 2002). L'effet combiné du vent et des courants de marée génèrent des courants de surface, qui sont les plus importants sur le plateau continental du golfe de Gascogne comparativement à la courantologie globale.

La trajectoire en rebours est donc modélisée à partir du lieu et de la date d'échouage des carcasses dont le contenu stomacal a été analysé (figure 1). La durée de la dérive est estimée à partir de l'état de décomposition des carcasses, et une position toutes les 24h est conservée dans l'intervalle de temps estimé. Une carcasse retrouvée fraîche à une durée de dérive estimée à moins de 5 jours, une carcasse légèrement décomposée à une durée de dérive estimée comprise entre 5 et 15 jours, alors qu'une carcasse décomposée a une durée de dérive comprise entre 15 et 25 jours (Peltier et al., 2020).

Pour chaque dérive, c'est donc entre 5 et 10 points qui sont conservés, et pour lesquels une pondération égale entre les points est appliquée. Ceci suggère que la probabilité d'origine de la carcasse est égale entre les points. Pour chaque carcasse, la somme des pondérations est égale à 1. Ainsi pour les carcasses fraîches la pondération est de 0,2 pour chaque point, et elle vaut 0,1 pour les carcasses présentant une décomposition légère à modérée.

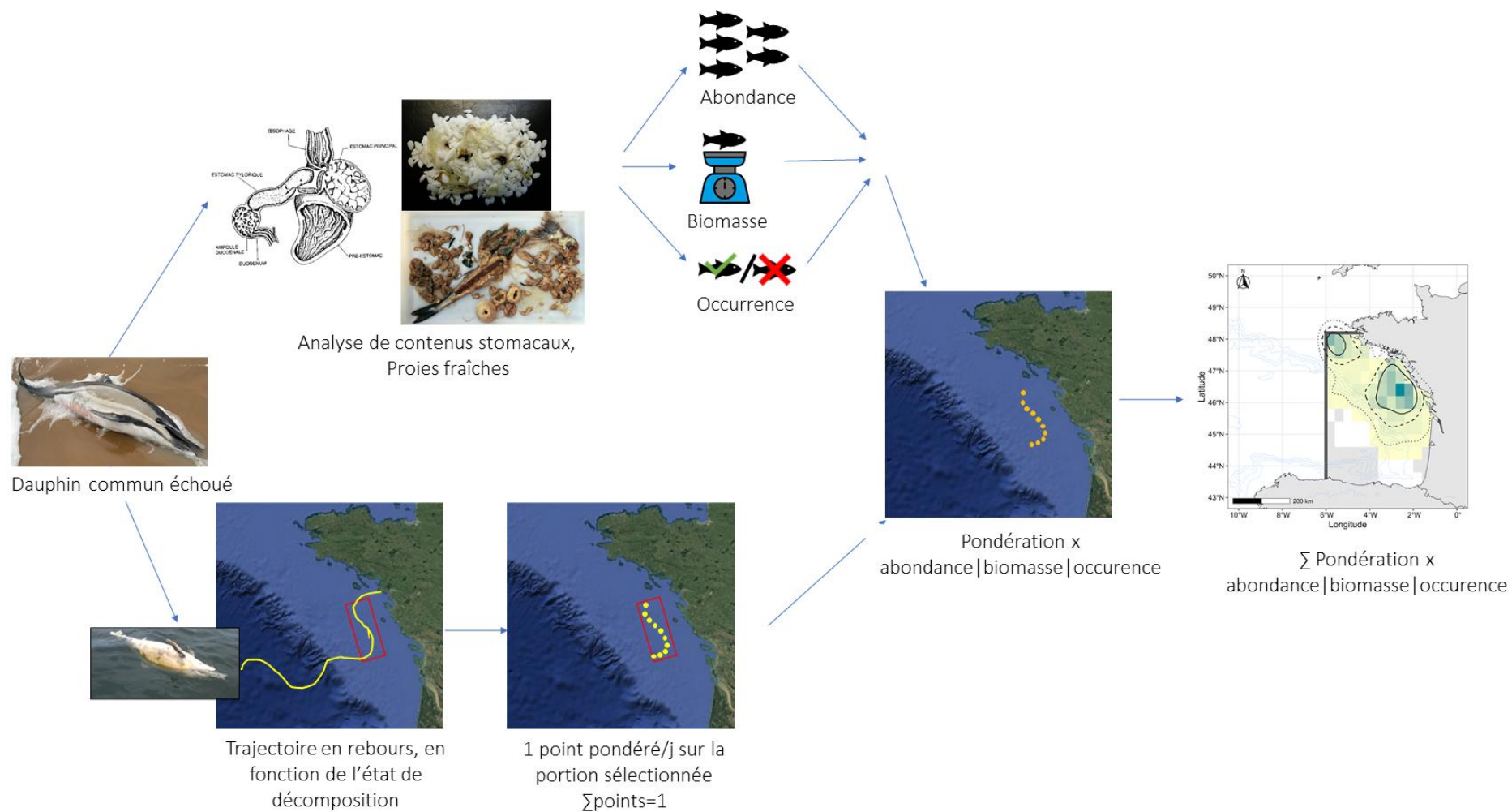
Enfin, pour chaque individu et pour chaque espèce de proie présente dans son estomac, la pondération est multipliée par l'abondance de la proie, ou sa biomasse, ou seulement la valeur 0 ou 1 pour l'occurrence de l'espèce.

A l'échelle de la période considérée (ancienne ou récente), la somme des pondérations multipliée par la biomasse/abondance/occurrence de la proie dans chaque estomac permet de cartographier la distribution des proies fraîches prédatées par les dauphins avant leur mort.

La méthode de "block averaging" a été utilisée afin de lisser spatialement l'origine probable des échouages (Petitgas et al., 2014; Peltier et al., 2020). Cette méthode moyenne des données par bloc sur une grille de $0,4^\circ \times 0,4^\circ$, allant de 43°N à 47°N , et de 1°W à 4°W , et peut être comparée à une interpolation par kernels.

L'ensemble des analyses a été réalisé sous R version 4.3.1, et utilise le package ggplot2 (Wickham, 2016).

Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux



2.3 RESULTATS & DISCUSSION

Les respatialisations des individus dont les estomacs ont été analysés permettent d'obtenir des cartes renseignant l'effort d'échantillonnage du golfe de Gascogne par les dauphins considérés ici comme échantillonneurs biologiques (Figure 1). Pour les deux périodes, l'intégralité du plateau continental du golfe de Gascogne est couverte mais la zone où l'effort (i.e., le nombre d'estomacs) est le plus important varie entre les deux périodes. Dans les deux cas la partie centrale du golfe fait l'objet d'un effort important mais pour la période ancienne cet effort s'étendait vers le sud du golfe de Gascogne alors que sur la partie récente le sud Bretagne est mieux représenté. Ces différences d'effort doivent être considérées comme une limite dans l'interprétation et la comparaison des différentes cartes. Néanmoins, pour les comparaisons entre les deux périodes, il peut être posé l'hypothèse H0 que les distributions de poissons n'ont pas évolué entre les deux périodes étudiées. En conséquence, les différences dans leurs distributions devraient correspondre aux différences d'effort d'échantillonnage ; ou l'hypothèse H1 les distributions ont changé au cours du temps, alors en fonction des espèces les changements spatiaux devraient être différents de ceux dus uniquement à l'effet de l'échantillonnage.

Les cartes produites pour chacune des espèces proie peuvent être en fonction du nombre d'individus de l'espèce proie considérée présents dans les estomacs (carte d'abondance : Figures 2 à 9), de la biomasse totale de ces individus (carte en biomasse : Figures 10 à 17) ou uniquement construites sur la base de la présence ou de l'absence de l'espèce proie considérée dans les estomacs (cartes d'occurrence : Figures 18 à 25). La nature de l'échantillonneur utilisé, ici le contenu stomacal d'un dauphin mort par capture accidentelle, doit être considéré dans l'interprétation des cartes. Ainsi contrairement à des stations de chalutages protocolées dans le cadre d'une campagne scientifique où la durée des traits de chaluts (i.e., le temps de pêche) est contrôlée, ici l'effort de pêche de chaque dauphin n'est pas connu et donc peut varier d'un individu à l'autre en fonction du temps entre le début des interactions alimentaires et le moment de la mort. Néanmoins, il n'y a *a priori* pas de raisons que cette variabilité interindividuelle soit spatialement hétérogène. Ainsi, l'approche développée pour être rapprochée d'une estimation par CPUE (capture par unité d'effort) où le dauphin serait l'unité d'effort à l'instar de CPUE exprimée par bateau ou engin de pêche dont les temps effectifs de pêche ne sont pas bien évalués, mais dont on suppose que les variations d'abondances observées soient en partie le reflet d'un changement de disponibilité de l'espèce évaluée. Les cartes produites sont aussi sous le filtre de la sélection en taille exercée par le dauphin commun, elles ne représentent pas ainsi la distribution de l'ensemble de l'espèce notamment pour les espèces pouvant atteindre de grande taille comme le merlu ou le chinchard mais la gamme de taille ciblée par le prédateur (Annexe 1 ; Faure et al., 2025).

Les cartes d'abondance et de biomasse présentent des patrons spatiaux très proches et peuvent être considérées conjointement. D'importantes différences interspécifiques existent tant sur la répartition des espèces au sein du golfe que sur l'évolution de leur distribution entre les deux périodes, ce qui permet de rejeter l'hypothèse que les patrons spatiaux observés ne sont dus qu'à une hétérogénéité de l'effort d'échantillonnage.

La prédation de la sardine était essentiellement localisée dans la période ancienne sur la partie sud du golfe de Gascogne, pour la période récente la distribution reflète plus étroitement l'effort de l'échantillonnage avec la partie centrale du golfe et le sud Bretagne. La zone centrale présente un effort d'échantillonnage proche entre les deux périodes ; or cette zone est peu marquée sur la période ancienne suggérant un effort de prédation qui a progressé vers le nord pour cette espèce. L'espèce est absente dans l'extrémité sud du golfe pour la période récente

La prédation de l'anchois était essentiellement localisée dans la période ancienne au large de Vendée. Pour la période récente la distribution est plus sud et plus proche de la côte dans des secteurs soumis notamment au panache de la Gironde. L'espèce absente du nord du golfe dans la période ancienne est aujourd'hui retrouvée jusqu'en Bretagne bien que dans de faibles proportions par rapport à l'effort d'échantillonnage. A l'inverse, comme la sardine, elle semble avoir disparu de l'extrémité sud du golfe.

Le cœur de la distribution de la zone de prédation du sprat semble n'avoir pas évolué et reste localisé au large des côtes de Vendée et de Charente-Maritime. Une extension de la distribution peut être relevée mais à mettre en lien avec l'augmentation de l'importance de l'espèce dans l'alimentation du dauphin.

Le chinchard était une proie très abondante dans le régime alimentaire du dauphin commun entre 1999 et 2006, sa prédation apparaît néanmoins très localisée au large des côtes vendéenne à cette période. Entre 2017 et 2019, l'importance de l'espèce a largement diminué dans l'alimentation du dauphin commun mais le cœur de la distribution de sa prédation semble s'être déplacé vers le sud et étendu vers la côte. Comme les autres petits poissons pélagiques, la distribution générale s'est décalée vers le nord, l'espèce n'est plus retrouvée à l'extrémité sud du golfe contrairement au nord où elle était absente sur la période ancienne. Comme pour le sprat, le cœur de la distribution de la zone de prédation des lançons semble n'avoir pas évolué et reste localisée au large des côtes de Vendée et de Charente-Maritime. Une extension de la distribution peut être relevée mais à mettre en lien avec l'augmentation de l'importance de l'espèce dans l'alimentation du dauphin et un effort d'échantillonnage plus important en Bretagne.

Contrairement aux espèces pélagiques, les espèces plus démersales, le merlu et le merlan bleu, présentent des patrons de distributions et des évolutions temporelles bien différentes. Ces deux espèces apparaissent être distribuées plus au large : le cœur de la distribution de leur zone de prédation a évolué du large de la Vendée au sud du golfe de Gascogne. Ce changement de distribution est d'autant plus notable qu'il est à l'opposé de l'effort d'échantillonnage (e.g., plus marqué au sud durant la période ancienne).

Les cartes d'occurrences présentent des enveloppes spatiales plus larges car dans ce cas un estomac avec un seul individu de l'espèce ou un très grand nombre aura le même poids dans l'analyse et les espèces considérées présentent des distributions étendues sur le golfe de Gascogne. L'étendue de ces distributions se rapprochent plus alors d'une aire de répartition dans la zone et apparaissent cohérentes avec les connaissances sur les différentes espèces et la variabilité entre les deux périodes. Les zones où les occurrences sont les plus hautes semblent dominées par les différences d'effort entre les périodes, à l'exception des espèces plus démersales, le merlu et le merlan bleu, qui semblent plus présents au sud du golfe dans la période récente.

En conclusion, ce travail démontre la faisabilité de produire des cartes de distribution de poissons à travers la spatialisation de contenus stomacaux de dauphins échoués. L'interprétation de ces cartes doit être classiquement fait en fonction de la sélectivité de l'échantillonneur utilisé, ici le dauphin commun, quant aux espèces et aux gammes de taille représentées. Ces mêmes précautions et limites existent pour toutes les techniques d'échantillonnages de poissons marins. L'effort d'échantillonnage à la fois en termes de répartition spatiale des estomacs et de l'effort de pêche de chaque dauphin peut affecter également la représentativité à l'échelle du golfe de Gascogne, notamment les zones de faibles densités de poissons ou d'absence peuvent être sous-estimées. Néanmoins les zones représentant les cœurs de distribution de la prédation reflètent bien des secteurs où l'espèce est abondante. Les différences de distribution entre les espèces et entre les périodes confortent également l'hypothèse que les cartes observées ne sont pas le seul fruit de biais d'échantillonnage, tout du moins pour une analyse relative. Ainsi les cartes mettent en évidence des patrons spatiaux différents en fonction des espèces des zones où elles sont principalement prédatées par le dauphin commun. L'alimentation de ce prédateur n'est pas spatialement homogène, l'image moyenne de l'alimentation offerte par l'analyse des contenus stomacaux n'est pas pleinement retrouvée spatialement. Par contre, il est difficile de conclure quant à la représentativité de ces distributions observées par le prisme des estomacs de dauphins par rapport à la distribution réelle des différentes espèces de poissons. Il faudrait notamment pouvoir comparer différentes approches échantillonnées simultanément pour tester cette représentativité. Néanmoins certains patrons observés apparaissent cohérents avec les savoirs généraux sur la distribution des différentes espèces de poissons étudiés, une analyse plus détaillée devra être menée en ce sens avec les données et la littérature disponibles.

3 Cartographie de distribution des proies prédatées par les dauphins communs

3.1 ZONES DE MORTALITE PROBABLE DES DAUPHINS COMMUNS ECHOUES

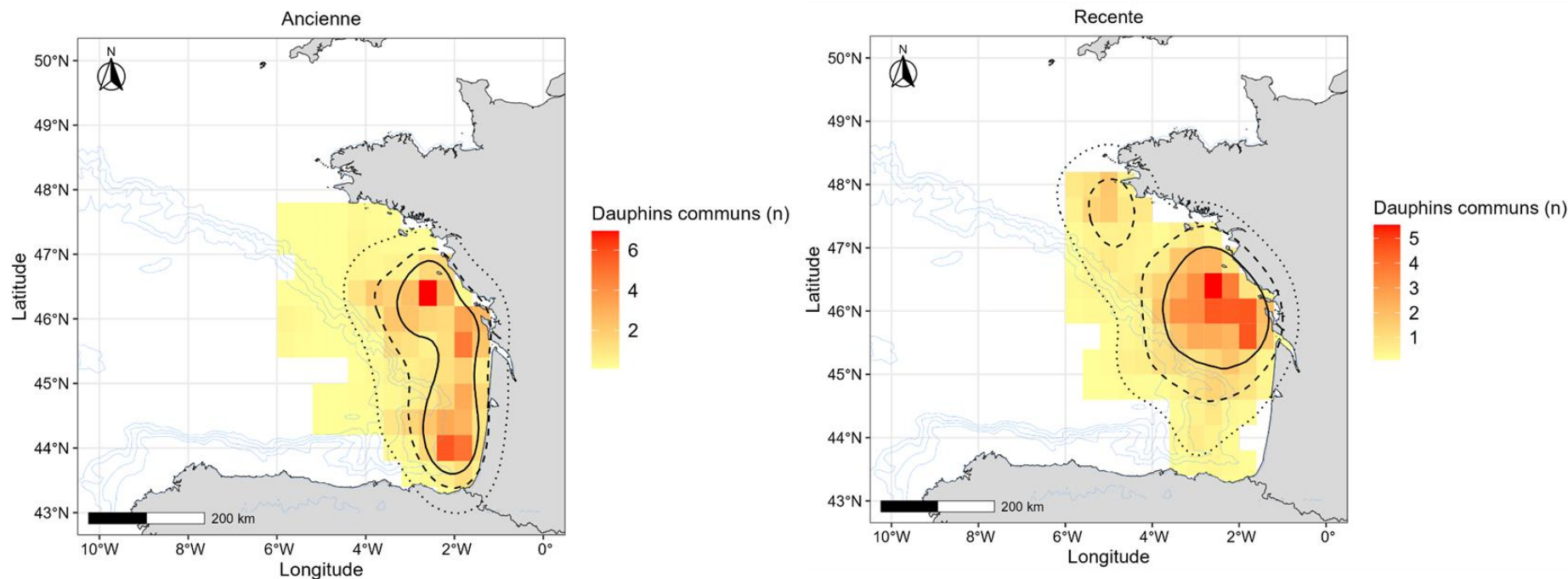


Figure 1 : Origine probable des dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% des individus, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% des individus, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% des individus. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles.

3.2 ABONDANCE DES PROIES FRAICHES

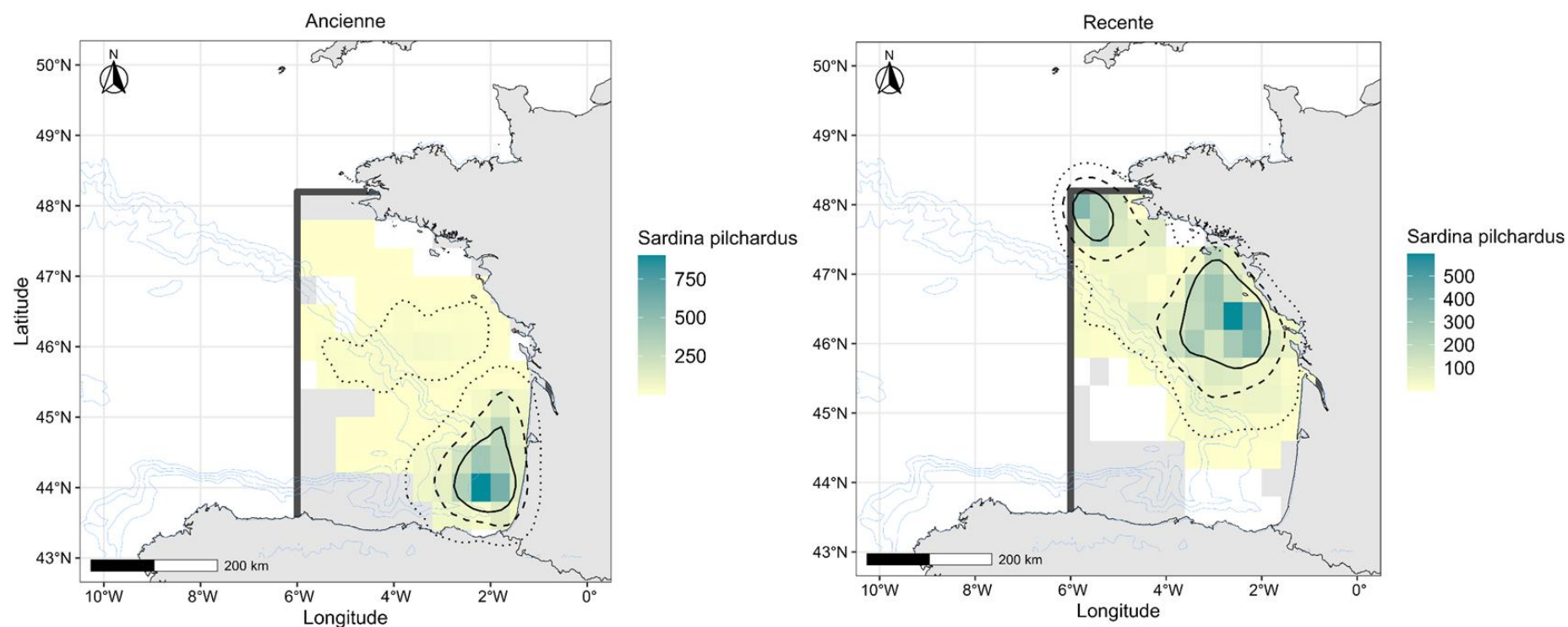


Figure 2 : Distribution spatiale de l'abondance des sardines *Sardina pilchardus* consommées par les dauphins communs avant leur mort (n individus). Les enveloppes pleines contiennent 50% des individus, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% des individus, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% des individus. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

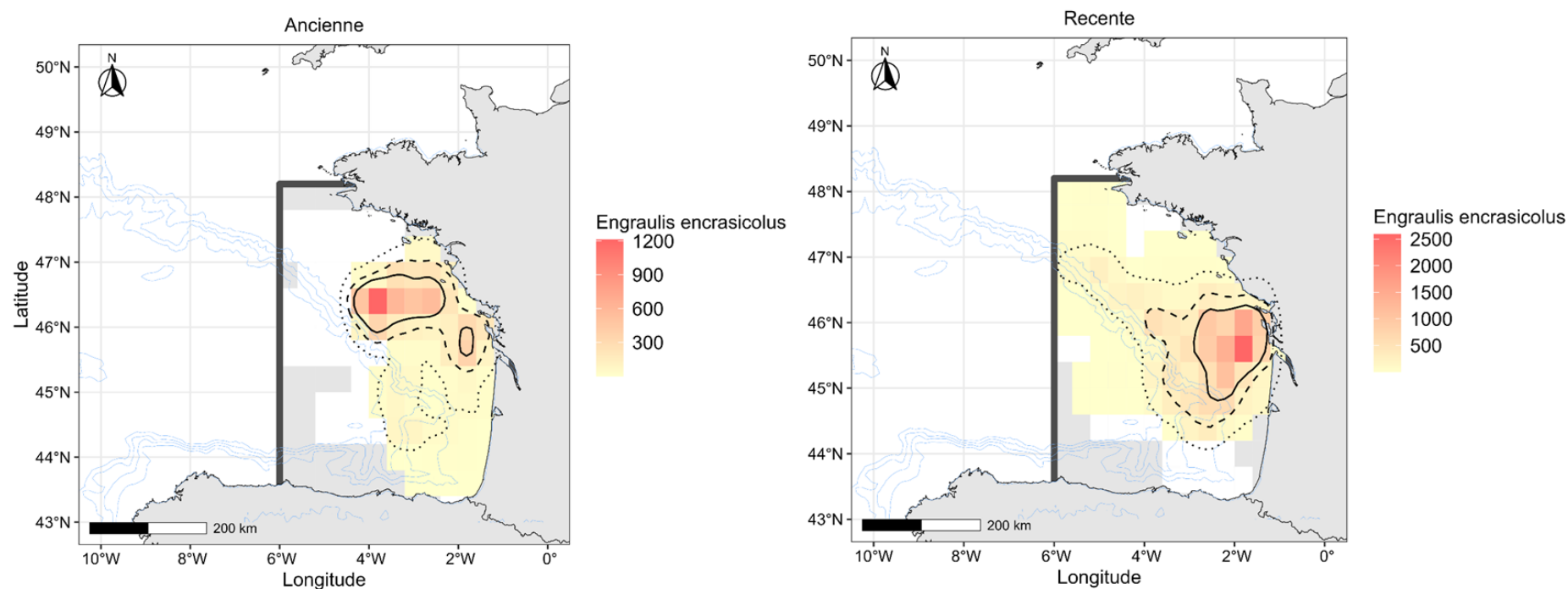


Figure 3 : Distribution spatiale de l'abondance des anchois *Engraulis encrasicolus* consommés par les dauphins communs avant leur mort (n individus). Les enveloppes pleines contiennent 50% des individus, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% des individus, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% des individus. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

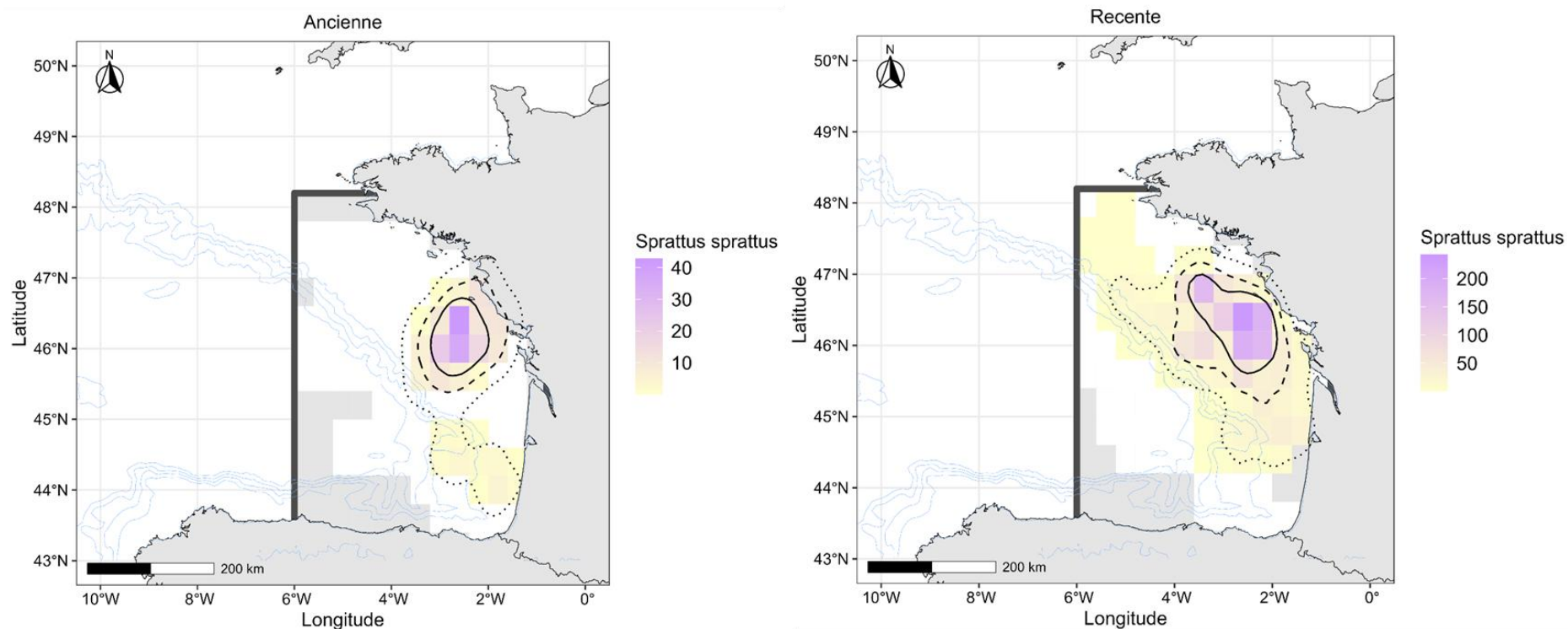


Figure 4 : Distribution spatiale de l'abondance des sprats *Sprattus sprattus* consommés par les dauphins communs avant leur mort (n individus). Les enveloppes pleines contiennent 50% des individus, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% des individus, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% des individus. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

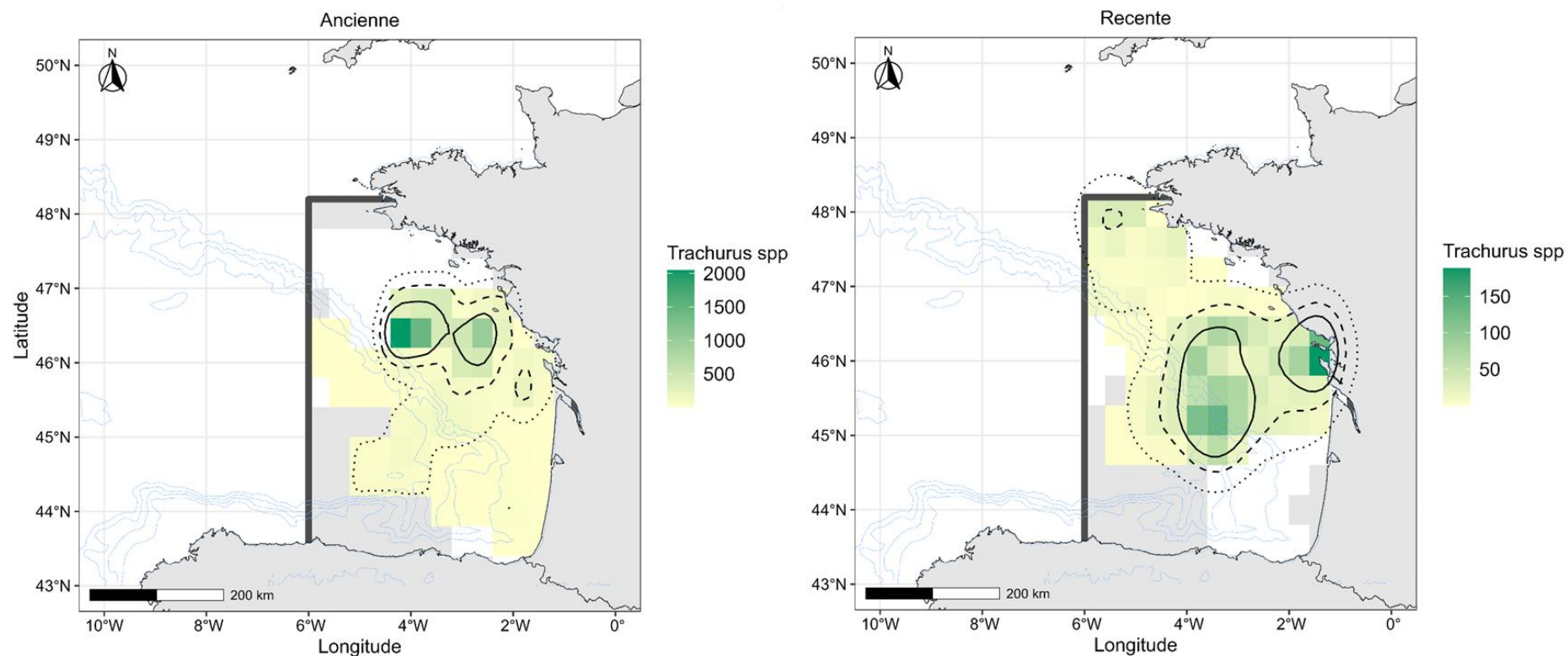


Figure 5 : Distribution spatiale de l'abondance des chinchards *Trachurus spp* consommés par les dauphins communs avant leur mort (n individus). Les enveloppes pleines contiennent 50% des individus, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% des individus, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% des individus. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

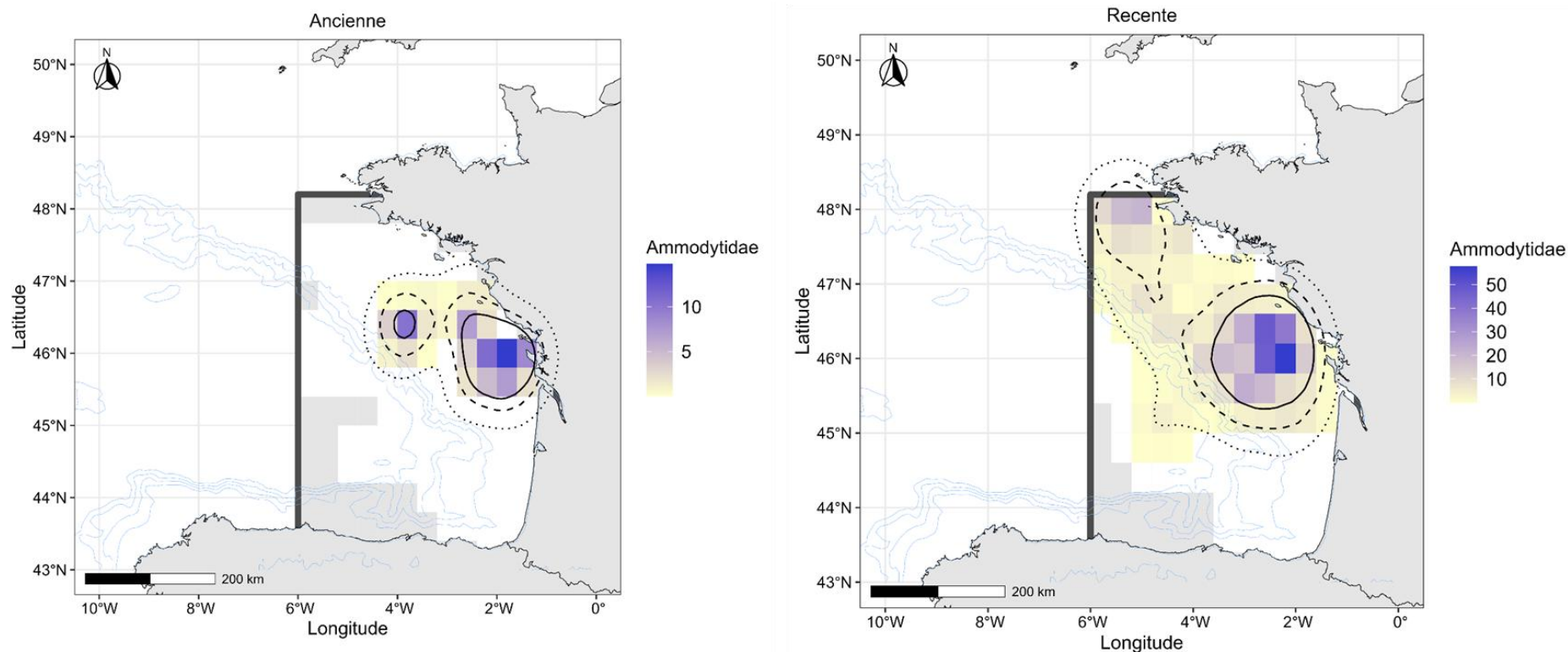


Figure 6 : Distribution spatiale de l'abondance des lançons *Ammodytidae* consommés par les dauphins communs avant leur mort (n individus). Les enveloppes pleines contiennent 50% des individus, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% des individus, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% des individus. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

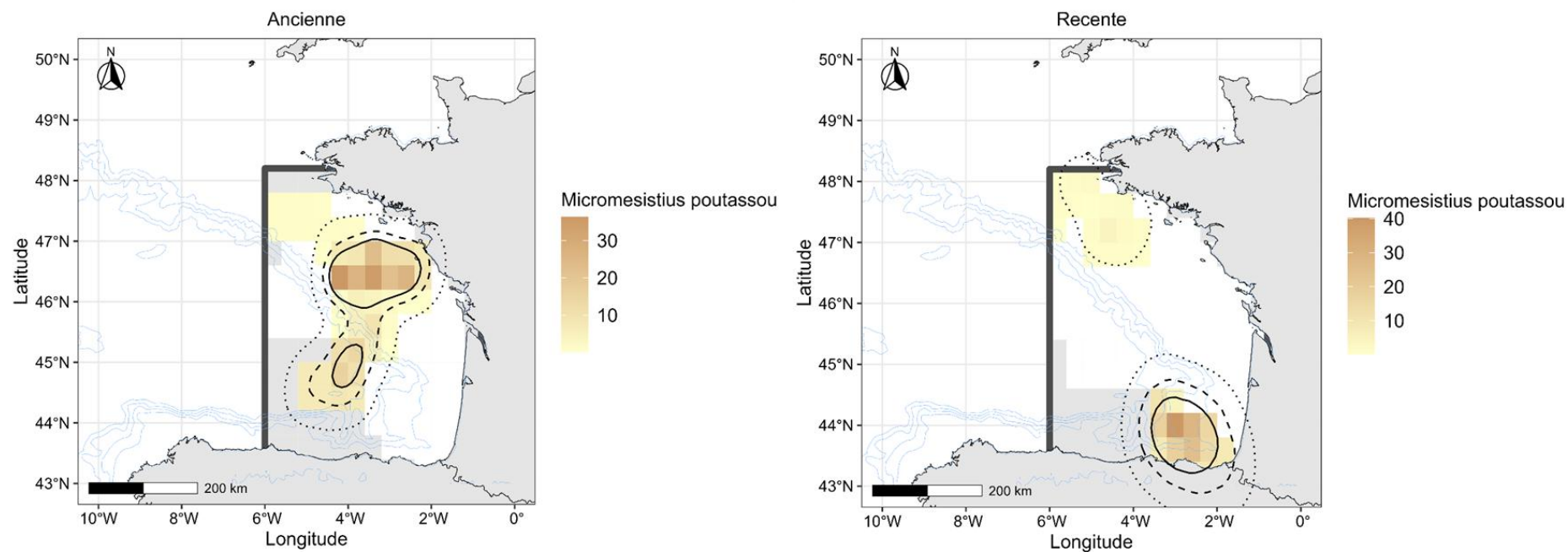


Figure 7 : Distribution spatiale de l'abondance des merlans bleus *Micromesistius poutassou* consommés par les dauphins communs avant leur mort (n individus). Les enveloppes pleines contiennent 50% des individus, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% des individus, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% des individus. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux

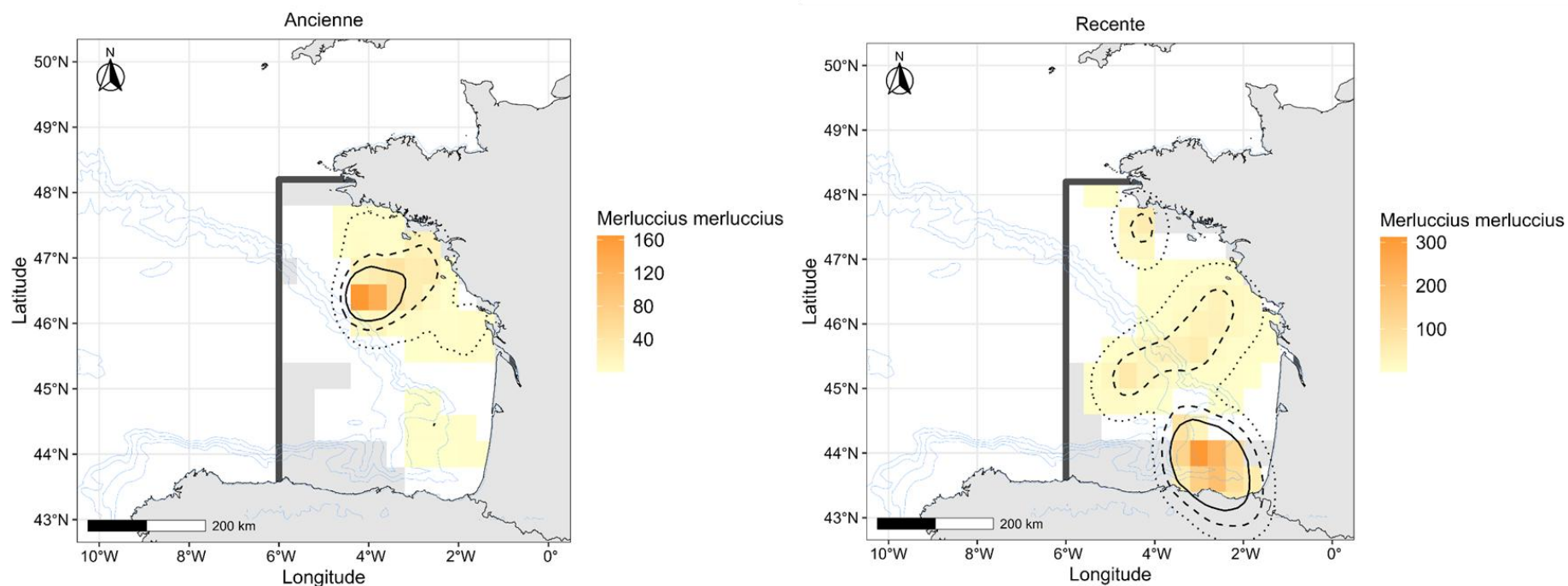


Figure 8 : Distribution spatiale de l'abondance des merlus *Merluccius merluccius* consommés par les dauphins communs avant leur mort (n individus). Les enveloppes pleines contiennent 50% des individus, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% des individus, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% des individus. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

3.3 BIOMASSE DES PROIES FRAICHES

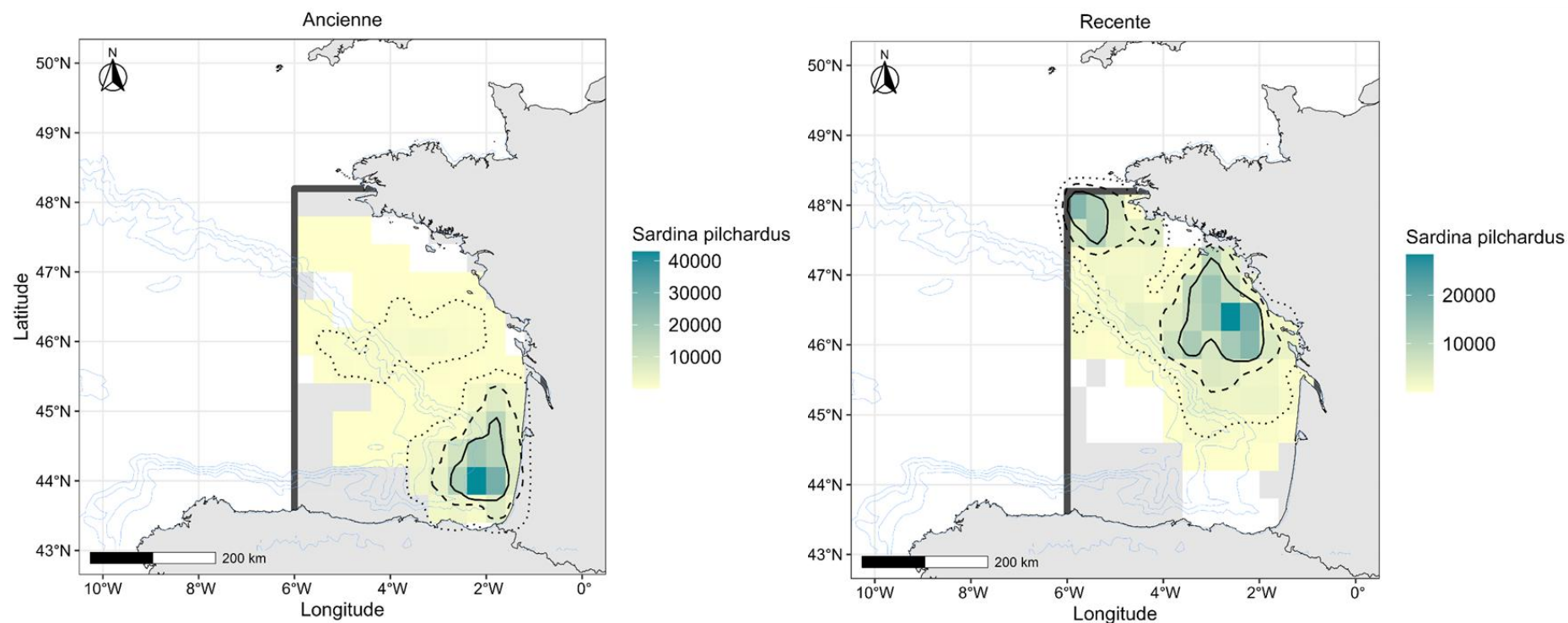


Figure 9 : Distribution spatiale de la biomasse des sardines *Sardina pilchardus* consommées par les dauphins communs avant leur mort (grammes). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux

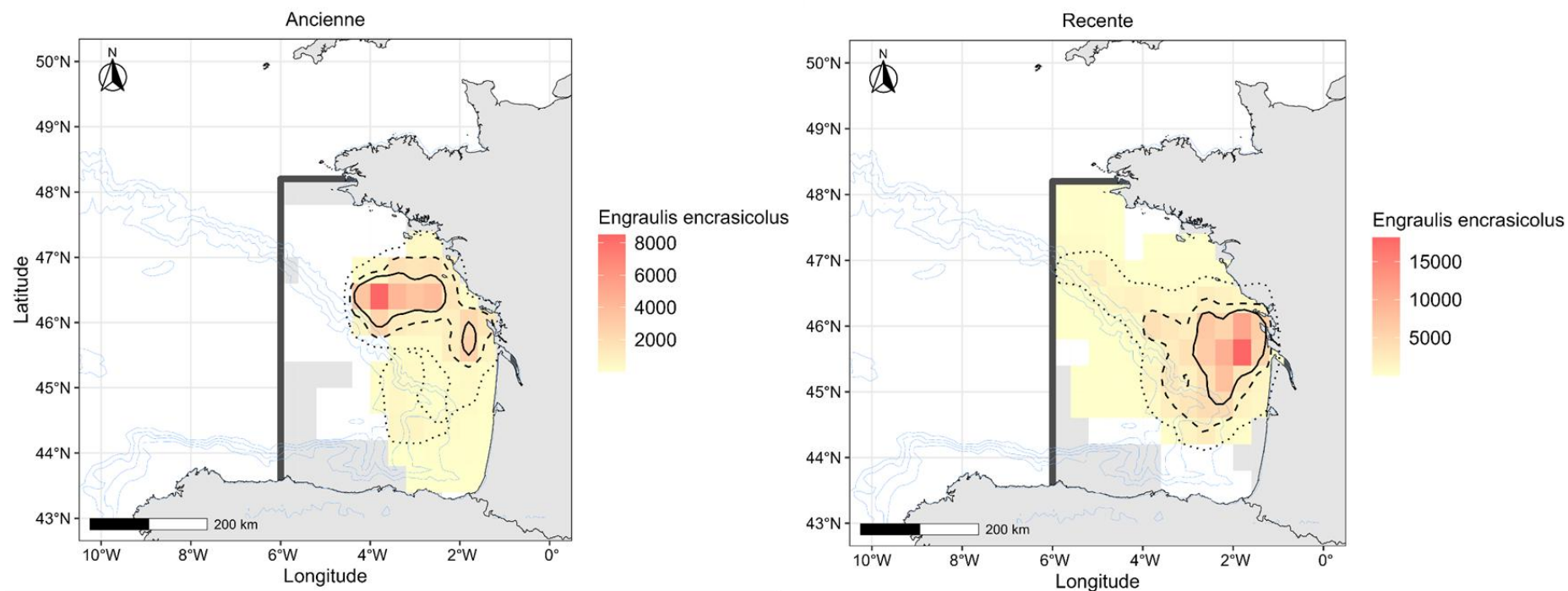


Figure 10 : Distribution spatiale de la biomasse des anchois *Engraulis encrasicolus* consommés par les dauphins communs avant leur mort (grammes). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

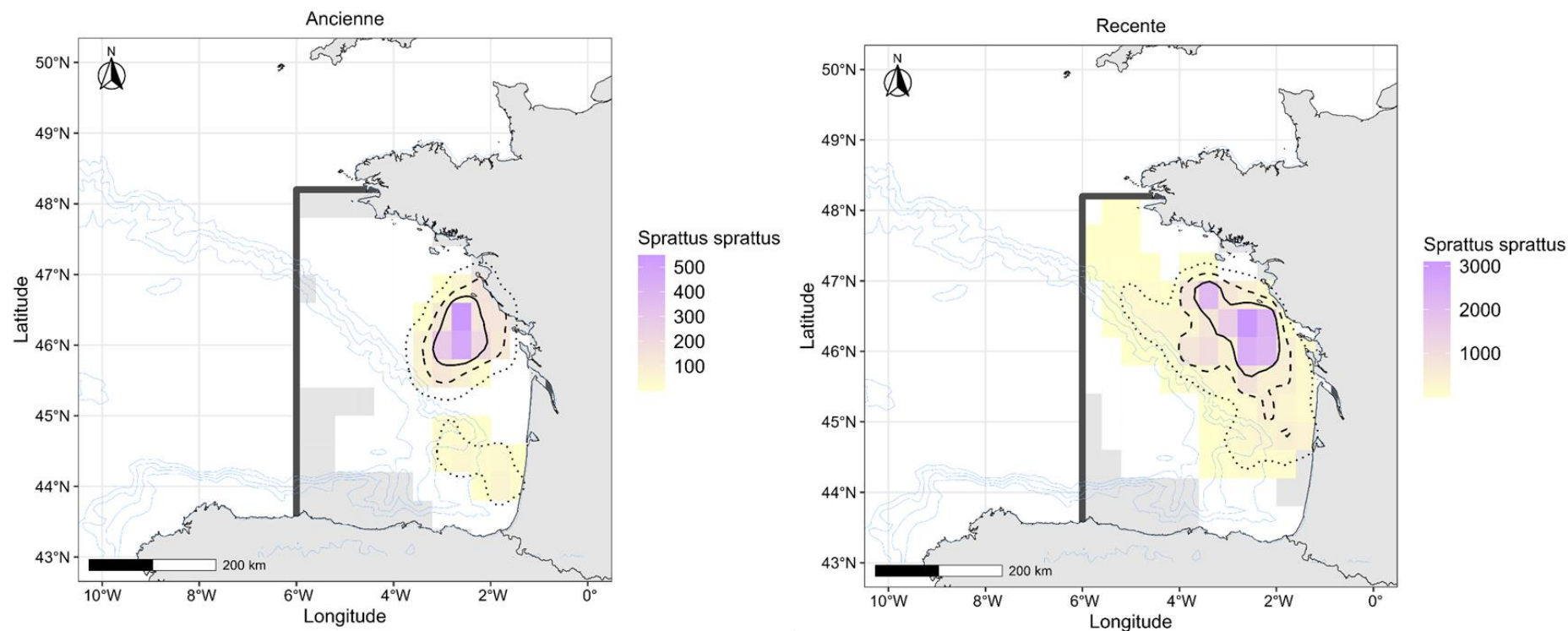


Figure 11 : Distribution spatiale de la biomasse des sprats *Sprattus sprattus* consommés par les dauphins communs avant leur mort (grammes). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux

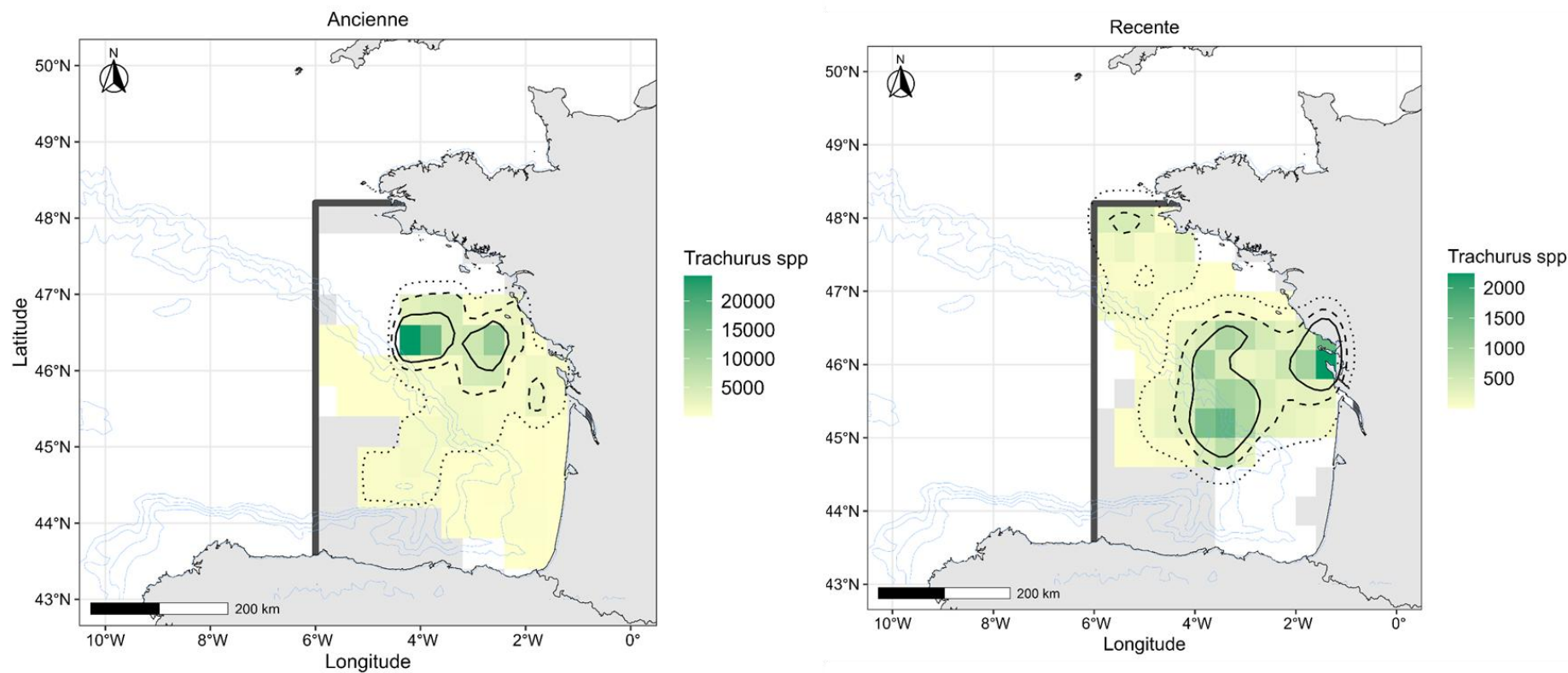


Figure 12 : Distribution spatiale de la biomasse des chinchards *Trachurus* spp consommés par les dauphins communs avant leur mort (grammes). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

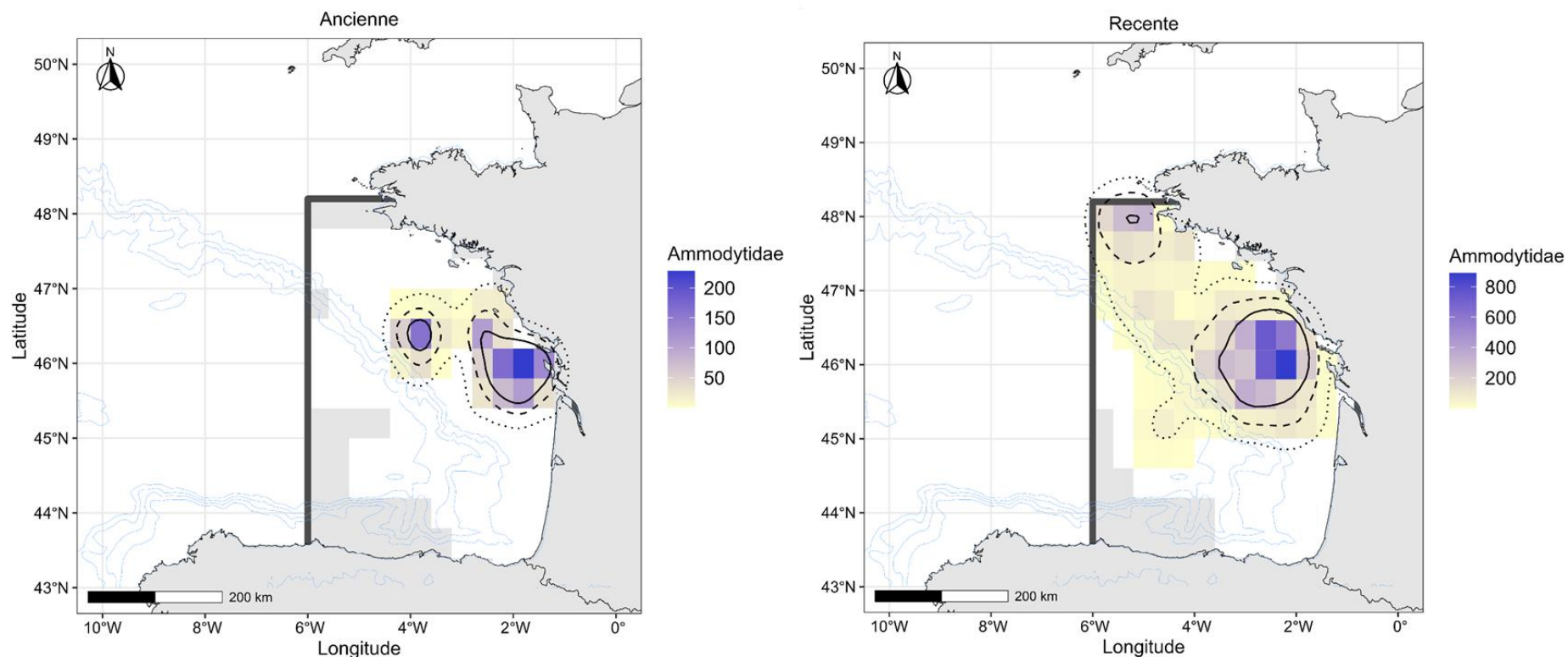


Figure 13 : Distribution spatiale de la biomasse des lançons Ammodytidae consommés par les dauphins communs avant leur mort (grammes). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux

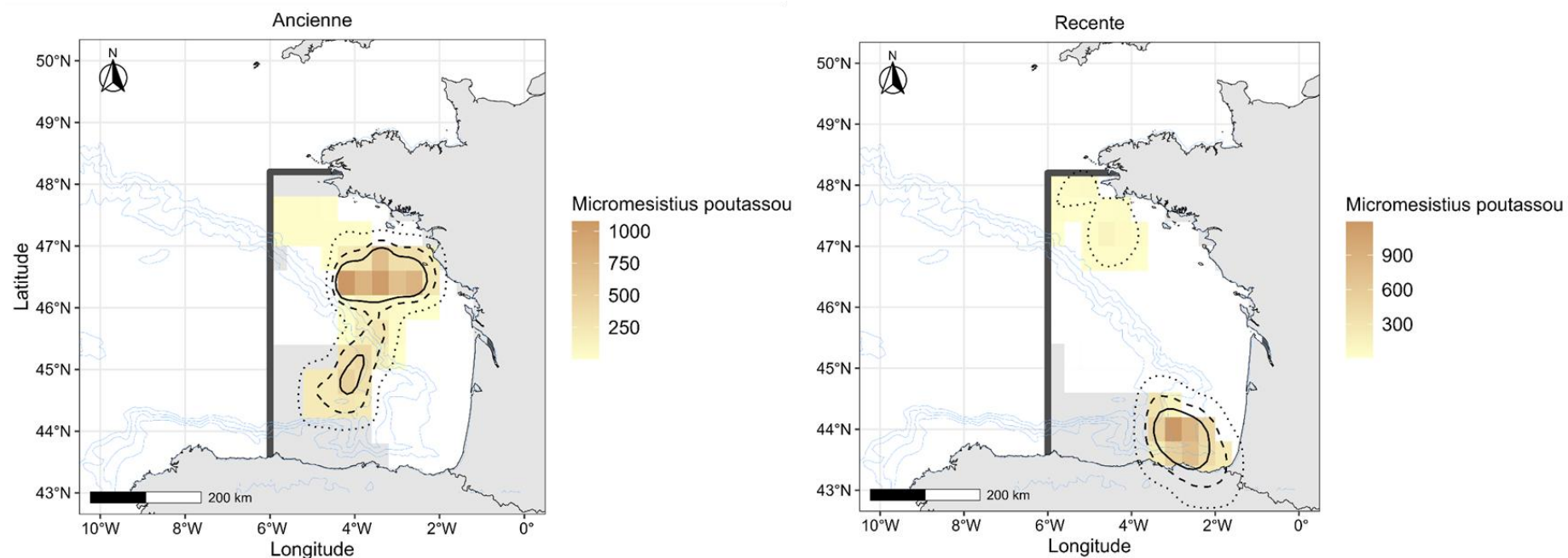


Figure 14 : Distribution spatiale de la biomasse des merlans bleus *Micromesistius poutassou* consommés par les dauphins communs avant leur mort (grammes). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

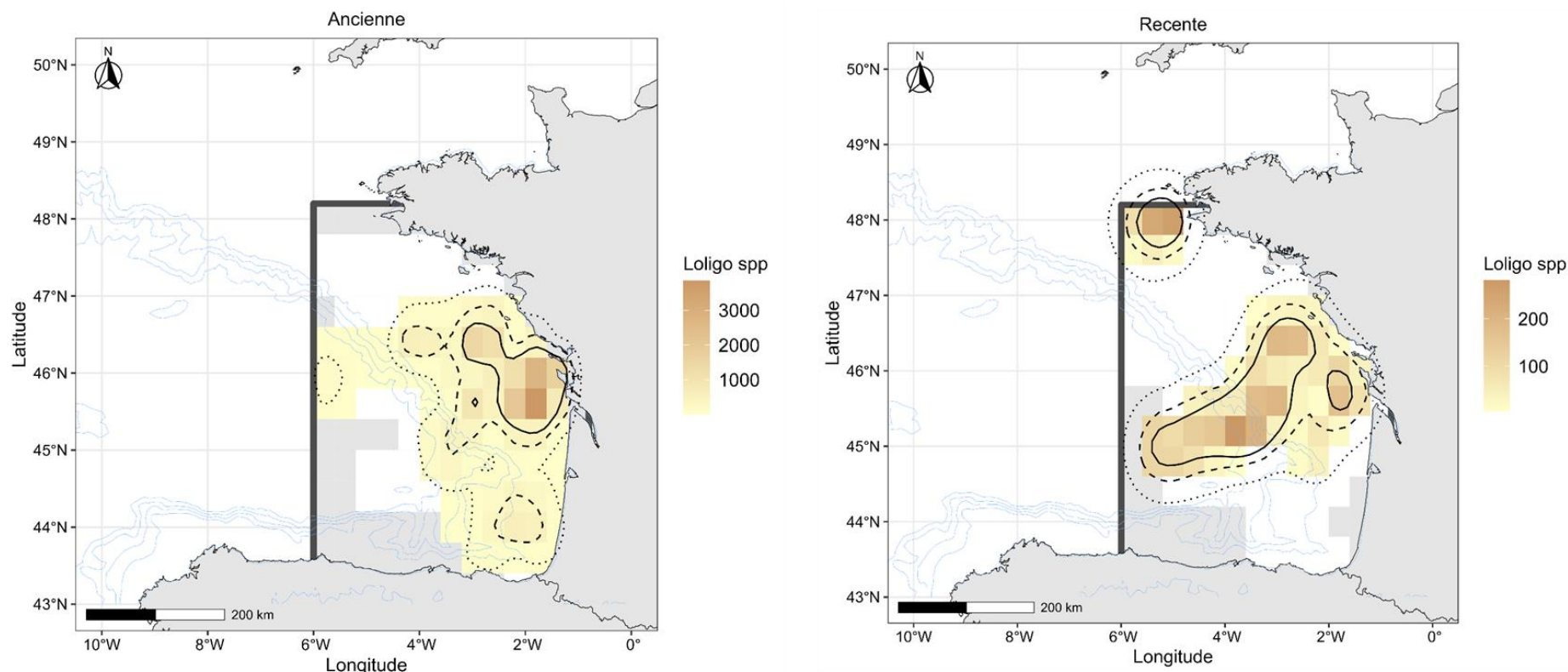


Figure 15 : Distribution spatiale de la biomasse des calmars du genre *Loligo* spp consommés par les dauphins communs avant leur mort (grammes). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux

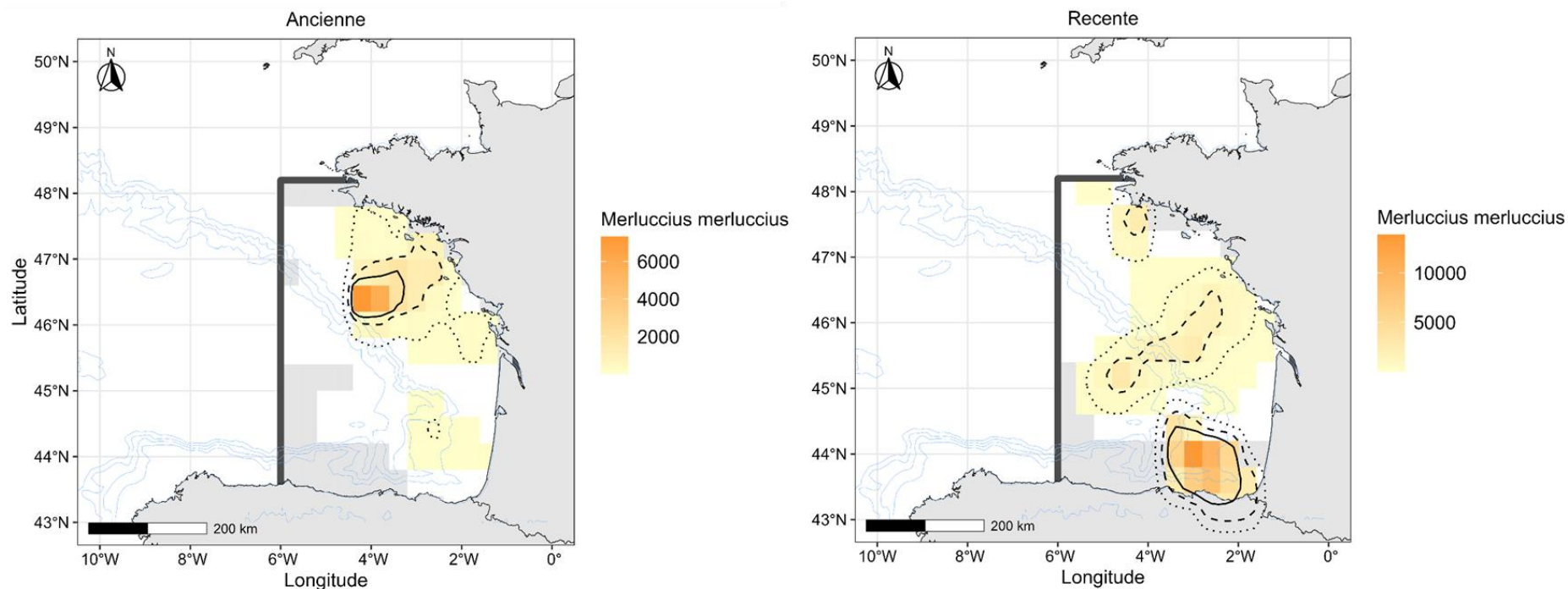


Figure 16 : Distribution spatiale de la biomasse des merlus *Merluccius merluccius* consommés par les dauphins communs avant leur mort (grammes). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

3.4 OCCURENCE DES PROIES FRAICHES

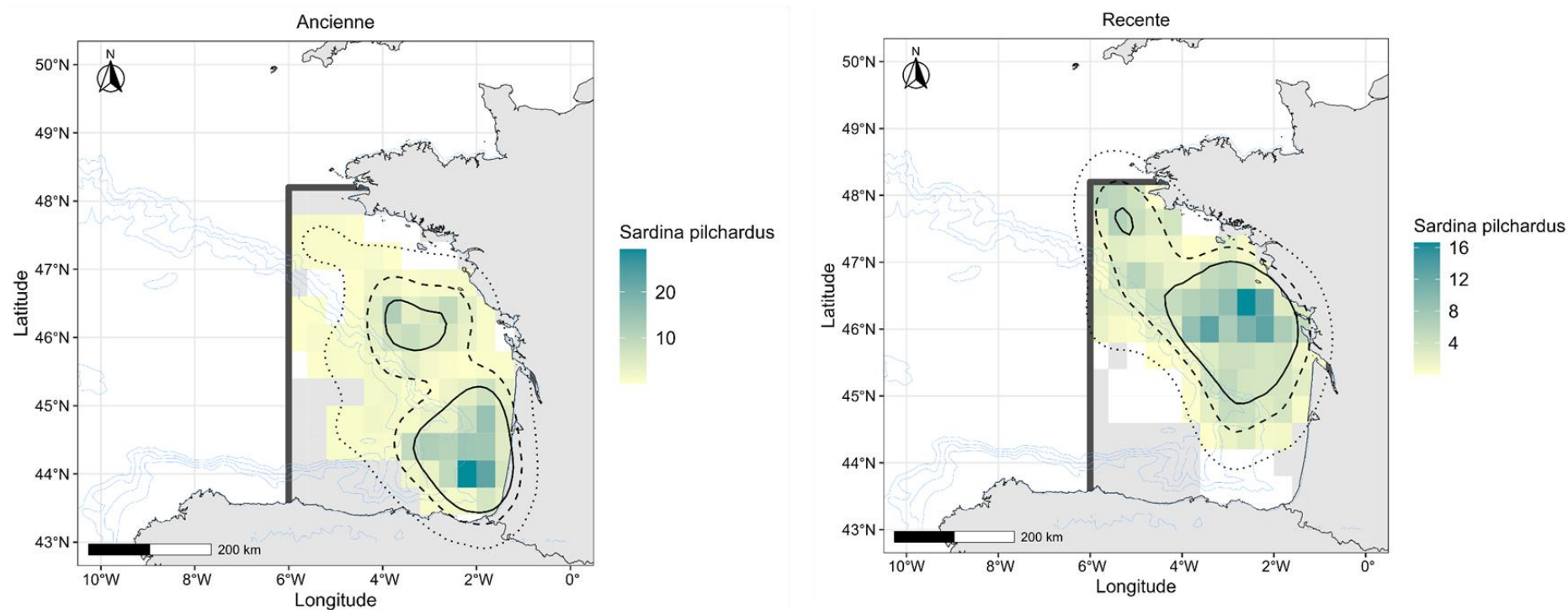


Figure 17 : Distribution spatiale de l'occurrence des sardines *Sardina pilchardus* dans les estomacs de dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

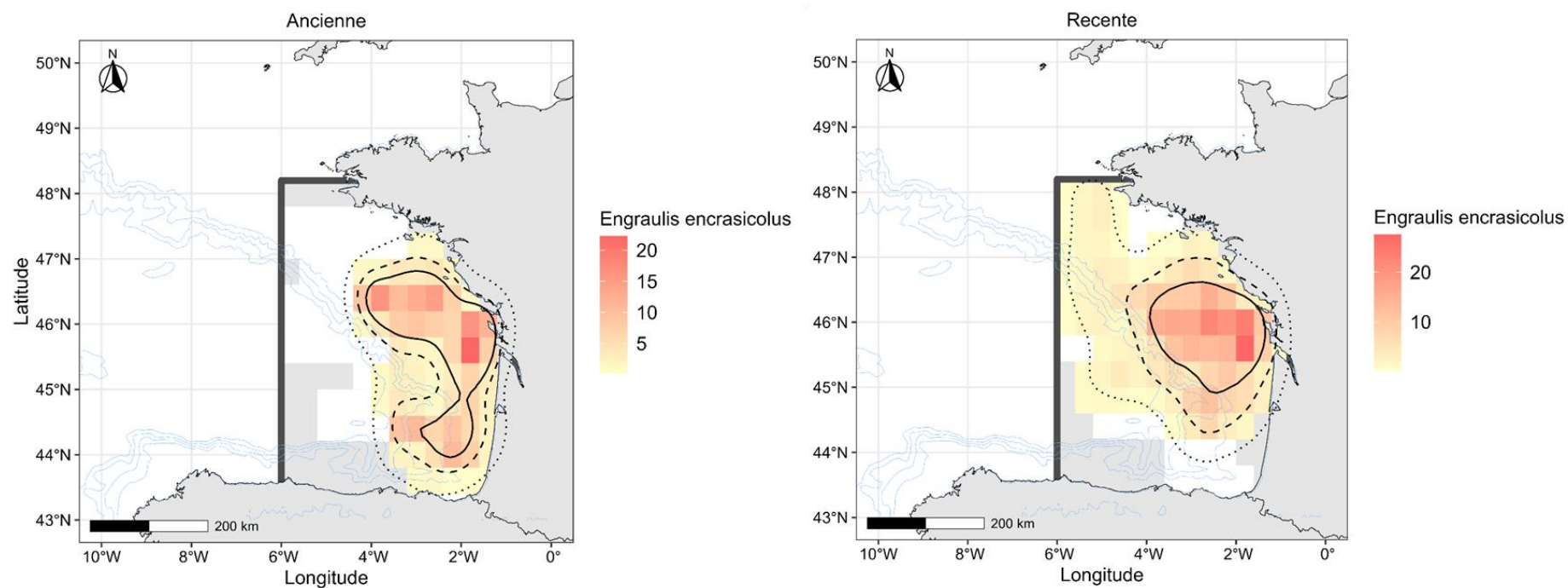


Figure 18 : Distribution spatiale de l'occurrence des anchois *Engraulis encrasicolus* dans les estomacs de dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

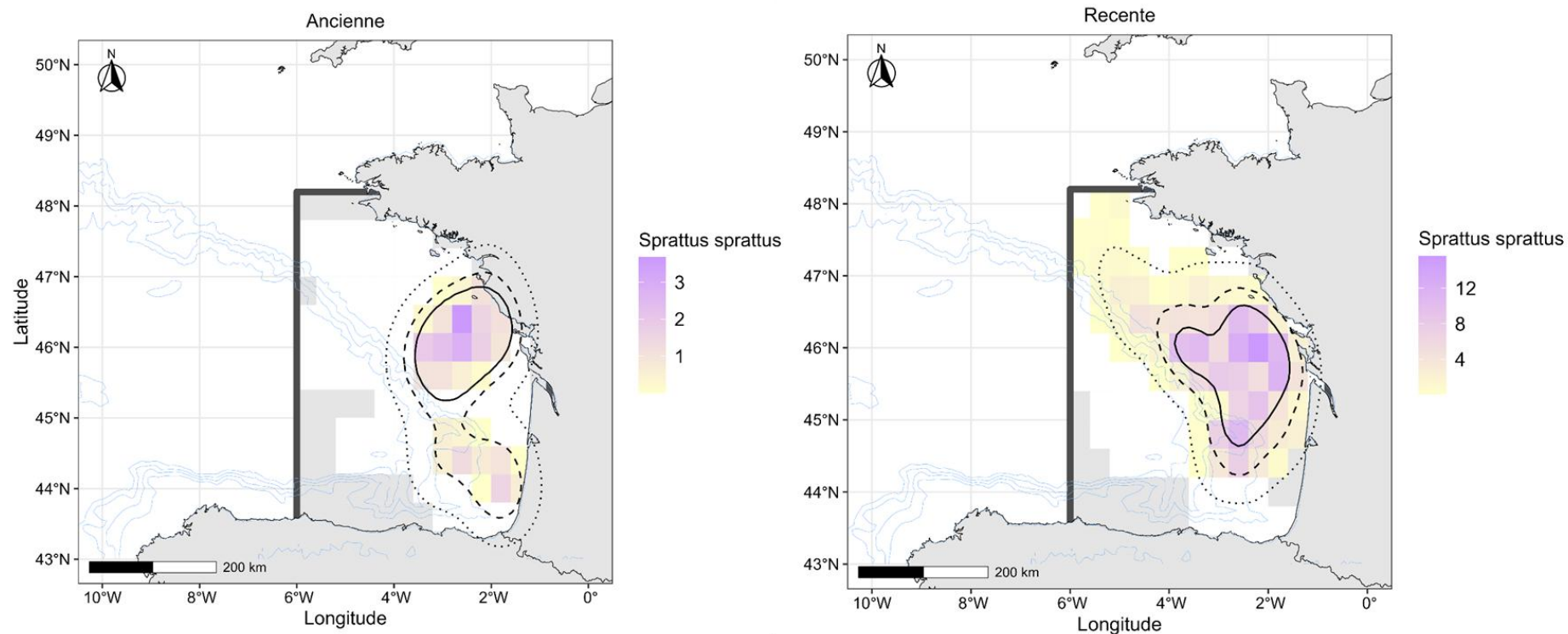


Figure 19 : Distribution spatiale de l'occurrence des sprats *Sprattus sprattus* dans les estomacs de dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux

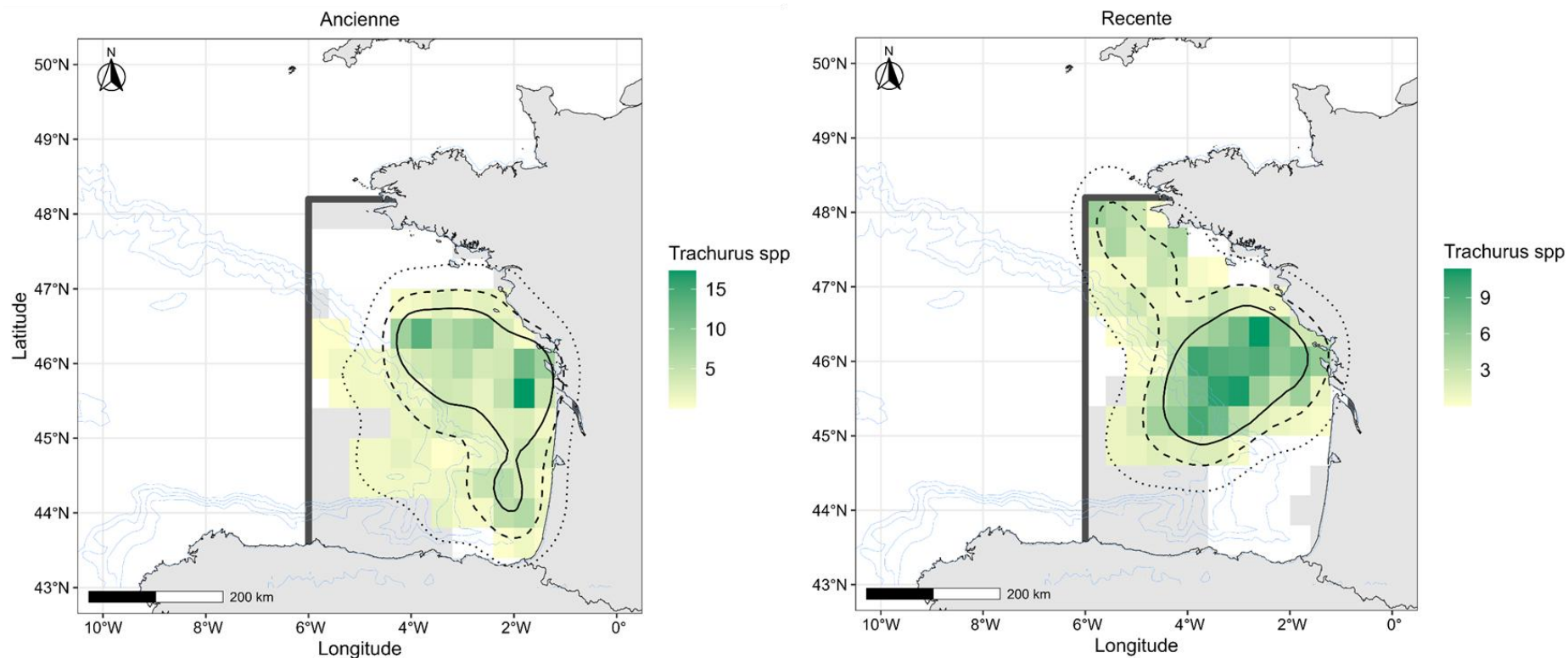


Figure 20 : Distribution spatiale de l'occurrence des chinchards *Trachurus* spp dans les estomacs de dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

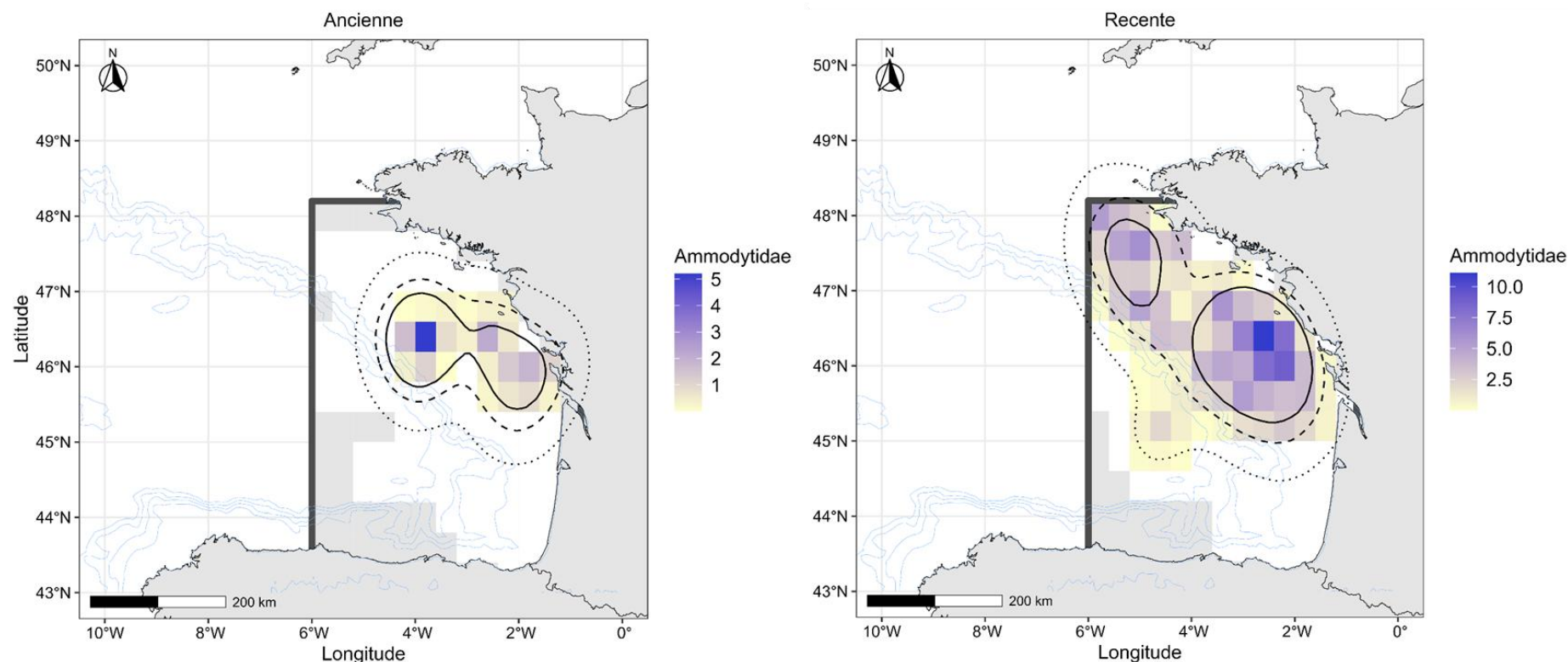


Figure 21 : Distribution spatiale de l'occurrence des lançons Ammodytidae dans les estomacs de dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

Carte de distribution des proies des dauphins d'après la re-spatialisation de leur contenus stomacaux

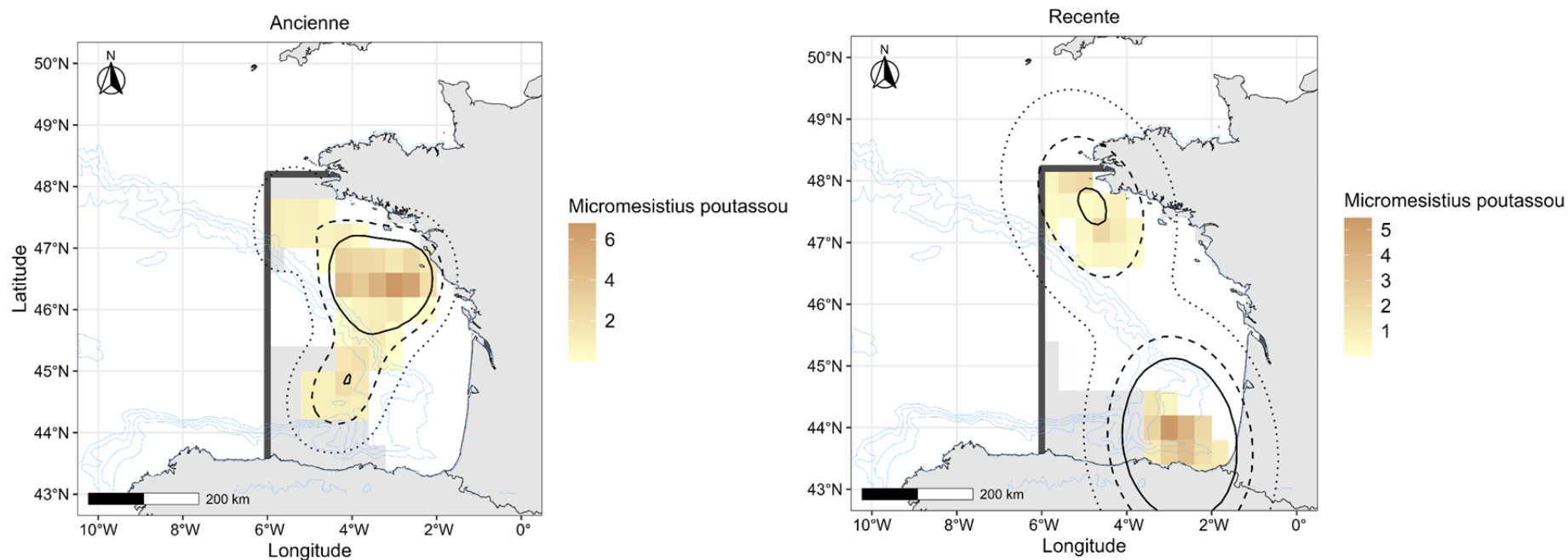


Figure 22 : Distribution spatiale de l'occurrence des merlans bleus *Micromesistius poutassou* dans les estomacs de dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

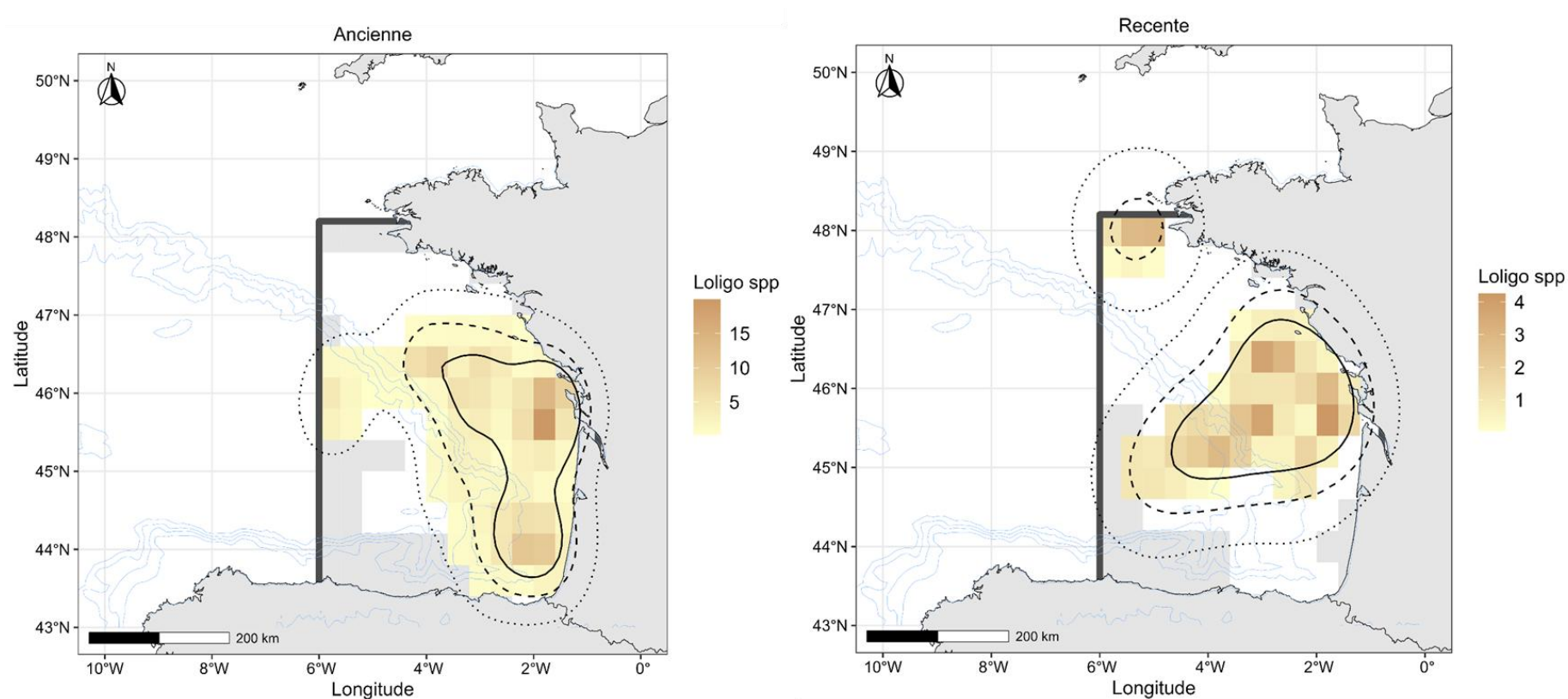


Figure 23 : Distribution spatiale de l'occurrence des calmars du genre *Loligo spp.* dans les estomacs de dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

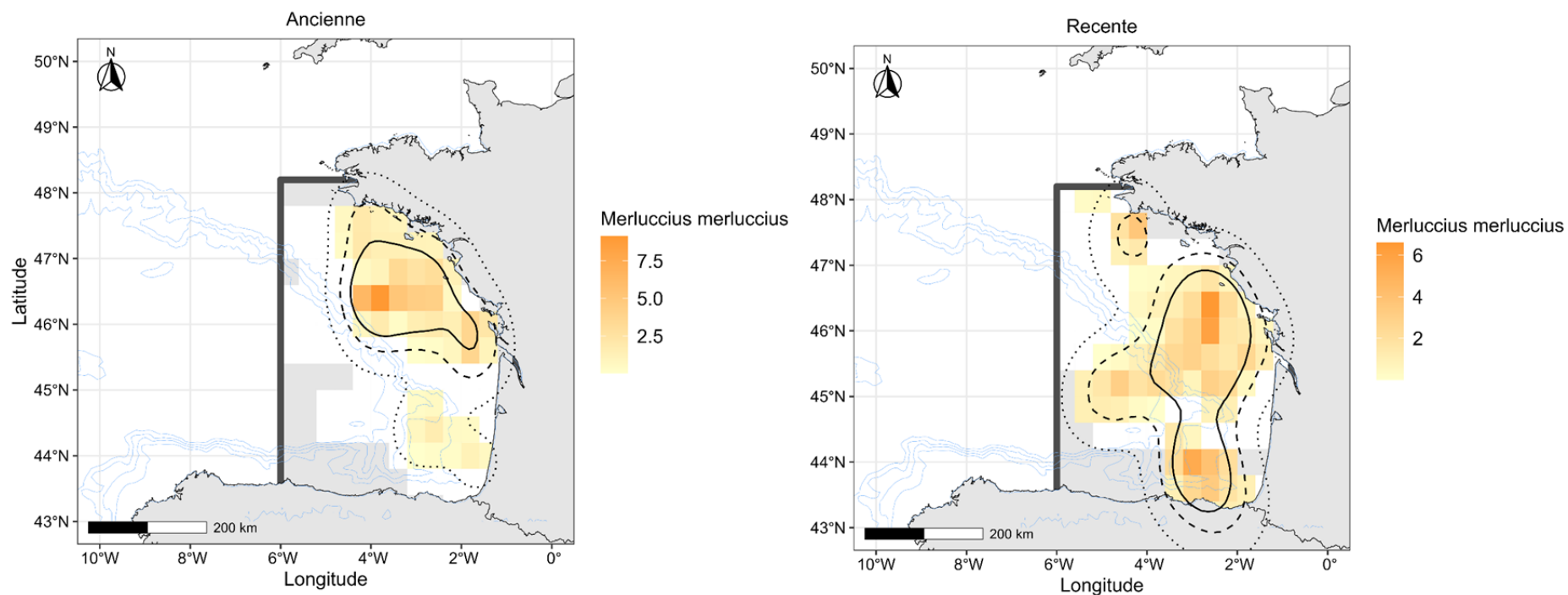


Figure 24 : Distribution spatiale de l'occurrence des merlus *Merluccius merluccius* dans les estomacs de dauphins communs retrouvés échoués (n dauphins). Les enveloppes pleines contiennent 50% de la biomasse, les enveloppes en pointillés long contiennent 75% de la biomasse, et les enveloppes en pointillés courts contiennent 95% de la biomasse. Attention, les cartes présentées selon la période ancienne et récente ne partagent pas les mêmes échelles. Dans la zone d'origine des carcasses (rectangle gris foncé), les cellules grises ne contiennent aucune information, alors que les cellules blanches sont des zones de mortalité probable de certaines carcasses, mais dans lesquelles la proie n'a pas été détectée.

4 Bibliographie

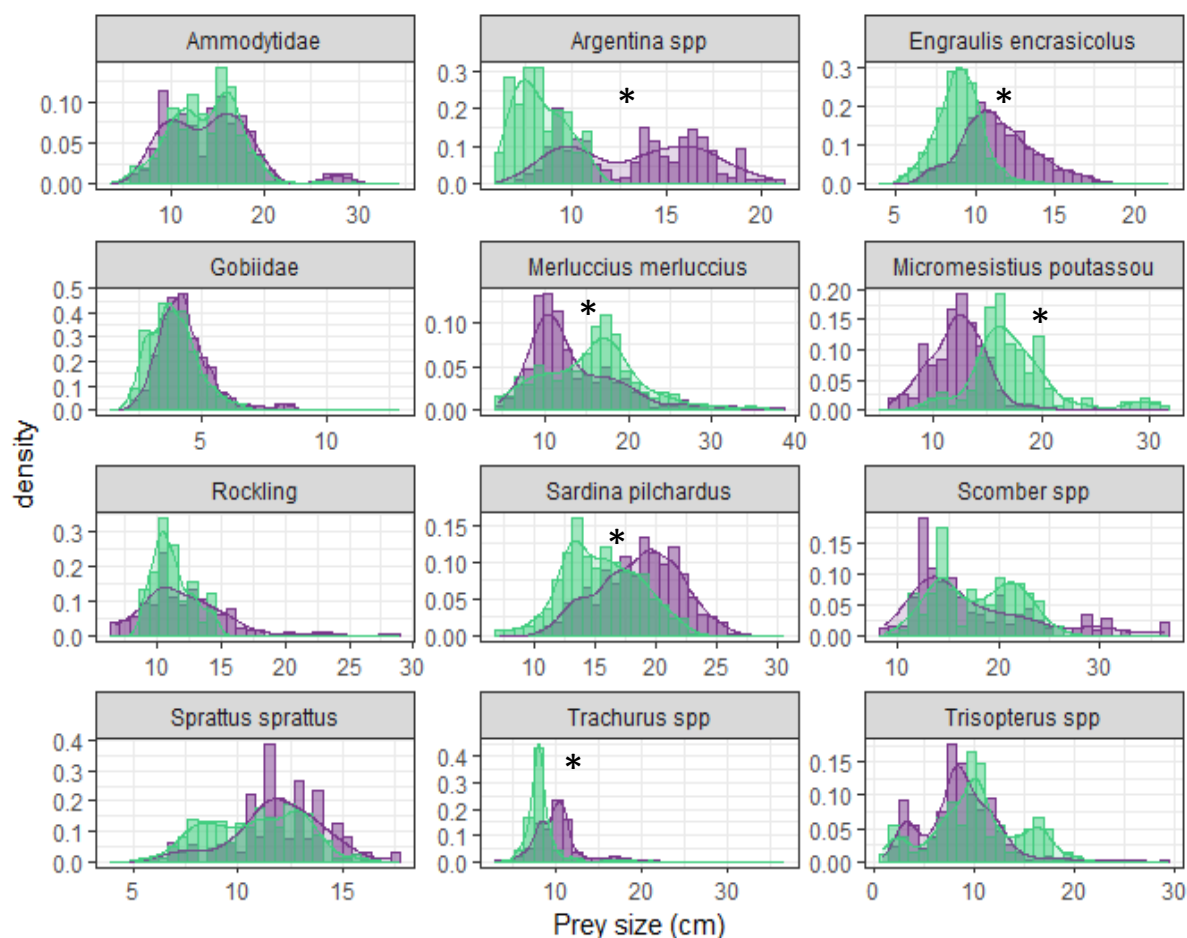
- Charrassin, J.-B., Hindell, M., Rintoul, S. R., Roquet, F., Sokolov, S., Biuw, M., et al. (2008). Southern Ocean frontal structure and sea-ice formation rates revealed by elephant seals. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 105, 11634–11639. doi: 10.1073/pnas.0800790105
- Cherel, Y., Duhamel, G., and Gasco, N. (2004). Cephalopod fauna of subantarctic islands: New information from predators. *Marine Ecology Progress Series* 266, 143–156.
- Daniel, P., Jan, G., Cabioc'h, F., Landau, Y., Loiseau, E., 2002. Drift Modeling of Cargo Containers. *Spill Sci. Technol. Bull.* 7, 279–288.
- Doray, M., Petitgas, P., Romagnan, J. B., Huret, M., Duhamel, E., Dupuy, C., et al. (2018). The PELGAS survey: ship-based integrated monitoring of the Bay of Biscay pelagic ecosystem. *Progress in Oceanography* 166, 15–29.
- Faure, J., Niol, J., Meheust, E., and Spitz, J. (2025). Long-Term Changes in the Winter Diet of Common Dolphins Reflects Ecological Shifts and Bycatch Dynamics in the Bay of Biscay. *Ecology and Evolution* 15, e71815.
- Fossi, M. C., and Panti, C. (2017). "Sentinel Species of Marine Ecosystems," in *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. doi: 10.1093/acrefore/9780199389414.013.110
- Peltier, H., Authier, M., Dabin, W., Dars, C., Demaret, F., Doremus, G., Van Canneyt, O., Laran, S., Mendez-Fernandez, P., Spitz, J., Daniel, P., Ridoux, V., 2020. Can modelling the drift of bycaught dolphin stranded carcasses help identify involved fisheries? An exploratory study. *Glob. Ecol. Conserv.* 21, e00843. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00843>
- Peltier, H., Dabin, W., Daniel, P., Van Canneyt, O., Dorémus, G., Huon, M., Ridoux, V., 2012. The significance of stranding data as indicators of cetacean populations at sea: Modelling the drift of cetacean carcasses. *Ecol. Indic.* 18, 278–290.
- Petitgas, P., Doray, M., Huret, M., Massé, J., Woillez, M., 2014. Modelling the variability in fish spatial distributions over time with empirical orthogonal functions: anchovy in the Bay of Biscay. *ICES J. Mar. Sci.* 71, 2379–2389. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu111>
- Spitz, J., Mourocq, E., Leauté, J.-P., Quéro, J.-C., and Ridoux, V. (2010). Prey selection by the common dolphin: Fulfilling high energy requirements with high quality food. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 390, 73–77.
- Spitz, J., Ridoux, V., and Brind'Amour, A. (2014). Let's go beyond taxonomy in diet description: Testing a trait-based approach to prey-predator relationships. *Journal of Animal Ecology* 83, 1137–1148.
- Spitz, J., Ridoux, V., Trites, A. W., Laran, S., and Authier, M. (2018). Prey consumption by cetaceans reveals the importance of energy-rich food webs in the Bay of Biscay. *Progress in Oceanography* 166, 148–158.
- Weimerskirch, H., Collet, J., Corbeau, A., Pajot, A., Hoarau, F., Marteau, C., et al. (2020). Ocean sentinel albatrosses locate illegal vessels and provide the first estimate of the extent

of nondeclared fishing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117, 3006–3014. doi: 10.1073/pnas.1915499117

Wickham, H., 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.

5 Annexes

5.1 ANNEXE 1. DISTRIBUTION EN TAILLE DES PRINCIPALES PROIES DU DAUPHIN COMMUN



Annexe 1 d'après Faure et al., 2025. Comparaison des distributions de longueur des poissons (cm) pour les principales espèces pondérées en fonction de leur abondance entre la période antérieure (violet) et la période récente (vert). *: $p < 0.001$.