



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2020/053

Région du Québec

Distribution saisonnière et concentration de quatre espèces de baleine à fanons dans l'estuaire du Saint-Laurent, basé sur 22 ans de données d'observations de Pêches et Océans Canada

Arnaud Mosnier, Jean-François Gosselin et Véronique Lesage

Institut Maurice-Lamontagne
Pêches et Océans Canada,
B.P. 1000,
Mont Joli (QC) G5H 3Z4

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien des avis scientifiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2022

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-42529-0 Cat. No. Fs70-5/2020-053F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Mosnier A., Gosselin J.-F. et Lesage, V. 2022. Distribution saisonnière et concentration de quatre espèces de baleine à fanons dans l'estuaire du Saint-Laurent, basé sur 22 ans de données d'observations de Pêches et Océans Canada. Secr. can. des avis du MPO. Doc. de rech. 2020/053. iv + 121 p.

Also available in English :

Mosnier A., Gosselin J.-F. and Lesage, V. 2022. Seasonal distribution and concentration of four baleen whale species in the St. Lawrence Estuary based on 22 years of DFO observation data. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/053. iv + 119 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES	1
BASE DE DONNÉES D'OBSERVATION.....	1
ZONES D'OBSERVATION ET CARTES DE L'EFFORT	2
RELEVÉS SYSTÉMATIQUES ET ANALYSE DES NOYAUX	2
MODÉLISATION DE LA RÉPARTITION DES ESPÈCES	3
Sélection des données.....	3
Extraction des données environnementales	3
Modélisation et pondération de l'information.....	4
Sélection des modèles et tests de performance	5
RÉSULTATS.....	6
CARTES MENSUELLES DES OBSERVATIONS DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT	6
CARTES DES NOYAUX DES RELEVÉS SYSTÉMATIQUES.....	7
MODÈLES DE RÉPARTITION DES ESPÈCES	8
DISCUSSION.....	9
REMERCIEMENTS	12
RÉFÉRENCES CITÉES	12
TABLEAUX	16
FIGURES	19
ANNEXES.....	43

RÉSUMÉ

L'estuaire et le golfe du Saint-Laurent constituent des aires d'alimentation de plusieurs baleines de l'Atlantique Nord, comme le petit rorqual, le rorqual à bosse, le rorqual bleu désigné comme en voie de disparition et le rorqual commun dont le statut est préoccupant. Le Saint-Laurent est une voie maritime importante et les collisions avec les navires sont une source importante de mortalité pour ces espèces. Le développement de mesures de protection efficaces nécessite des connaissances sur leur distribution spatiale et temporelle. Les observations de ces espèces enregistrées pendant des relevés aériens et par bateau réalisés entre 1995 et 2017 ont été utilisées pour produire des cartes présentant les observations brutes, des densités relatives obtenues par des analyses de kernel et des probabilités d'occurrences relatives prédites par des modèles de distribution spatiale. Ces derniers ont permis une utilisation plus complète des données disponibles et les cartes qui en résultent sont considérées comme la meilleure représentation de la distribution spatiale des quatre espèces dans l'estuaire. Les modèles prédisent une probabilité d'occurrence de rorqual commun, de rorqual à bosse et de petit rorqual plus élevée à la tête du chenal Laurentien. Une probabilité d'occurrence de rorqual bleu, de rorqual commun et de rorqual à bosse plus élevée est prédite le long des pentes du chenal Laurentien, alors qu'une probabilité d'occurrence de petit rorqual plus élevée est prédite le long des pentes en eaux peu profondes près de l'isobathe de 20 m. Finalement, une probabilité d'occurrence de rorqual bleu plus élevée est prédite dans les eaux plus profondes du chenal Laurentien entre Les Escoumins et Forestville. Ces cartes mettent en évidence les zones potentiellement importantes à considérer lors de la définition des plans de gestion visant à réduire les risques de collision avec les navires.

INTRODUCTION

Les eaux du Canada atlantique, et en particulier l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, sont une aire d'alimentation pour de nombreuses espèces de baleines de l'Atlantique Nord comprenant le rorqual bleu, désigné espèce en voie de disparition, et le rorqual commun, désigné espèce préoccupante (COSEPAC 2002, 2005). Le fleuve Saint-Laurent est également une importante route de navigation empruntée par près de 4 000 navires pour entrer au Canada et aux États-Unis chaque année. Les traversiers, les bateaux de plaisance et les navires d'observation des baleines contribuent également de manière significative au trafic maritime dans l'estuaire (Chion *et al.* 2009), exposant les baleines à des risques de collision. Les collisions avec des navires représentent une source de mortalité importante pour plusieurs espèces de baleines, comprenant le rorqual à bosse, le rorqual commun, le rorqual bleu et le petit rorqual (Jensen et Silber 2003). La gestion et le rétablissement à long terme de ces espèces dépendent de notre connaissance de leur répartition et de notre capacité à protéger les habitats qui leur sont importants. La protection des mammifères marins et de leurs habitats est un objectif principal du parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Ce serait également un objectif principal d'une zone de protection marine plus vaste qui est envisagée dans l'estuaire du Saint-Laurent. C'est pourquoi de l'information a été demandée au sujet de la présence saisonnière et de la répartition du rorqual bleu, du rorqual commun, du rorqual à bosse et du petit rorqual.

Entre 1995 et 2017, Pêches et Océans Canada (MPO) a effectué un grand nombre de relevés aériens et de relevés par bateau, lesquels ont permis collectivement de couvrir toutes les eaux de l'Est canadien. Nous présentons ici plusieurs analyses spatiales de cette base de données, axées particulièrement sur l'estuaire du Saint-Laurent. La présence saisonnière du rorqual bleu, du rorqual commun, du rorqual à bosse et du petit rorqual est d'abord présentée sous forme de cartes mensuelles de toutes les observations effectuées. Ensuite, afin de mieux illustrer la tendance générale des observations des différentes espèces, une analyse des noyaux (kernel) a permis de représenter la répartition spatiale, ainsi que les densités relatives des observations mensuelles provenant de deux programmes de relevé systématiques : 1) un programme intensif de relevés par bateau mené dans la partie nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent; 2) un programme de relevés aériens servant à évaluer la taille de la population du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent. Enfin, une approche de modélisation utilisant les relations entre la présence de ces quatre espèces et plusieurs variables caractérisant le milieu marin a été utilisée pour cartographier les secteurs potentiellement importants qui doivent être pris en compte pour définir les zones de gestion visant à éviter les risques de collisions avec des navires. Nous discutons des avantages et des inconvénients liés aux différents modes de représentation des données d'observation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

BASE DE DONNÉES D'OBSERVATION

Les observations issues de 72 relevés aériens et de 137 relevés par bateau ont été utilisées (Tableau 1). La plupart des relevés couvraient l'estuaire du Saint-Laurent (64 relevés aériens, 130 relevés par bateau), certains couvraient le golfe du Saint-Laurent (26 relevés aériens et 25 relevés par bateau), et seulement deux relevés à grande échelle couvraient une zone continue de l'estuaire et du golfe jusqu'aux plateaux continentaux du nord du Labrador et à la partie sud du plateau néo-écossais. La baie de Fundy n'a été couverte qu'une seule fois lors d'un relevé à grande échelle (Figure 1 et Figure 2).

Bien que cet ensemble de données englobe des relevés menés de 1995 à 2017 à l'aide de diverses plateformes d'observation, la même information a été enregistrée. Elle comprend les conditions météorologiques (état de la mer, intensité du reflet, couverture nuageuse) et, pour chaque observation de mammifère marin, des renseignements permettant de calculer son emplacement (angle d'inclinaison à l'aide d'un clinomètre [Suunto] ou des réticules dans les jumelles, angle par rapport au cap de la plateforme d'observation, et enfin altitude, vitesse et emplacement de la plateforme tels qu'obtenus à partir d'un appareil GPS) [e.g. Gosselin *et al.* 2017; Lacroix-Lepage 2018].

ZONES D'OBSERVATION ET CARTES DE L'EFFORT

La zone d'observation était représentée par le champ de vision des observateurs lorsqu'ils étaient en action. Le champ de vision était considéré comme une zone tampon autour de la route de la plateforme d'observation, avec une largeur (3 000 m) égale au 95^e centile des distances perpendiculaires entre la route de la plateforme et les observations des quatre espèces étudiées (rorqual bleu, rorqual commun, rorqual à bosse et petit rorqual). Les différences potentielles entre les périodes d'observation réalisées du côté gauche ou droit de la plateforme ont été prises en compte par l'utilisation de zones tampons droites ou gauches indépendantes. Les différences entre les plateformes d'observation sont prises en compte à une étape ultérieure de l'analyse (voir la sous-section « Modélisation et pondération de l'information »).

Afin de présenter les observations de chaque espèce de façon plus efficace, des cartes de l'effort ont été liées à chacune des cartes des observations mensuelles. Ceci permet d'éviter les fausses interprétations lorsque, par exemple, aucune observation n'a été mentionnée dans une zone, mais que cette zone était en fait non couverte par les relevés, ou inversement, lorsque de nombreuses observations ont été enregistrées dans une région où l'effort a été considérablement plus marqué qu'ailleurs. Les cartes des efforts mensuels ont été calculées sur une grille de cellules de 1 000 x 1 000 m couvrant l'estuaire du Saint-Laurent. Les valeurs des cellules ont été calculées comme la somme des zones d'observation couvrant chacune des cellules.

RELEVÉS SYSTÉMATIQUES ET ANALYSE DES NOYAUX

Deux séries de 110 relevés par bateau et de 49 relevés aériens, respectivement, ont été réalisées dans l'estuaire du Saint-Laurent en suivant un plan de relevé systématique. Des relevés par bateau (désignés ultérieurement « relevés du Cetus », menés à bord d'un bateau de 10 m avec plateforme d'observation à 2,1 m au-dessus du niveau de l'eau) ont été effectués sur une base hebdomadaire (lorsque les conditions météorologiques le permettaient) entre 2009 et 2015, généralement de mai à octobre (mais d'avril à novembre en 2010, et de mai à novembre en 2015); ils couvraient la partie nord de l'estuaire maritime entre Tadoussac et Forestville (Figure 21). Des relevés aériens visuels ont été faits à bord de petits avions (Cessna 337 ou Partenavia P68 Observer) à une altitude cible de 305 m pour évaluer la taille des populations et la répartition du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent. Ils ont couvert toute son aire de répartition estivale comprenant l'estuaire moyen et l'estuaire maritime de Petite-Rivière-Saint-François (15 km en amont de la baie Saint-Paul) à Rimouski. Six de ces relevés s'étendaient également à l'est de Rimouski et couvraient la partie en aval de l'estuaire maritime. Ces relevés ont été réalisés de la mi-juillet au début de septembre, entre 2001 et 2017 (1 en 2001, 5 en 2003, 14 en 2005, 3 en 2007, 2 en 2008, 9 en 2009, 10 en 2014, 2 en 2015, 3 en 2016; Gosselin *et al.* 2001, 2007, 2014, 2017; Lawson et Gosselin 2009). Les relevés par bateau et par avion étaient systématiques, la répartition aléatoire des lignes de transect

parallèles étant telle qu'elles étaient séparées par une distance de 4,5 et de 4 milles marins, respectivement, et orientées perpendiculairement à l'axe principal de l'estuaire.

La méthode du noyau fixe (Fixed kernel; Worton 1989) a été utilisée pour représenter les densités mensuelles des observations pour les quatre espèces de baleines. La méthode du noyau est sensible au paramètre de lissage (h , Figure 3), contrôlant l'étendue spatiale de l'influence de chacune des observations. Pour rendre les cartes des noyaux comparables à l'intérieur d'une série de relevés aériens ou de relevés par bateau, nous avons utilisé une valeur fixe pour le paramètre de lissage tenant compte de l'espacement des lignes de transect, afin de limiter l'influence de l'information obtenue sur une ligne de transect à l'espace entre les transects voisins (Figure 3). Des cartes issues de cette analyse ont été créées pour chaque date de relevé au moyen d'une grille de cellules de 500 x 500 m couvrant l'estuaire. Pour chaque type de relevé (par avion ou par bateau), les cartes issues des relevés menés au cours du même mois ont été fusionnées en calculant les densités moyennes pour chaque cellule de la grille. Dans le cas des relevés aériens, deux régions ont été prises en compte séparément pour les calculs, l'effort de relevé différant considérablement entre les deux (49 relevés couvrant l'estuaire moyen et la partie supérieure de l'estuaire maritime, contre 6 couvrant la partie inférieure de l'estuaire maritime). En plus des cartes mensuelles, des cartes composites ont été calculées pour les périodes ayant la meilleure couverture (i.e. de mai à octobre pour le relevé du Cetus, et de la mi-juillet à la mi-septembre pour les relevés aériens). À des fins de comparaison, une carte combinée pour les relevés du Cetus a été produite de façon à correspondre à la période des relevés aériens (de la mi-juillet à la mi-septembre).

MODÉLISATION DE LA RÉPARTITION DES ESPÈCES

Sélection des données

Afin d'accroître la taille de l'échantillon, les modèles de répartition pour le rorqual bleu, le rorqual commun et le rorqual à bosse ont été ajustés aux données des relevés menés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Par conséquent, les modèles représentent leur sélection d'habitats sur une plus grande échelle spatiale, comparable à l'échelle des déplacements documentés pour ces espèces dans le Saint-Laurent (Ramp *et al.* 2015; Lesage *et al.* 2017). Dans le cas du petit rorqual, ce sont les relevés menés uniquement dans l'estuaire qui ont été pris en compte. Seuls les relevés comportant au moins une observation des espèces à l'étude ont été utilisés dans l'exercice de modélisation.

Extraction des données environnementales

L'environnement utilisé par les baleines a été décrit en extrayant, les caractéristiques spécifiques associées au lieu et à la date de chaque observation. Cela comprenait la profondeur de l'eau, la pente du fond, la température de la surface de la mer (TSM), la distance par rapport à certaines isobathes, et finalement la distance par rapport aux fronts thermiques et leur fréquence d'occurrence. La profondeur a été obtenue à partir d'une carte matricielle ayant une résolution horizontale de 100 m, créée par interpolation des données du Service hydrographique du Canada. La pente du fond a été calculée à partir de la carte de profondeur en utilisant le taux maximal de variation de profondeur (en degrés) entre les cellules voisines. Avant septembre 2010, les [données de la TSM](#) étaient extraites des images satellites du radiomètre à très haute résolution (Advanced Very High Resolution Radiometer; AVHRR) de la NOAA (résolution de $\approx 1,1$ km). À partir de 2011, les données de la TSM ont été extraites des cartes produites par le [Group for High Resolution Sea Surface Temperature](#) (GHRSSST) en combinant des observations satellites et in situ complémentaires dans des systèmes d'interpolation optimale. Les valeurs moyennes de la TSM au cours des 3, 7 et 15 derniers

jours, incluant la date d'observation ont été prises en compte. Les images quotidiennes de la TSM n'ont pas été utilisées, car elles ne procuraient pas toujours une couverture complète de la zone étudiée; par conséquent, les cartes des moyennes sur trois jours centrées sur chaque date d'observation ont été jugées représentatives de la TSM à la date d'observation. Les cartes des moyennes sur trois jours ont également été prises en compte avec un décalage de 3, 7 et 15 jours par rapport à la date d'observation afin d'examiner les possibles réponses différées aux conditions thermiques. Les fronts thermiques ont été identifiés sur les cartes de TSM quotidiennes au moyen de l'algorithme de détection de contours de Cayula et Cornillon (Cayula et Cornillon 1995), disponible dans la boîte à outils Marine Geospatial Ecology Tools (MGET) élaborée pour ArcGIS 10 (Roberts *et al.* 2010). La distance par rapport au front le plus proche a été calculée, de même que la fréquence des front thermique dans un rayon de 1 km de chaque observation. Enfin, les distances par rapport aux isobathes de 20 m et de 200 m ont été prises en compte, car elles se sont avérées représentatives de l'emplacement de pentes de fond plus abruptes entre les eaux côtières et le plateau, et entre celui-ci et le chenal Laurentien, respectivement.

L'information sur la chlorophylle-a était disponible pour la zone à l'étude, mais elle n'a pas été incluse en raison de la présence, dans l'estuaire, de matière organique dissoute colorée, ce qui peut résulter en de sévères surestimations lors des calculs des valeurs de chlorophylle-a basés sur l'imagerie par satellite (Laliberté *et al.* 2018).

Tout en reconnaissant qu'il n'est pas possible de décrire complètement l'environnement « non utilisé » par les baleines, en raison des biais liés à la disponibilité et à la détection (Buckland *et al.* 2004), nous avons tenté d'éviter d'inclure les conditions où la présence potentielle de baleines était élevée (voir aussi la section suivante). Des points aléatoires ont été tirés dans la zone observée avec une densité de 2 points/km², mais aucun de ces points n'a été admis dans un rayon de 1 km de chaque observation. Chaque point aléatoire a reçu une marque d'horodatage correspondant à la date et à l'heure auxquelles la distance par rapport à la plateforme d'observation était la plus courte. Nous y avons également associé les conditions locales (état de la mer, intensité du reflet, couverture nuageuse) qui prévalaient à cette date et à cette heure pendant le relevé. Enfin, les mêmes variables décrivant l'environnement de chaque observation de baleine (i.e. profondeur, pente, TSM, front thermique) ont également été extraites pour ces points aléatoires.

Modélisation et pondération de l'information

Les relations entre la présence de baleines et les variables environnementales ont été évaluées au moyen de régressions logistiques ajustées sous la forme de modèles mixtes additifs généralisés (Generalized Additive Mixed Models; GAMM) en utilisant la fonction « BAM » (version spéciale de la fonction « GAM » pour grand ensemble de données) du progiciel mgcv du logiciel R (Wood *et al.* 2015; Wood *et al.* 2017). Pour contraindre le modèle à comparer les conditions environnementales à l'intérieur de chaque relevé (i.e. pour ne pas mélanger les conditions des divers relevés), la date a été considérée comme un effet aléatoire dans les modèles (voir « random.effects » dans les pages d'aide du progiciel mgcv). Une seule variante de chaque variable (profondeur, pente, TSM, distance par rapport à des isobathes précises, distance par rapport au front thermique le plus proche, fréquence des fronts thermiques) a été introduite dans les modèles complets. Aucune interaction n'a été testée. La multicolinéarité a été estimée par calcul du facteur d'inflation de la variance (FIV), au moyen du progiciel « usdm » du logiciel R (Naimi 2017). Les variables ayant un FIV > 10 n'ont pas été prises en compte dans les modèles. Pour tenir compte de l'autocorrélation spatiale potentielle, le terme d'interaction de latitude-longitude a également été ajouté aux modèles (Wood, 2006). Les termes lissés étaient représentés au moyen de splines de régression pénalisées dont les

paramètres étaient choisis par maximum de vraisemblance (MV). Pour maintenir l'interprétabilité écologique des relations fonctionnelles, nous avons limité chaque spline à 4 degrés de liberté.

Même si nous avons évité d'échantillonner des points aléatoires à proximité des observations, on pourrait arguer que ces points, représentant des pseudo-absences, pourraient tout de même être situés à des endroits où des animaux sont présents, mais non détectés. Afin d'atténuer ce problème, nous avons pondéré les données incluses pour chaque point aléatoire au moyen d'un indice de détectabilité. Nous avons d'abord utilisé la fonction « ddf » du progiciel Distance du logiciel R (Miller *et al.* 2019) pour obtenir des courbes de détection qui prennent en compte la distance perpendiculaire de l'observation, le type de plateforme d'observation (i.e. navire de recherche de petite taille, de taille moyenne ou de grande taille, avion de petite taille ou de taille moyenne) et les conditions locales pendant le relevé (état de la mer, intensité de l'éblouissement). Nous avons testé les formulations d'échantillonnage de distance conventionnelles (conventional distance sampling; CDS) et les formulations d'échantillonnage de distance à covariables multiples (multiple-covariate distance sampling; MCDS) avec des fonctions clés semi-normales et « hazard rate ». Pour chacune des quatre espèces, nous avons retenu comme meilleur modèle de détection celui ayant la valeur de critère d'information d'Akaike (CIA) la plus basse et un résultat pertinent (e.g. les modèles prédisant une meilleure détection avec un état de la mer ou une intensité de reflet croissant ont été éliminés). Pour être détecté, un animal devait également être disponible à la détection (i.e. ne pas se trouver complètement dissimulé à l'observateur). Pour les mammifères marins, cette disponibilité est liée à la proportion de temps qu'ils passent près de la surface ou en plongée. Lors des échantillonnages par transects, nous devons également tenir compte de la vitesse de la plateforme d'observation et de la période pendant laquelle l'emplacement d'un animal demeure dans le champ de vision de l'observateur (Forcada *et al.* 2004; Gomez de Segura *et al.* 2006). L'indice de détectabilité final (variant entre 0 et 1) est obtenu à partir du produit de la probabilité de détection et de la disponibilité. L'utilisation de cette valeur comme indice de pondération dans l'approche GAMM a permis de contrôler les caractéristiques de chaque condition de relevé, ainsi que la diminution de la détectabilité avec la distance par rapport à la plateforme d'observation. Ainsi, un point aléatoire situé près de la plateforme d'observation aura un poids plus élevé qu'un point aléatoire situé plus loin de celle-ci. Autrement dit, comme la probabilité de détection est plus élevée pour un point aléatoire près de la plateforme d'observation, si aucun animal n'a été détecté à ce point, la probabilité qu'il représente une absence « réelle » est également plus élevée que pour un point situé plus loin. À titre de complément, on a attribué aux observations un poids de 1 parce qu'elles représentent des présences réelles.

Sélection des modèles et tests de performance

Les modèles ont été ajustés à une sélection aléatoire de 80 % des observations et de 80 % des points aléatoires. La sélection des modèles s'est faite selon l'approche de contraction (shrinkage approach; Marra et Wood 2011). Cette méthode permet d'exclure une covariable n'introduisant aucune information dans le modèle en réduisant les degrés de liberté effectifs de son terme lissé à 0 ou près de 0. Lorsqu'une telle situation se produisait, la variable était supprimée et le modèle réajusté. Le modèle final a été testé en utilisant les 20 % restants de l'ensemble de données. Cette procédure a été répétée 10 fois pour chacun des modèles d'espèce. Si le meilleur modèle sélectionné dans chacune des 10 itérations différait, la fréquence de chaque covariable était examinée, et le modèle final pour une espèce donnée était fondé sur les variables apparaissant dans au moins 70 % des modèles.

La performance du modèle a été évaluée au moyen de différentes méthodes. Une courbe ROC (fonction d'efficacité du récepteur) [Fielding et Bell 1997] a été réalisée en considérant les

données d'apprentissage (i.e. en comparant les prédictions avec les données utilisées pour ajuster le modèle) et les données test (i.e. en comparant les prédictions avec un ensemble de données indépendant i.e. les 20% non utilisés pour l'ajustement du modèle). La surface sous la courbe (AUC) ROC a ensuite été utilisée comme mesure indépendante du seuil pour la performance du modèle (Manel *et al.* 2001). Les valeurs de l'AUC varient entre 0,5 pour les modèles sans pouvoir discriminant à 1 pour les modèles avec discrimination parfaite. Les valeurs intermédiaires ont été interprétées comme suit : de 0,5 à 0,6 = échec; de 0,6 à 0,7 = médiocre; de 0,7 à 0,8 = passable; de 0,8 à 0,9 = bon; de 0,9 à 1 = excellent. L'indice de Youden (Youden 1950) a servi à définir la valeur seuil optimale pour classer les prédictions des modèles en tant que présences ou absences et à construire une matrice de confusion permettant d'obtenir la proportion des classifications correctes. Enfin, nous avons calculé la statistique de compétence réelle (True Skill Statistic; TSS; Allouche *et al.* 2006) et l'indice de dépendance extrême symétrique (Symmetric Extremal Dependence Index; SEDI; Ferro et Stephenson 2011; Wunderlich *et al.* 2019), qui sont deux autres mesures de la qualité des modèles. Ces deux statistiques varient entre -1 et +1, +1 indiquant une concordance parfaite, et les valeurs de zéro ou moins indiquant une performance au mieux aléatoire. Enfin, des représentations spatiales des prédictions de modèles finaux pour chacune des espèces ont été produites et comparées visuellement aux observations.

RÉSULTATS

CARTES MENSUELLES DES OBSERVATIONS DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT

Au total, 194 relevés du MPO ont été réalisés dans l'estuaire du Saint-Laurent, dont 130 par bateau et 64 par avion. Les relevés par bateau ont porté sur la période d'avril à décembre, la plupart (96,2 %) ayant été réalisés entre les mois de mai et d'octobre. Les relevés par avion ont été menés principalement (78,4 %) entre juillet et septembre, et quelques-uns seulement en février, mars, mai, novembre et décembre (Figure 4).

Des petits rorquals ont été détectés dans l'estuaire du Saint-Laurent d'avril à novembre (voir l'Annexe 1). La répartition spatiale des observations avant le mois d'août était limitée principalement à l'estuaire maritime, c'est-à-dire en aval de la zone de confluence avec la rivière Saguenay. Elle semble s'étendre à environ 25 km en amont en août et en septembre, ce qui toutefois pourrait refléter la variation dans le temps de l'effort d'observation. De mai à octobre (i.e. la période ayant la meilleure couverture par les inventaires), un grand nombre d'observations (72 % des 989 observations) ont eu lieu dans la partie nord de l'estuaire, dans des eaux peu profondes entre le cap Colombier (20 km en aval de Forestville) et Tadoussac, ainsi qu'à la tête du chenal Laurentien. À nouveau, ceci correspond également au secteur où le plus grand volume d'efforts a été déployé (Figure 5). Le petit rorqual se rencontre également dans un polygone délimité par Tadoussac à Saint-Siméon, sur la rive nord, et par Cacouna à Trois-Pistoles, sur la rive sud. Seules quelques observations ont été enregistrées en amont, principalement sur la rive nord entre Saint-Siméon et Cap-aux-Oies (20 km en amont de La Malbaie). En aval de Betsiamites, sur la rive nord, et de Trois-Pistoles, sur la rive sud, des petits rorquals se voient aussi dans des eaux peu profondes, mais la densité d'observation était plus faible, à l'instar de l'effort d'observation.

Les observations de rorquals communs ont été enregistrées de mai à novembre. Leur répartition spatiale n'a pas semblé changer beaucoup au cours de cette période (Annexe 2.). Plus de la moitié des observations de cette espèce (57 % des 259 observations) ont été faites à la tête du chenal Laurentien, le reste étant réparti le long du chenal avec une densité qui semble diminuer vers l'aval (Figure 10). Toutefois, l'effort d'observation est également

beaucoup moins marqué en aval de Forestville-Rimouski. Aucun rorqual commun n'a été aperçu en amont de Saint-Siméon–Rivière-du-Loup.

Les rorquals à bosse ont été observés de mai à octobre (Annexe 3). Ils étaient localisés principalement à la tête du chenal Laurentien (69 % des 139 observations; Figure 15); aucune observation n'a été faite en amont de cette région. En aval, leur répartition suivait le chenal Laurentien, une petite zone d'observations plus denses ayant été relevée en août, soit au large de la pointe à Boisvert, située à 20 km en amont de Forestville.

Les rorquals bleus ont été observés de mars à novembre (Annexe 4). Cette espèce étant vue en aval de Les Escoumins d'avril à juin, sa répartition spatiale s'étend ensuite jusqu'à la tête du chenal Laurentien. Contrairement aux trois autres espèces, seuls quelques rorquals bleus ont été observés à la tête du chenal Laurentien (8 % de 263 observations de mai à octobre; Figure 20). La région ayant la plus forte densité d'observations correspond également au secteur où l'effort d'observation est le plus marqué. Les observations ont eu lieu généralement dans la partie plus profonde du chenal Laurentien, mais parfois aussi dans les zones moins profondes à la hauteur de Forestville. Aucune observation de l'espèce n'a été enregistrée en amont de Tadoussac.

CARTES DES NOYAUX DES RELEVÉS SYSTÉMATIQUES

L'analyse des noyaux des observations obtenues dans le cadre du programme de relevés du Cetus a révélé que les zones où les petits rorquals se concentrent demeurent les mêmes au fil des mois d'observation (Annexe 5). Les densités d'observations les plus élevées étaient nettement tributaires de la bathymétrie, en particulier les isobathes de 20 m (soit la zone des pentes de fond plus abruptes comprise entre les eaux côtières et le plateau) sur la rive nord, formant un U autour de la tête du chenal Laurentien (Figure 7). Les emplacements des zones de concentration de rorquals communs d'un mois à l'autre sont moins bien définis en raison du nombre plus faible d'observations (Annexe 6). Comme le montre la carte combinée comprenant les observations de mai à octobre, la tête du chenal Laurentien inclut à plusieurs reprises des zones à fortes densités (Figure 11). Même si le nombre d'observations était encore plus faible pour les rorquals à bosse, le résultat est beaucoup mieux défini. Les noyaux confirment l'importance de la tête du chenal Laurentien (Annexe 7), et la carte combinée laisse supposer qu'un secteur situé dans sa partie le plus au nord demeure fortement habité (Figure 16). Enfin, les noyaux basés sur les relevés du Cetus indiquent que les rorquals bleus se concentrent entre Les Escoumins et Forestville, avec une préférence pour la région entourant la pente nord du chenal Laurentien (Annexe 8 et Figure 21).

La couverture spatiale plus étendue des relevés aériens a permis d'obtenir une image légèrement différente de la répartition des petits rorquals. Bien que les eaux peu profondes de la rive nord de l'estuaire maritime, couvertes par le relevé du Cetus, aient également été identifiées comme importantes, les plus hautes densités d'observations étaient circonscrites par un polygone délimité par Tadoussac à Saint-Siméon sur la rive nord, et Cacouna à Trois-Pistoles sur la rive sud (Figure 7 et Annexe 13 et 14). De plus, les analyses des noyaux ont révélé que les observations de petits rorquals ne se produisaient généralement pas dans des eaux de moins de 20 m de profondeur, mais que cette espèce se rencontrait dans les eaux de 20 à 100 m de profondeur des rives nord et sud; certaines concentrations d'observations ont été notées près de Forestville, de Baie-Comeau et à environ 20 km à l'est de Matane. Les analyses des noyaux des données de rorqual commun ont révélé une zone de forte densité d'observations près de la rive nord à la hauteur de Les Escoumins en juillet et un nombre élevé d'observations à la tête du chenal Laurentien en août, plus particulièrement dans son secteur sud-est (Figure 11 et Annexe 15). Comme le montrent les données du relevé du Cetus, les analyses des noyaux basés sur les observations des relevés aériens confirment qu'une zone

située dans la partie nord de la tête du chenal Laurentien est très fréquentée par les rorquals à bosse, particulièrement durant le mois d'août (Figure 17 et Annexe 16.). Les observations du rorqual bleu se répartissaient spatialement au-dessus du chenal Laurentien (Figure 22; et Annexe 17. et 18), des densités plus élevées étant relevées à Pointe-aux-Outardes (20 km à l'est de Betsiamites, sur la rive nord), à Forestville et à Les Escoumins. Toutefois, les concentrations situées près de Les Escoumins étaient plus près de la côte (< 3 km).

MODÈLES DE RÉPARTITION DES ESPÈCES

Les itérations successives de modélisation utilisant des ensembles d'apprentissage et de test basés sur les données des petits rorquals se sont terminées dans 9 cas sur 10 avec le même ensemble de variables dans le modèle, comprenant la bathymétrie, la pente et la distance aux isobathes de 20 m. Ces dernières apparaissaient également dans le modèle issu de la 10^e itération qui incluait de plus l'influence de la distance par rapport au front thermique le plus près (Tableau 2). Le modèle final tenant compte de la bathymétrie, de la pente et de la distance par rapport aux isobathes de 20 m montrait que les petits rorquals étaient plus susceptibles d'être observés dans les eaux moins profondes et aux pentes plus abruptes (> 20 degrés), la probabilité d'observation étant encore plus élevée en se rapprochant des isobathes de 20 m (i.e. les zones présentant une pente du fond plus abrupte située entre les eaux côtières et le plateau; Figure 8).

Les modèles des trois plus grosses espèces (soit le rorqual commun, le rorqual à bosse et le rorqual bleu; voir la section portant sur la sélection des données) ont été basés sur les données provenant du golfe et de l'estuaire et représentent donc une sélection d'habitats à plus grande échelle.

Pour ce qui est des rorquals communs, les modèles laissent supposer une relation avec la bathymétrie (8 itérations sur 10) et la distance jusqu'à l'isobathe de 200 m (7 itérations sur 10). Les autres covariables apparaissaient moins de 40 % du temps dans les modèles (Tableau 2). En ne tenant compte que des conditions observées dans l'estuaire, le modèle final incluant la bathymétrie et la distance à l'isobathe de 200 m indique que le rorqual commun est plus susceptible d'être observé là où la bathymétrie se situe entre 60 et 270 m (Figure 13 a). Le modèle laisse également entendre que la probabilité d'observation augmente avec la proximité des isobathes de 200 m (i.e. les zones de pente du fond plus abrupte située entre le plateau et le chenal Laurentien; Figure 13 b).

Les modèles pour le rorqual à bosse incluaient toujours l'influence de la pente du fond et tenaient généralement compte de la distance par rapport à l'isobathe de 200 m (8 itérations sur 10; Tableau 2). Le modèle final qui tient compte de ces variables suggère que le rorqual commun est plus susceptible d'être observé près des isobathes de 200 m dans les régions où la pente du fond est supérieure à 20 degrés (Figure 18).

Les modèles du rorqual bleu sont les seuls qui comprenaient une variable dynamique (soit la fréquence du front thermique dans un rayon de 1 km autour de la localisation) dans toutes les itérations (Tableau 2). La bathymétrie constituait l'autre variable toujours présente. Les autres covariables apparaissaient dans moins de 50 % des itérations. Le modèle final indiquait que les rorquals bleus étaient plus susceptibles d'être observés dans les eaux de plus de 115 m de profondeur (Figure 23 a). Cette probabilité augmentait jusqu'à 215 m, puis diminuait au-delà de cette profondeur. L'inclusion de l'effet de la fréquence du front thermique dans le modèle ne modifiait pas la relation avec la profondeur, mais suggérait un évitement des zones frontales par le rorqual bleu (Figure 23 b et c).

Les mesures de l'aire sous la courbe (AUC) suggéraient généralement que les prédictions des modèles produits pour le petit rorqual, le rorqual à bosse et le rorqual bleu étaient bonnes (AUC

moyenne de 0,927, de 0,827 et de 0,869, respectivement) quand elles étaient comparées à leur ensemble de données de test respectifs (Tableau 2). Les modèles pour le rorqual commun étaient tout au plus considérés comme bons, mais la majorité d'entre eux se sont avérés seulement passables (AUC moyenne = 0,726). Les modèles pour le petit rorqual et le rorqual bleu ont été les plus efficaces pour déterminer correctement la présence (moyenne de 84 et 80 %, respectivement; Tableau 2) et l'absence (moyenne de 70 et 79 %, respectivement). Les modèles du rorqual commun et du rorqual à bosse ont été moins efficaces pour prédire la présence (moyenne de 51 % et de 67 %, respectivement), mais ont permis de déterminer correctement l'absence (moyenne de 78 % et 83 %, respectivement). La TSS (True Skill Statistic) ne considère pas les modèles du rorqual commun comme étant moins efficaces que ceux des autres espèces, mais l'indice SEDI le fait sans équivoque (moyenne de 0,7, de 0,75 et de 0,66 pour les modèles du petit rorqual, du rorqual bleu et du rorqual à bosse, respectivement, et de 0,41 pour ceux du rorqual commun).

La représentation spatiale des prédictions de modèles pour chaque espèce (Figure 9, Figure 14, Figure 19 et Figure 24) a révélé une bonne correspondance avec les observations (Figure 5, Figure 10, Figure 15 et Figure 20). Pour le petit rorqual, les prédictions du modèle font ressortir les zones de forte densité d'observations révélées par l'analyse des noyaux (Figure 6 et Figure 7). La carte de prédiction du rorqual commun représente correctement la répartition des observations à la tête du chenal Laurentien (Figure 14 par rapport à la Figure 10), mais laisse supposer une probabilité élevée de la présence de cette espèce sur la pente sud du canal, qui n'a pas été révélée par les observations enregistrées dans notre base de données. À noter que le programme intensif de relevé du Cetus ne couvrait pas ce secteur. Les prévisions du modèle du rorqual à bosse sont moins nettes (Figure 19). Bien que le modèle ait indiqué correctement une probabilité élevée de présence à la tête du chenal Laurentien, où la plupart des observations ont été enregistrées, il indique également une probabilité plutôt élevée de présence s'étendant sur 15 km en amont, là où aucune observation n'a eu lieu (Figure 15). Enfin, le modèle du rorqual bleu correspond bien aux observations dans la zone comprise entre Tadoussac et Betsiamites (Figure 24 par rapport à la Figure 20), et indique par ailleurs que la zone moins profonde à la hauteur de Forestville a une probabilité de présence relativement élevée. Cependant, tout comme le modèle du rorqual commun, il indique une probabilité élevée de présence sur la pente sud du chenal Laurentien, où seules quelques observations ont été enregistrées.

DISCUSSION

La gestion à long terme et le rétablissement des baleines à fanons dépendent de nos connaissances sur leur répartition et de notre capacité à protéger des habitats importants pour elles. Cette information demeure limitée dans l'estuaire du Saint-Laurent, secteur où les petits rorquals, les rorquals à bosse, les rorquals communs et les rorquals bleus sont exposés à un niveau élevé de trafic maritime et sont susceptibles d'être heurtés par des navires. À partir des observations recueillies durant plus de 20 années de relevés par avion et par bateau menés par le MPO, nous proposons ici plusieurs moyens de présenter l'information sur la présence saisonnière et la répartition spatiale de ces quatre espèces, ainsi que les limites liées à chacune de ces méthodes.

La représentation spatiale des données d'observation brutes constitue le premier outil qui est généralement utilisé pour examiner cette information. Toutefois, dans la plupart des cas, de telles données sont présentées sans tenir compte de l'effort d'observation, ce qui peut conduire à des conclusions incorrectes (Ruete 2015). Une espèce pourrait ainsi être considérée comme absente d'une zone parce qu'aucune observation n'a été enregistrée alors qu'en fait, la zone en question n'était couverte par aucun relevé ou par un faible nombre de relevés. À l'opposé, on

pourrait conclure que la densité de l'espèce était élevée puisque de nombreuses observations ont été enregistrées, alors que l'effort d'observation était beaucoup plus marqué que dans d'autres zones. Afin d'éviter ces problèmes, les données exposées dans le présent document sont toujours liées à la carte d'effort correspondante. Toutefois, ce processus n'est pas une solution facile à appliquer pour les gestionnaires. Une simple combinaison des données d'observation brutes et des cartes des efforts sous la forme d'une grille de densités des observations est possible, mais avec l'inconvénient que les valeurs de densité estimées peuvent changer avec la taille des cellules de la grille et la position de la grille utilisée pour faire les calculs (Silverman 1986). Par conséquent, cette information n'a pas été présentée ici.

La seconde approche envisagée dans le présent document consiste à utiliser la méthode de l'analyse des noyaux pour illustrer les données d'observation. Contrairement à la présentation des données brutes, les cartes des noyaux créées dans le cadre de cette étude sont le produit de la récurrence et du nombre d'observations dans une zone au cours des relevés. Ce type d'analyse a permis de synthétiser l'information d'observation et d'extraire le profil global qui se dégage des données, ce qui en facilite l'interprétation (e.g. Figure 9). De plus, le résultat n'est pas tributaire des effets de la taille et de la position d'une grille. Toutefois, une telle méthode comporte certaines conditions préalables. Premièrement, les analyses des noyaux dépendent d'un facteur de lissage que nous avons fixé en nous fondant sur la conception des relevés afin de garantir la comparabilité entre ceux-ci (voir la section Matériel et les méthodes). Diverses méthodes d'optimisation existent pour définir cette valeur (Silverman 1986; Jones *et al.* 1996; Horne et Garton 2006) et d'autres considérations que la conception du relevé auraient pu ailleurs pu être incluses. Ainsi, la zone d'influence définie par le facteur de lissage aurait pu être choisie pour représenter l'aire autour de chaque observation que nous considérons comme importante à protéger (e.g. exigences de distance liées à la proximité des navires). Notre choix du facteur de lissage combiné au faible nombre d'observations disponibles pour le rorqual à bosse, le rorqual commun ou le rorqual bleu lorsque les données sont réparties par mois a parfois engendré des cartes qui indiquaient uniquement l'emplacement de chaque observation, entouré d'une petite zone de densité décroissante (Annexes 6, 7 et 8). L'utilisation d'une zone d'influence plus vaste (i.e. un facteur de lissage plus important) aurait fourni une représentation plus continue de la répartition, ce qui aurait cependant pu donner une fausse impression de sa représentativité malgré le faible nombre d'observations. Une autre condition préalable de l'analyse des noyaux est qu'elle doit être appliquée à une zone où l'effort de relevé est égal sur toute la surface. Nous n'avons utilisé que des relevés systématiques afin de garantir un effort régulier à l'échelle de la zone étudiée, et nous avons appliqué cette analyse sur des zones pour lesquelles l'effort était quasi identique sur la plus grande partie de la surface. Toutefois, certaines parties ont été couvertes par un effort moins marqué, ce qui doit être pris en compte lors de l'interprétation des résultats. En raison de ces limites, seule une partie des données disponibles peut être utilisée, ce qui entraîne une perte d'information. Enfin, les cartes des noyaux obtenues ici illustrent seulement la répartition des observations et non pas l'habitat qui est utilisé par l'espèce. L'inclusion des caractéristiques environnementales nécessite une analyse plus complexe, comme celle que nous avons utilisée avec notre approche de modélisation.

L'approche de modélisation de la répartition des espèces constituait l'analyse la plus avancée et la plus complète qui a été utilisée dans le cadre de cette étude. La méthodologie nous a permis d'inclure toutes les données d'observation des relevés, qu'ils aient été menés selon un plan systématique ou non. Elle intègre également les caractéristiques de l'espèce observée, une description de l'environnement utilisé et les conditions du relevé lors des observations. Le résultat est une synthèse de toute cette information sous forme d'une carte unique qui montre la probabilité relative de la présence pour chaque espèce couvrant l'ensemble de l'estuaire. Comme dans chaque exercice de modélisation, la qualité du résultat dépend de la qualité et de

la quantité des données qui sont considérées comme données d'entrée. Les zones de probabilité élevée de présence des quatre espèces de baleines ont été identifiées dans l'estuaire du Saint-Laurent à l'aide des données recueillies pendant une période de plus de 20 ans dans le cadre de relevés systématiques et de façon opportuniste dans le cadre d'autres activités de recherche (« platforms of opportunity »). Synthétisant l'information enregistrée principalement de mai à octobre, les cartes basées sur les modèles qui ont été produites peuvent être considérées comme une interpolation spatiale éclairée qui demeure valide pour cette période.

Ces travaux, ainsi qu'une étude complémentaire faisant intervenir des données d'observation recueillies dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Martins *et al.* Sous presse) représentent d'importantes contributions liées à la répartition spatiale et temporelle du rorqual bleu, du rorqual commun, du rorqual à bosse et du petit rorqual dans l'estuaire du Saint-Laurent. Même si la majeure partie de l'effort de relevé s'est concentrée entre mai et octobre, cinq relevés par bateau et onze relevés par avion menés en dehors de cette période ont permis d'évaluer la présence ou l'absence de chaque espèce de février à décembre. Toutefois, la variabilité de la couverture et de l'intensité de l'effort au fil des mois empêche une analyse claire de l'évolution saisonnière de la répartition des espèces. Nous croyons que la période où l'effort de relevé est le plus marqué couvre néanmoins la majeure partie de la période où ces quatre espèces sont présentes dans l'estuaire. On sait que les rorquals à bosse se reproduisent en hiver dans les îles des Caraïbes (Whitehead et Moore 1982), de sorte qu'il est probable que les individus reproducteurs se trouvent en cette saison à l'extérieur du Saint-Laurent. Le lieu exact de la reproduction n'est pas connu pour les autres espèces, mais les déplacements saisonniers des rorquals bleus marqués dans l'estuaire du Saint-Laurent pendant l'été révèlent un mouvement saisonnier hors de l'estuaire et du golfe à la fin de l'automne (Lesage *et al.* 2017; MPO 2018). Il a aussi été démontré que les rorquals communs et les petits rorquals de l'Atlantique Nord entament une migration vers le sud à cette période de l'année (Mitchell 1974; Sergeant 1977; Risch *et al.* 2014). La couverture de glace est importante dans l'estuaire en hiver, et l'on croit qu'elle limite l'accès à la plupart des grandes baleines. Toutefois, des rorquals bleus et des rorquals communs ont été détectés dans l'estuaire et le golfe en hiver (Simard *et al.* 2016; Roy *et al.* 2018), et des cas d'individus piégés par les glaces ont été rapportés dans la partie sud-est du golfe (Stenson *et al.* 2003; Moors-Murphy *et al.* 2019).

La présentation des observations brutes et de l'analyse des noyaux offre une certaine valeur pour illustrer l'utilisation de l'habitat réalisé; néanmoins, l'approche de modélisation retenue ici a permis de cartographier l'utilisation des habitats tant réalisés que potentiels en intégrant toutes les données disponibles et en corrigeant dans une certaine mesure les différences dans l'effort de relevé dans la zone d'intérêt. Généralement considérée comme un point chaud de biodiversité en raison du mélange actif et de la diversité des mammifères marins qui y sont présents (Simard 2009; Cotte et Simard 2015), la tête du chenal Laurentien a clairement été identifiée par nos modèles comme un habitat important pour le rorqual commun, le rorqual à bosse et le petit rorqual. C'est également l'une des principales conclusions de Martins *et al.* (sous presse), basées sur les données recueillies dans le cadre de relevés systématiques et d'un programme de suivi des activités d'observation des baleines réalisés dans cette région de l'estuaire du St Laurent. En accord avec Doniol-Valcroze *et al.* (2012) et Ramp et Sears (2013), une probabilité élevée de présence de rorquals bleus était prédite dans le chenal Laurentien et ses pentes entre Les Escoumins et Forestville, où l'on a constaté des densités élevées des espèces de krills *Thysanoessa spp.* et *Meganyctiphanes norvegica* (McQuinn *et al.* 2016) reconnues comme constituant une partie importante du régime alimentaire de cette espèce de baleine (Gavrilchuck *et al.* 2014). Les pentes du chenal Laurentien, particulièrement en amont de Forestville, sont également des secteurs identifiés pour les deux autres plus grandes espèces de rorquals. Les pentes dans les eaux moins profondes englobant les isobathes de 20

à 100 m ont également considérées comme étant des zones à probabilité élevée de présence pour le petit rorqual. Les cartes basées sur les modèles qui sont présentées ici couvrent probablement les saisons de plus forte présence de ces quatre espèces dans l'estuaire du St. Laurent et pourraient donc être utilisées pour délimiter les zones présentant un risque potentiellement élevé de collision avec des navires. Elles devraient donc être prises en compte lors de la définition des plans de gestion visant à protéger ces quatre espèces dans l'estuaire du Saint-Laurent.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Hicks and Lawrence, SASAIR, Air Montmagny et leurs pilotes pour leur participation aux relevés aériens, de même que les nombreux observateurs qui ont participé aux relevés par avion ou par bateau (Y. Morin, V. Lesage, V. Harvey, P. Rivard, S. Turgeon, S. Mongrain, M. Guilpin, F. Bailleul, T. Doniol-Valcroze, J.-F. Ouellet, C. Lacroix-Lepage, S. Wing). Cette recherche a été financée par divers programmes de Pêches et Océans Canada, particulièrement le Programme sur les espèces en péril.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Allouche, O., Tsoar, A., et Kadmon, R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: Prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *J. Applied Ecol.*, 43, 1223-1232.
- Buckland, S., Anderson, D., Burnham, K., Laake, J., Borchers, D., et Thomas, L. 2004. *Advanced Distance Sampling*. Oxford University Press.
- Cayula, J.-F., et Cornillon, P. 1995. [Multi-Image Edge Detection for SST Images](#), *J. Atmos. Oceanic Technol.*, Vol 12: 821-829.
- Chion, C., Turgeon, S., Michaud, R., Landry, J.-A., et Parrott, L. 2009. Portrait de la navigation dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent. Caractérisation des activités sans prélèvement de ressources entre le 1er mai et le 31 octobre 2007. Présenté à Parcs Canada. 86 pages.
- COSEPAC. 2002. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 38 p.
- COSEPAC 2005. [Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le rorqual commun *Balaenoptera physalus* au Canada – Mise à jour](#). Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 43 p.
- Cotte, C., et Simard, Y. 2015. Formation of dense krill patches under tidal forcing at whale feeding hot spots in the St. Lawrence Estuary. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 288:199-210.
- Doniol-Valcroze, T., Lesage, V., Giard, J., et Michaud, R. 2012. [Challenges in marine mammal habitat modelling: evidence of multiple foraging habitats from the identification of feeding events in blue whales](#). *Endang. Species Res.* 17:255-268.
- Ferro, C.A.T., et Stephenson, D.B. 2011. [Extremal dependence indices: Improved evaluation measures for deterministic forecasts of rare binary events](#). *Weather and Forecasting* 26(5): 699–713.
- Fielding, A.H., et Bell, J.F. 1997. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environm. Conserv.*, 24, 38 – 49.

-
- Forcada, J., Gazo, M., Aguilar, A., Gonzalvo, J., et Fernández-Contreras, M. 2004. Bottlenose dolphin abundance in the NW Mediterranean: addressing heterogeneity in distribution. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 275: 275–287.
- Gavrilchuk K, Lesage V, Ramp C, Sears R, Bérubé M, Bearhop S, Beauplet G (2014) [Trophic niche partitioning among sympatric baleen whale species following the collapse of groundfish stocks in the Northwest Atlantic](#). *Mar Ecol Prog Ser* 497:285-301.
- Gómez de Segura, A., Crespo, E.A., Pedraza, S.N., Hammond, P. S., et Raga, J.A. 2006. [Abundance of small cetaceans in the waters of the central Spanish Mediterranean](#). *Mar. Biol.*, 150, 149-160.
- Gosselin, J.-F., Lesage, V. et Robillard, A. 2001. [Population index estimate for the beluga of the St. Lawrence Estuary in 2000](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2001/049. 21 p.
- Gosselin, J.-F., Hammill, M.O., et Lesage, V. 2007. [Comparison of photographic and visual abundance indices of belugas in the St. Lawrence Estuary in 2003 and 2005](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/025: ii + 27 p.
- Gosselin, J.-F., Hammill, M.O., et Mosnier, A. 2014. [Summer abundance indices of St. Lawrence Estuary beluga \(*Delphinapterus leucas*\) from a photographic survey in 2009 and 28 line transect surveys from 2001 to 2009](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/021. iv + 51 p.
- Gosselin, J.-F., Hammill, M.O., Mosnier, A., et Lesage, V. 2017. [Abundance index of St. Lawrence Estuary beluga, *Delphinapterus leucas*, from aerial visual surveys flown in August 2014 and an update on reported deaths](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/019. v + 28 p.
- Horne, J.S., et Garton, E.O. 2006. Likelihood Cross-Validation Versus Least Squares Cross-Validation for Choosing the Smoothing Parameter in Kernel Home-Range Analysis. *J. Wildlife Manage.* 70: 641–648
- Jensen, A.S., et Silber, G.K. 2003. Large Whale Ship Strike Database. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memorandum. NMFS-OPR-25, 37 pp.
- Jones, M.C., Marron, J.S., et Sheather, S.J. 1996. A brief survey of bandwidth selection for density estimation. *J. Am. Stat. Assoc.* 91:401–407.
- Lacroix-Lepage, C. 2018. Analyse spatiale des assemblages de mammifères marins de l'estuaire du Saint-Laurent. Master Thesis. Université du Québec à Rimouski. 94 pp.
- Laliberté, J., Larouche, P., Devred, E., et Craig, S. 2018. Chlorophyll-a Concentration Retrieval in the Optically Complex Waters of the St. Lawrence Estuary and Gulf Using Principal Component Analysis. *Remote Sens.* 10(2), 265.
- Lawson, J.W., et Gosselin, J.-F. 2009. [Distribution and preliminary abundance estimates for cetaceans seen during Canada's marine megafauna survey - A component of the 2007 TNASS](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/031. vi + 28 p.
- Lesage, V., Gavrilchuk, K., Andrews, R.D., et Sears, R. 2017. [Foraging areas, migratory movements and winter destinations of blue whales from the western North Atlantic](#). *Endang. Species Res.* 34: 27–43.
- Manel, S., Williams, H.C., et Ormerod, S.J. 2001. Evaluating presence–absence models in ecology: the need to account for prevalence. *J. Applied Ecol.*, 38, 921– 931.
- Marra, G., et Wood, S. N. 2011. [Practical variable selection for generalized additive models](#). *Computational Statistics and Data Analysis*, 55(7), 2372-2387.
-

-
- Martins, C.C.A., Turgeon, S., Michaud, R., et Ménard, N. Sous presse. Occurrence saisonnière et répartition spatiale de quatre espèces de baleines à fanon vulnérables aux collisions avec les navires dans le parc marin du Saguenay–Saint-Laurent (Québec, Canada). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/012.
- McQuinn, I.H., Gosselin, J.-F., Bourassa, M.-N., Mosnier, A., St-Pierre, J.-F., Plourde, S., Lesage, V., et Raymond, A. 2016. [The spatial association of blue whales \(*Balaenoptera musculus*\) with krill patches \(*Thysanoessa* spp. and *Meganyctiphanes norvegica*\) in the estuary and northwestern Gulf of St. Lawrence](#). DFO Can. Sci. Advis. Res. Doc. 2016/104. iv + 19 p.
- Miller, D.L., Rexstad, E., Thomas, L., Marshall, L., et Laake, J.L. 2019. [Distance Sampling in R](#). J. Statist. Software, 89(1), 1-28.
- Mitchell, E. D. 1974. Present status of northwest Atlantic fin and other whale stocks. In: The whale problem: a status report. W. E. Schevill (Ed.). Harvard University Press. Massachussetts. p.108-169.
- Moors-Murphy, H.B., Lawson, J.W., Rubin, B., Marotte, E., Renaud, G., et Fuentes-Yaco, C. 2019. [Occurrence of Blue Whales \(*Balaenoptera musculus*\) off Nova Scotia, Newfoundland, and Labrador](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/007. iv + 55 p.
- MPO. 2018. [Identification des habitats importants pour le rorqual bleu dans l'ouest de l'Atlantique Nord](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/003.
- Naimi, B. 2017. [usdm: Uncertainty analysis for species distribution models](#). R package version, 1.1-18.
- Ramp, C., et Sears, R. 2013. [Distribution, densities, and annual occurrence of individual blue whales \(*Balaenoptera musculus*\) in the Gulf of St. Lawrence, Canada from 1980–2008](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/157. vii + 37 p.
- Ramp, C., Delarue, J., Palsbøll, P.J., Sears, R., et Hammond, P.S. 2015. [Adapting to a warmer ocean—Seasonal shift of baleen whale movements over three decades](#). PLoS ONE 10(3): e0121374.
- Risch, D., Castellote, M., Clark, C. W., Davis, G. E., Dugan, P. J., Hodge, L. E., Kumar, A., Lucke, K., Mellinger, D. K., Nieu Kirk, S. L., Popescu, C. M., Ramp, C., Read, A. J., Rice, A. N., Silva, M. A., Siebert, U., Stafford, K. M., Verdaat, H., et Van Parijs, S. M. 2014. [Seasonal migrations of North Atlantic minke whales: novel insights from large-scale passive acoustic monitoring networks](#). Movement ecol., 2(1), 24.
- Roberts, J.J., Best, B.D., Dunn, D.C., Treml, E.A., et Halpin, P.N. 2010. Marine Geospatial Ecology Tools: An integrated framework for ecological geoprocessing with ArcGIS, Python, R, MATLAB, and C++. Environmental Modelling and Software 25: 1197-1207. doi: 10.1016/j.envsoft.2010.03.029
- Roy N., Simard, Y., Aulanier, F., et Giard, S. 2018. [Fréquentations continues par les rorquals communs des habitats du Saint-Laurent détectées par la surveillance acoustique passive \(SAP\) pluriannuelle](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/059. iv + 14 p
- Ruete, A. 2015. [Displaying bias in sampling effort of data accessed from biodiversity databases using ignorance maps](#). Biodiversity Data J. 3: e5361.
- Sergeant, D. 1977. Stocks of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the North Atlantic Ocean. Report - International Whaling Commission. 35:357-362.
-

-
- Silverman, B. 1986. Density estimation for statistics and data analysis. Chapman and Hall, London.
- Simard, Y. 2009. The Saguenay-St. Lawrence Marine Park: Oceanographic processes at the basis of this unique forage site of northwest Atlantic whales. *J. Water Sci.* 22(2):177-197
- Simard, Y., Roy, N., Aulanier, F., et Giard, S. 2016. [Blue whale continuous frequentations of St. Lawrence habitats from multi-year PAM series](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/091. v + 14 p.
- Stenson, G.B., Lien, J., Lawson, J., et Seton, R. 2003. Ice entrapments of blue whales in southwest Newfoundland: 1968-1992. pp. 15–17. In [Proceedings of the workshop on the development of research priorities for the northwest Atlantic blue whale population](#), 20-21 November 2002, Quebec City. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2003/031.
- Whitehead, H., et Moore, M.J. 1982. Distribution and movements of West Indian humpback whales in winter. *Can. J. Zool.* 60: 2203–2211.
- Wood, S.N. 2006. Generalized additive models: an introduction with R. London: Taylor and Francis, CRC Press, 384 pp.
- Wood, S.N., Goude, Y., et Shaw S. 2015. Generalized additive models for large datasets. *J. R. Statist. Soc., Series C* 64(1): 139-155.
- Wood, S.N., Li, Z., Shaddick, G., et Augustin N.H. 2017. Generalized additive models for gigadata: modelling the UK black smoke network daily data. *J. Amer. Statist. Ass.* 112:519, 1199-1210, DOI: 10.1080/01621459.2016.1195744
- Worton, B. J. 1995. Using Monte Carlo simulation to evaluate kernel-based home range estimators. *J. Wildlife Manage.* 59:794–800.
- Wunderlich, R.F., Lin, Y.-P., Anthony, J., et Petway, J.R. 2019. Two alternative evaluation metrics to replace the true skill statistic in the assessment of species distribution models. *Nature Conserv.* 35: 97-116.
- Youden, W. J. 1950. Index for rating diagnostic tests. *Cancer* 3:32–5.

TABLEAUX

Tableau 1. Description sommaire des relevés compris dans la base de données des observations considérée dans les analyses. L'analyse des noyaux n'a été réalisée que sur des relevés systématiques utilisant le même protocole dans la même zone (i.e. les relevés multi-espèces par bateau appelés « relevés du Cetus », et les relevés par avion visant à évaluer la taille et la répartition de la population des bélugas incluant également une partie de deux relevés de grande ampleur, TNASS et NAISS, couvrant la zone). Les modèles de présence du rorqual bleu, du rorqual commun et du rorqual à bosse ont été basés sur l'ensemble de données complet, tandis que les modèles du petit rorqual ont utilisé uniquement des relevés couvrant l'estuaire.*

Nom du relevé	Type de relevé	Nombre de relevés	Plateforme d'observation	Couverture spatiale		Couverture temporelle	Effort
				Estuaire	Golfe		
Relevés multi-espèces par bateau (relevés de Cetus)	Systématique	110	Bateau	X	-	Mai-octobre, 2009-2015	1 relevé/semaine, lorsque les conditions météorologiques le permettaient
Observateurs sur missions multidisciplinaires	Non-systématique	18	Bateau	X (13)	X(18)	Août, 1995-1998; déc. 2001; mai-juin-nov. 2002; août 2005; août 2014; juin-août-sept. 2015; août-sept. 2016; juin-août-sept. 2017	1 relevé/mois
Observateurs sur missions acoustiques	Non-systématique	9	Bateau	X(7)	X(7)	Août 2009; août 2011; juin 2012; août 2012; juillet-août 2013; mai 2014; juin 2015	1 relevé/mois
Relevés d'évaluation de la population de bélugas	Systématique	45	Avion	X	-	Juillet-début septembre 2001; 2003-2005;2007-2009;2012-2014	1 à 14 relevés/année
Relevés de la répartition saisonnière des bélugas	Systématique	19	Avion	X (12)	X (18)	Printemps 2013-2015; automne 2012-2014; hiver 2013-2015	1 à 2 relevés/saison
Autres relevés de bélugas	Systématique	4	Avion	X (4)	X (3)	Septembre 2002; mars 2004	1 relevé/mois
Relevés aériens multi-espèces (TNASS, NAISS*)	Systématique	4	Avion	X	X	Juillet-août 2007; août 2016	1 relevé/mois

* TNASS et NAISS désignent respectivement le relevé visuel Trans Atlantique Nord et le relevé aérien International de l'Atlantique Nord.

Tableau 2. Modèles sélectionnés dans chaque itération utilisant des ensembles d'apprentissage et de test, et statistiques d'évaluation (i.e. Proportion de la déviance expliquée, aire sous la courbe lorsque les prédictions sont faites à partir de l'ensemble de données utilisé pour ajuster le modèle [AUC Apprentissage] ou de l'ensemble de données de test [AUC Test], proportion de la classification correcte des présences [Classification 1 vs 1] ou des absences [Classification 0 vs 0], valeur moyenne de classification correcte, statistique de compétence réelle [TSS], indice de dépendance extrême symétrique [SEDI]).

Espèce	Modèle	% de la déviance expliquée	AUC Apprentissage	AUC Test	% Classification 1 vs 1	% Classification 0 vs 0	Valeur moyenne de classification correcte	TSS	SEDI	
Petit rorqual	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	38,2	0,925	0,884	91,3	70,4	80,9	0,686	0,785	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	39,2	0,929	0,841	80,0	74,7	77,3	0,698	0,706	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	39,8	0,930	0,825	76,0	73,0	74,8	0,711	0,651	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	39	0,927	0,867	87,0	68,0	77,9	0,689	0,724	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	39,1	0,928	0,844	83,3	66,0	74,7	0,7	0,655	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	39,2	0,927	0,865	87,3	66,3	76,8	0,689	0,704	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	39,2	0,929	0,851	82,7	70,3	76,5	0,7	0,691	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	38,6	0,926	0,871	88,7	64,7	76,7	0,697	0,706	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	38,9	0,927	0,85	82,0	70,5	76,2	0,687	0,686	
	s(distance, front thermique) + s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 20m)	38,5	0,924	0,852	79,3	74,2	76,8	0,692	0,693	
	Moyenne		38,97	0,927	0,855	83,8	69,8	76,9	0,6949	0,7001
	IC à 95 % inf.		38,7	0,926	0,844	80,8	67,6	75,8	0,690	0,677
	IC à 95 % sup.		39,2	0,928	0,866	86,7	72,0	77,9	0,700	0,723
Rorqual commun	s(bathymétrie) + s(pente du fond)	29,2	0,934	0,711	45,5	77,0	61,3	0,738	0,33	
	s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	29,6	0,935	0,717	50,5	79,0	64,8	0,74	0,423	
	s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 20m)	29,5	0,938	0,696	38,6	81,4	60,0	0,749	0,304	
	s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	28,8	0,932	0,73	58,4	70,7	64,6	0,741	0,409	
	s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 20m)	30	0,937	0,695	35,6	79,5	57,6	0,751	0,232	
	s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	28,3	0,930	0,754	52,5	81,4	67,0	0,729	0,481	
	s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	29,4	0,936	0,717	56,4	75,6	66,0	0,75	0,45	
	s(TSM, jour) + s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	30,2	0,936	0,747	52,5	82,0	67,2	0,738	0,489	
	s(TSM, jour) + s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	30	0,933	0,749	63,4	73,8	68,6	0,741	0,51	
	s(TSM, jour) + s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	29,1	0,929	0,75	57,4	78,3	67,9	0,726	0,498	
	Moyenne		29,41	0,934	0,7266	51,1	77,9	64,5	0,7403	0,4126
	IC à 95 % inf.		29,0	0,932	0,713	45,6	75,6	62,2	0,735	0,354
	IC à 95 % sup.		29,8	0,936	0,741	56,6	80,1	66,8	0,745	0,471
Rorqual à bosse	s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	29	0,931	0,796	62,3	86,3	74,3	0,725	0,654	
	s(TSM, 3 derniers jours) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	28,8	0,927	0,807	65,2	81,4	73,3	0,716	0,625	
	s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	28,6	0,928	0,841	66,7	84,8	75,8	0,721	0,679	
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	28,7	0,929	0,837	75,4	78,9	77,1	0,717	0,701	

Espèce	Modèle	% de la déviance expliquée	AUC Apprentissage	AUC Test	% Classification 1 vs 1	% Classification 0 vs 0	Valeur moyenne de classification correcte	TSS	SEDI
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(pente du fond)	28,9	0,928	0,838	72,5	77,4	74,9	0,719	0,655
	s(frég. max., front thermique, 1 km) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	28,5	0,929	0,849	68,1	85,3	76,7	0,724	0,699
	s(TSM, décalage 3 jours) + s(bathymétrie) + s(pente du fond)	29,7	0,932	0,845	71,0	82,6	76,8	0,729	0,697
	s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	29,7	0,937	0,799	71,0	78,1	74,6	0,737	0,648
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	30,7	0,936	0,808	62,3	83,1	72,7	0,744	0,615
	s(frég. max., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(pente du fond) + s(Distance isobathes 200m)	30	0,932	0,854	59,4	88,5	74,0	0,722	0,653
	Moyenne	29,26	0,931	0,8274	67,4	82,6	75,0	0,7254	0,6626
	IC à 95 % inf.	28,8	0,929	0,814	64,2	80,3	74,1	0,720	0,644
	IC à 95 % sup.	29,7	0,933	0,841	70,6	84,9	76,0	0,731	0,681
Rorqual bleu	s(TSM, décalage 15 jours) + s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	29,4	0,936	0,882	85,3	77,4	81,3	0,728	0,783
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie)	29,2	0,938	0,881	77,9	81,9	79,9	0,726	0,755
	s(TSM, 3 derniers jours) + s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	27,7	0,933	0,873	83,8	78,4	81,1	0,725	0,777
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie)	29,4	0,942	0,881	85,3	81,3	83,3	0,75	0,815
	s(TSM, décalage 15 jours) + s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	30,2	0,941	0,88	80,9	81,5	81,2	0,725	0,778
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie)	29,2	0,939	0,851	70,6	78,3	74,4	0,733	0,645
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	29,5	0,937	0,877	85,3	78,0	81,6	0,721	0,788
	s(TSM, 3 derniers jours) + s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie) + s(Distance isobathes 200m)	29,4	0,937	0,831	69,1	76,9	73,0	0,723	0,614
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie)	28,9	0,938	0,866	80,9	76,2	78,5	0,732	0,729
	s(frég. moy., front thermique, 1 km) + s(bathymétrie)	30,1	0,942	0,868	80,9	80,9	80,9	0,751	0,773
	Moyenne	29,3	0,938	0,869	80,0	79,1	79,5	0,7314	0,7457
	IC à 95 % inf.	28,9	0,937	0,859	76,3	77,8	77,5	0,725	0,705
	IC à 95 % sup.	29,7	0,940	0,879	83,7	80,4	81,6	0,738	0,786

FIGURES

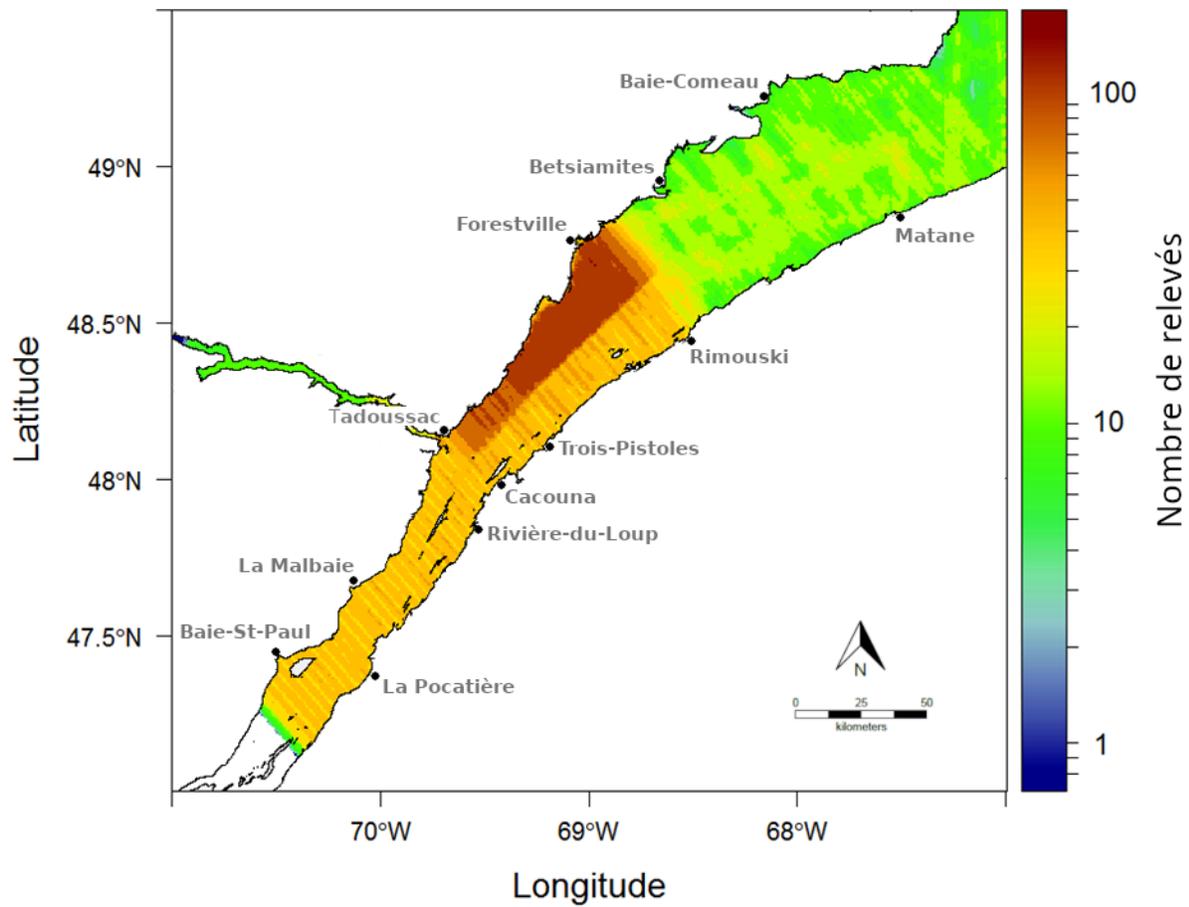


Figure 1. Effort, exprimé en nombre de relevés aériens et de relevés par bateau, couvrant l'estuaire du Saint-Laurent de 1995 à 2017 qui ont été utilisés dans les analyses.

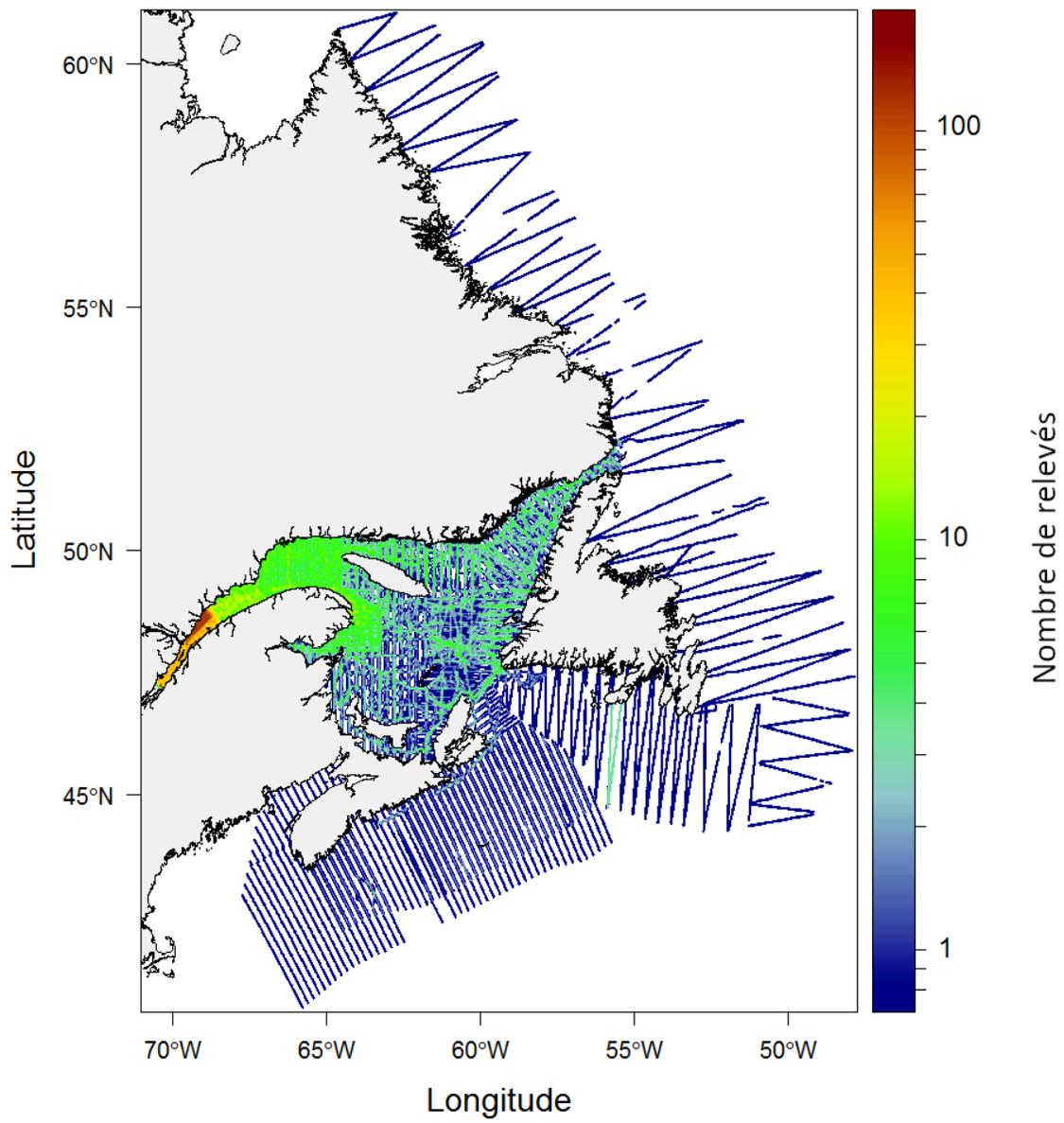


Figure 2. Effort, exprimé en nombre de relevés aériens et de relevés par bateau, couvrant les eaux du Canada atlantique de 1995 à 2017.

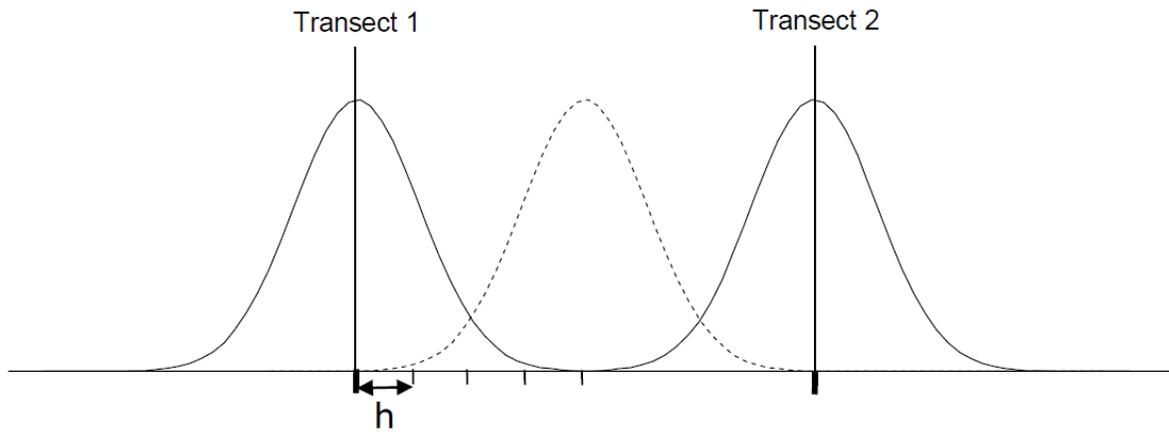


Figure 3. Représentation bidimensionnelle du lissage par noyau (kernel) des valeurs obtenues sur les transects. La ligne simple correspond à la plage d'influence d'une observation sur chaque transect. La ligne pointillée montre que l'influence ne s'étend pas au-delà de l'autre transect, même si l'observation est située à mi-chemin (2,25 milles marins pour les relevés du Cetus, et 2 milles marins pour les relevés aériens) des deux lignes de transect.

Relevés dans l'Estuaire du St. Laurent entre 1995 et 2017

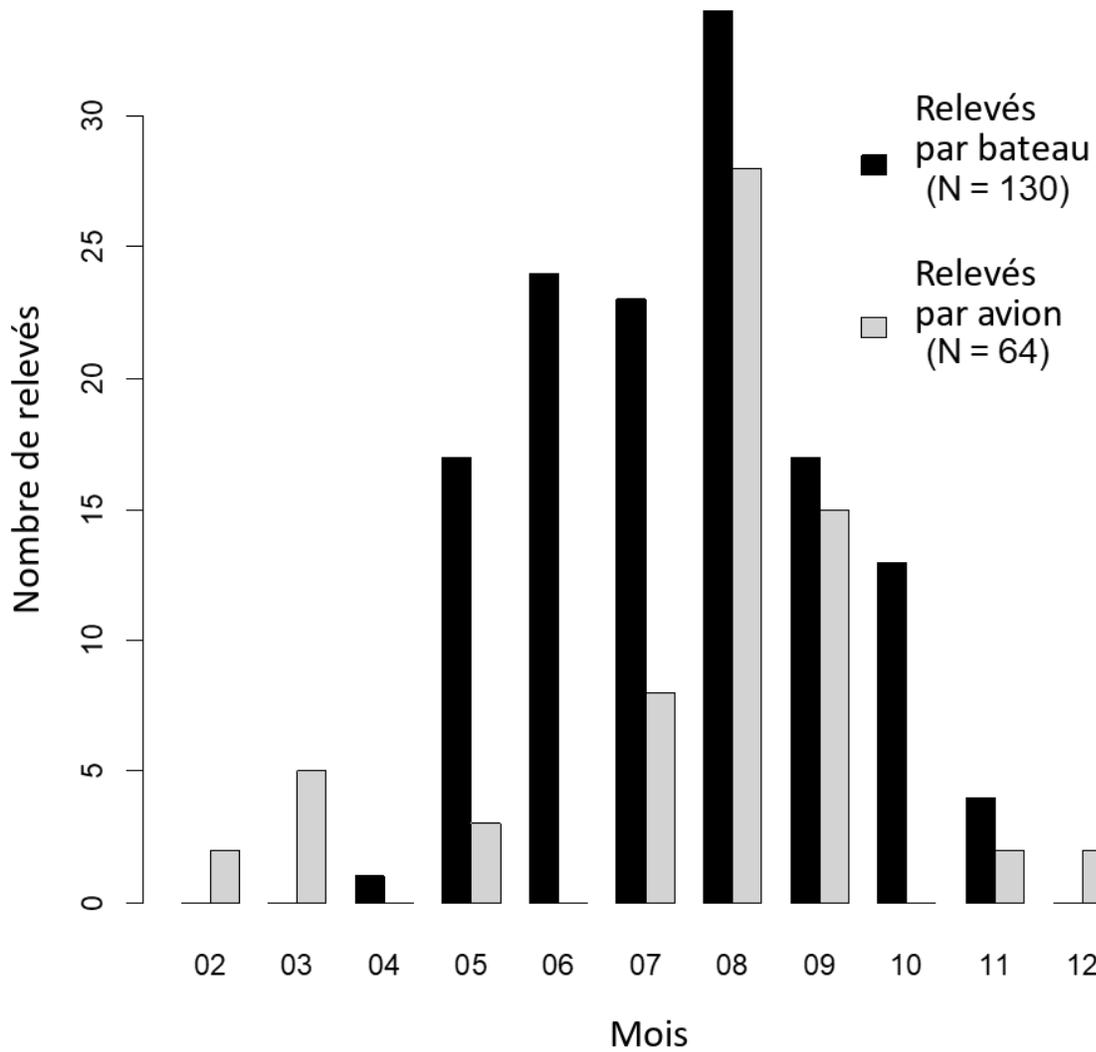


Figure 4. Répartition mensuelle des relevés par bateau et par avion effectués par le MPO entre 1995 et 2017 dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Minke Whale / Petit rorqual mai à octobre

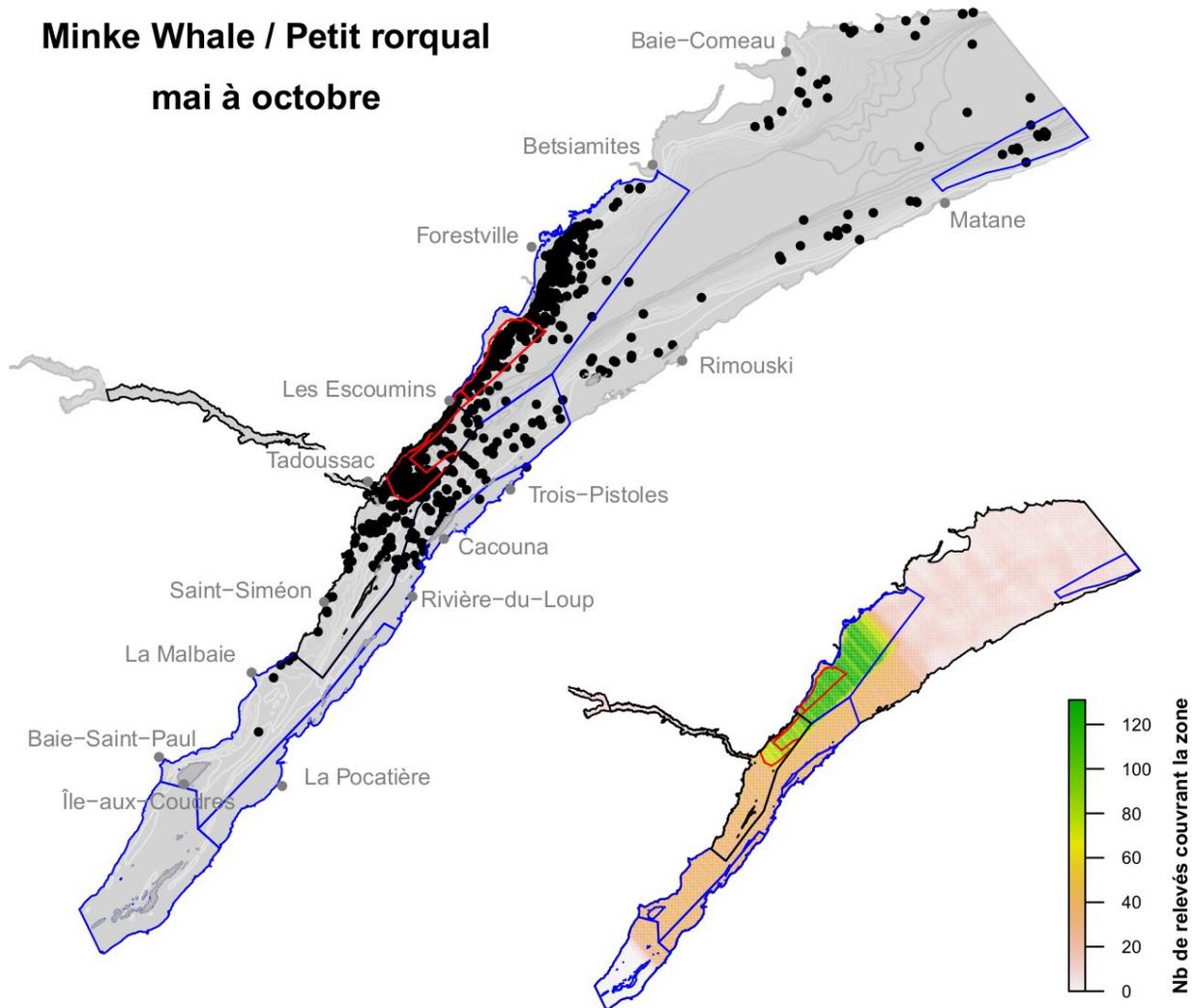


Figure 5. Répartition de mai à octobre des observations et de l'effort d'observation du petit rorqual dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés par bateau et par avion effectués entre 1995 et 2017. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir et les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Minke Whale / Petit rorqual juillet à septembre

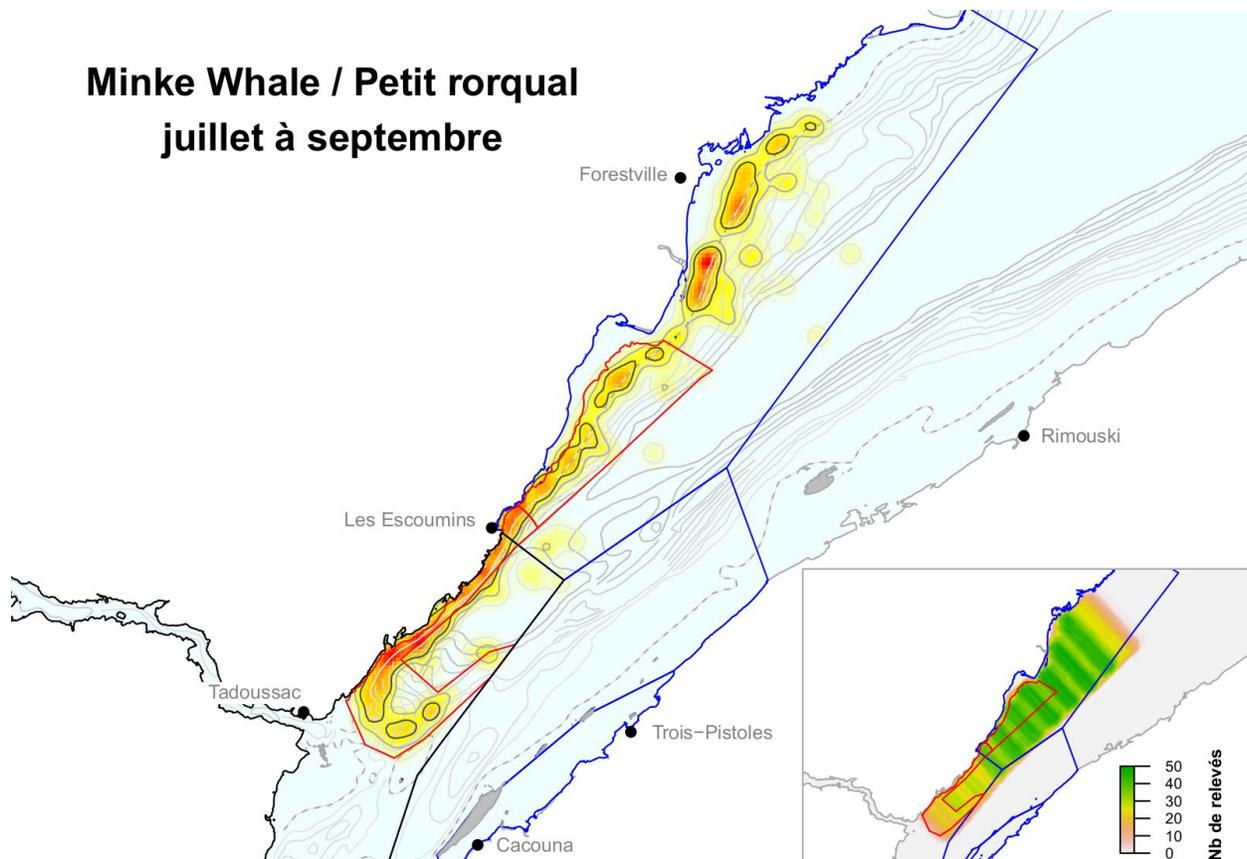


Figure 6. Représentation par noyaux de la répartition des observations du petit rorqual de juillet à septembre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du Cetus mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Minke Whale / Petit rorqual
juillet à septembre

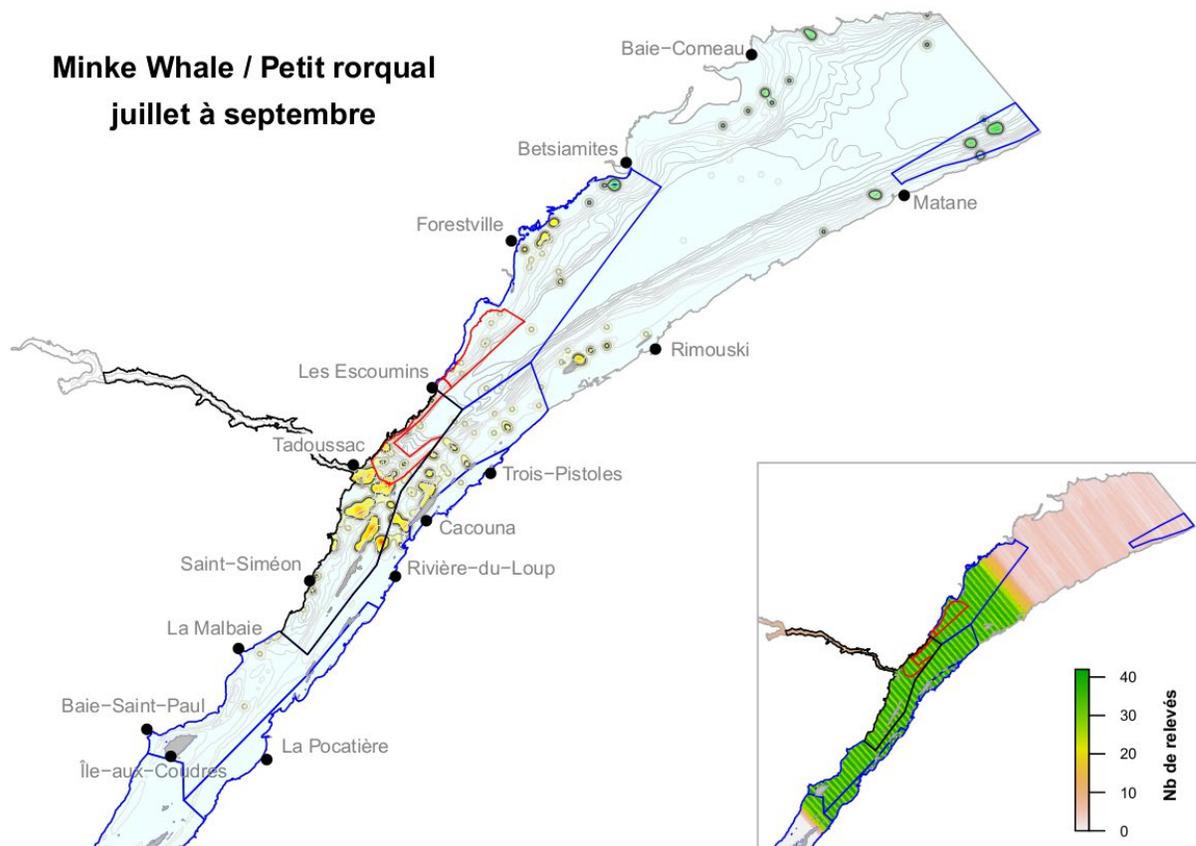


Figure 7. Représentation par noyaux de la répartition des observations du petit rorqual de juillet à septembre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués entre 2001 et 2016. À noter que cette carte regroupe les résultats de l'analyse des noyaux de deux secteurs avec des efforts d'observations différents. La représentation par noyaux de la zone où l'effort d'observation est le plus marqué (en amont de Forestville-Rimouski) est indiquée ici par une échelle jaune/rouge; nous avons utilisé une échelle verte/bleue pour représenter la zone où l'effort a été le moins marqué (soit en aval de Forestville-Rimouski). Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

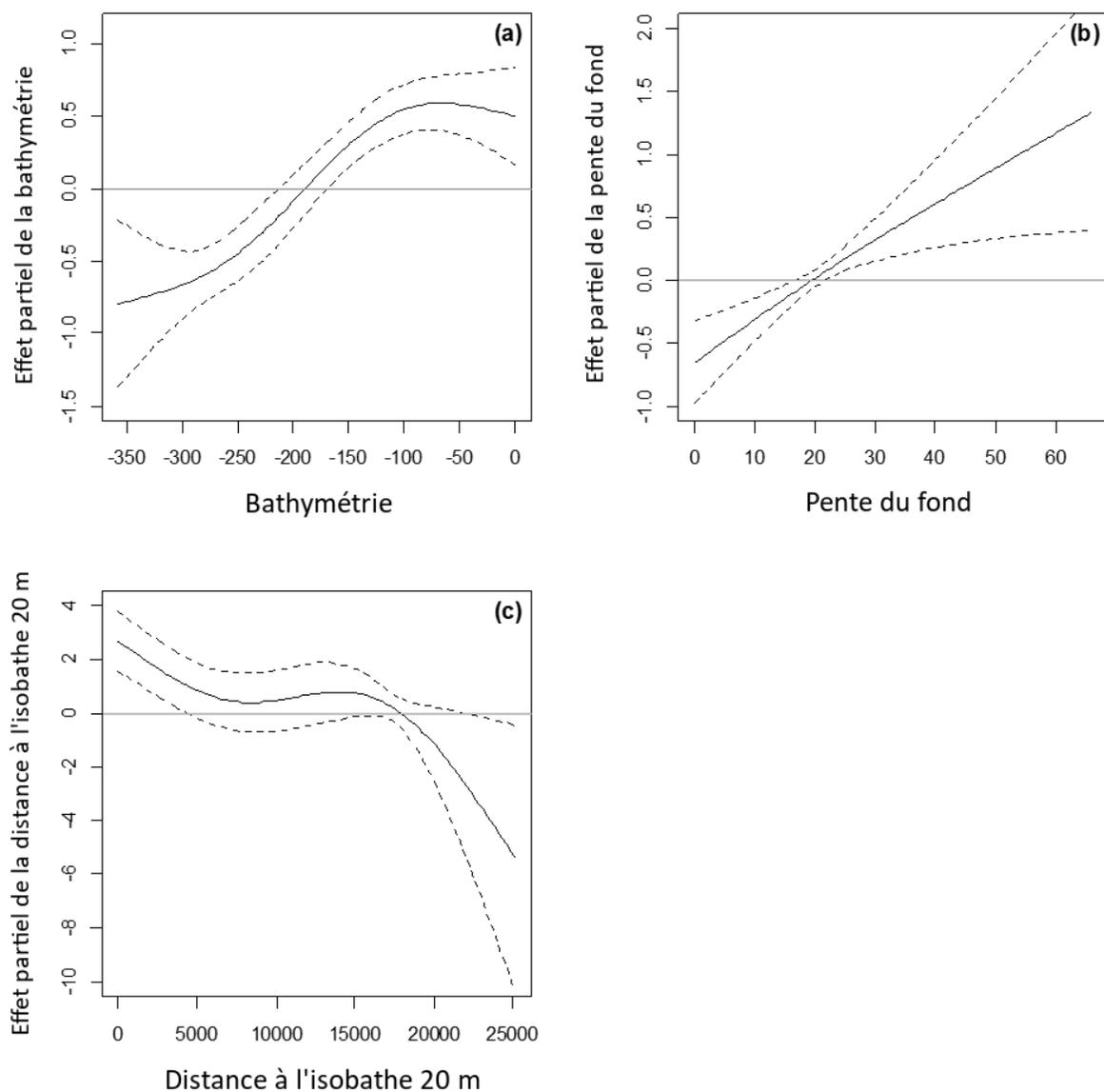


Figure 8. Relation lissée entre la probabilité de présence du petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*) et a) la bathymétrie, b) la pente du fond et c) la distance aux isobathes de 20 m. L'axe vertical, exprimé en logits, indique l'influence relative de chaque variable explicative sur la prédiction. Les lignes pointillées représentent des intervalles de confiance à 95 %. La ligne horizontale grise représente la limite entre l'influence positive et l'influence négative de la variable explicative sur la prédiction.

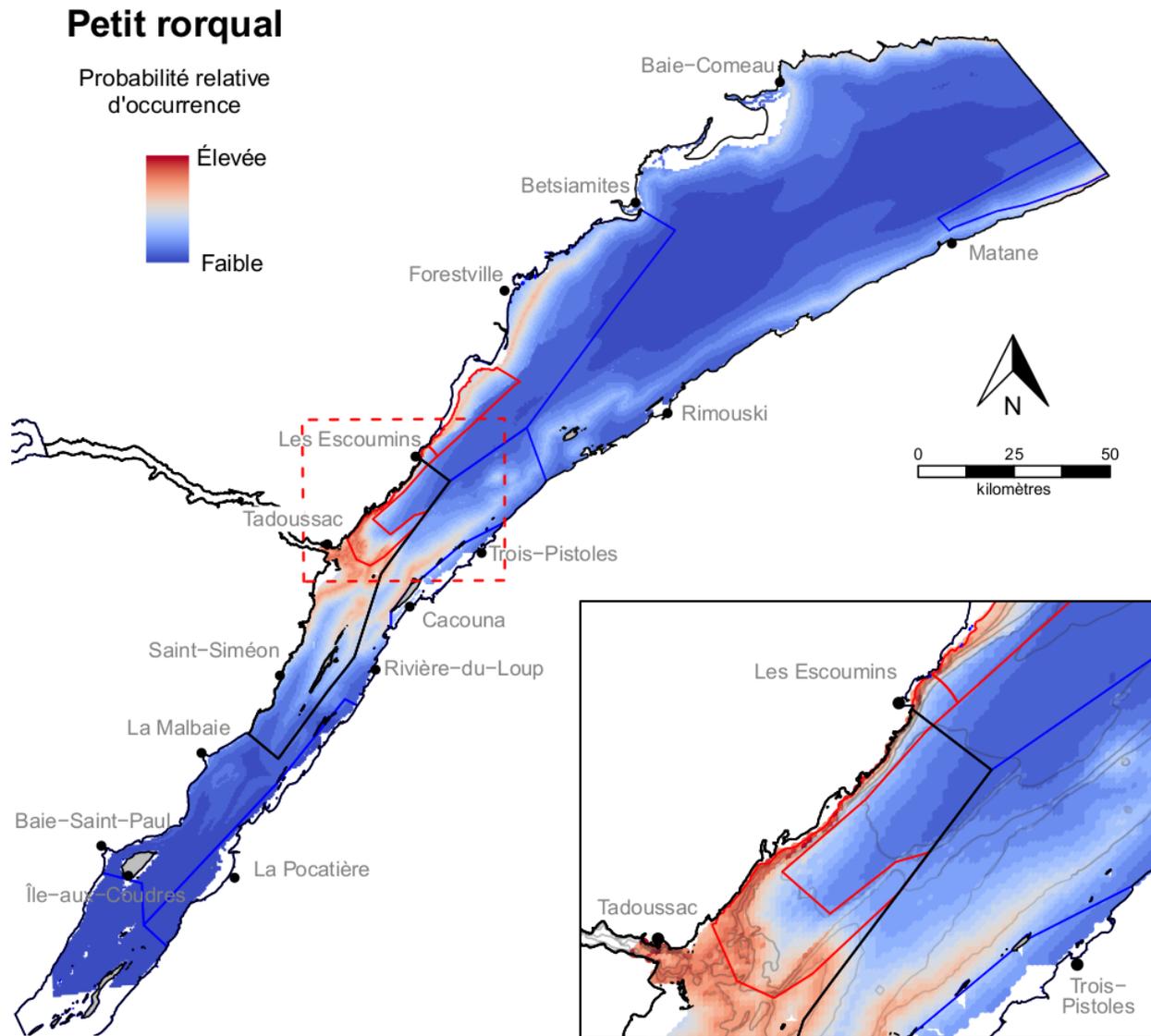


Figure 9. Prédications de la probabilité relative de la présence du petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*) dans l'estuaire du Saint-Laurent. Le modèle comprend l'effet de la bathymétrie, de la pente du fond et de la distance aux isobathes de 20 m, ce qui représente les zones de pente du fond plus abrupte situées entre les eaux côtières et le plateau (voir aussi la Figure 8). Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Fin Whale / Rorqual commun mai à octobre

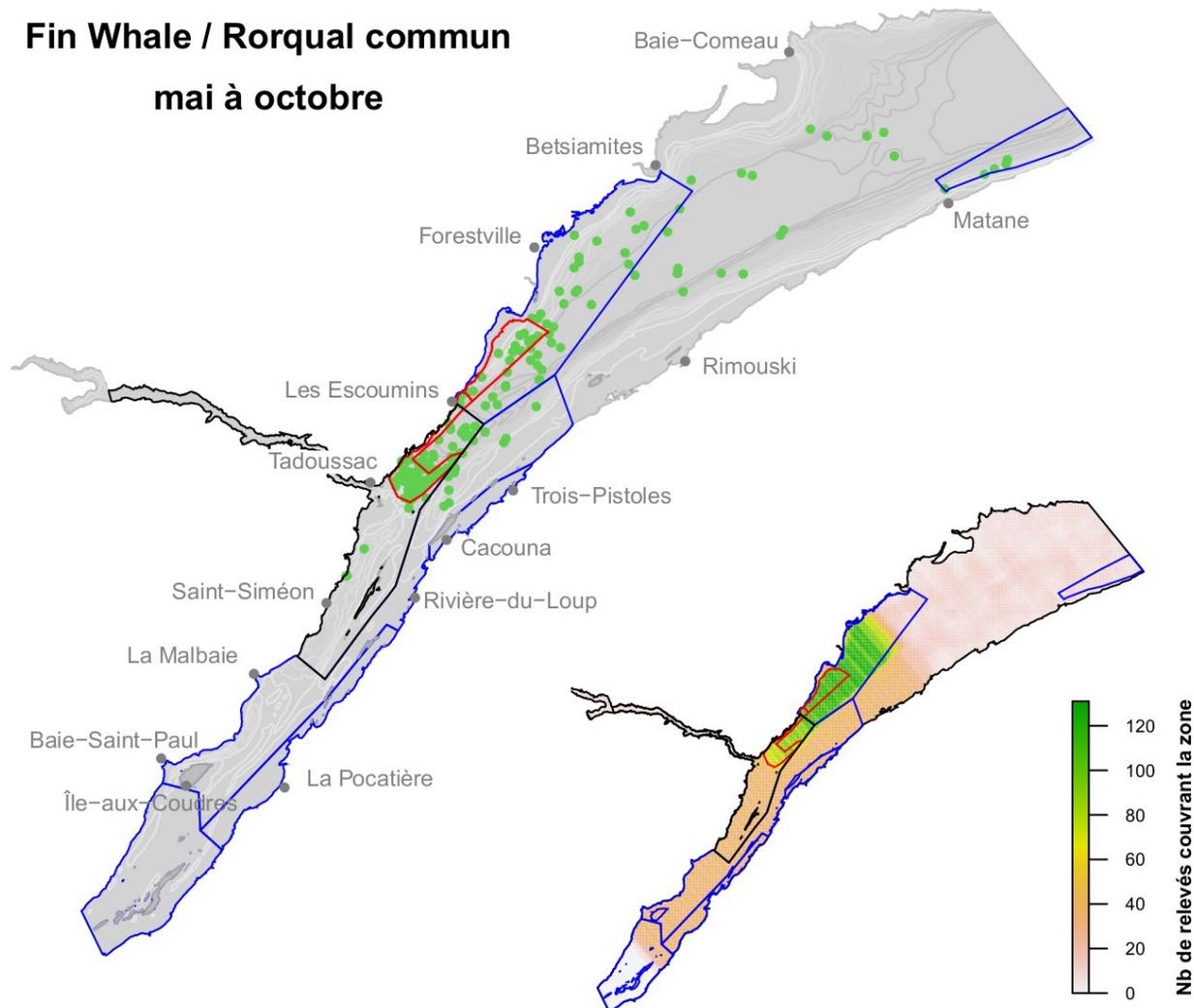


Figure 10. Répartition de mai à octobre des observations du rorqual commun et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés par bateau et les relevés aériens effectués entre 1995 et 2017. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Fin Whale / Rorqual commun juillet à septembre

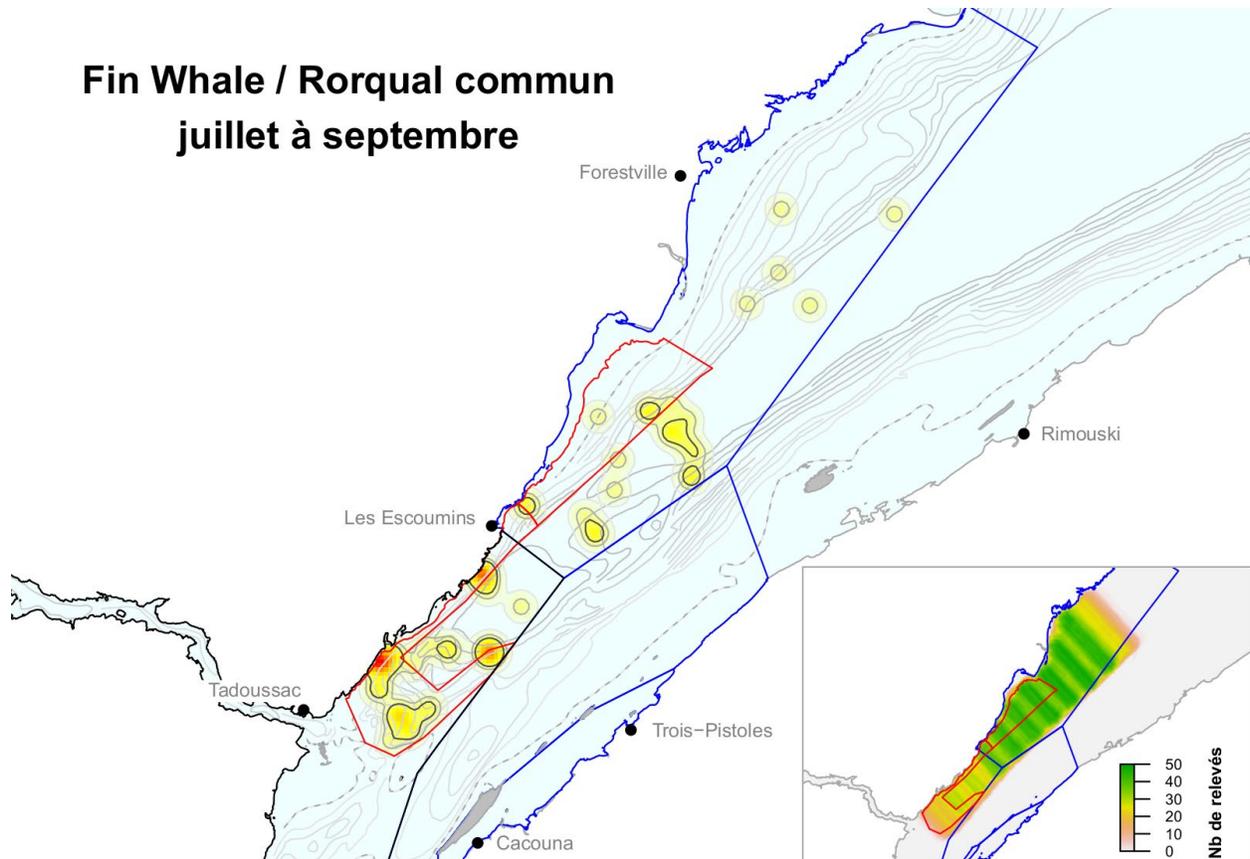


Figure 11. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual commun de juillet à septembre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du Cetus mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Fin Whale / Rorqual commun juillet à septembre

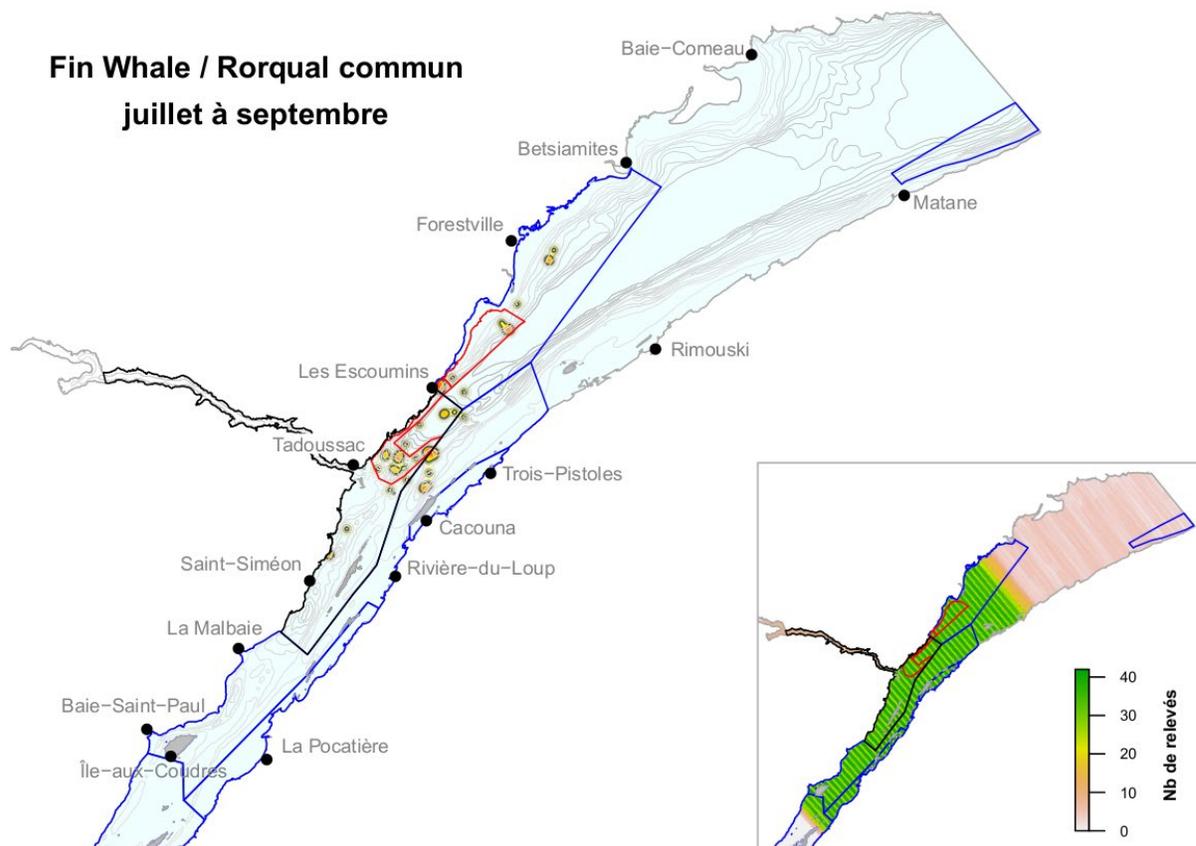


Figure 12. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual commun de juillet à septembre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués entre 2001 et 2016. À noter que cette carte regroupe les résultats de l'analyse des noyaux de deux secteurs avec des efforts d'observations différents. La représentation par noyaux de la zone où l'effort d'observation a été le plus marqué (en amont de Forestville-Rimouski) est indiquée par l'échelle jaune/rouge. Aucune observation de rorqual commun n'a été enregistrée dans la zone d'effort moins marqué (en aval de Forestville-Rimouski). Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

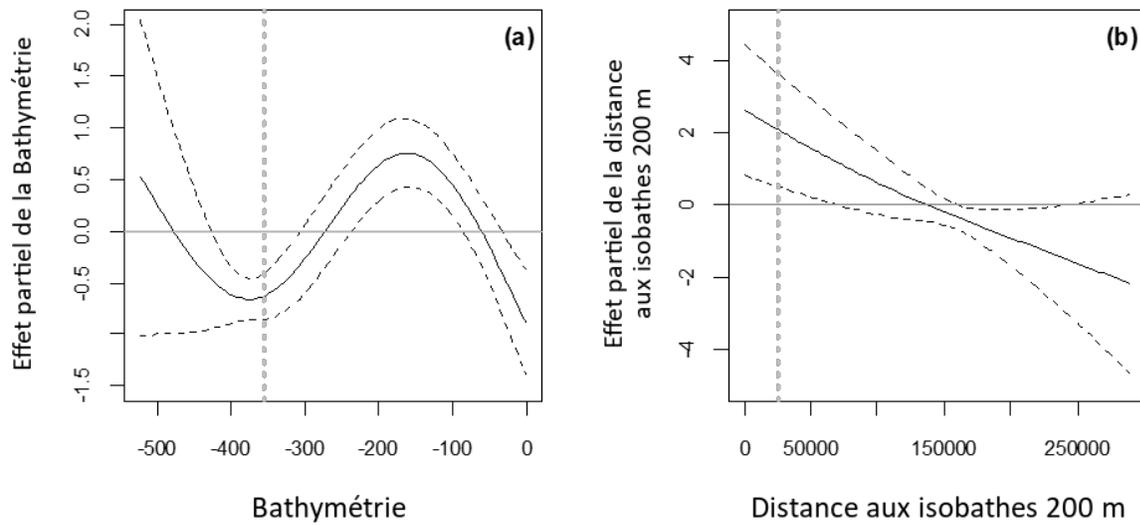


Figure 13. Relation lissée entre la probabilité de la présence du rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) et a) la pente du fond et b) la distance aux isobathes de 200 m. L'axe vertical, exprimé en logits, indique l'influence relative de chaque variable explicative sur la prédiction. Les lignes pointillées représentent des intervalles de confiance à 95 %. La ligne horizontale grise représente la limite entre l'influence positive et l'influence négative de la variable explicative sur la prédiction, et la ligne verticale pointillée indique la valeur maximale de la variable observée dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Rorqual commun

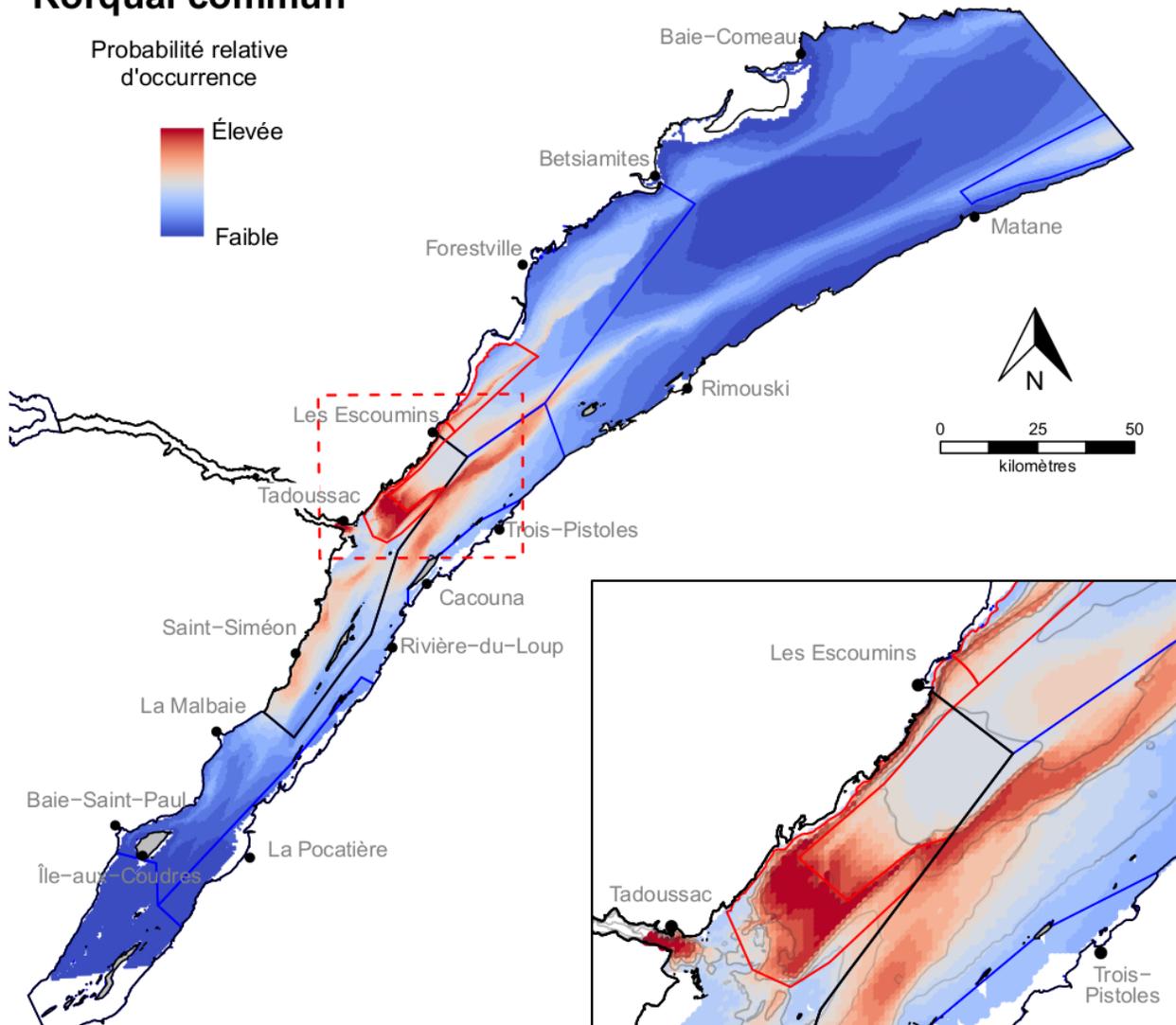


Figure 14. Prédications de la probabilité relative de la présence du rorqual commun (*Balaenoptera physalus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent. Le modèle comprend l'effet de la pente du fond et de la distance aux isobathes de 200 m, ce qui représente les zones de pente du fond plus abrupte situées entre le plateau et le chenal Laurentien (voir aussi la Figure 13). Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Humpback Whale / Rorqual à bosse mai à octobre

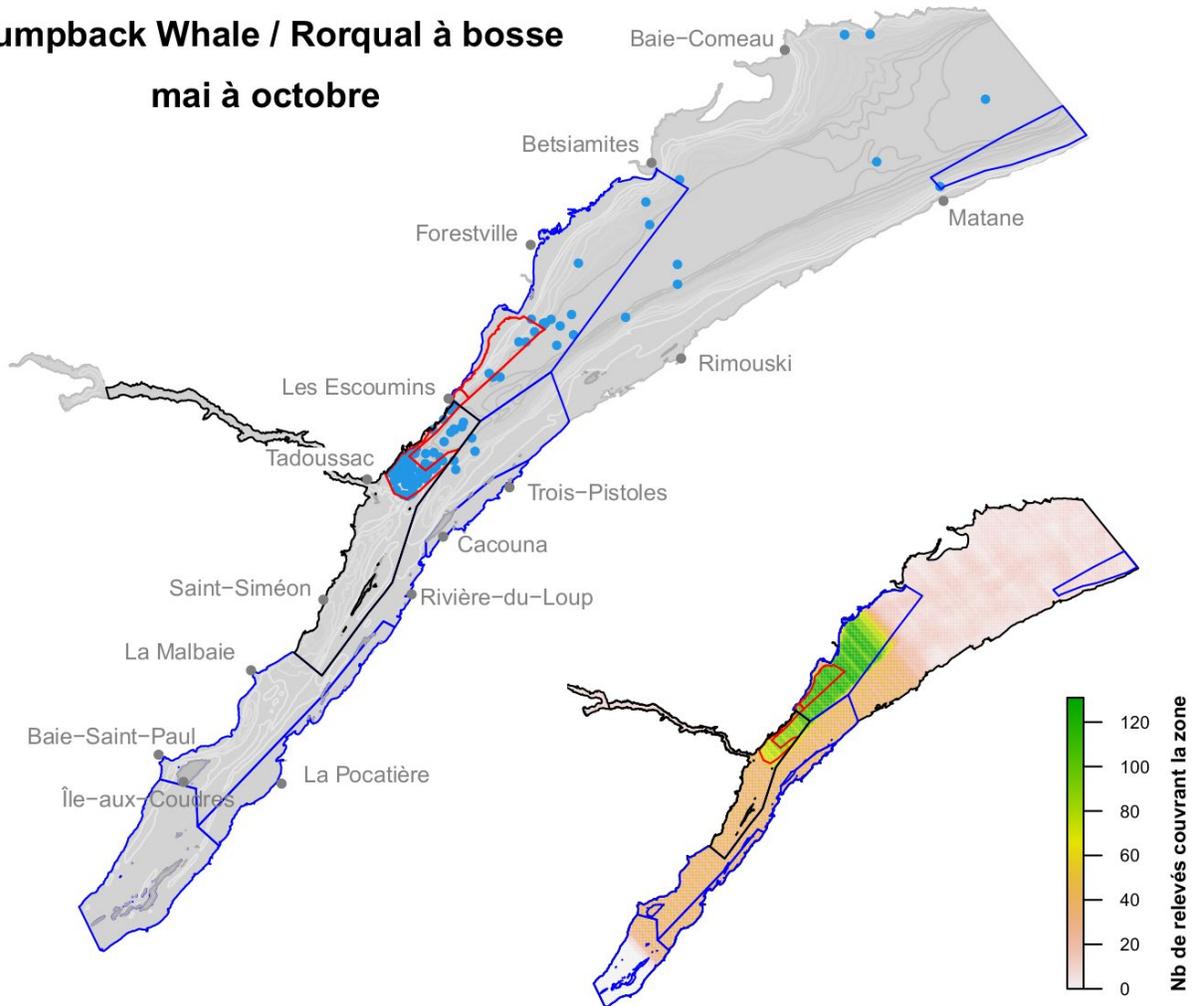


Figure 15. Répartition de mai à octobre des observations du rorqual à bosse et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés par bateau et par avion effectués entre 1995 et 2017. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Humpback Whale / Rorqual à bosse juillet à septembre

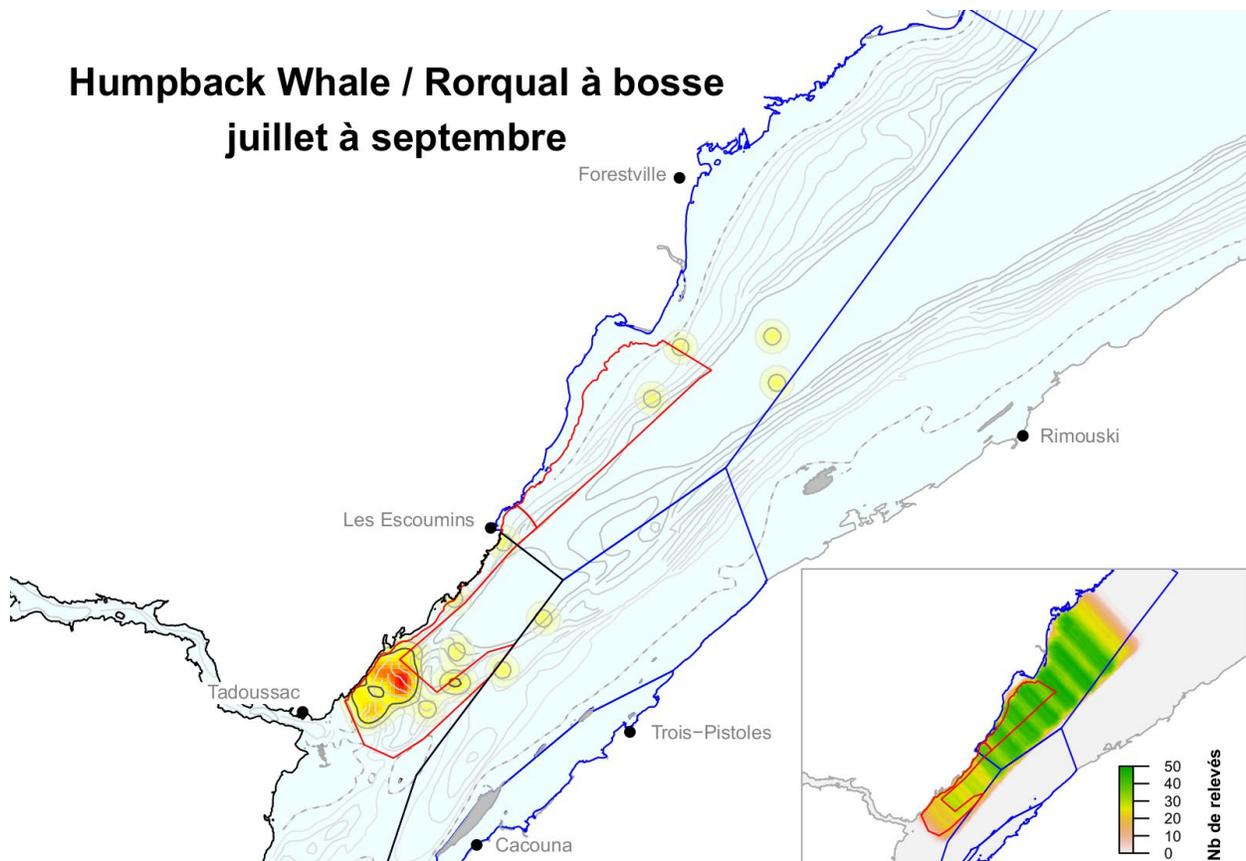


Figure 16. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual à bosse de juillet à septembre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus* mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Humpback Whale / Rorqual à bosse
juillet à septembre

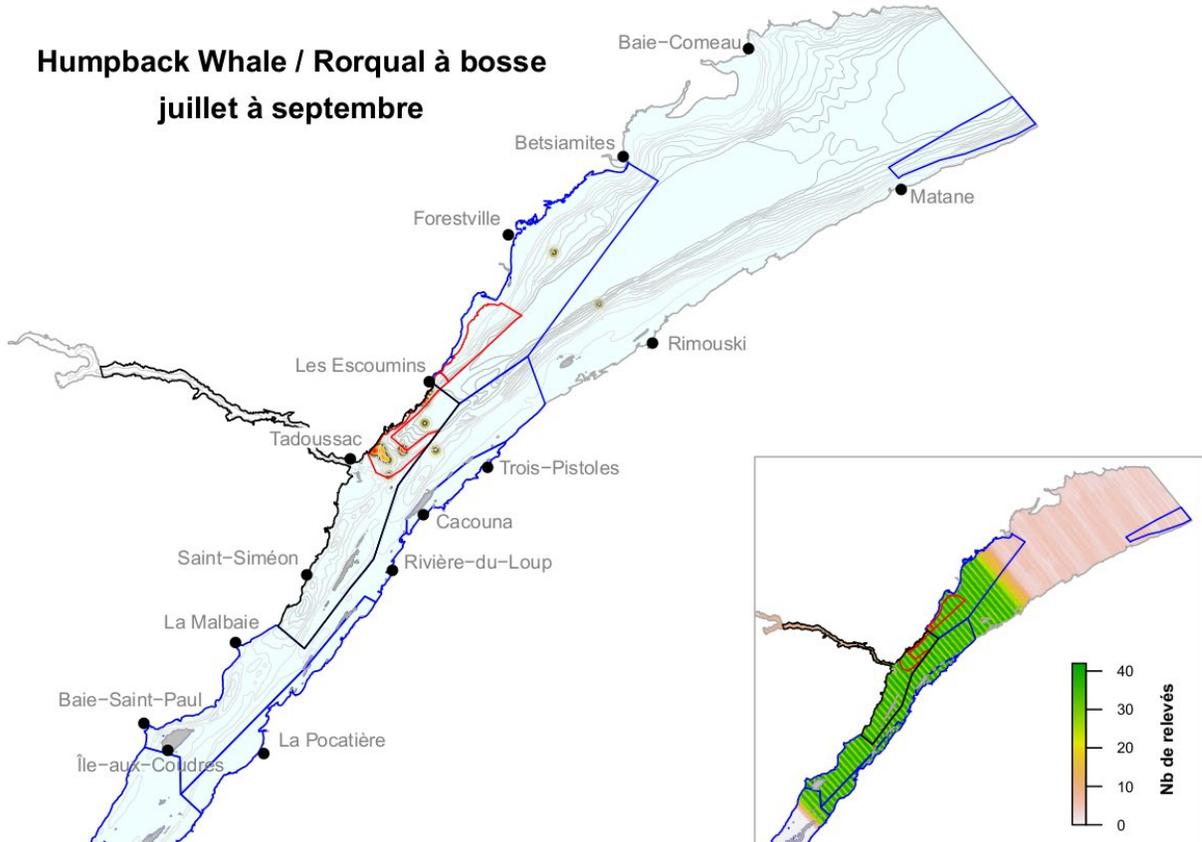


Figure 17. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual à bosse de juillet à septembre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués entre 2001 et 2016. À noter que cette carte regroupe les résultats de l'analyse des noyaux de deux secteurs avec des efforts d'observations différents. La représentation par noyaux de la zone où l'effort d'observation a été le plus marqué (en amont de Forestville-Rimouski) est indiquée par l'échelle jaune/rouge. Aucune observation du rorqual à bosse n'a été enregistrée dans la zone d'effort moins marqué (en aval de Forestville-Rimouski). Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

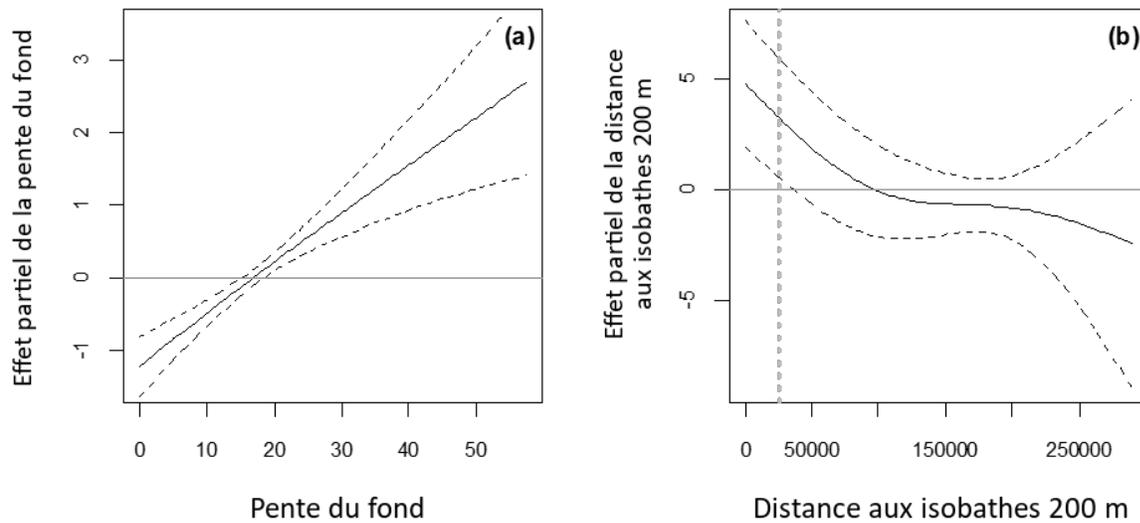


Figure 18. Relation lissée entre la probabilité de la présence du rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*) et a) la pente du fond et b) la distance aux isobathes de 200 m. L'axe vertical, exprimé en logits, indique l'influence relative de chaque variable explicative sur la prédiction. Les lignes pointillées représentent des intervalles de confiance à 95 %. La ligne horizontale grise représente la limite entre l'influence positive et l'influence négative de la variable explicative sur la prédiction.

Rorqual à bosse

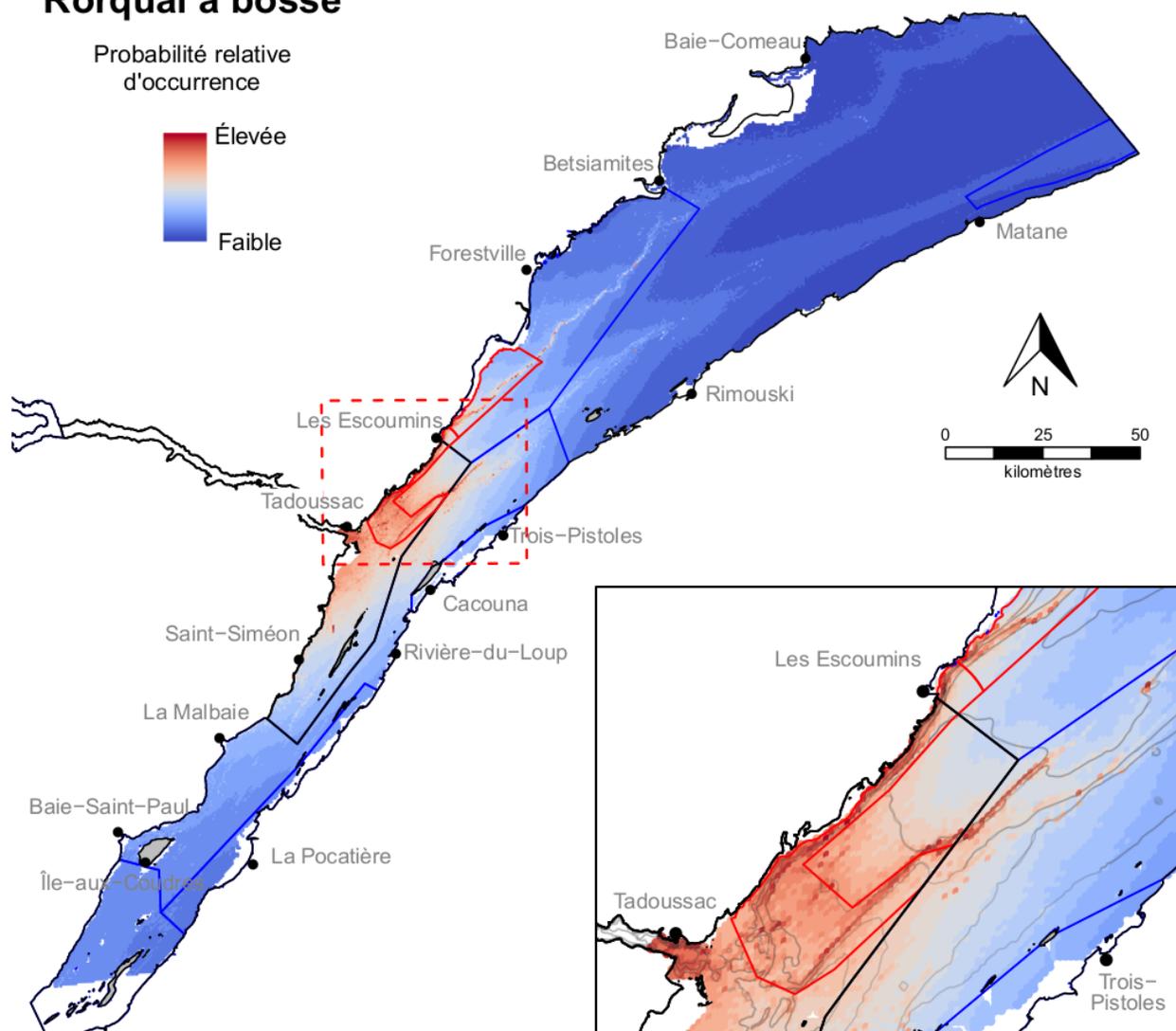


Figure 19. Prédications de la probabilité relative de la présence du rorqual commun (*Megaptera novaeangliae*) dans l'estuaire du Saint-Laurent. Le modèle comprend l'effet de la pente du fond et de la distance aux isobathes de 200 m, ce qui représente les zones de pente du fond plus abrupte situées entre le plateau et le chenal Laurentien (voir aussi la Figure 18). Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Blue Whale / Rorqual bleu mai à octobre

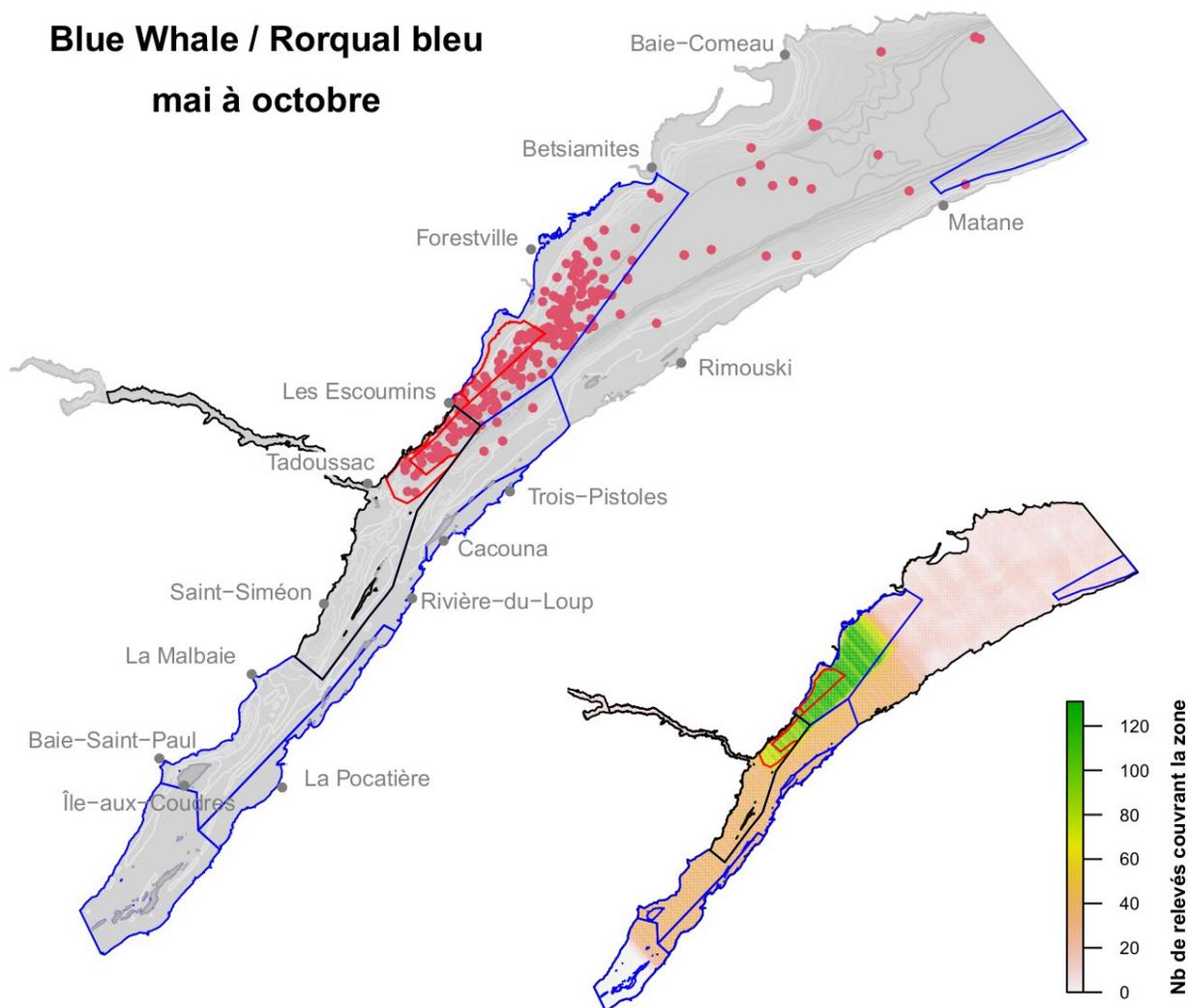


Figure 20. Répartition de mai à octobre des observations du rorqual à bosse et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés par bateau et par avion effectués entre 1995 et 2017. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Blue Whale / Rorqual bleu juillet à septembre

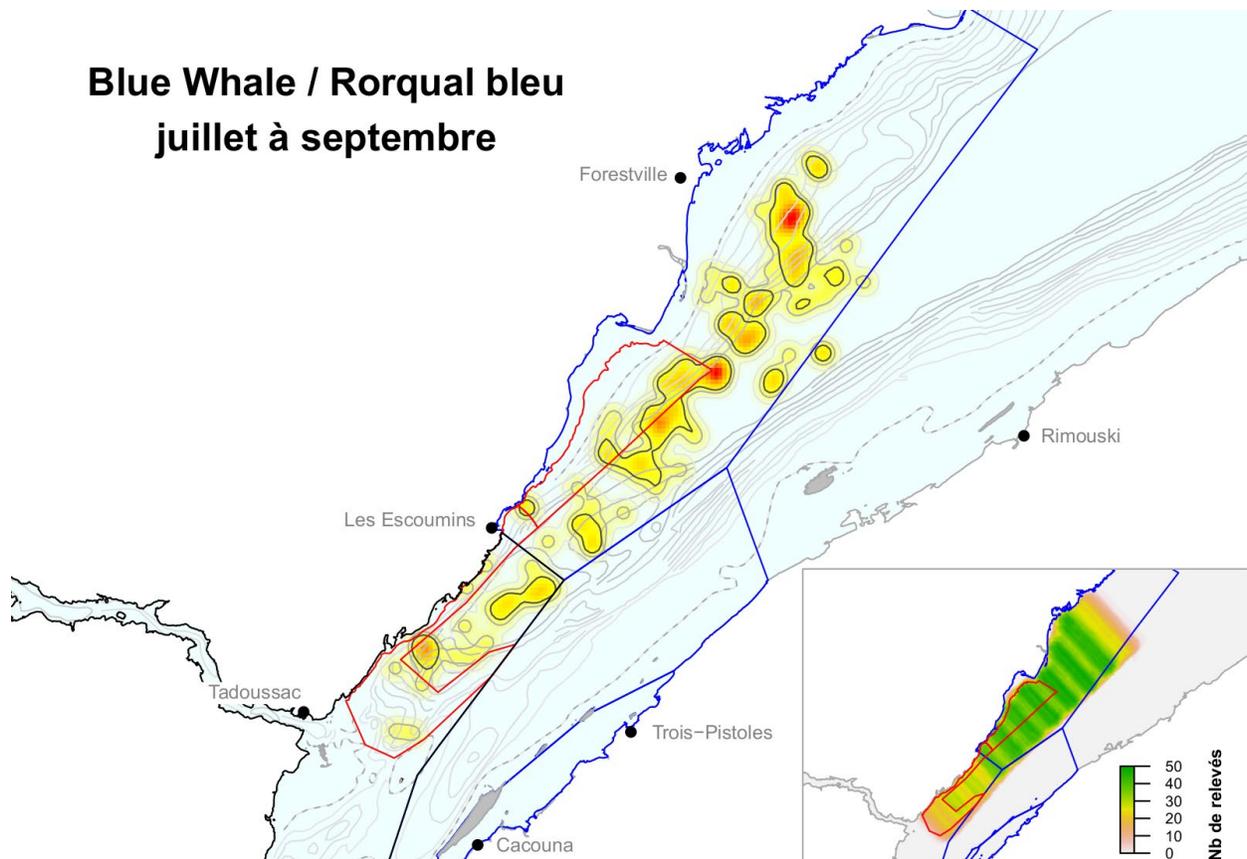


Figure 21. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual bleu de juillet à septembre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus* mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Blue Whale / Rorqual bleu
juillet à septembre

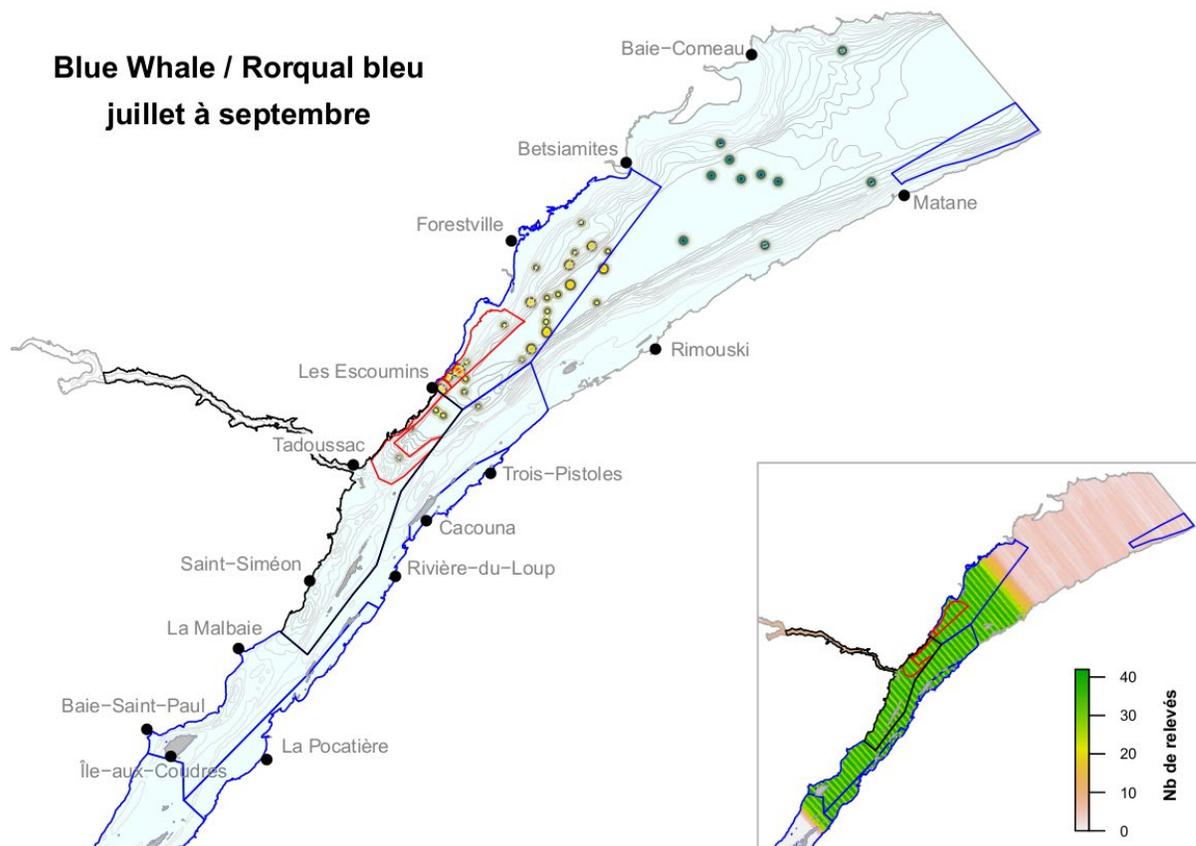


Figure 22. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual bleu de juillet à septembre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués entre 2001 et 2016. À noter que cette carte regroupe les résultats de l'analyse des noyaux de deux secteurs avec des efforts d'observations différents. La représentation par noyaux de la zone où l'effort d'observation est le plus marqué (en amont de Forestville-Rimouski) est indiquée ici par une échelle jaune/rouge; nous avons utilisé une échelle verte/bleue pour représenter la zone où l'effort a été le moins marqué (soit en aval de Forestville-Rimouski). Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

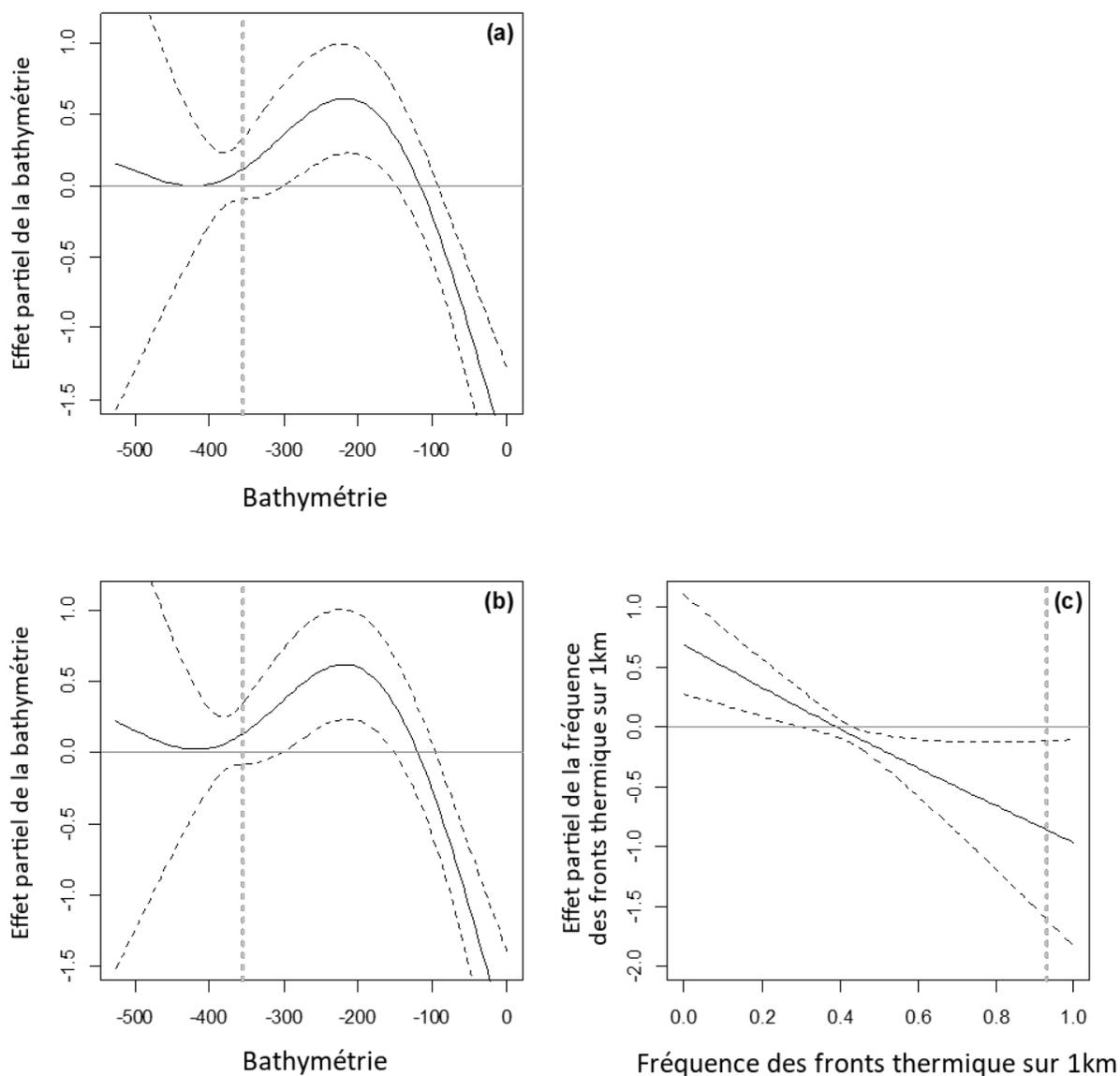


Figure 23. Relation lissée entre la probabilité de la présence du rorqual bleu (*Balaenoptera physalus*) et a) la bathymétrie, ou b) la bathymétrie et c) la fréquence moyenne de front thermique dans un rayon de 1 km de l'emplacement. L'axe vertical, exprimé en logits, indique l'influence relative de chaque variable explicative sur la prédiction. Les lignes pointillées représentent des intervalles de confiance à 95 %. La ligne horizontale grise représente la limite entre l'influence positive et l'influence négative de la variable explicative sur la prédiction, et la ligne verticale pointillée indique la valeur maximale de la variable observée dans l'estuaire du Saint-Laurent.

Rorqual bleu

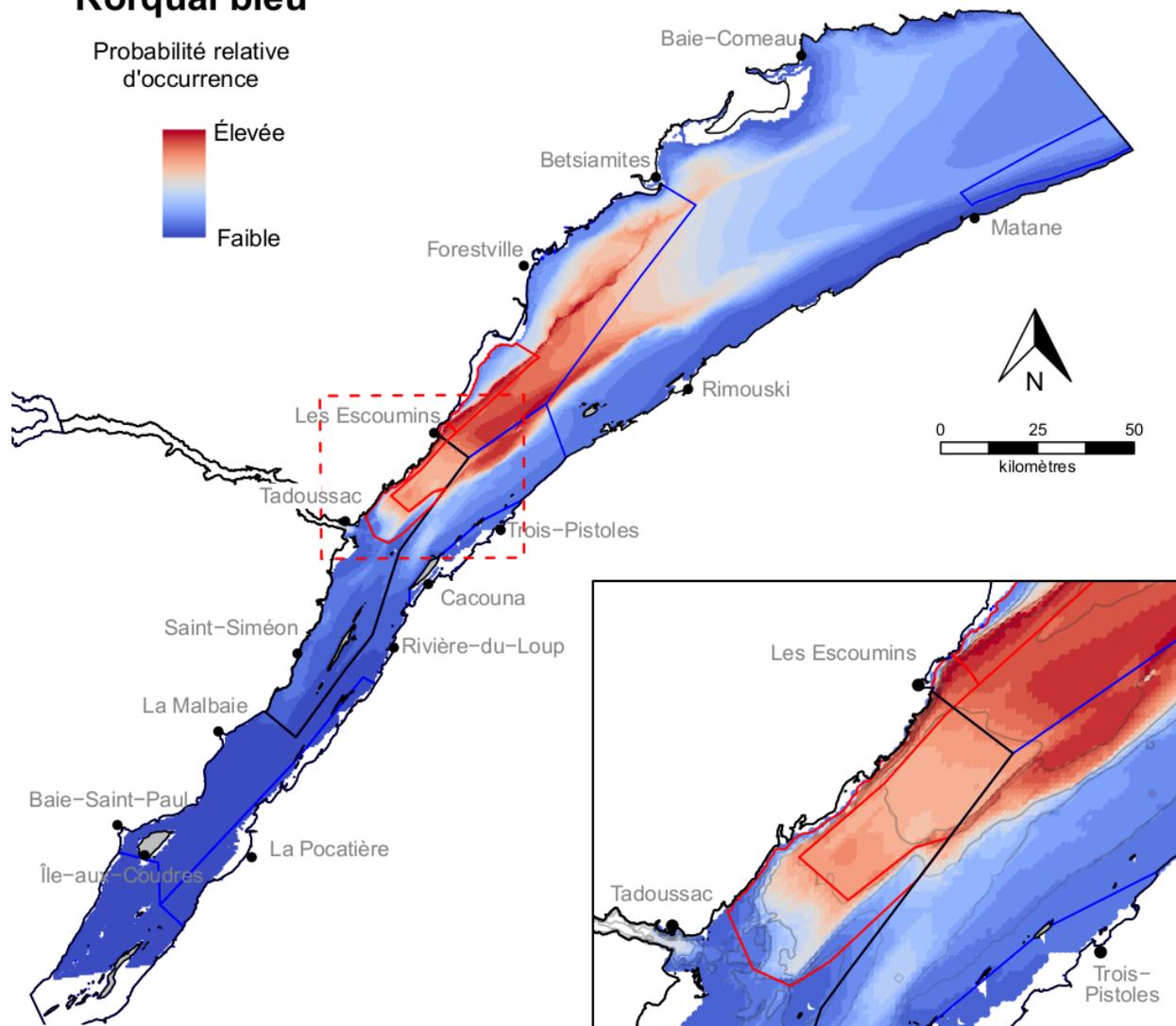
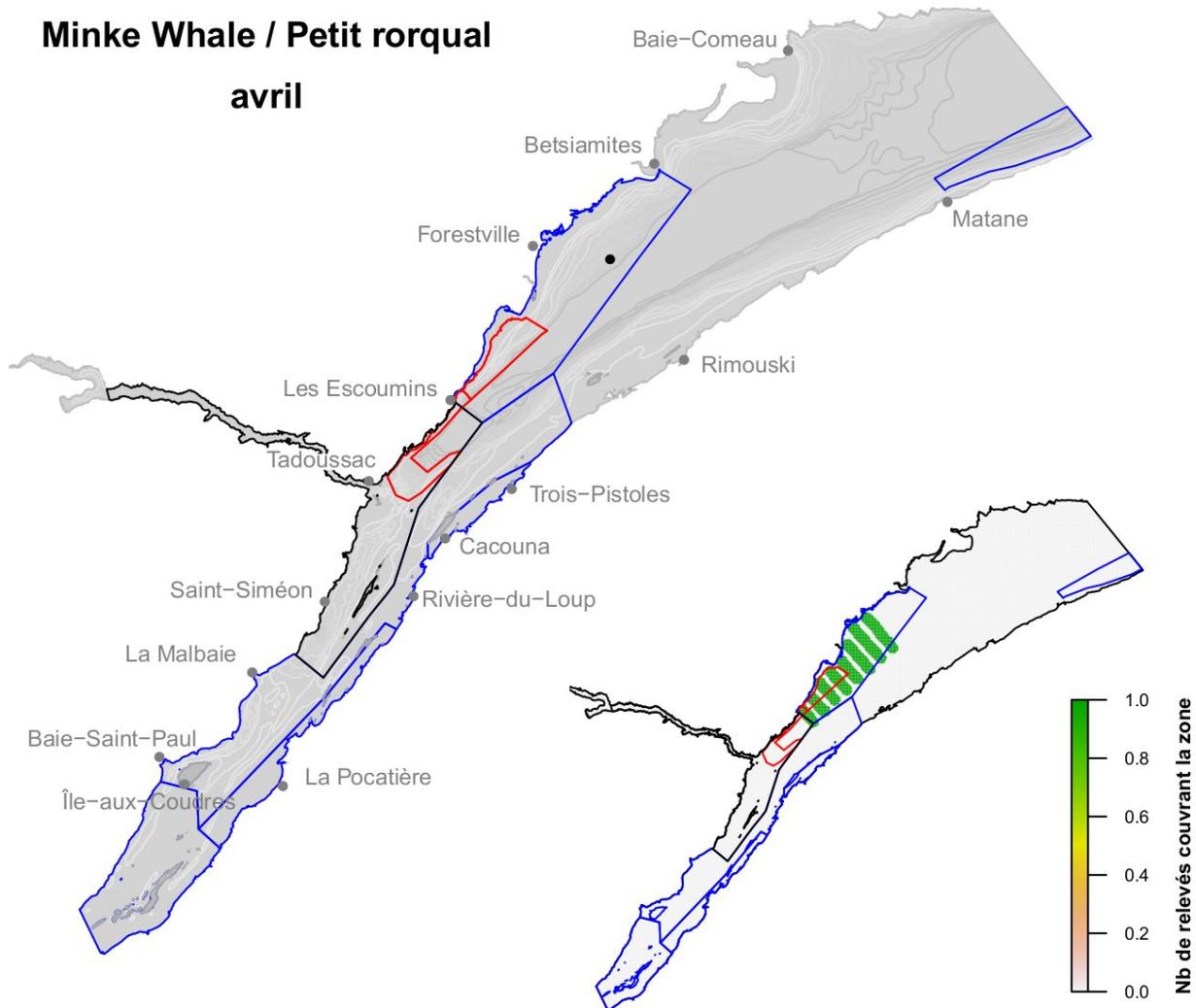


Figure 24. Prédications de la probabilité relative de la présence du rorqual bleu (*Balaenoptera physalus*) dans l'estuaire du Saint-Laurent. Le modèle ne comprend que l'effet de la bathymétrie (voir aussi la Figure 23). Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

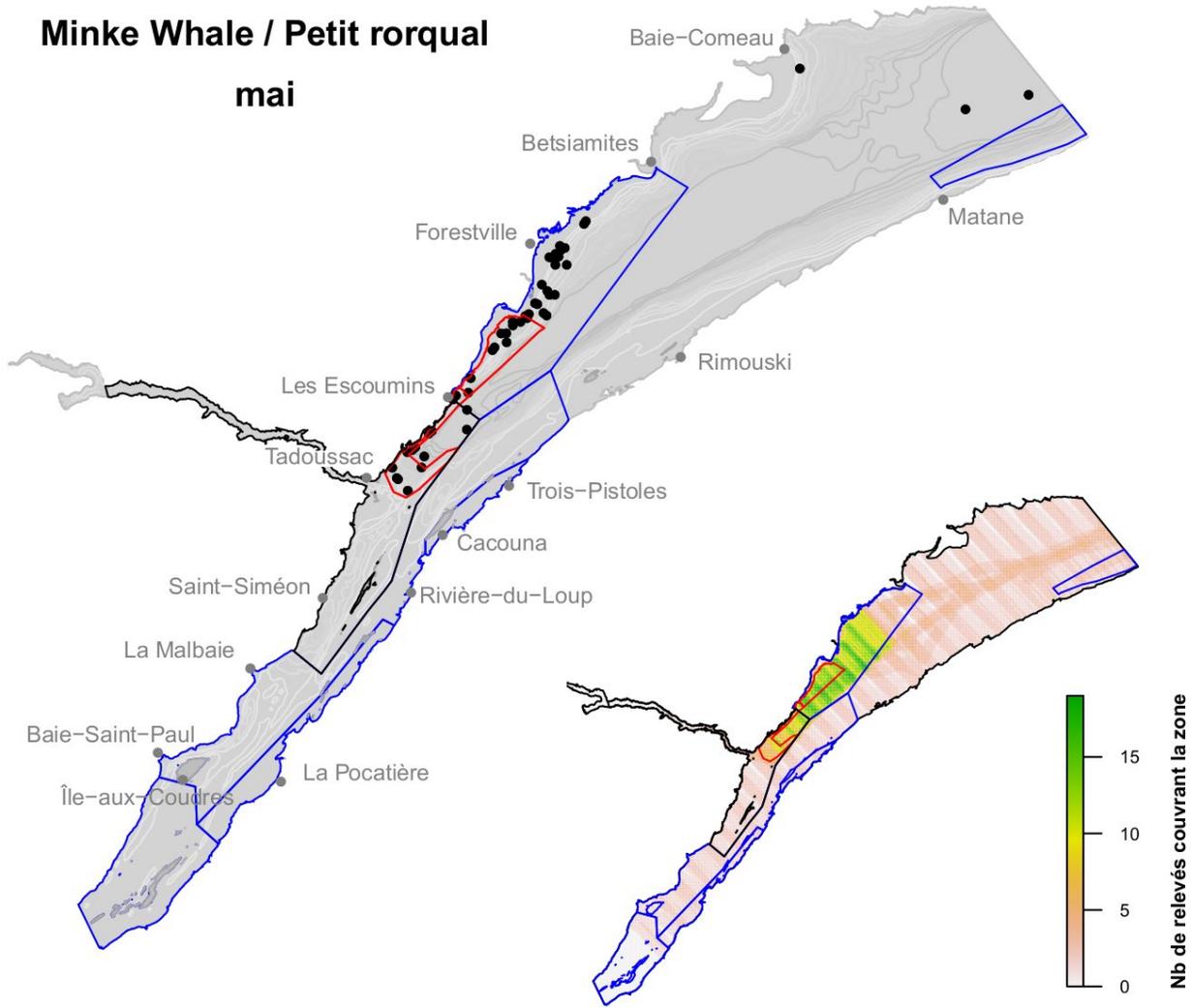
ANNEXES

Minke Whale / Petit rorqual avril



Annexe 1. Répartition mensuelle des observations du petit rorqual et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés par bateau et par avion effectués entre 1995 et 2017. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

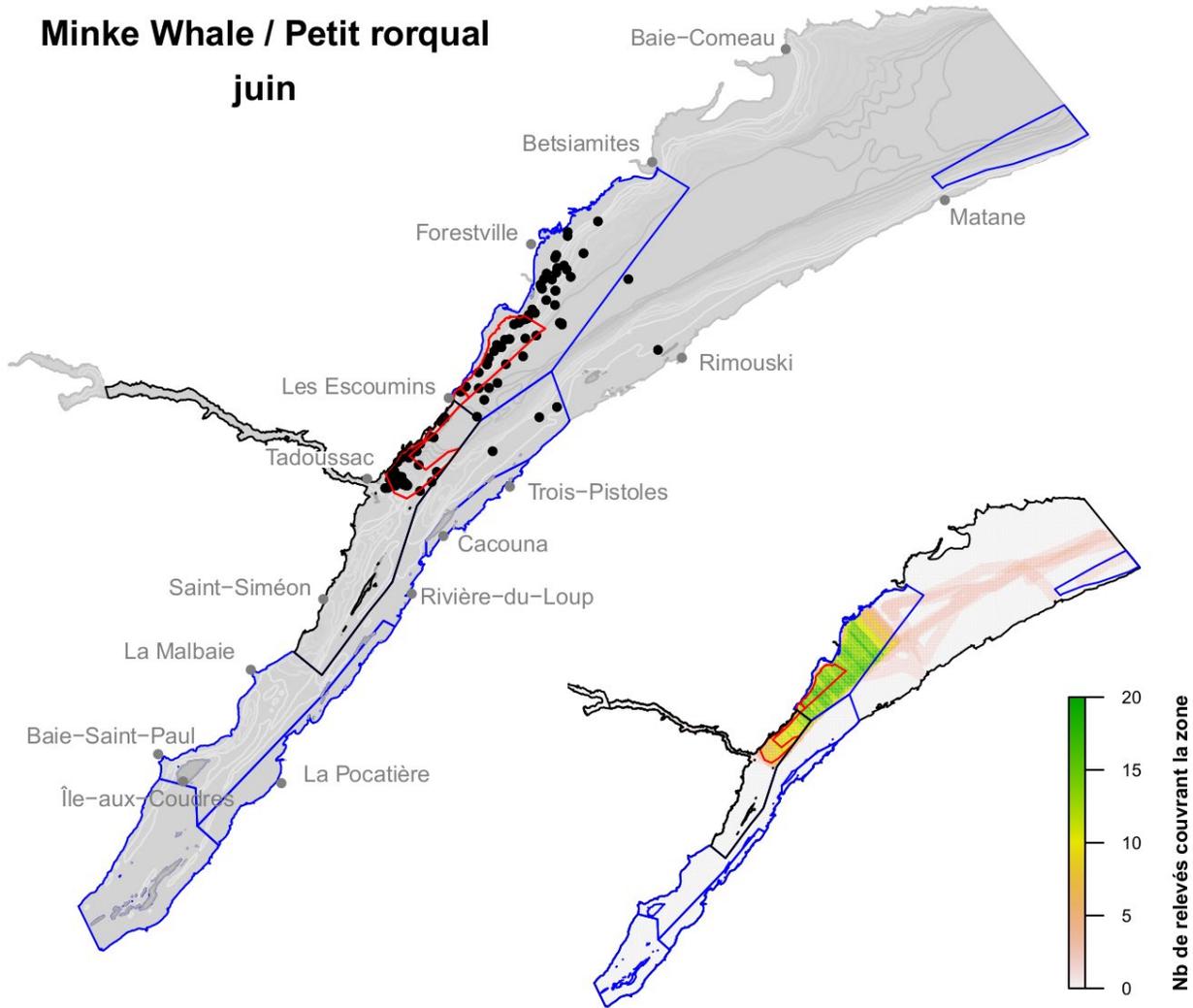
Minke Whale / Petit rorqual mai



Annexe 1. Suite

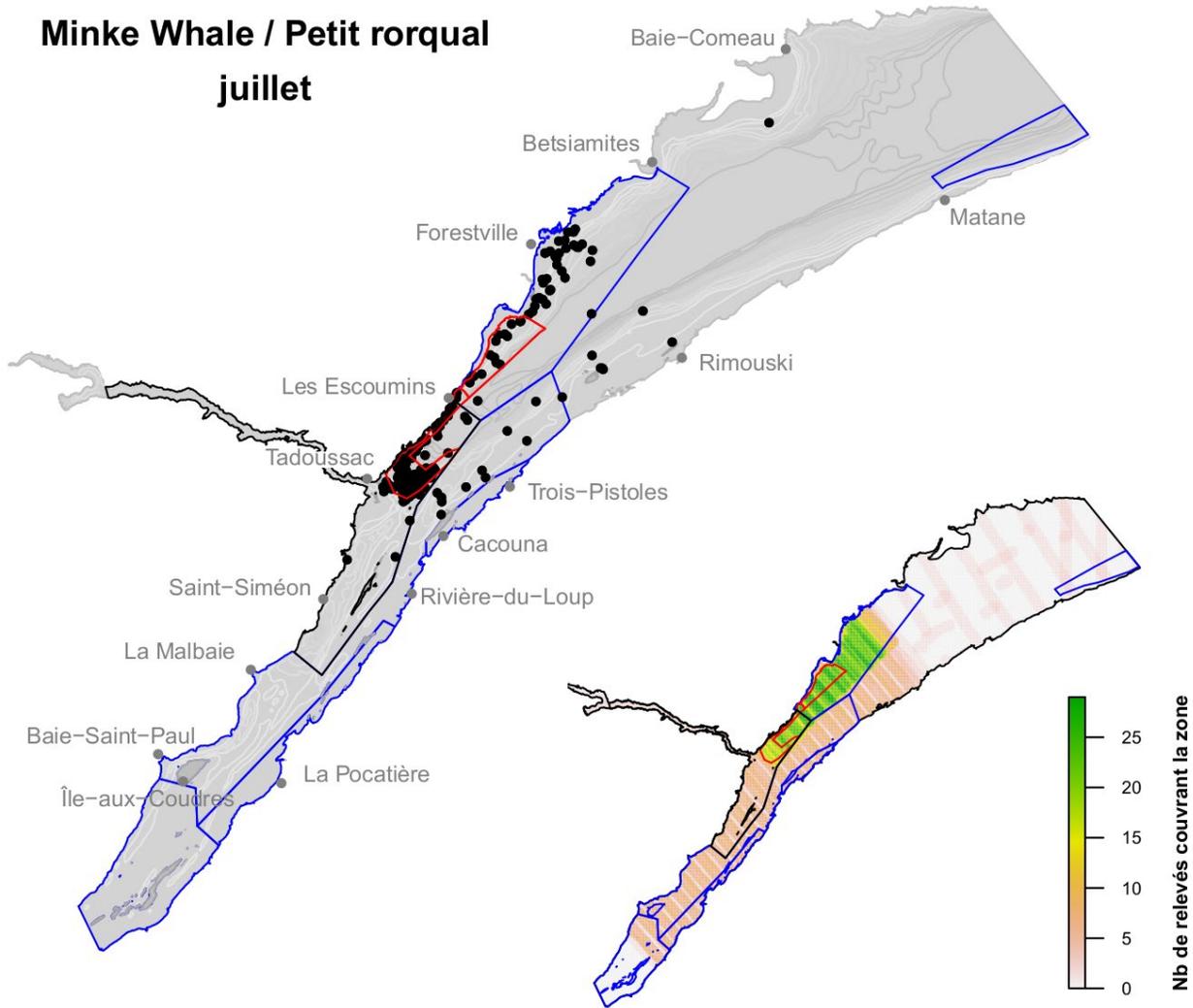
Minke Whale / Petit rorqual

juin



Annexe 1. Suite

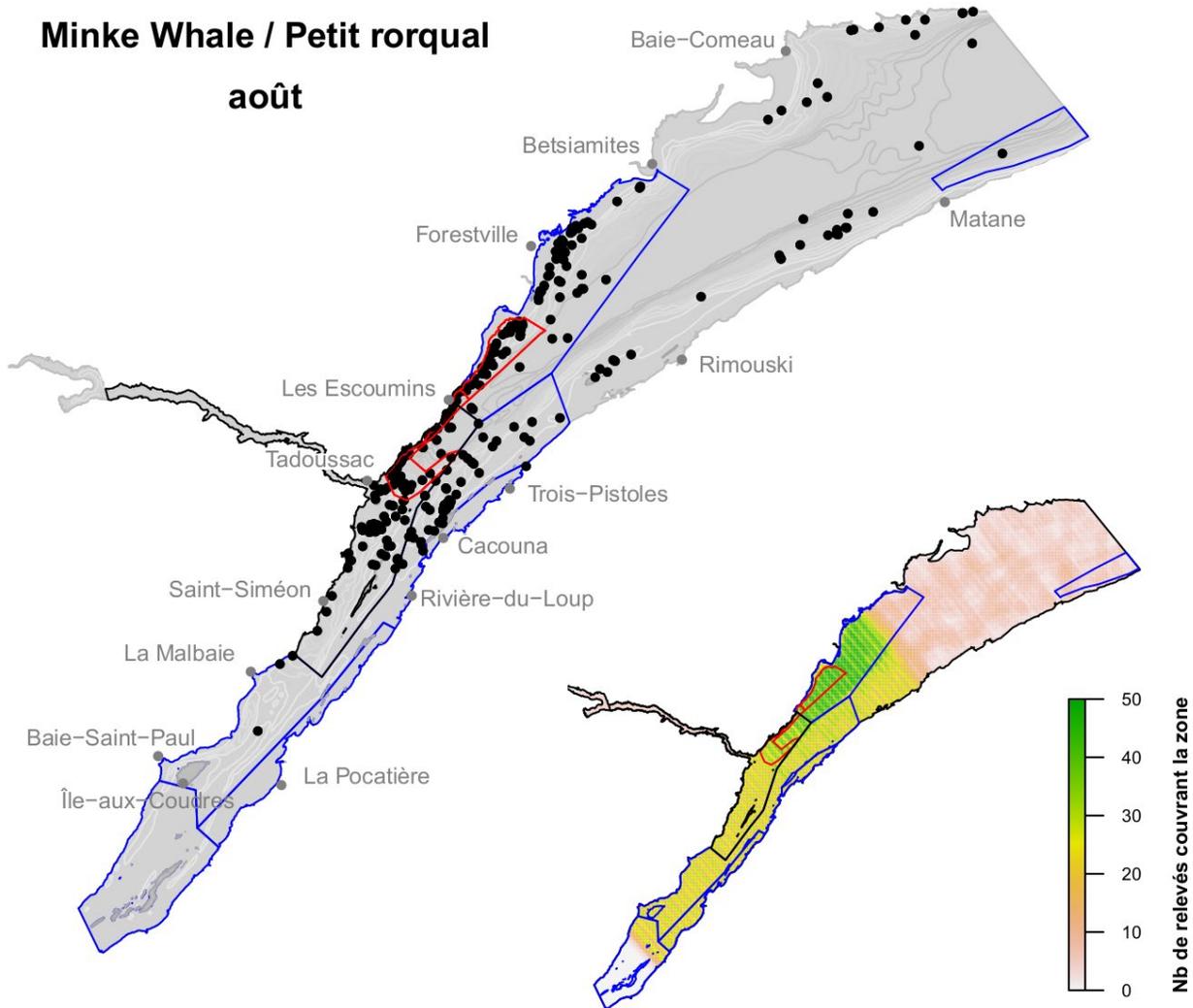
Minke Whale / Petit rorqual juillet



Annexe 1. Suite

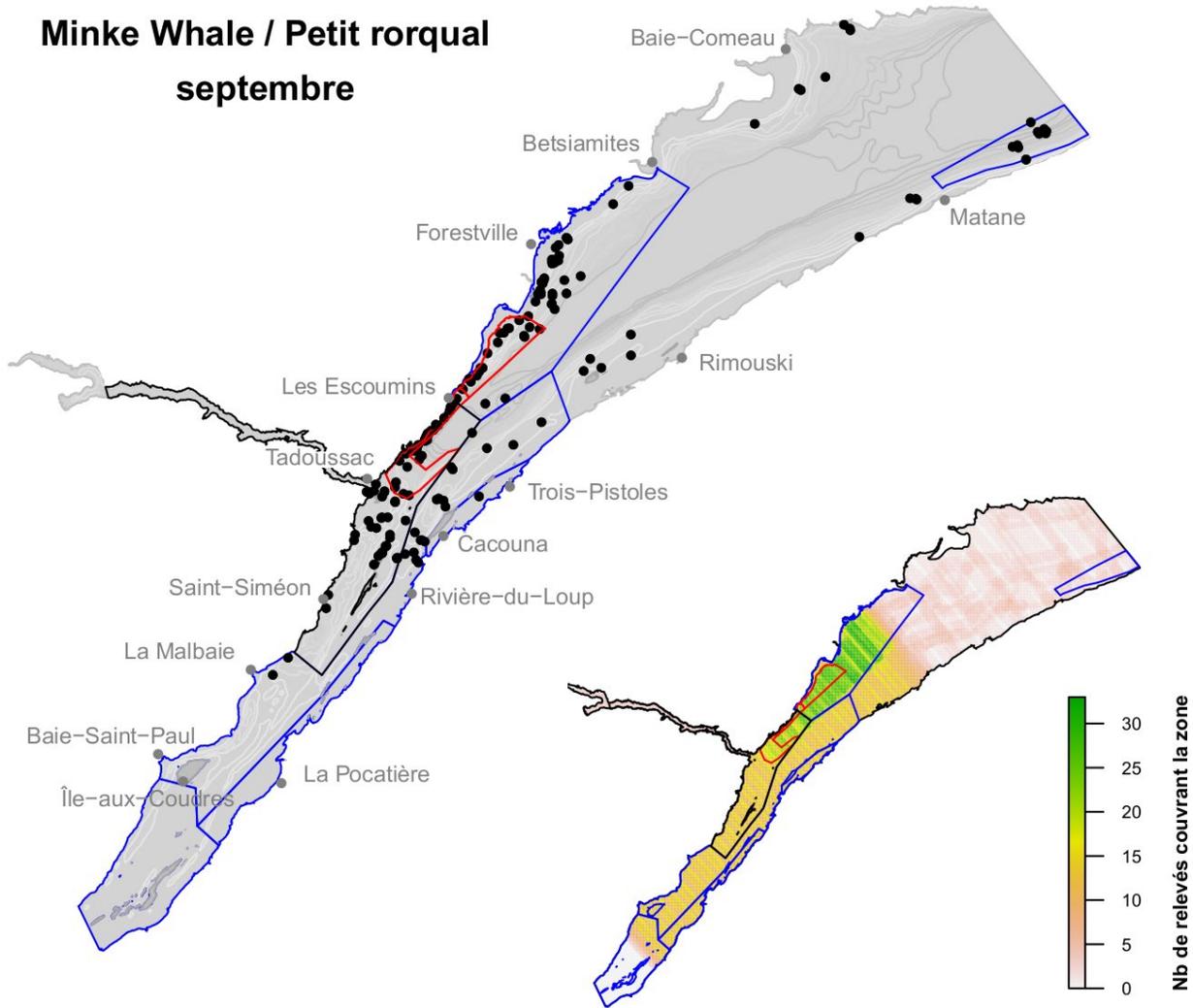
Minke Whale / Petit rorqual

août



Annexe 1. Suite

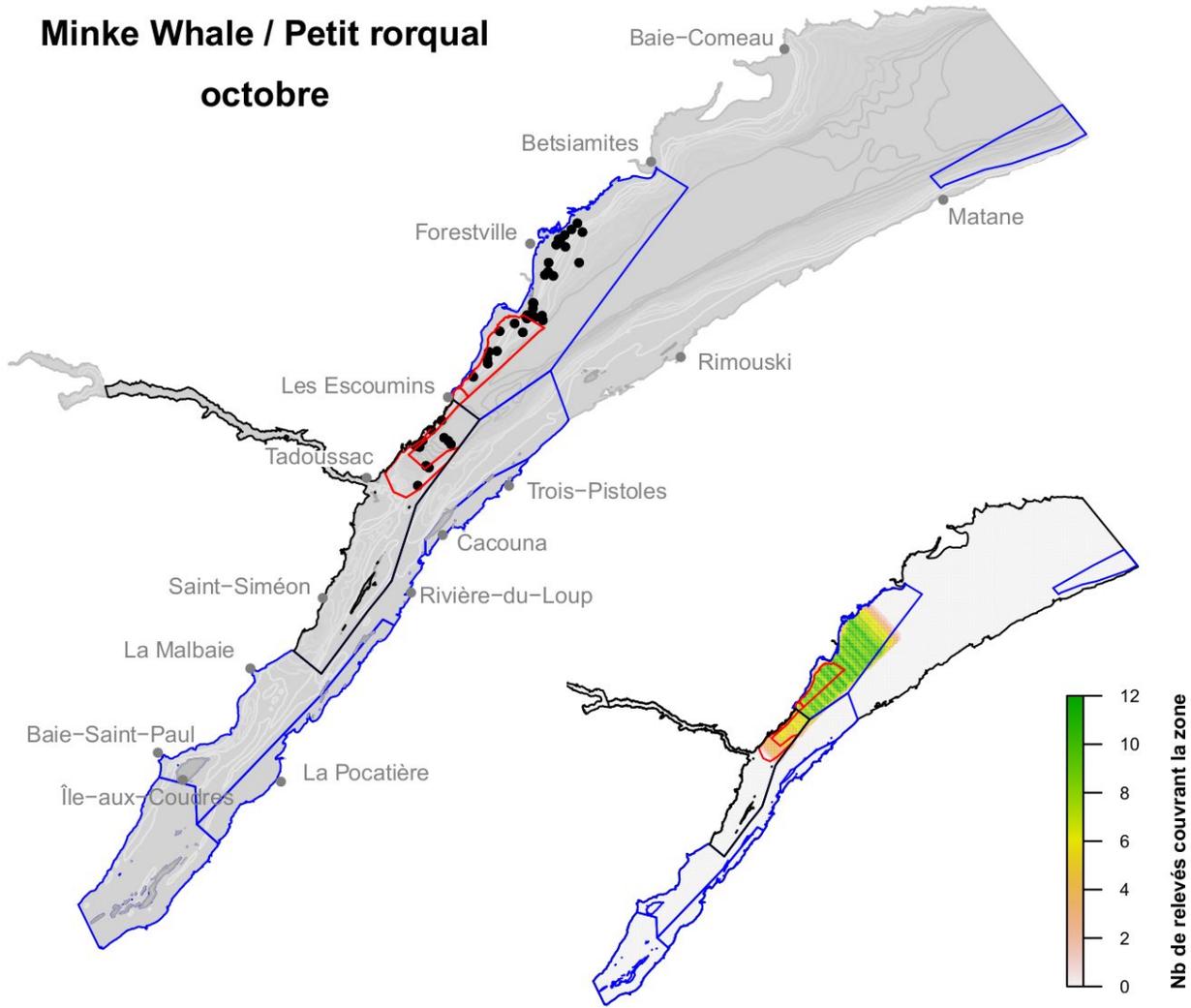
Minke Whale / Petit rorqual septembre



Annexe 1. Suite

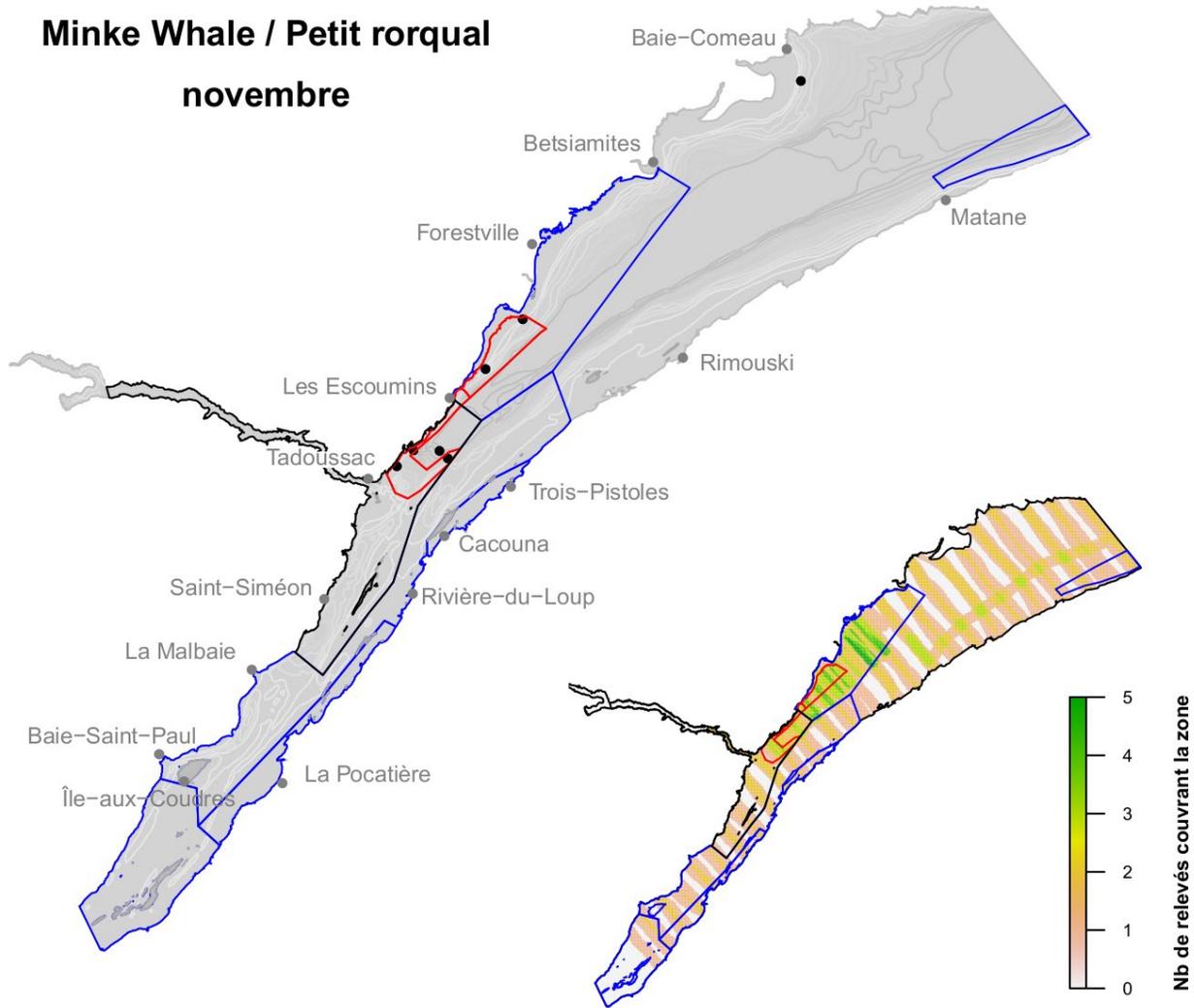
Minke Whale / Petit rorqual

octobre



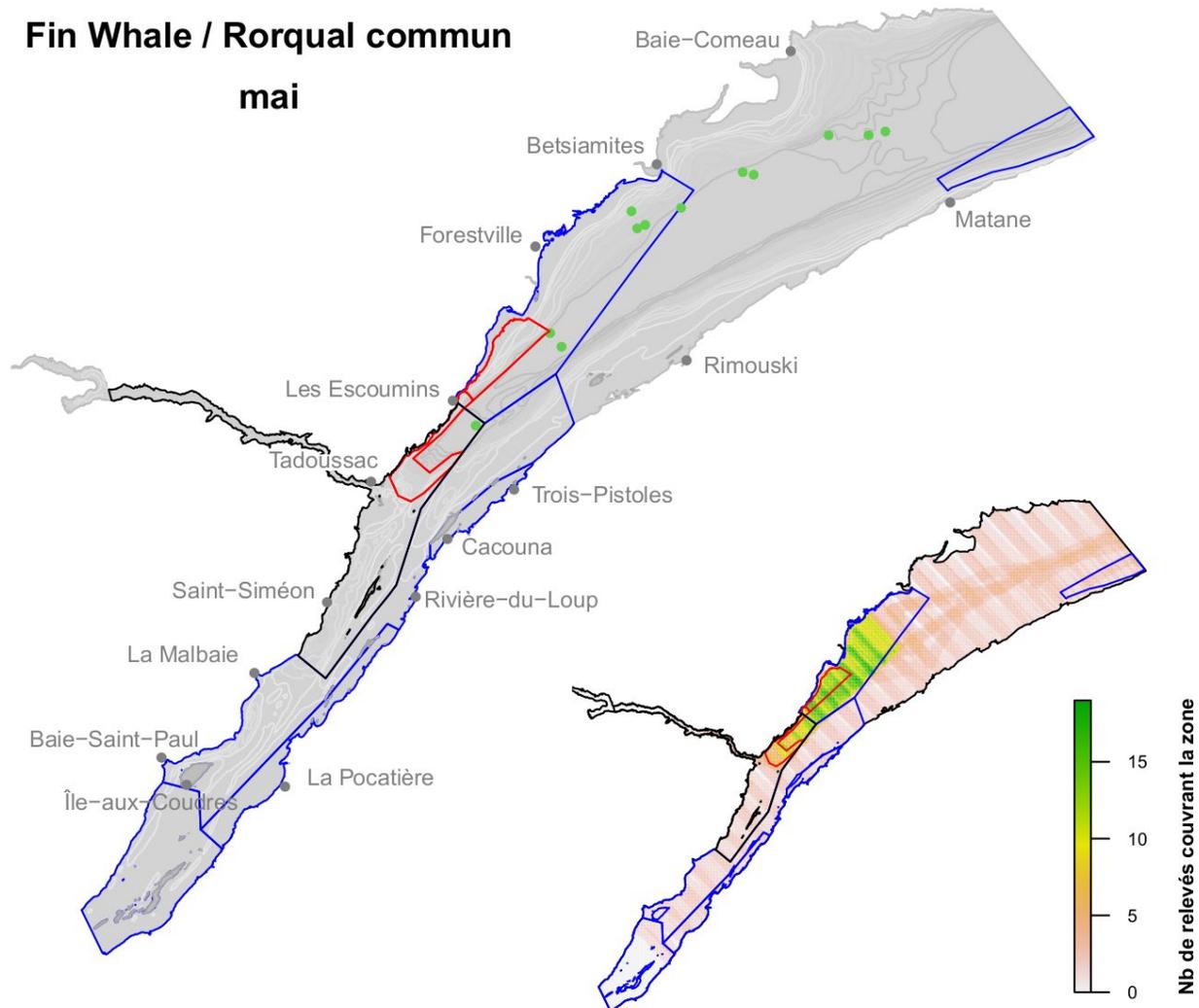
Annexe 1. Suite

Minke Whale / Petit rorqual novembre



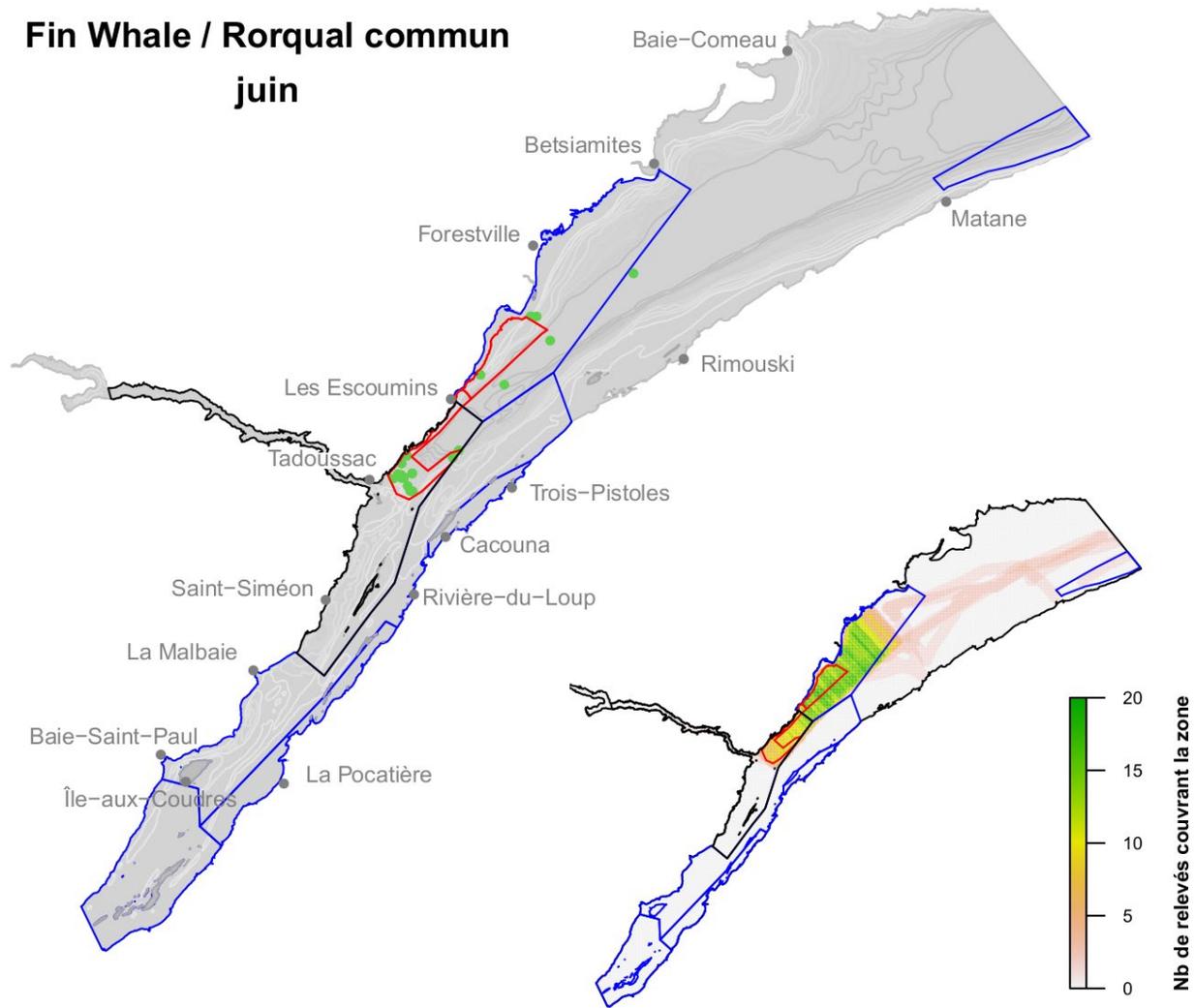
Annexe 1. Suite

Fin Whale / Rorqual commun mai



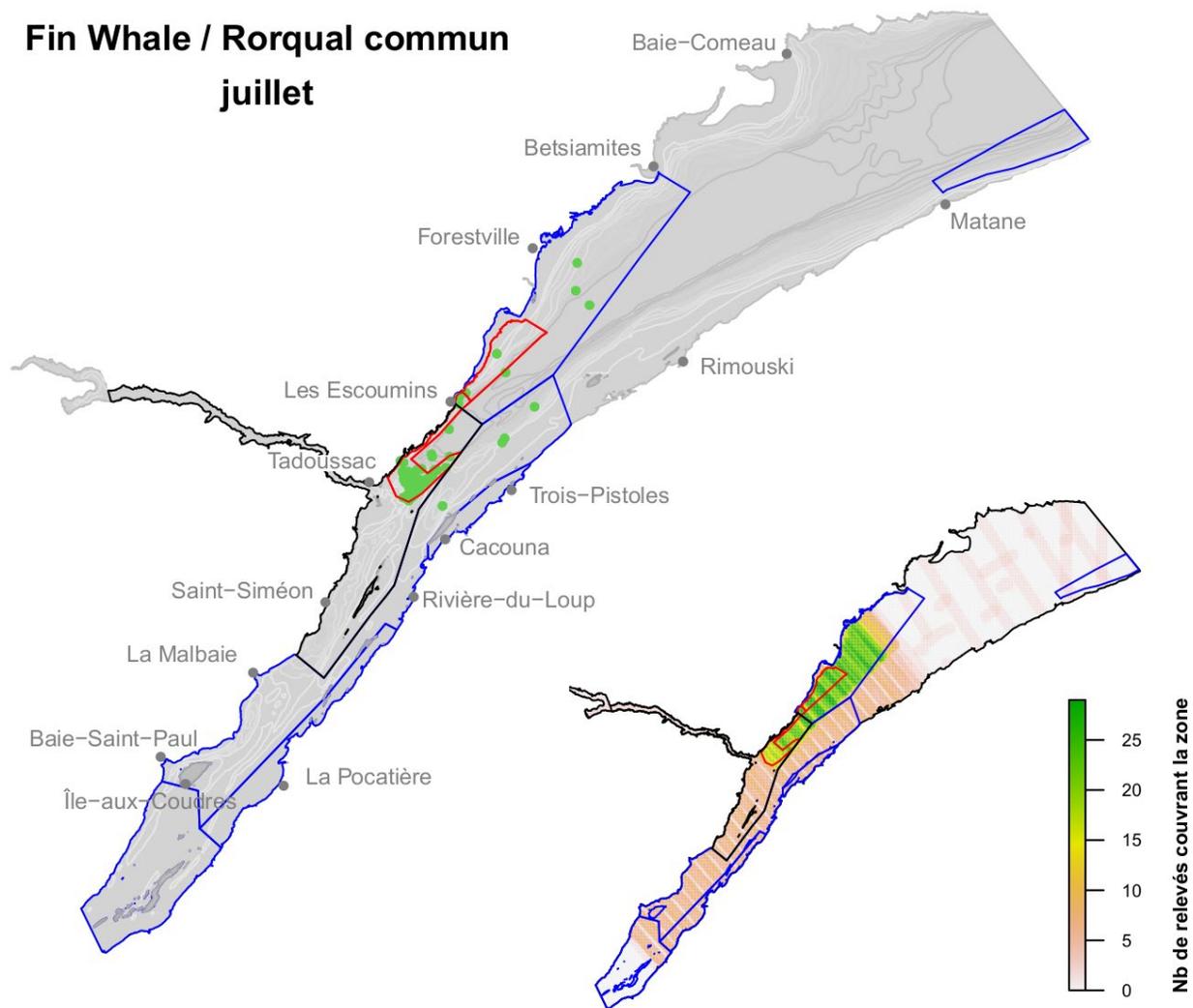
Annexe 2. Répartition mensuelle des observations du rorqual commun et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés par bateau et par avion effectués entre 1995 et 2017. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Fin Whale / Rorqual commun juin



Annexe 2. Suite

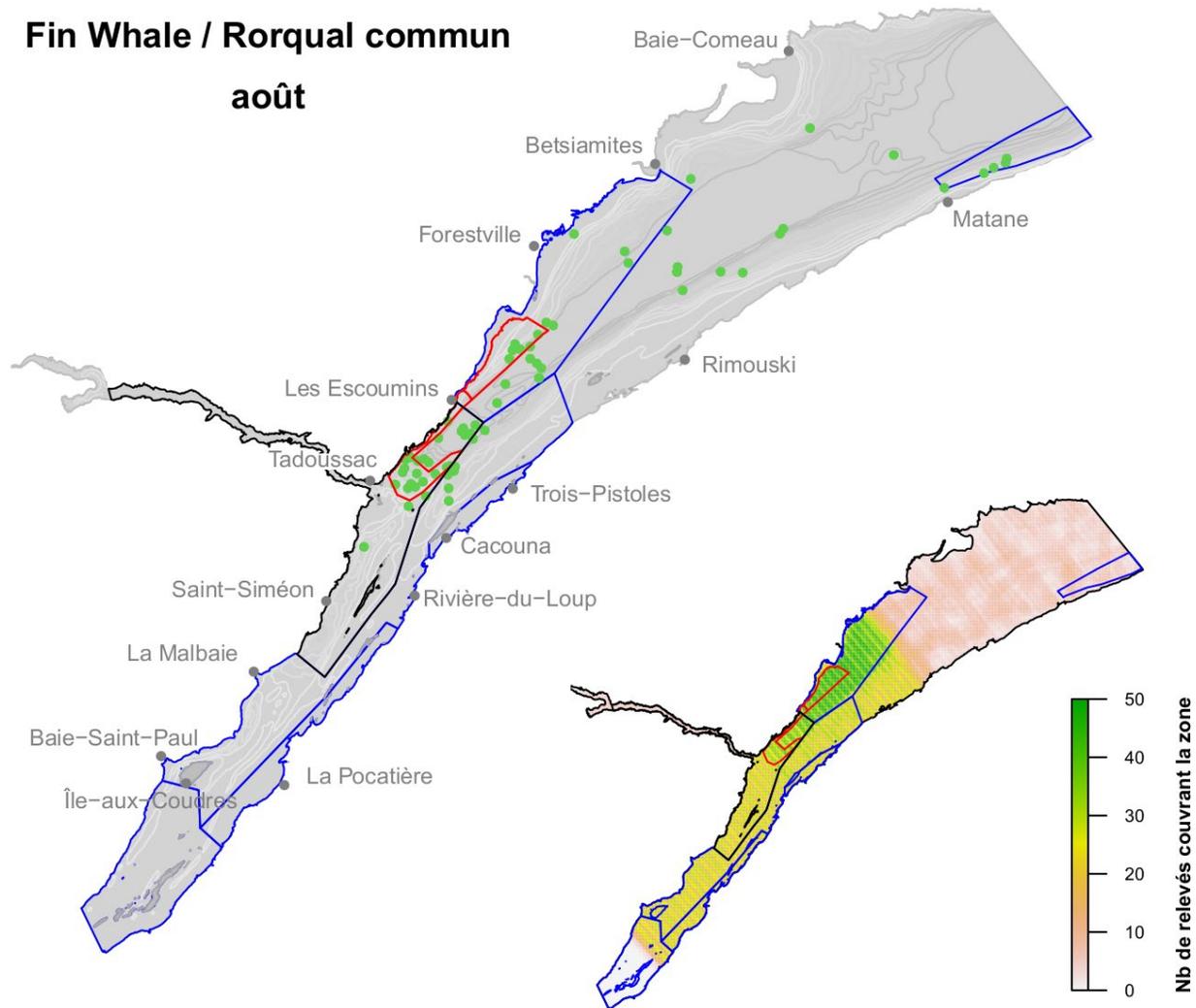
Fin Whale / Rorqual commun juillet



Annexe 2. Suite

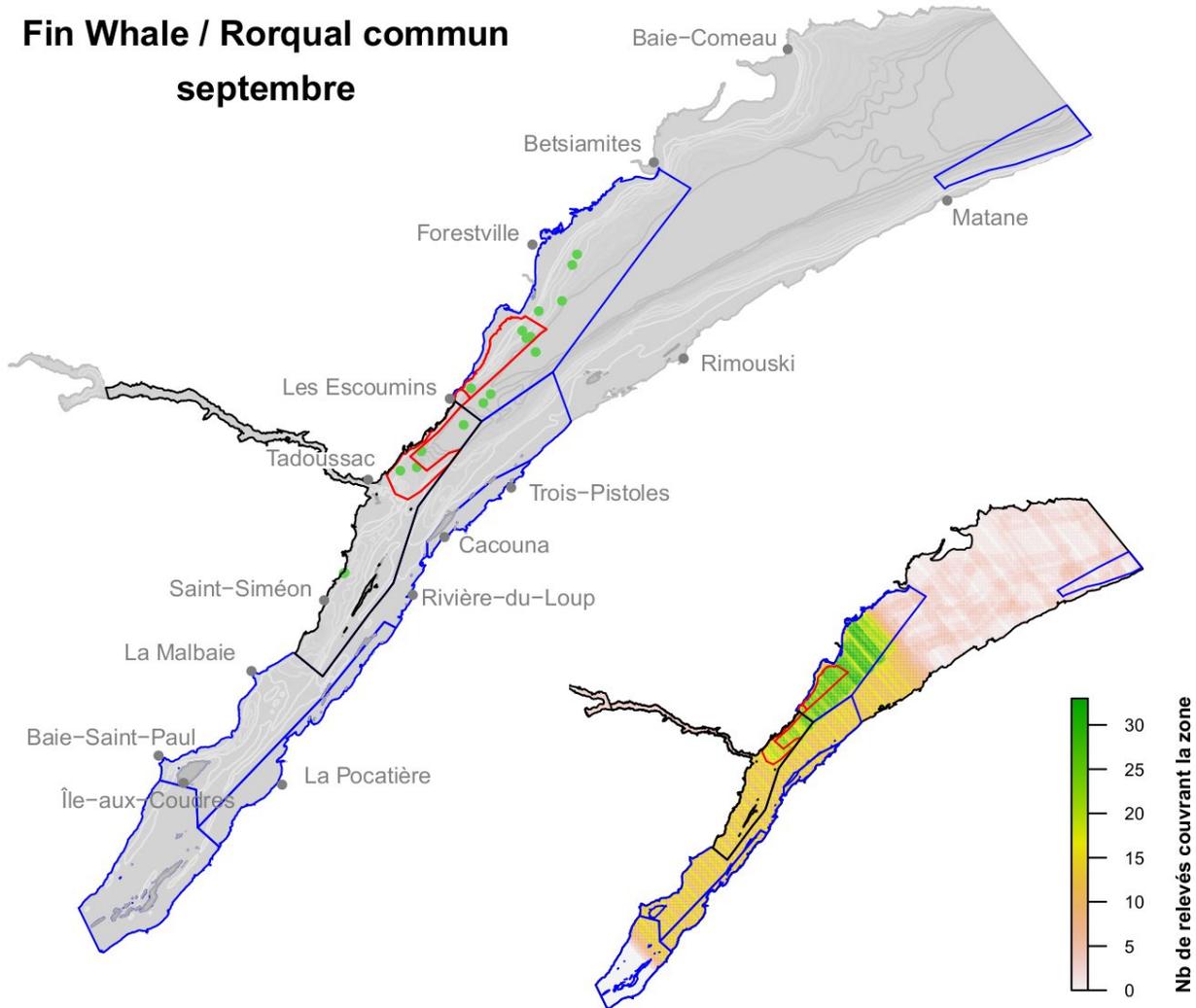
Fin Whale / Rorqual commun

août



Annexe 2. Suite

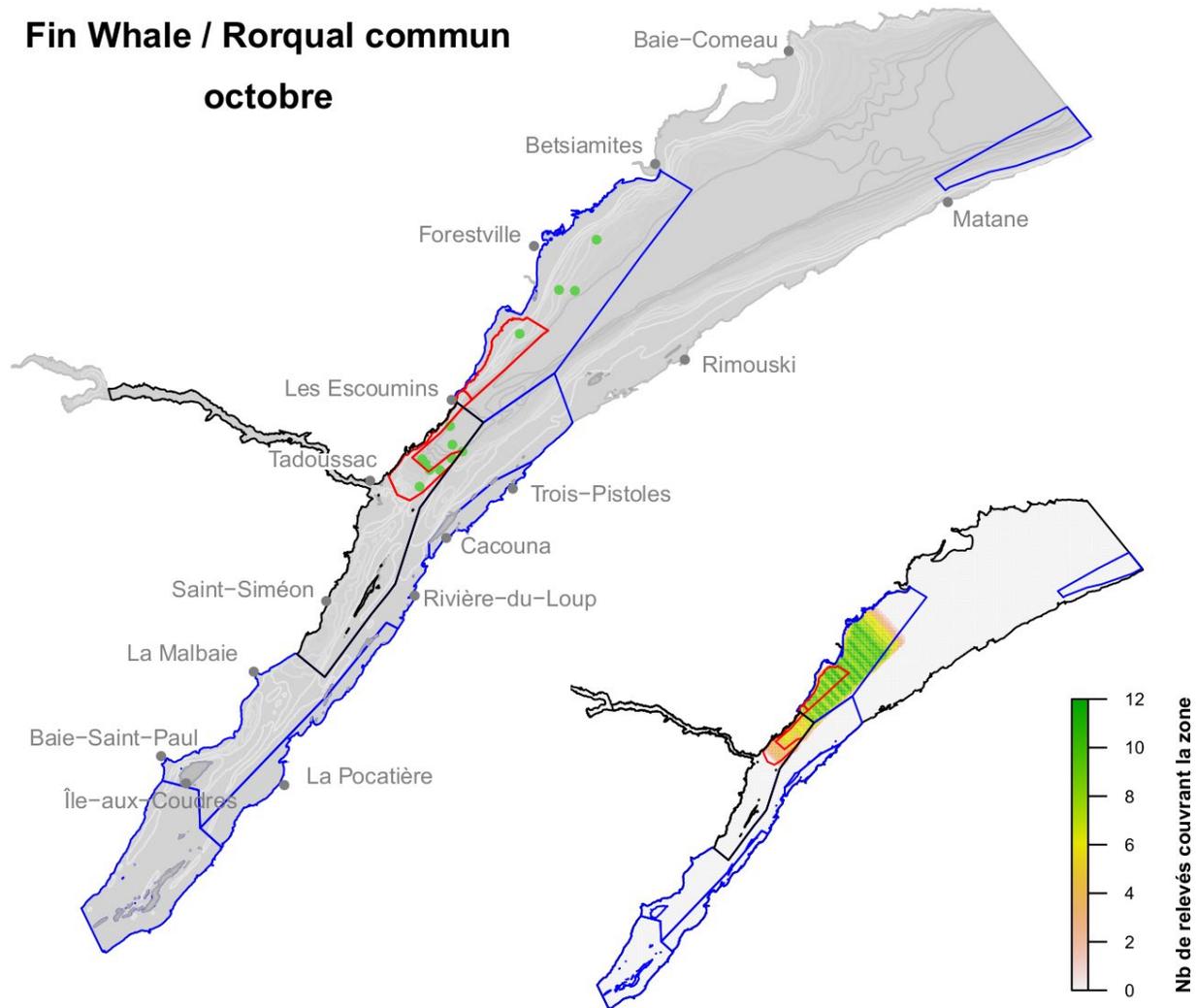
Fin Whale / Rorqual commun septembre



Annexe 2. Suite

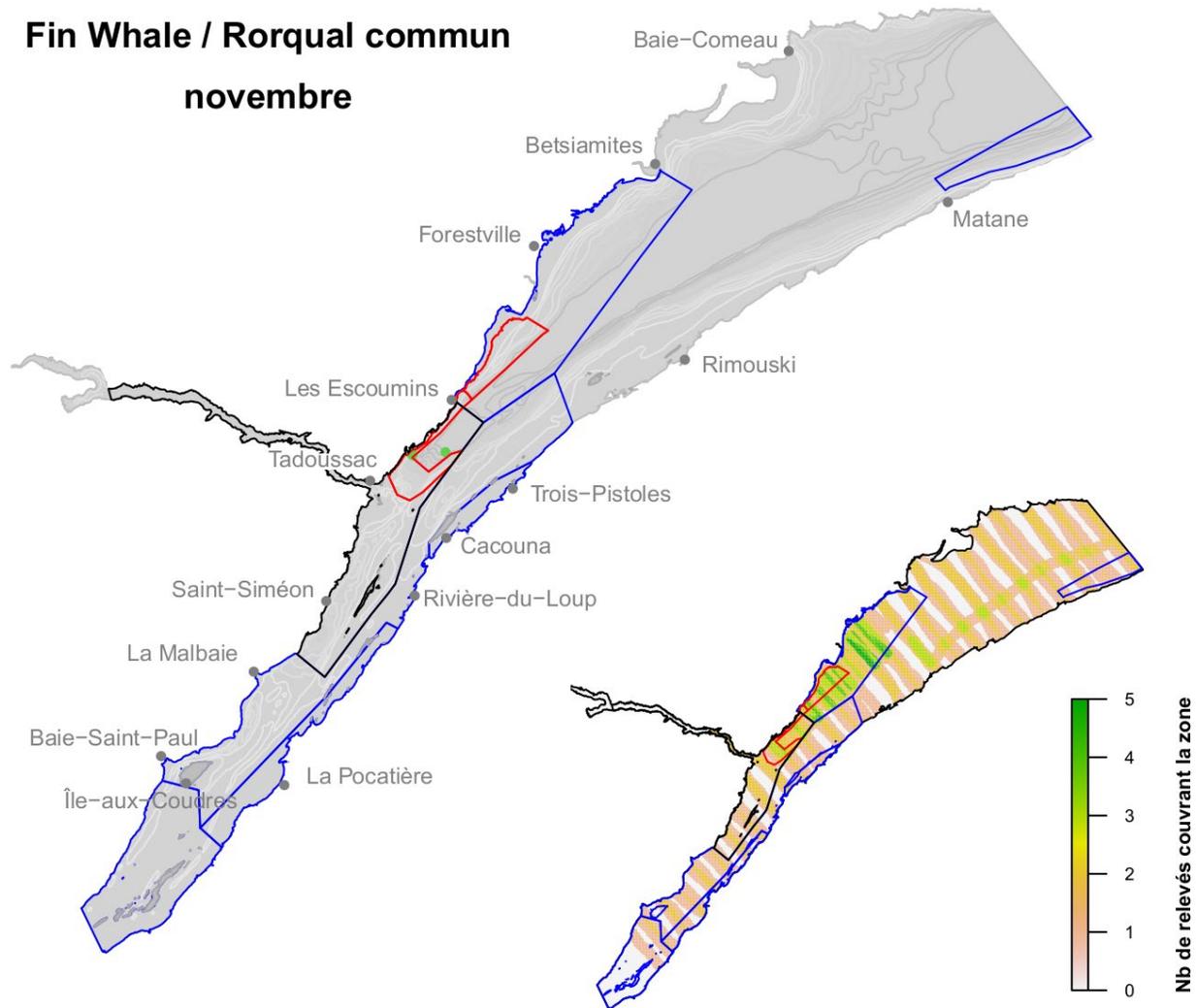
Fin Whale / Rorqual commun

octobre



Annexe 2. Suite

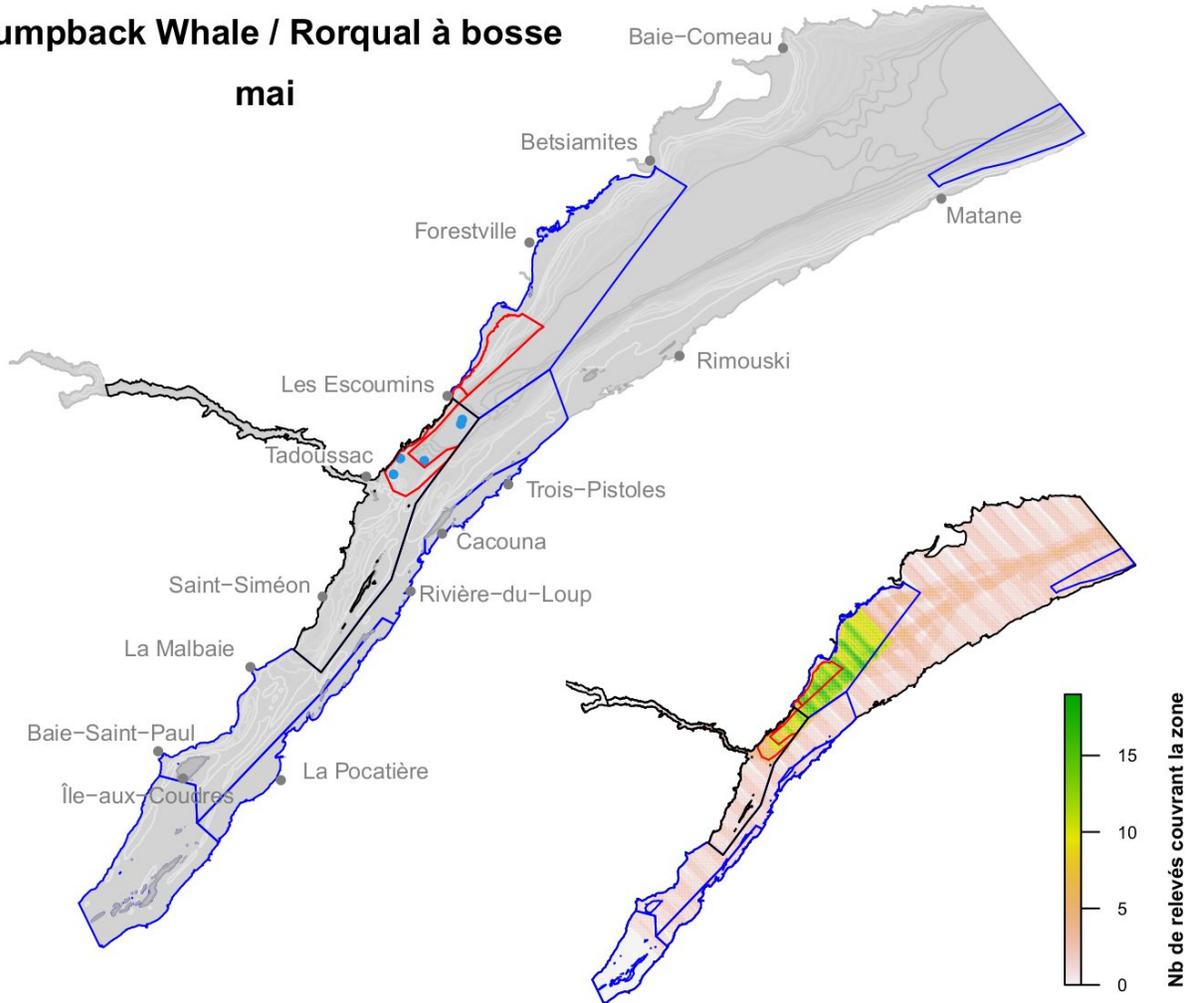
Fin Whale / Rorqual commun novembre



Annexe 2. Suite

Humpback Whale / Rorqual à bosse

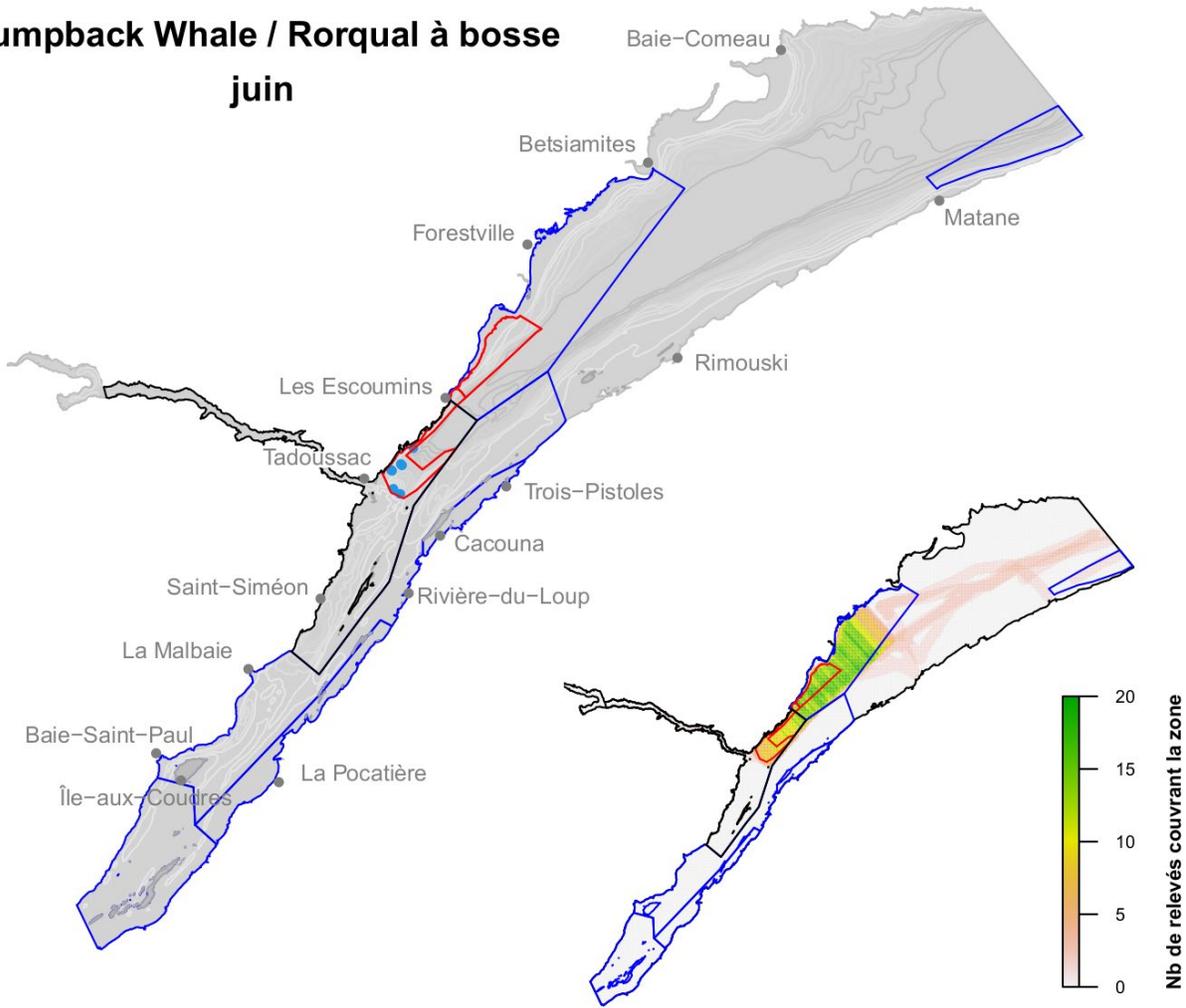
mai



Annexe 3. Répartition mensuelle des observations du rorqual à bosse et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés par bateau et par avion effectués entre 1995 et 2017. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Humpback Whale / Rorqual à bosse

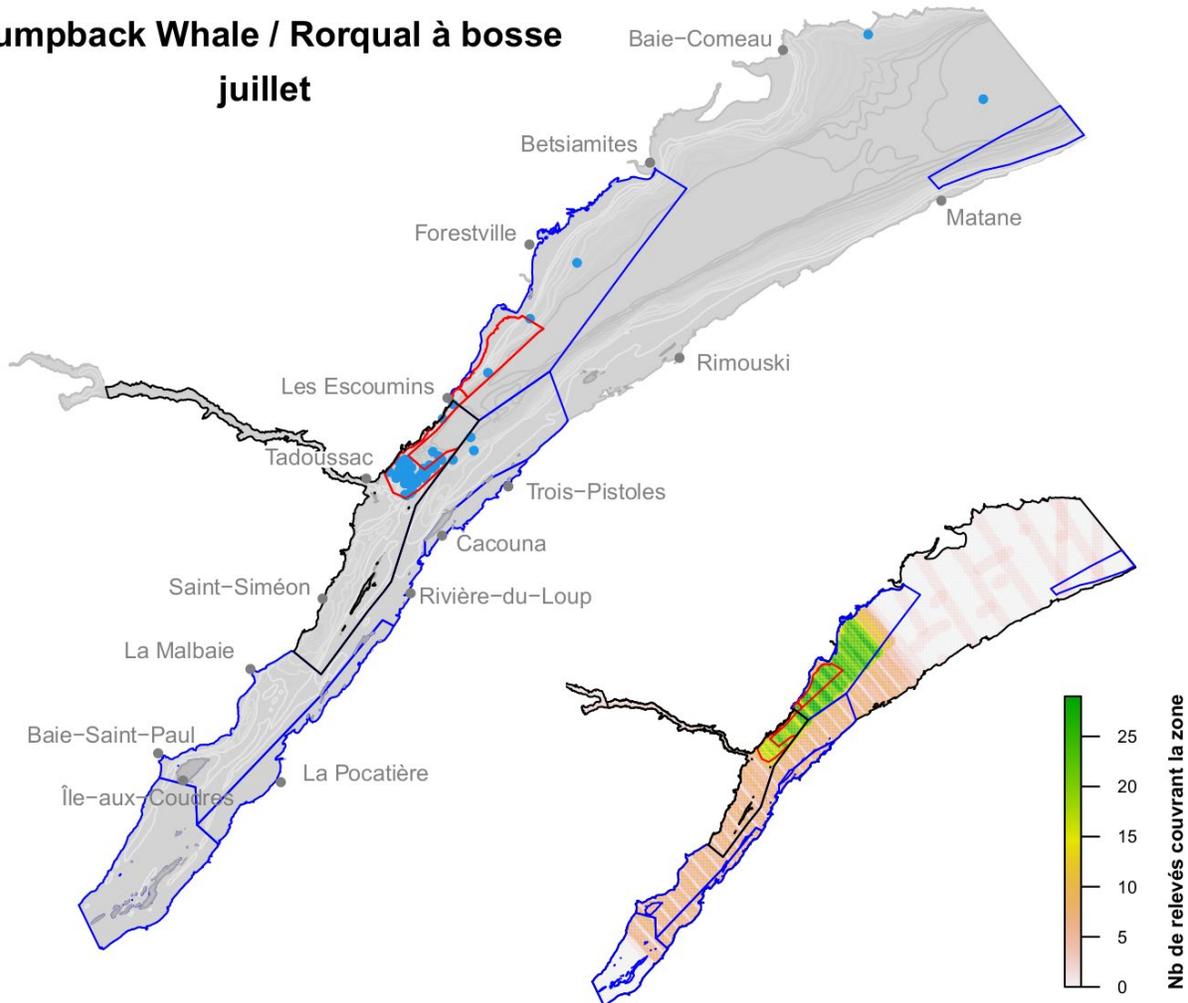
juin



Annexe 3. Suite

Humpback Whale / Rorqual à bosse

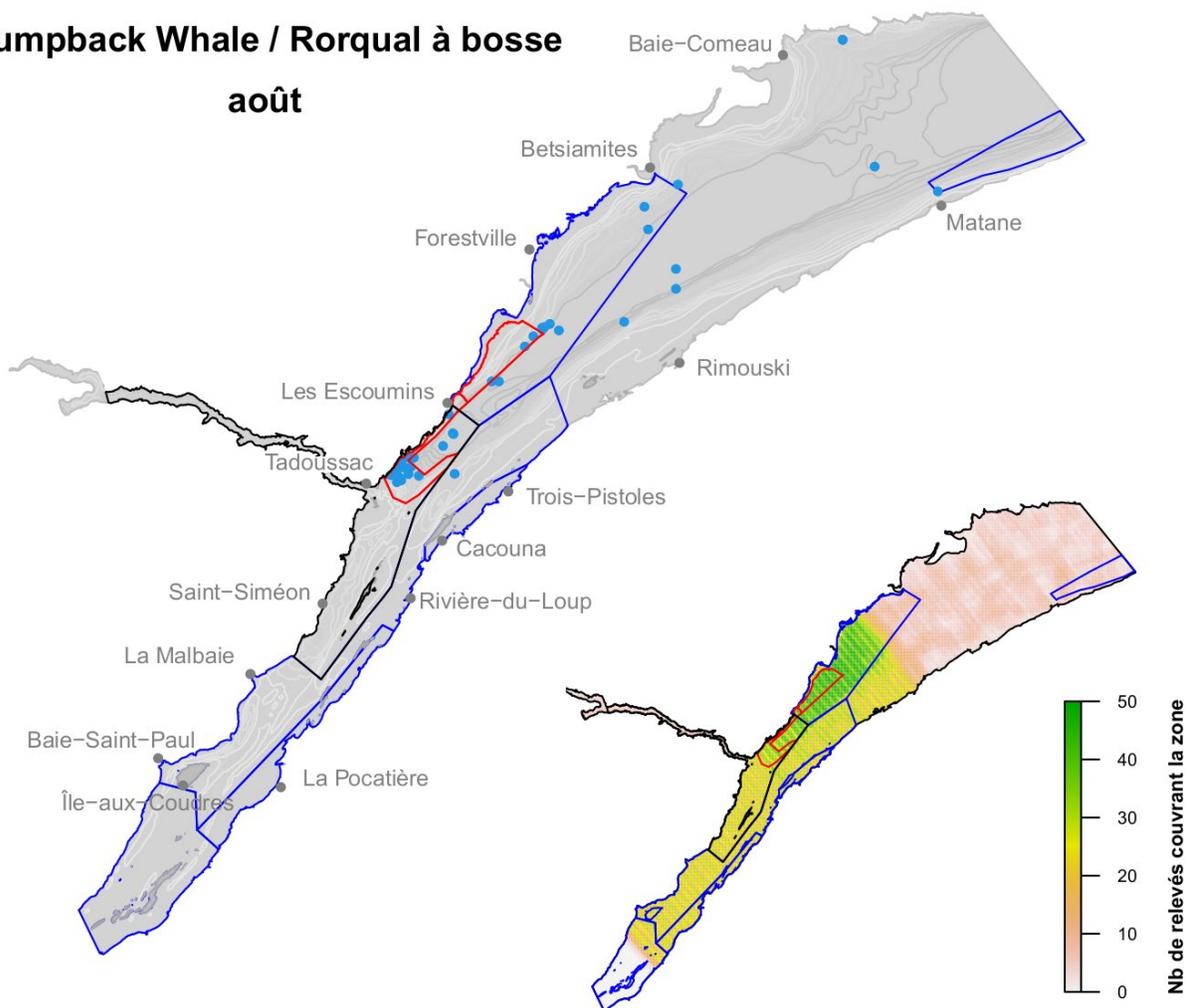
juillet



Annexe 3. Suite

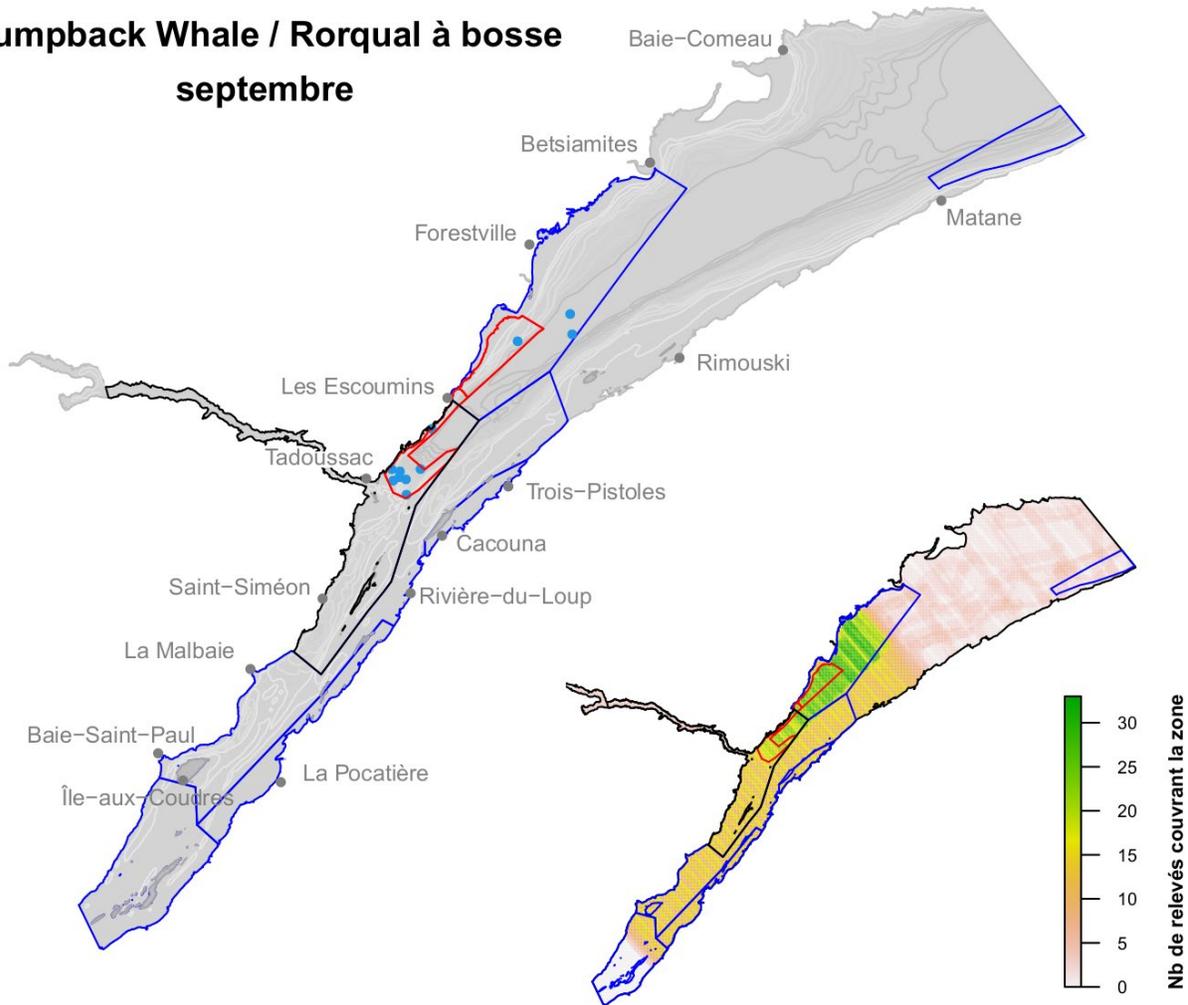
Humpback Whale / Rorqual à bosse

août



Annexe 3. Suite

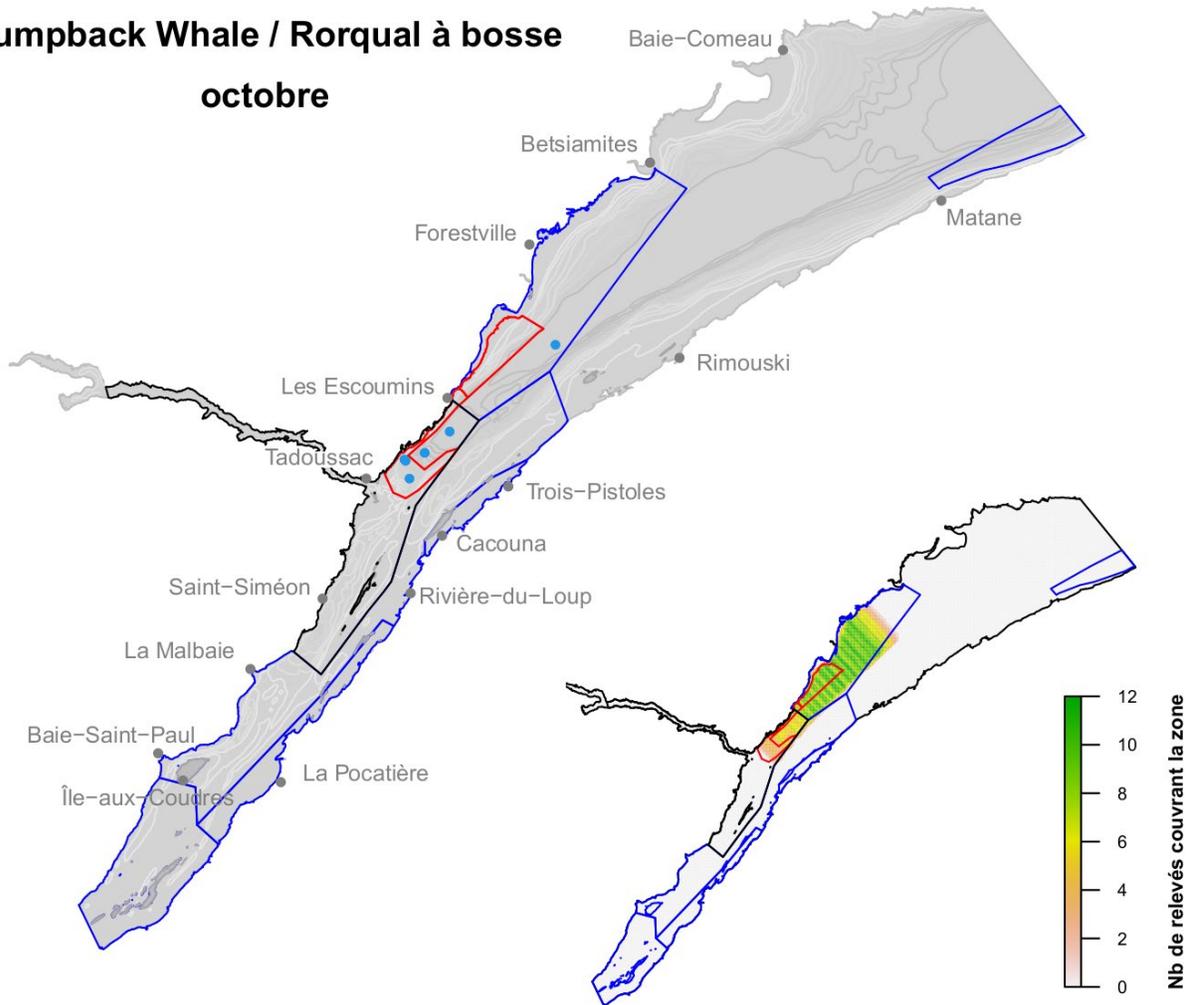
Humpback Whale / Rorqual à bosse septembre



Annexe 3. Suite

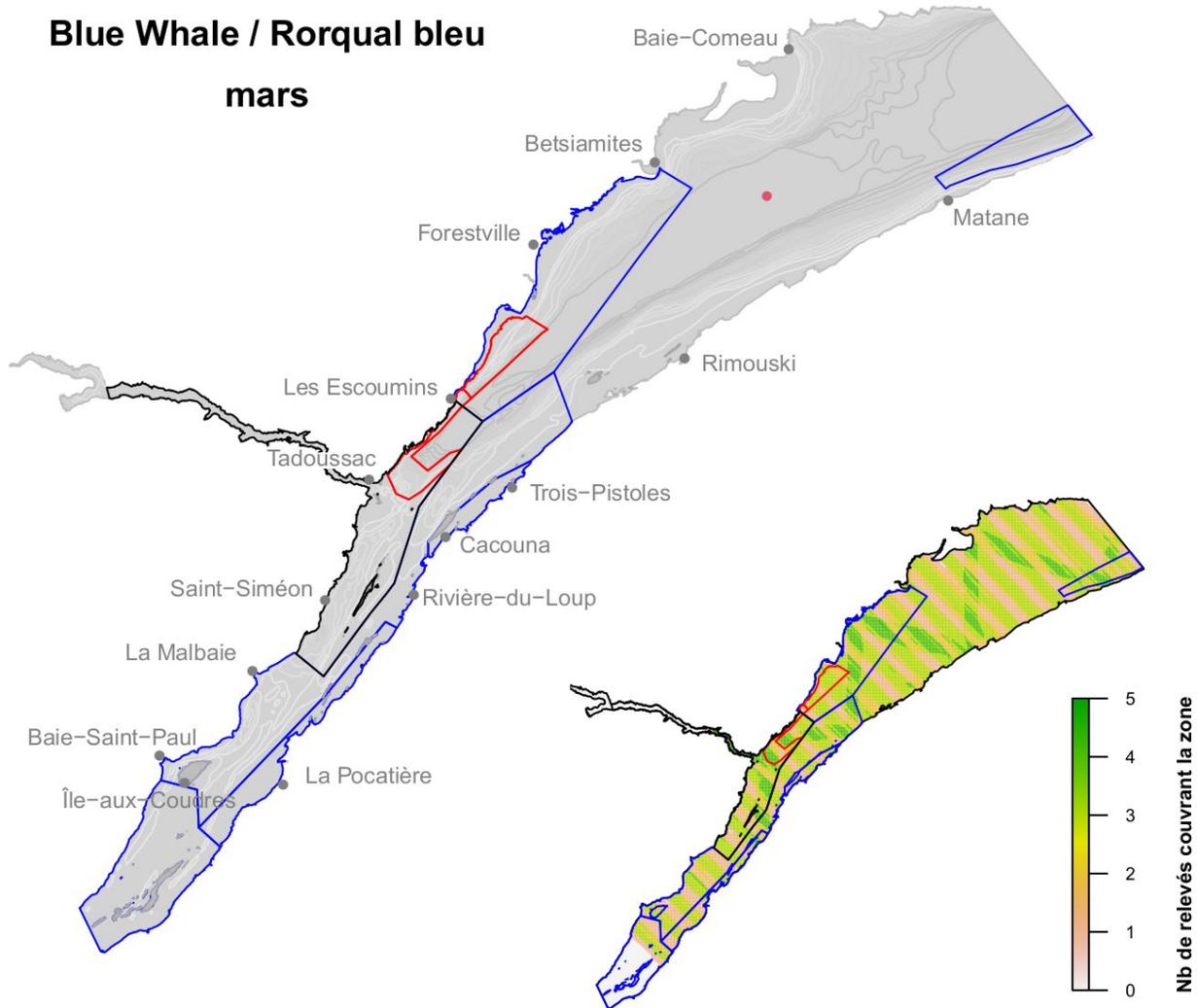
Humpback Whale / Rorqual à bosse

octobre



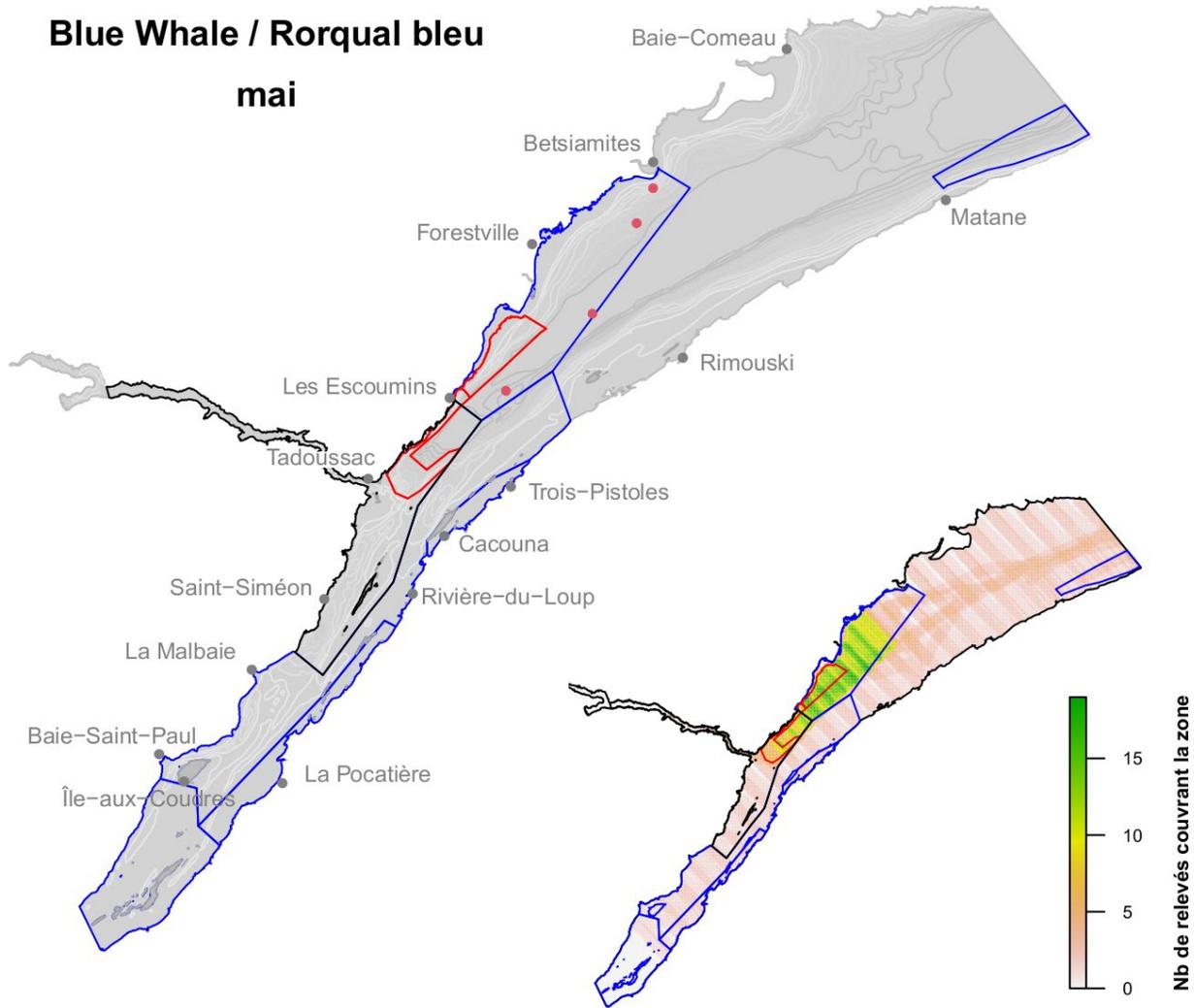
Annexe 3. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu mars



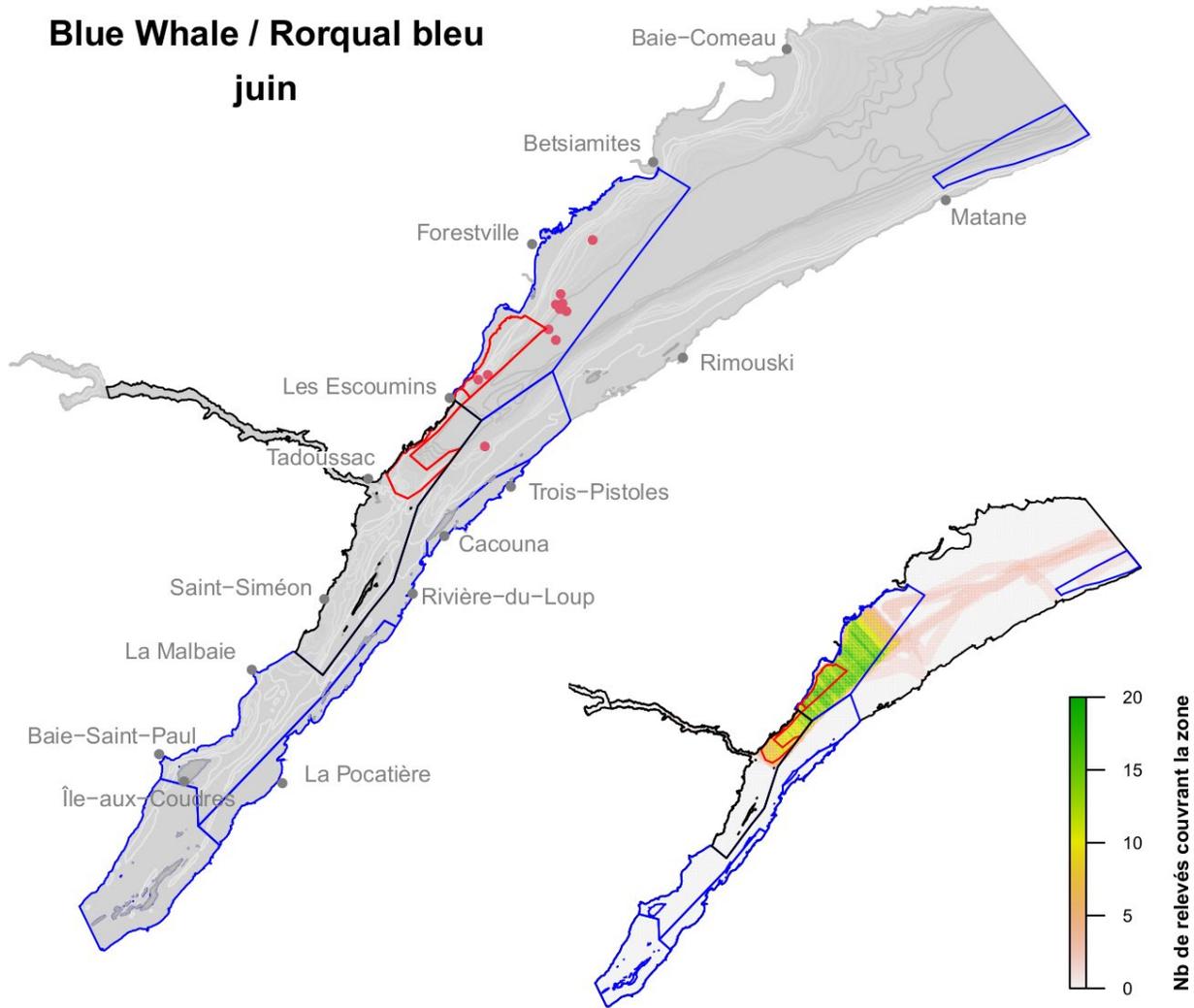
Annexe 4. Répartition mensuelle des observations du rorqual bleu et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés par bateau et par avion effectués entre 1995 et 2017. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Blue Whale / Rorqual bleu mai



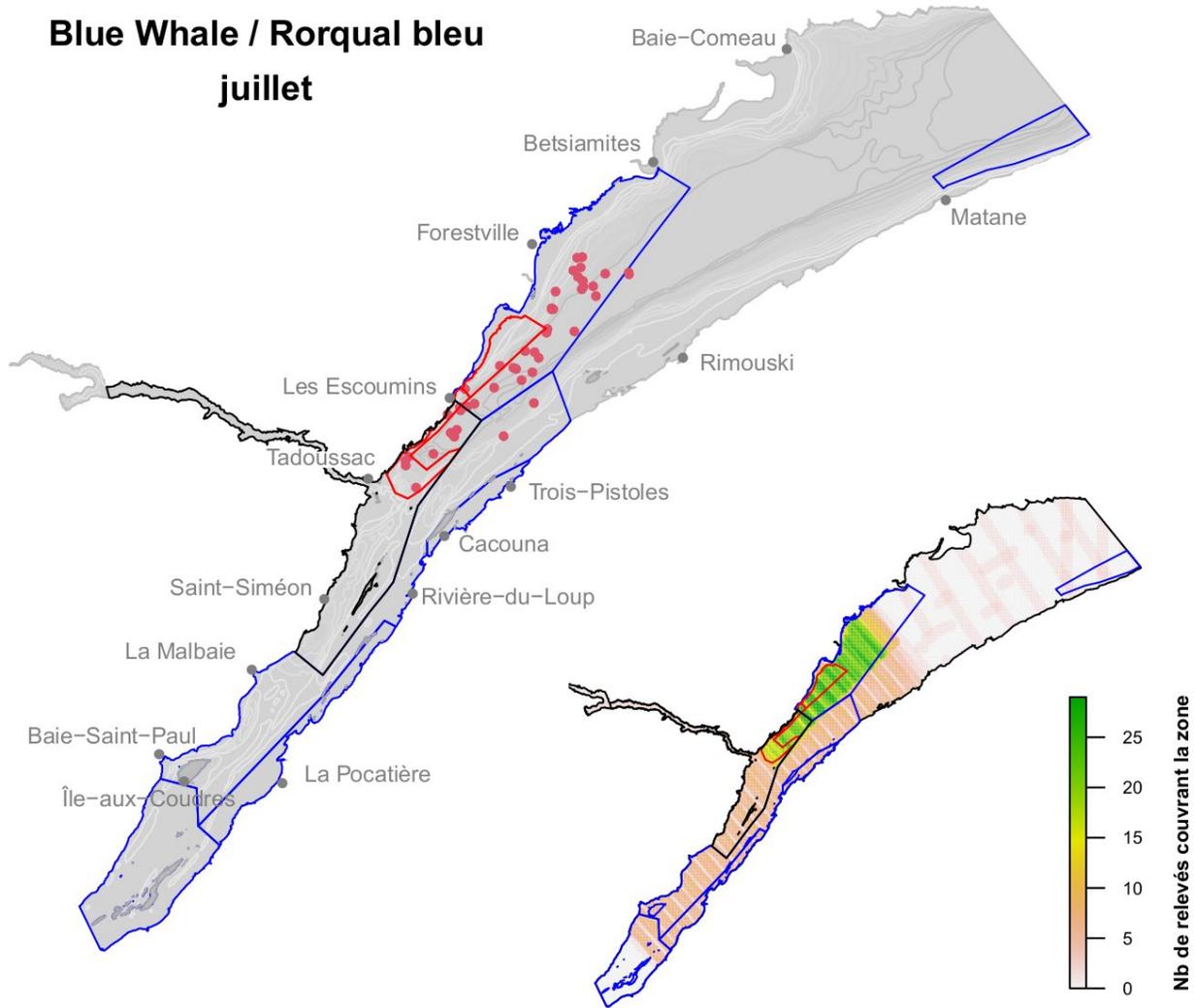
Annexe 4. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu juin



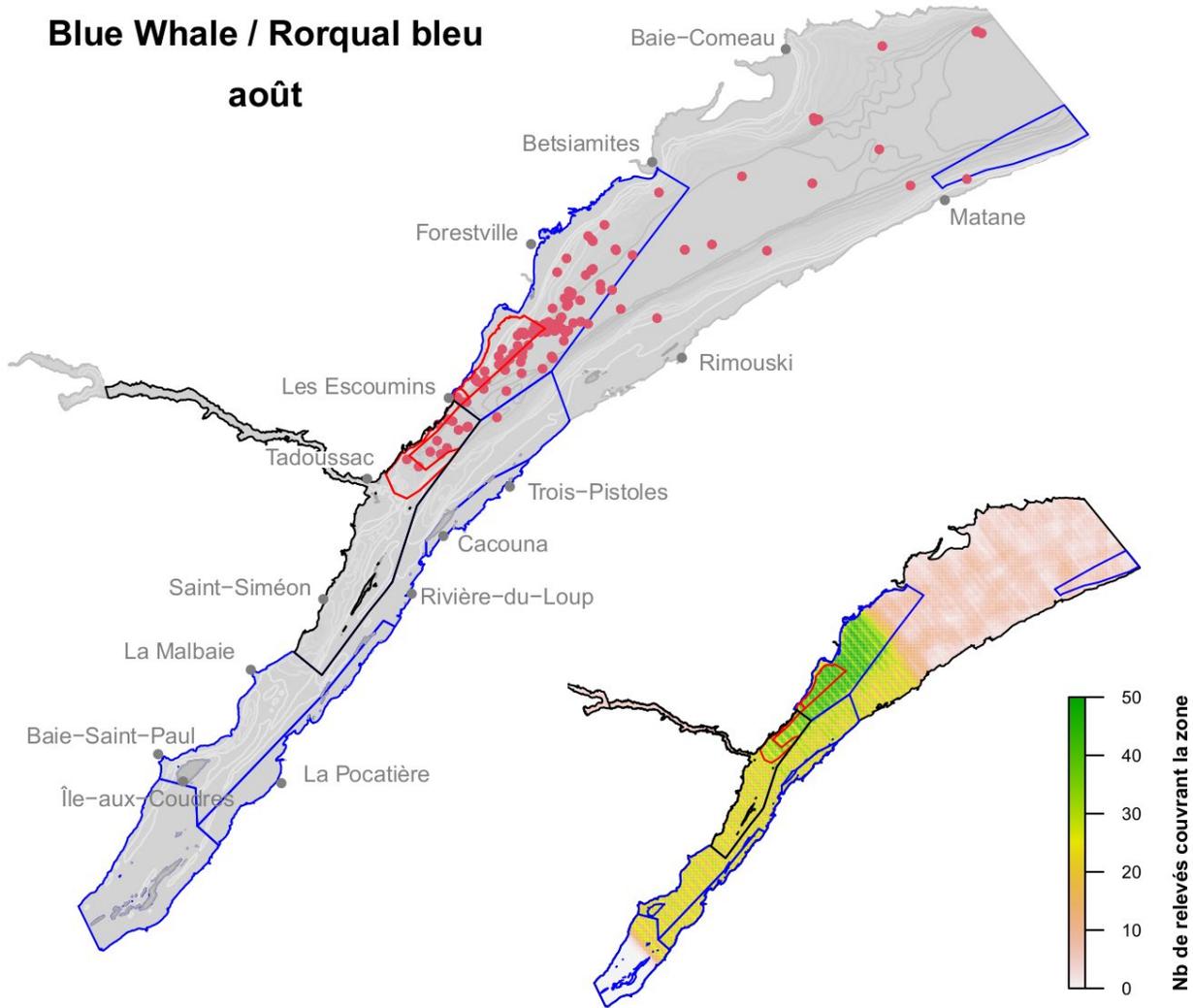
Annexe 4. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu juillet



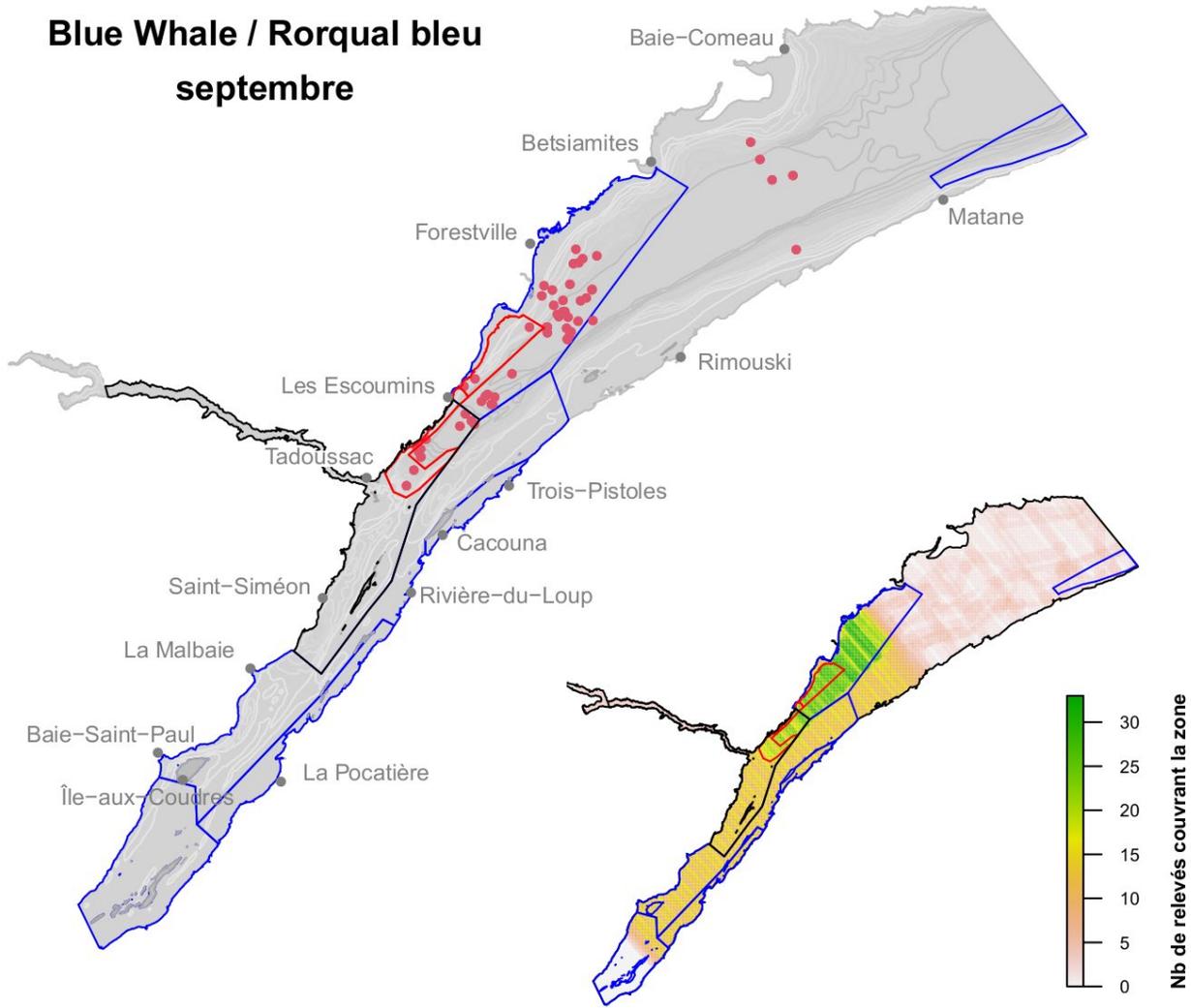
Annexe 4. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu août



Annexe 4. Suite

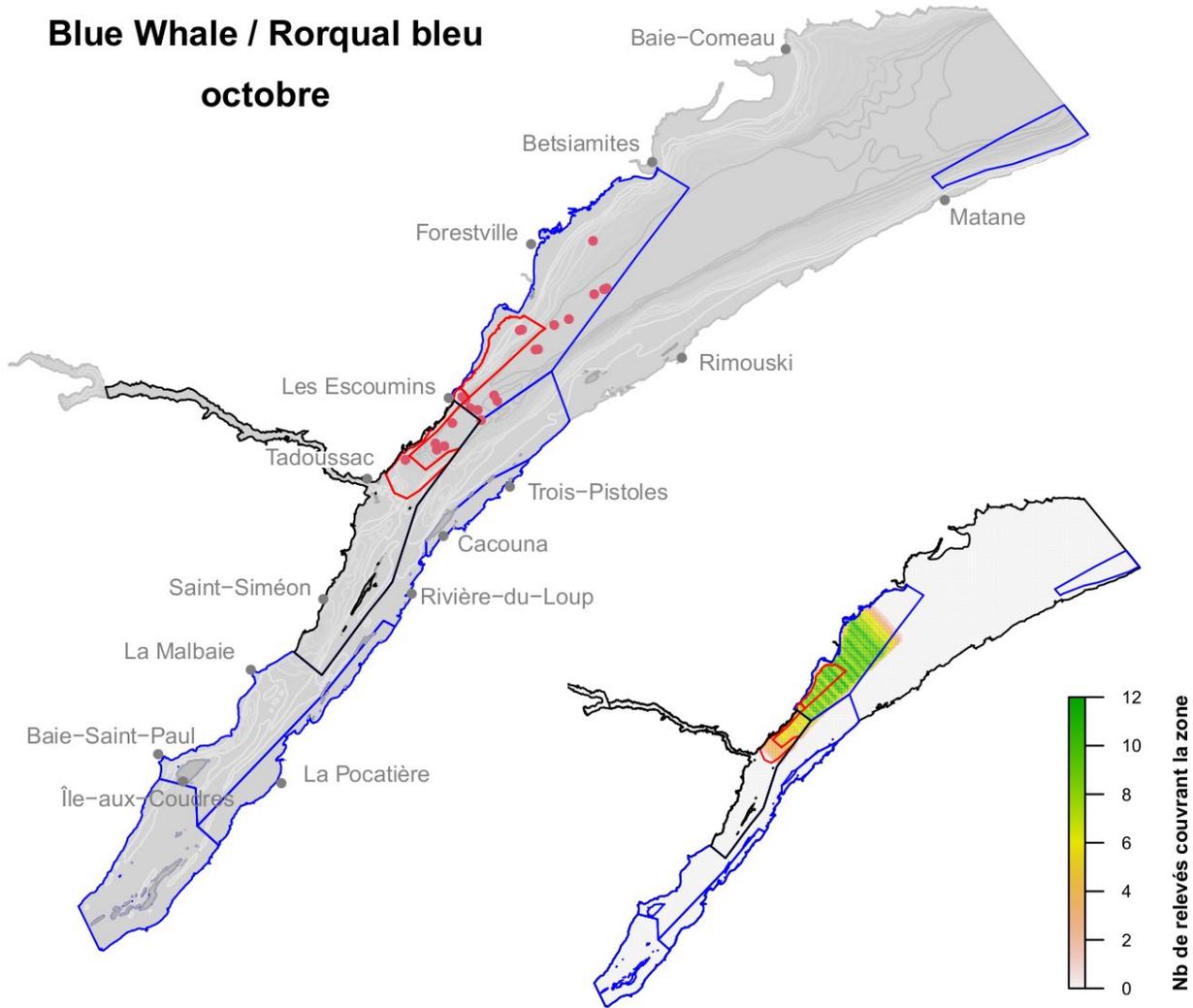
Blue Whale / Rorqual bleu septembre



Annexe 4. Suite

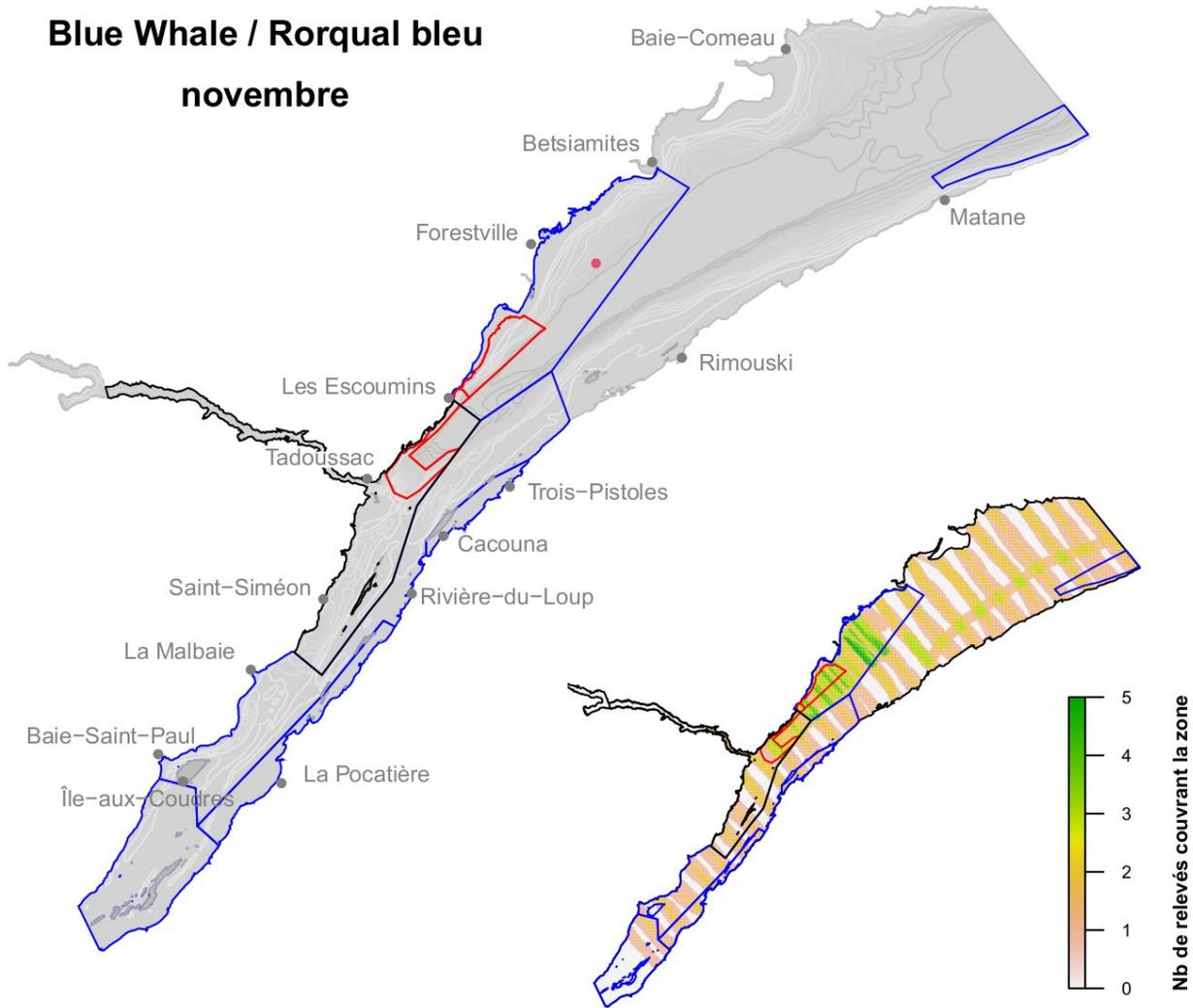
Blue Whale / Rorqual bleu

octobre



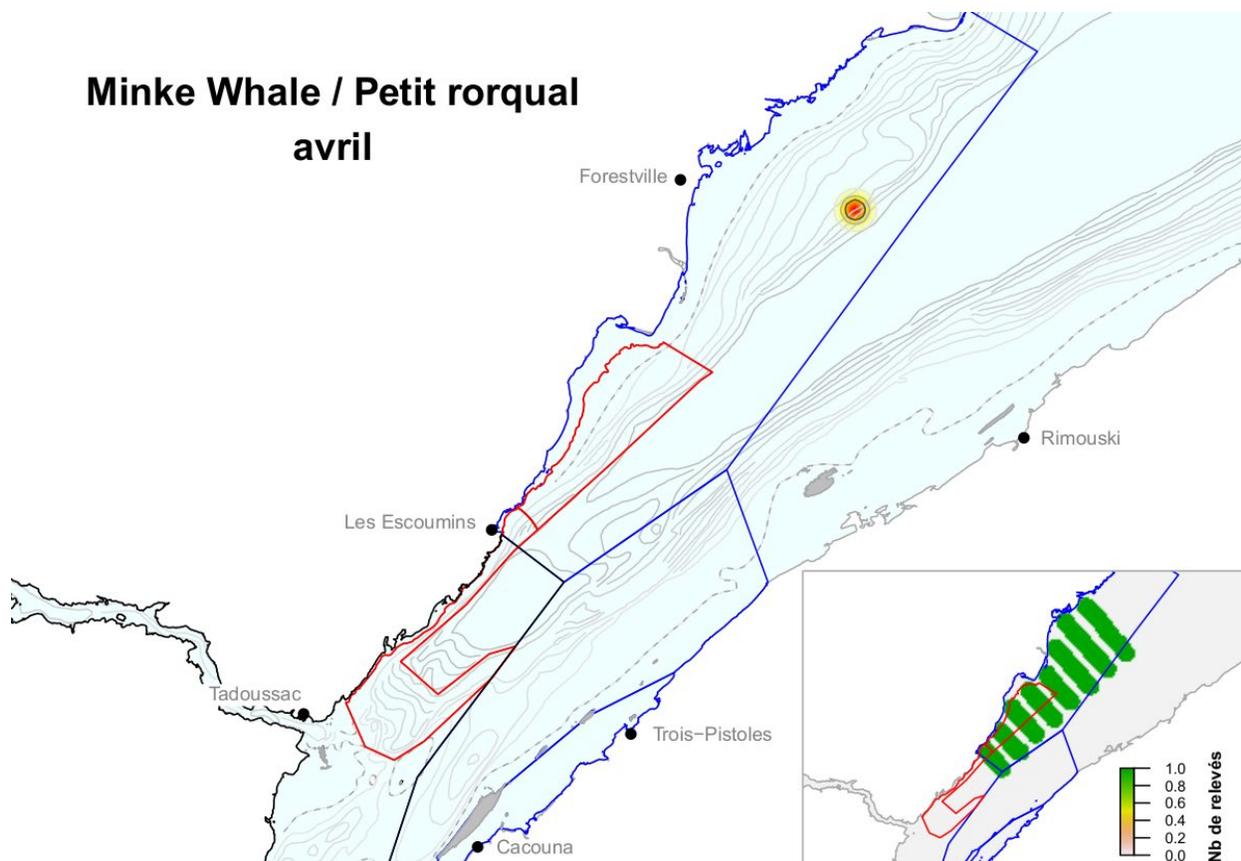
Annexe 4. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu novembre



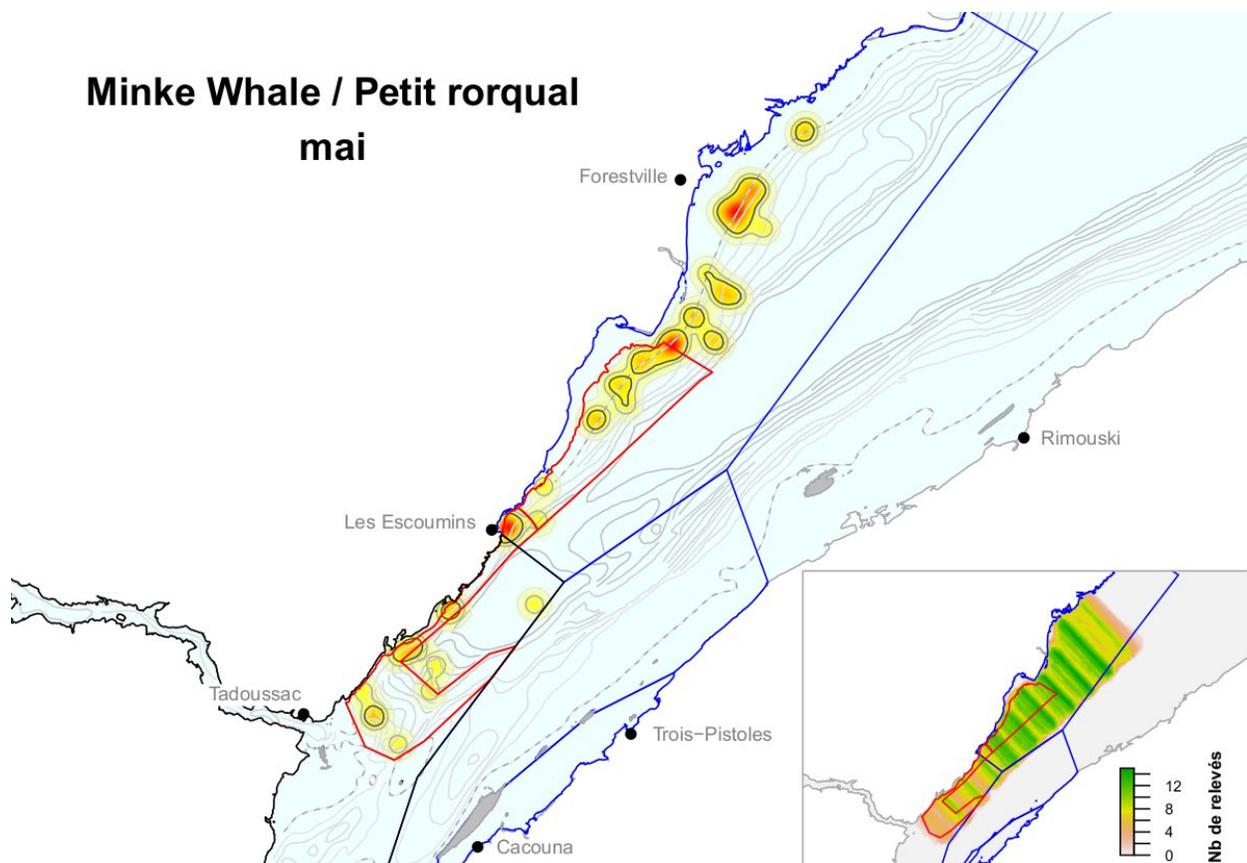
Annexe 4. Suite

Minke Whale / Petit rorqual avril



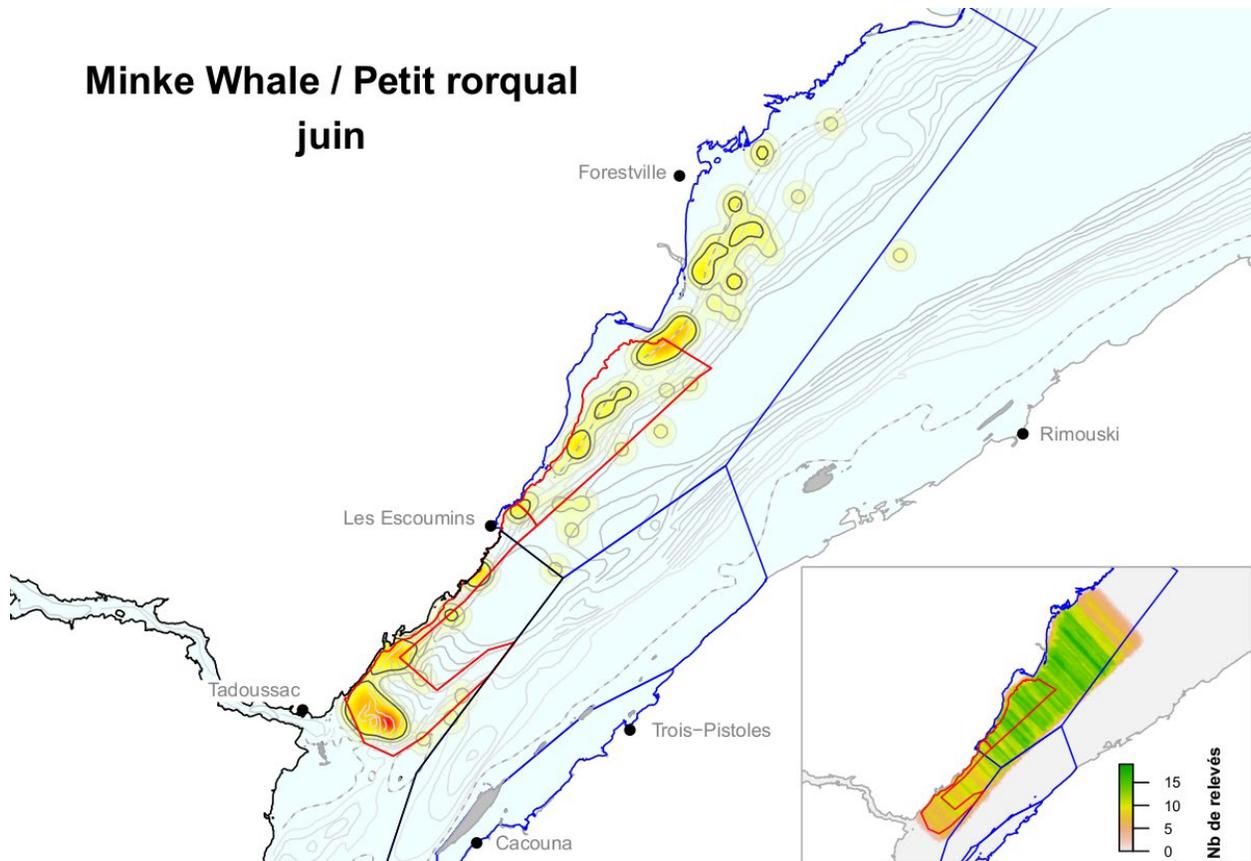
Annexe 5. Représentation par noyaux de la répartition mensuelle des observations du petit rorqual et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus* mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Minke Whale / Petit rorqual mai



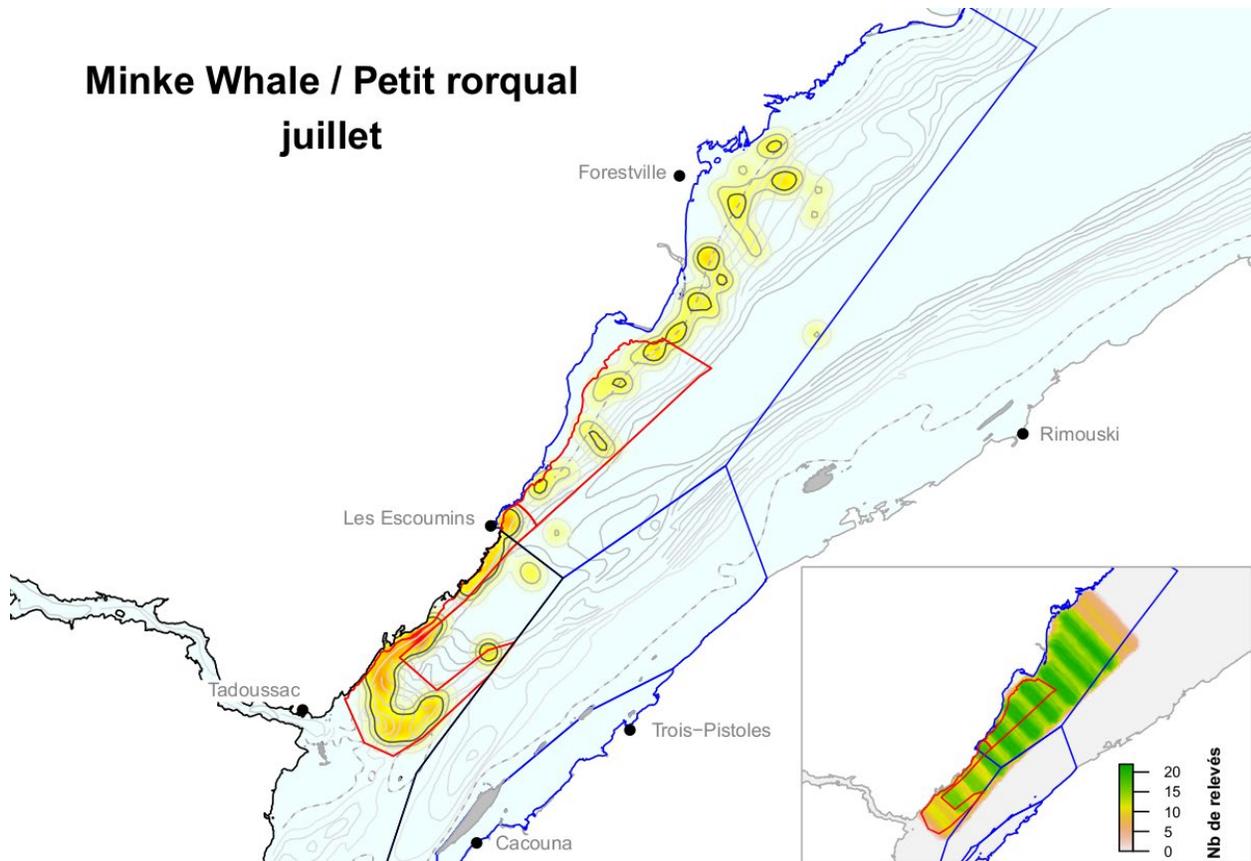
Annexe 5. Suite

Minke Whale / Petit rorqual juin



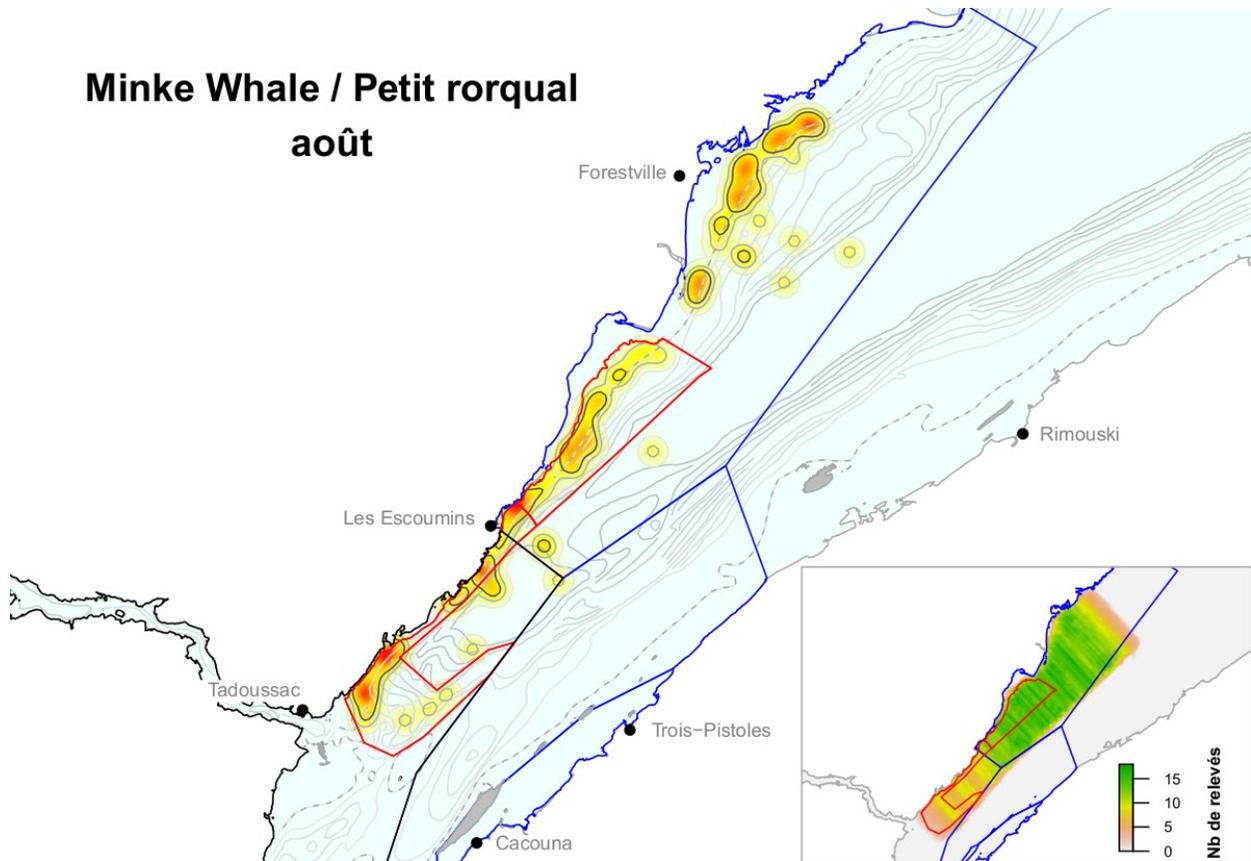
Annexe 5. Suite

Minke Whale / Petit rorqual juillet



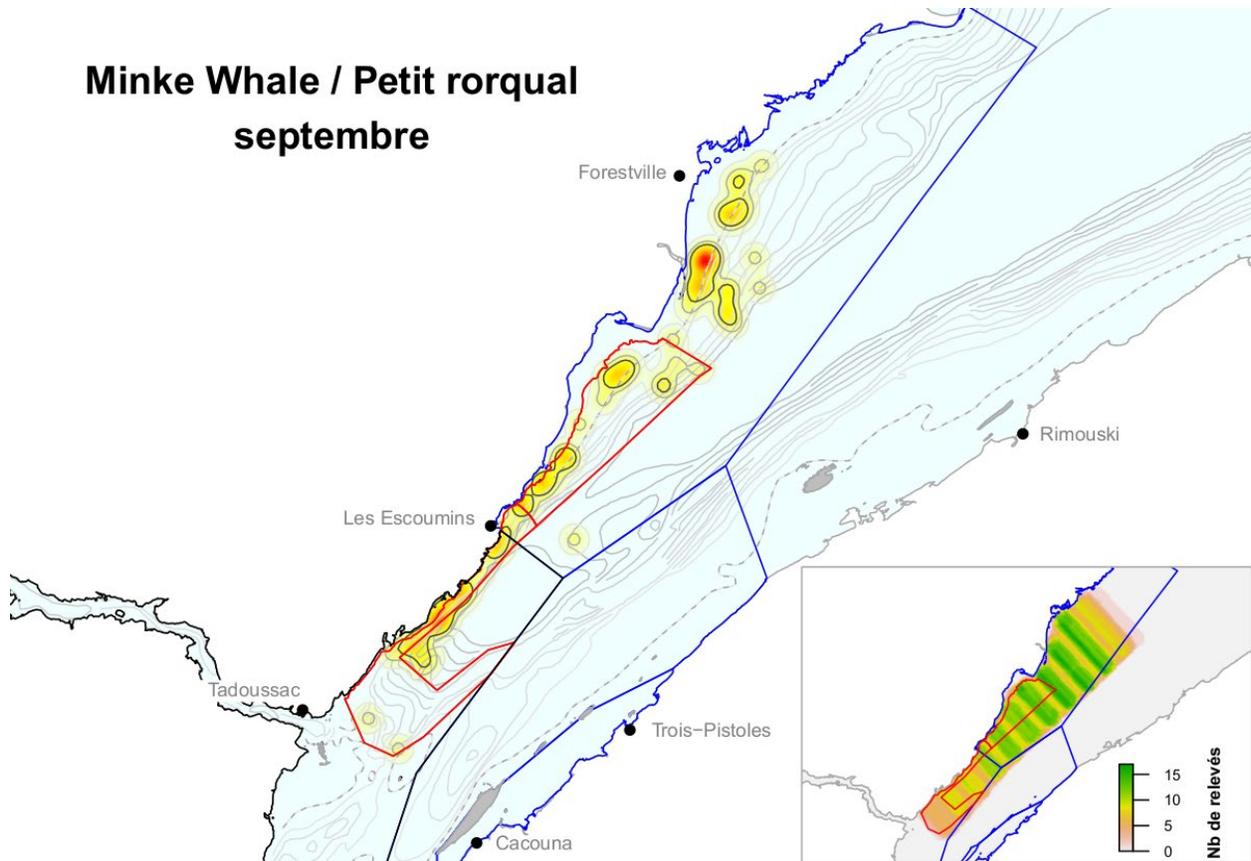
Annexe 5. Suite

Minke Whale / Petit rorqual août



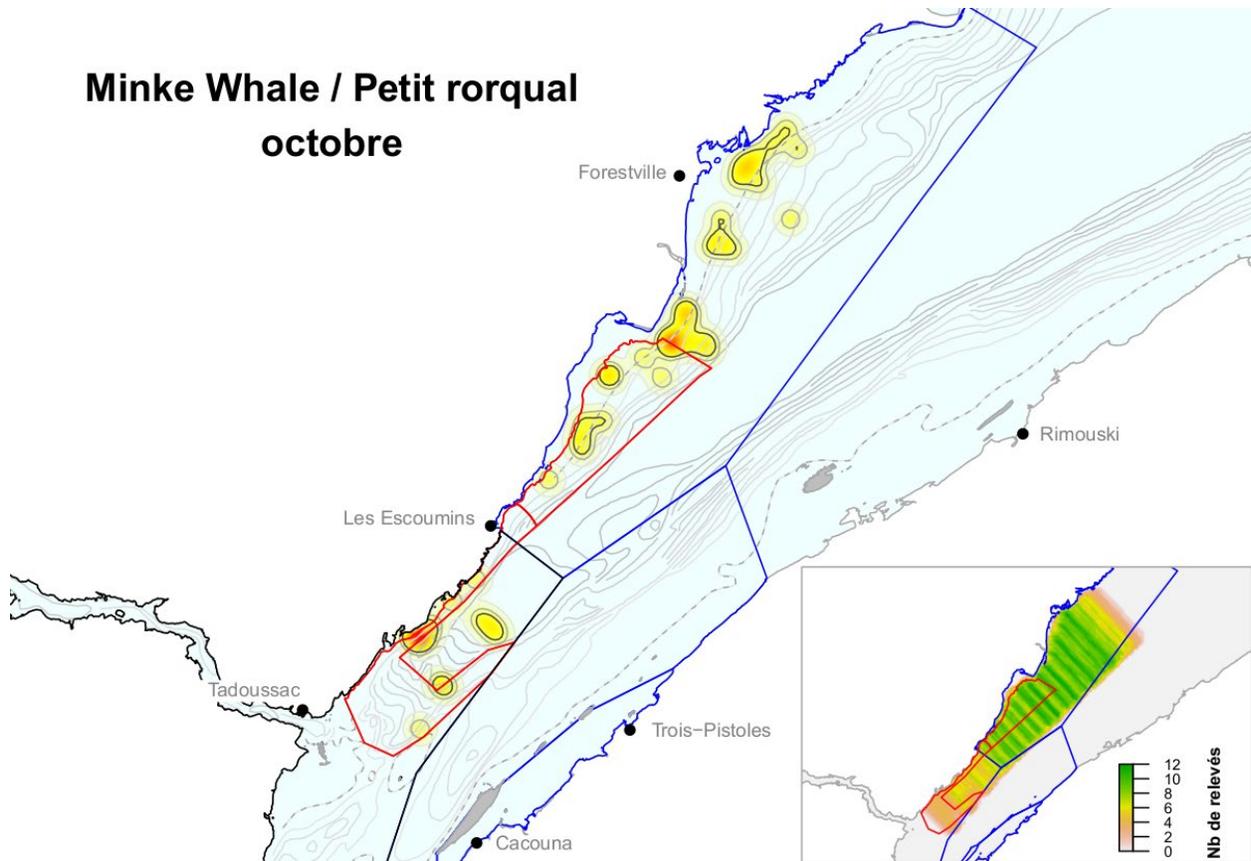
Annexe 5. Suite

Minke Whale / Petit rorqual septembre



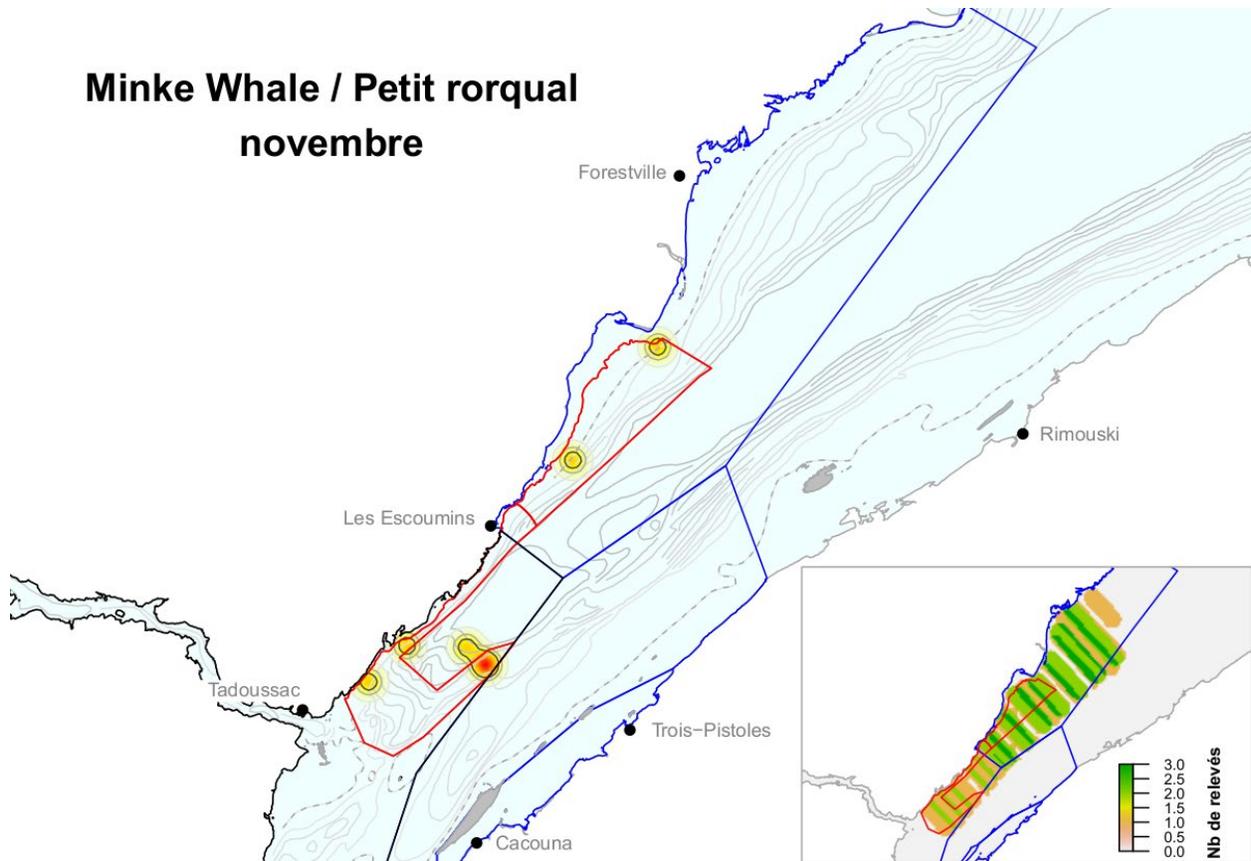
Annexe 5. Suite

Minke Whale / Petit rorqual octobre



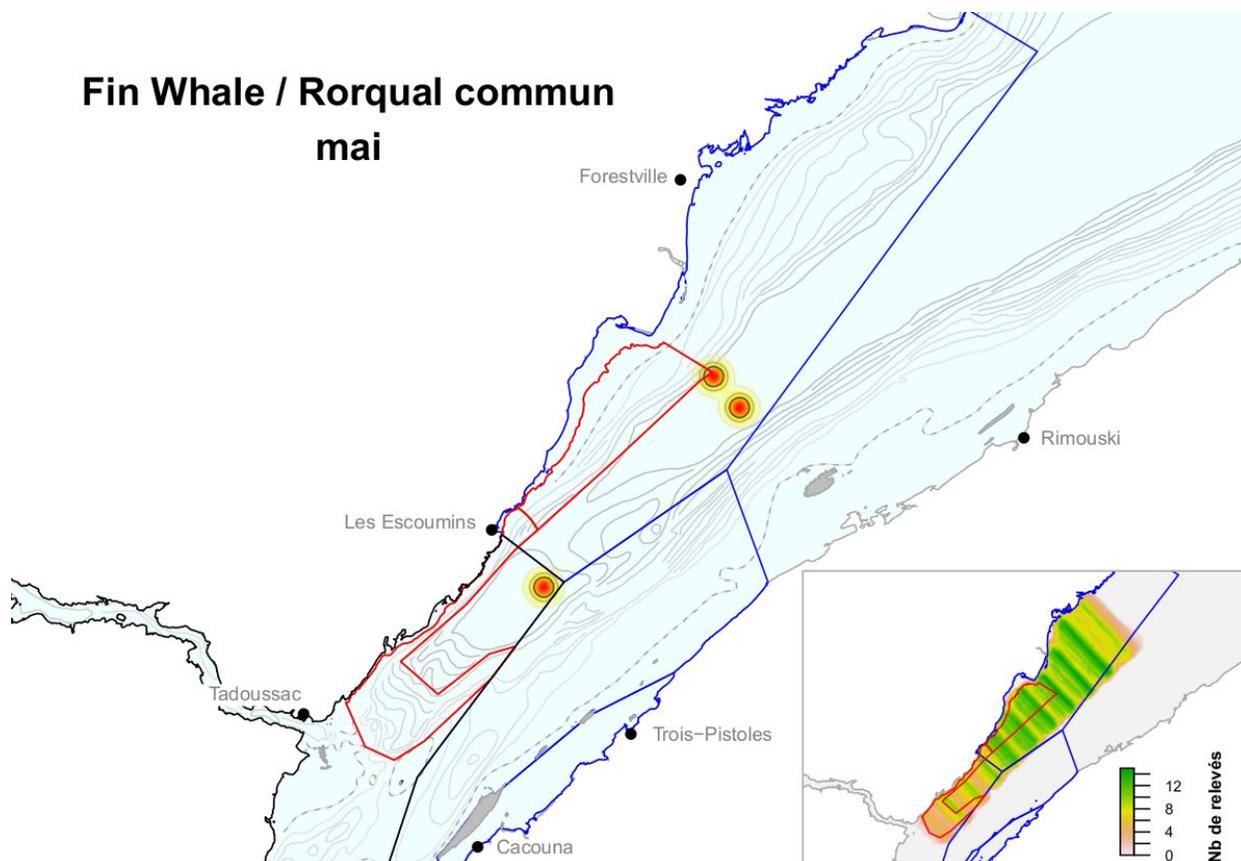
Annexe 5. Suite

Minke Whale / Petit rorqual novembre



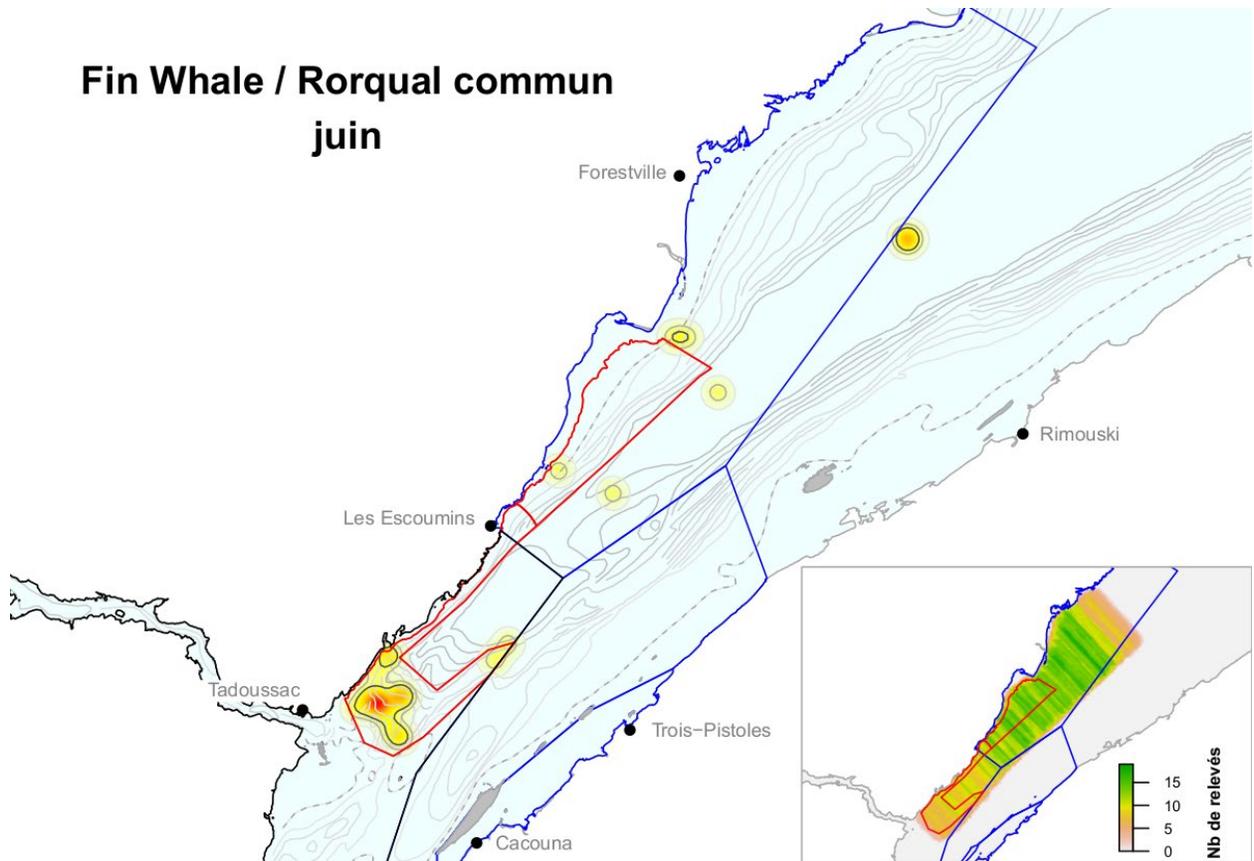
Annexe 5. Suite

Fin Whale / Rorqual commun mai



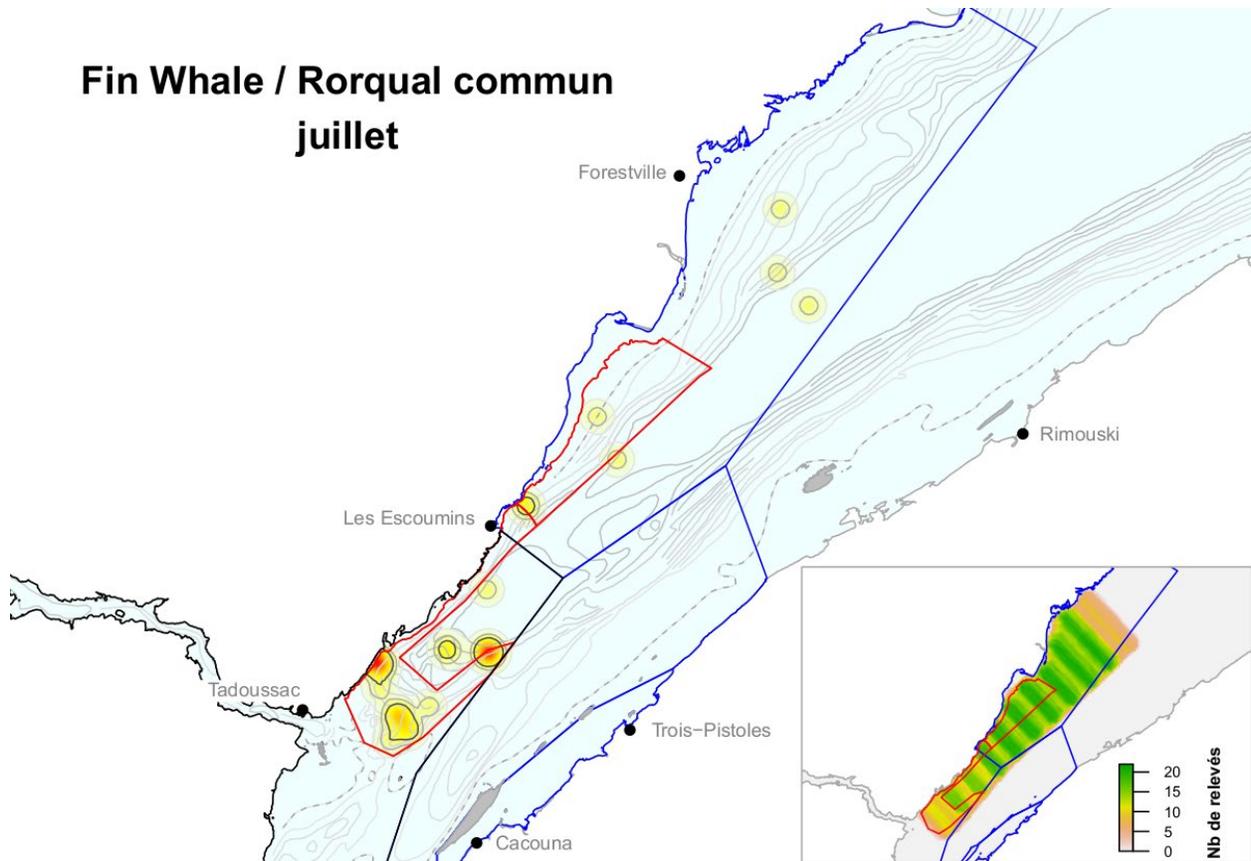
Annexe 6. Représentation par noyaux de la répartition mensuelle des observations du rorqual commun et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus* mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Fin Whale / Rorqual commun juin



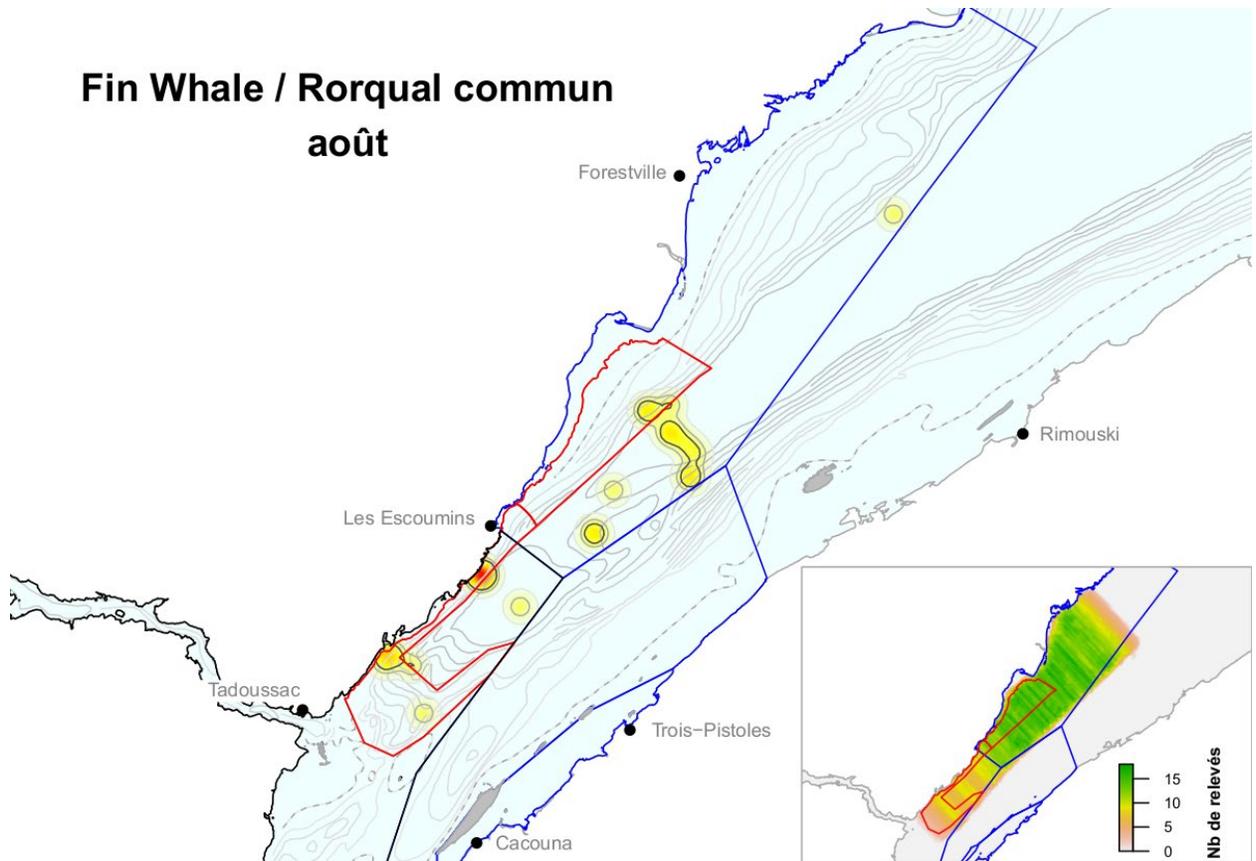
Annexe 6. Suite

Fin Whale / Rorqual commun juillet



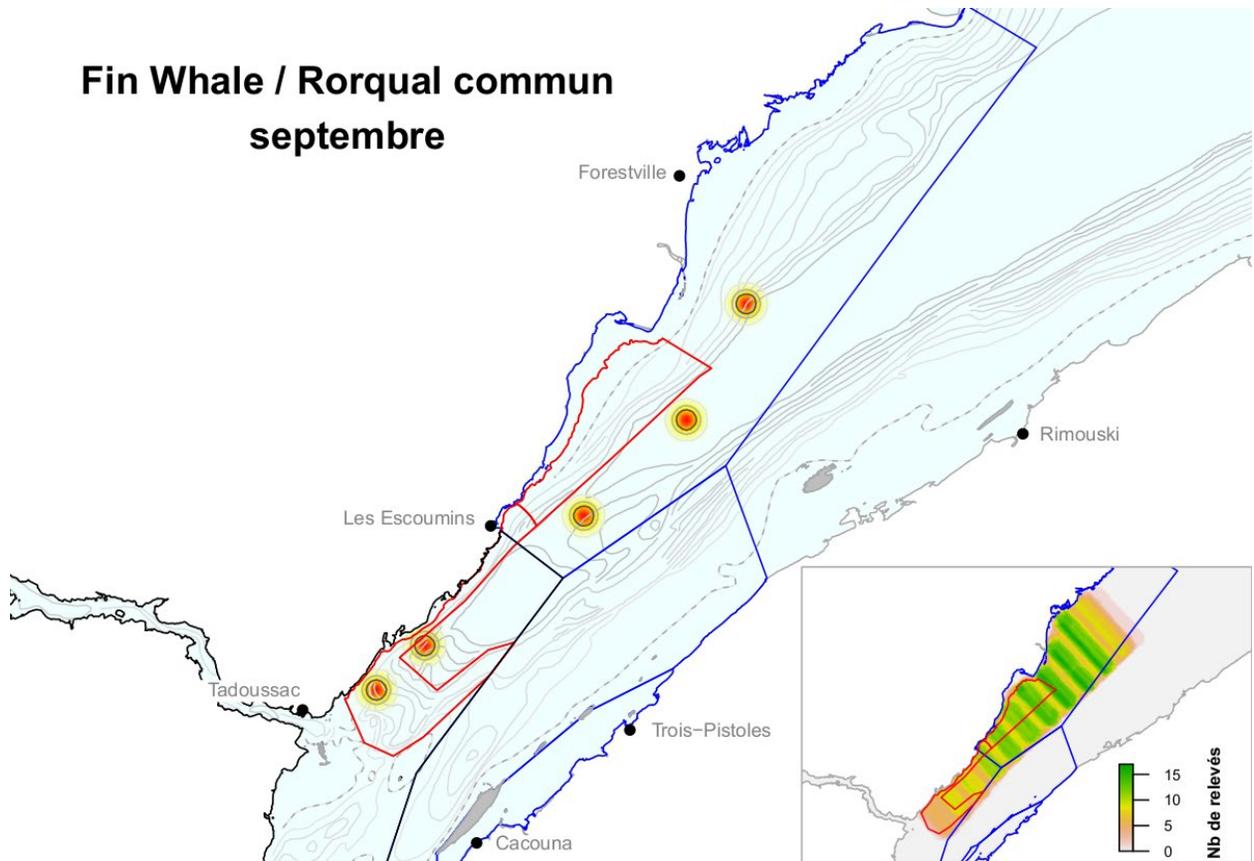
Annexe 6. Suite

Fin Whale / Rorqual commun août



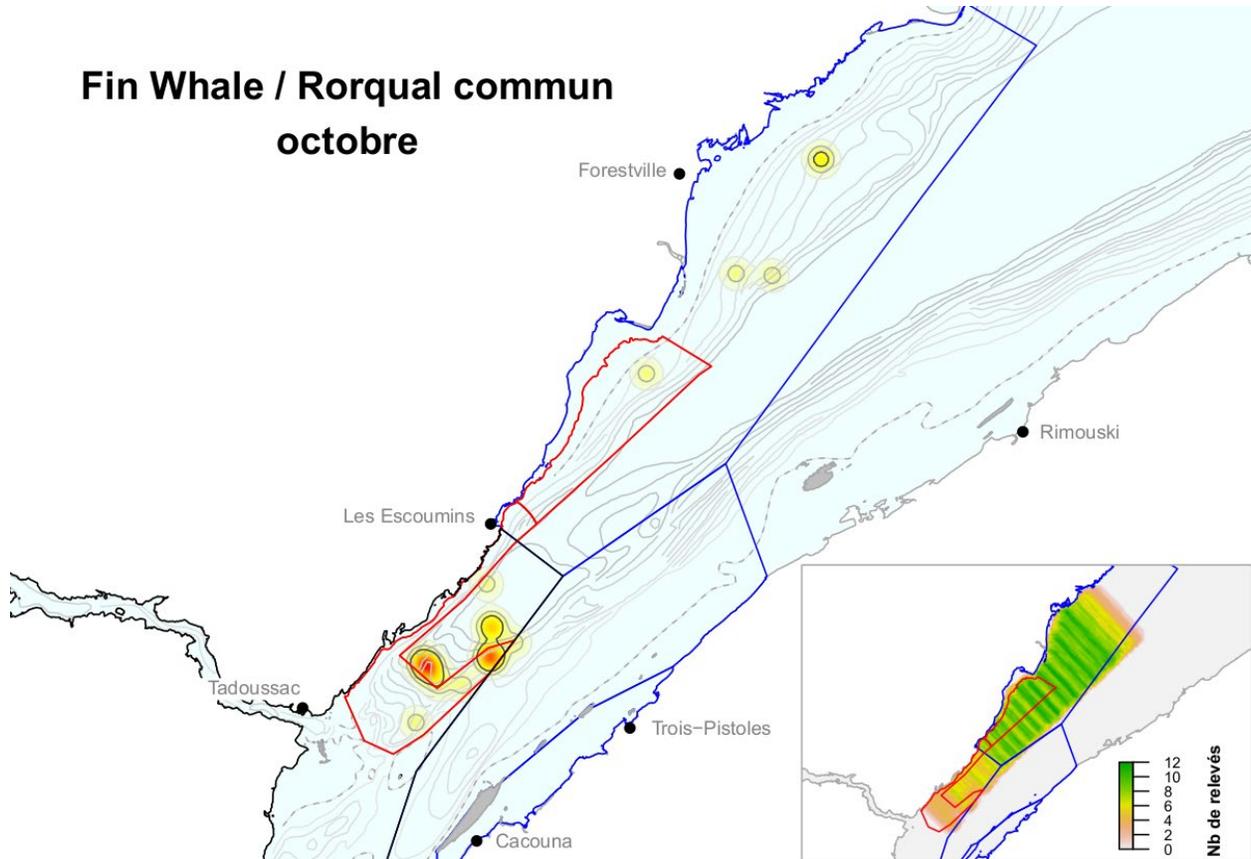
Annexe 6. Suite

Fin Whale / Rorqual commun septembre



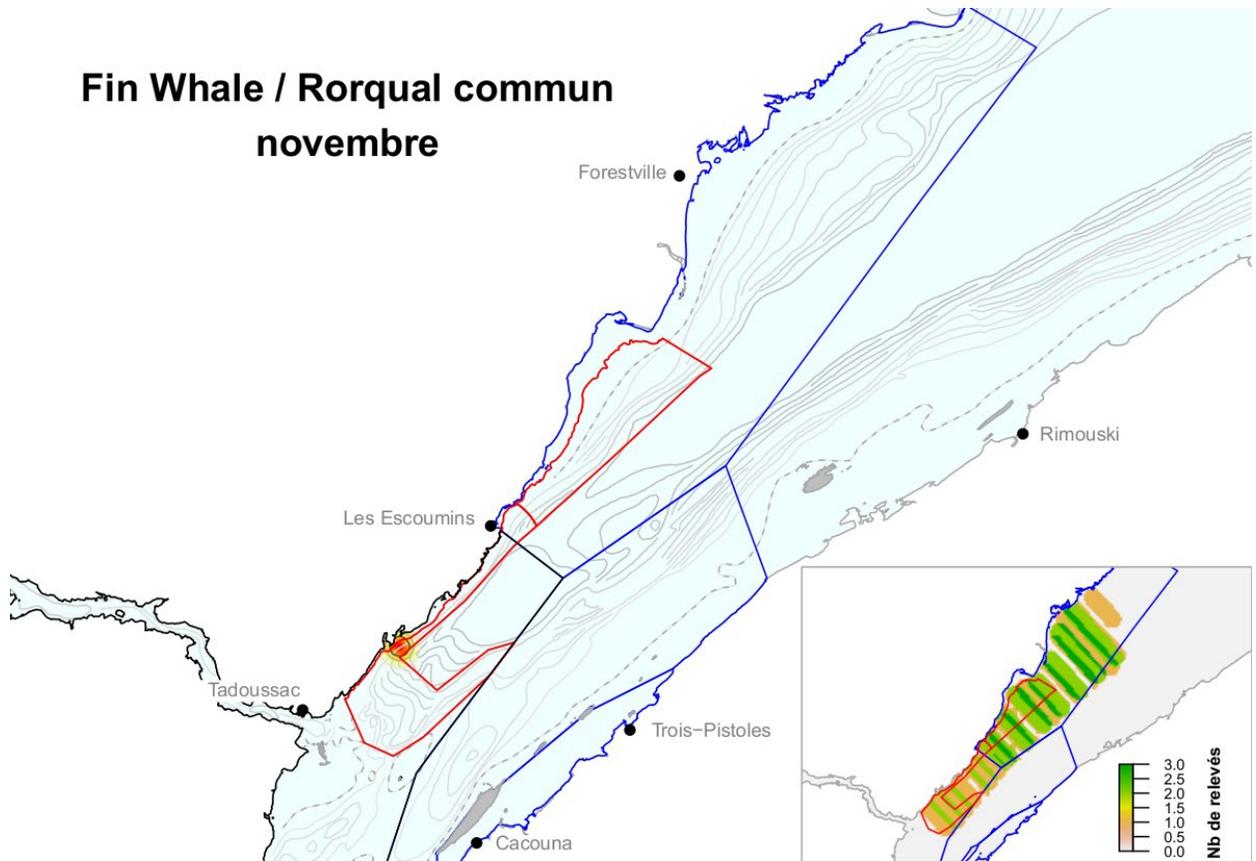
Annexe 6. Suite

Fin Whale / Rorqual commun octobre



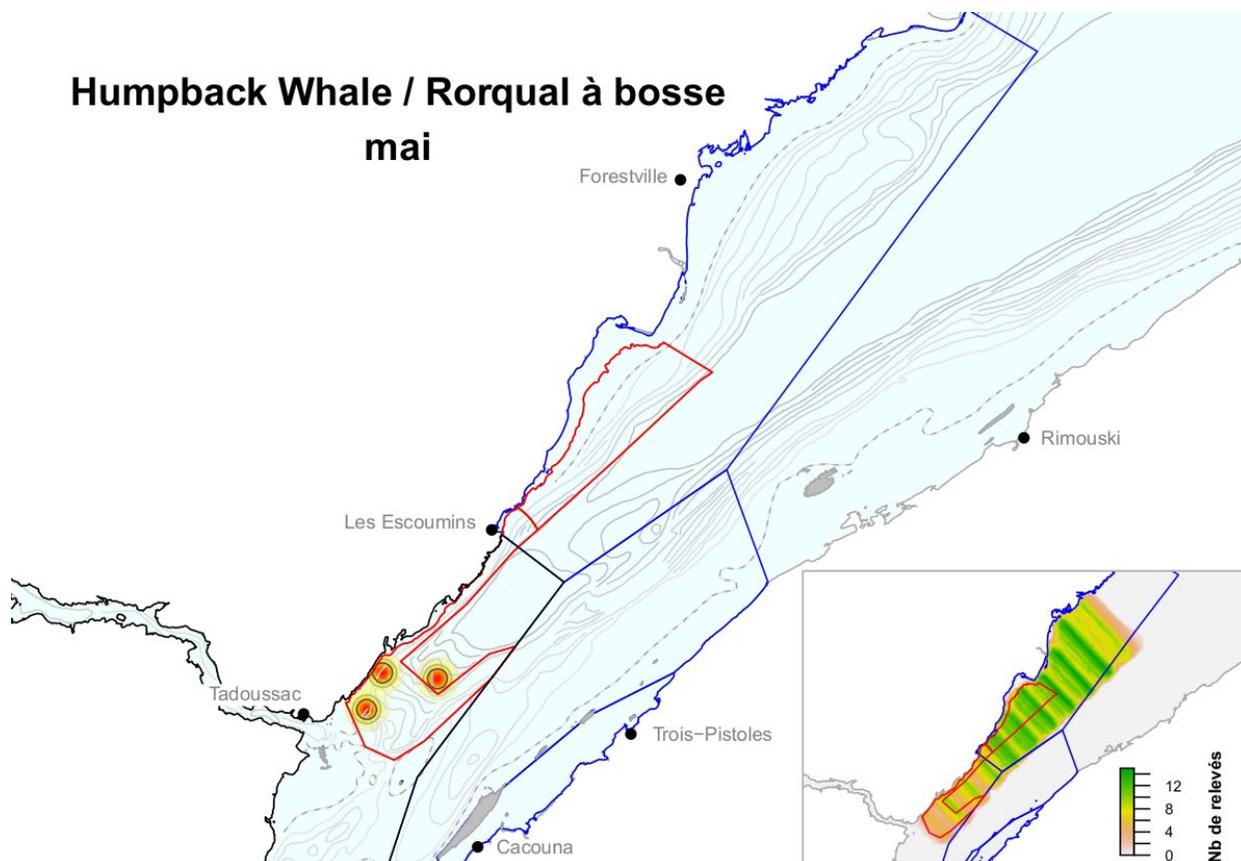
Annexe 6. Suite

Fin Whale / Rorqual commun novembre



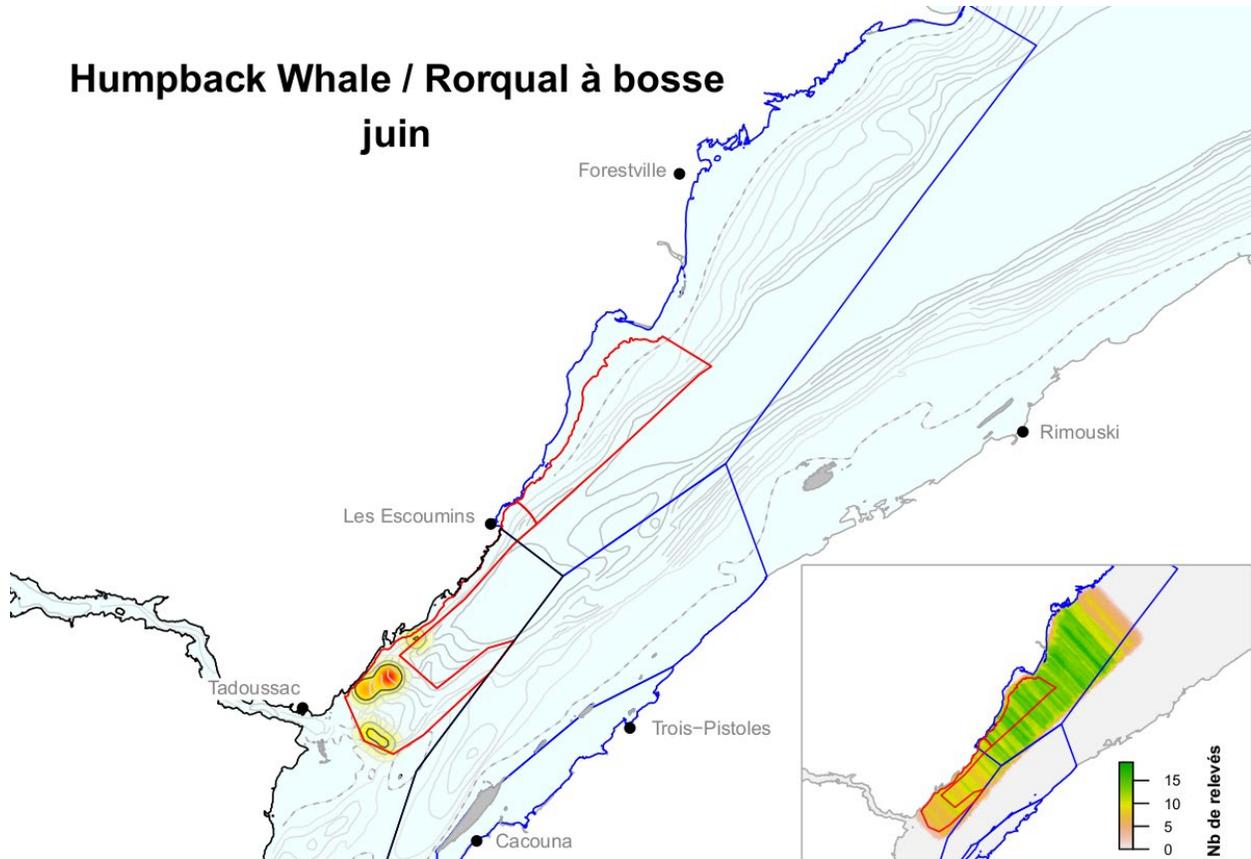
Annexe 6. Suite

Humpback Whale / Rorqual à bosse mai



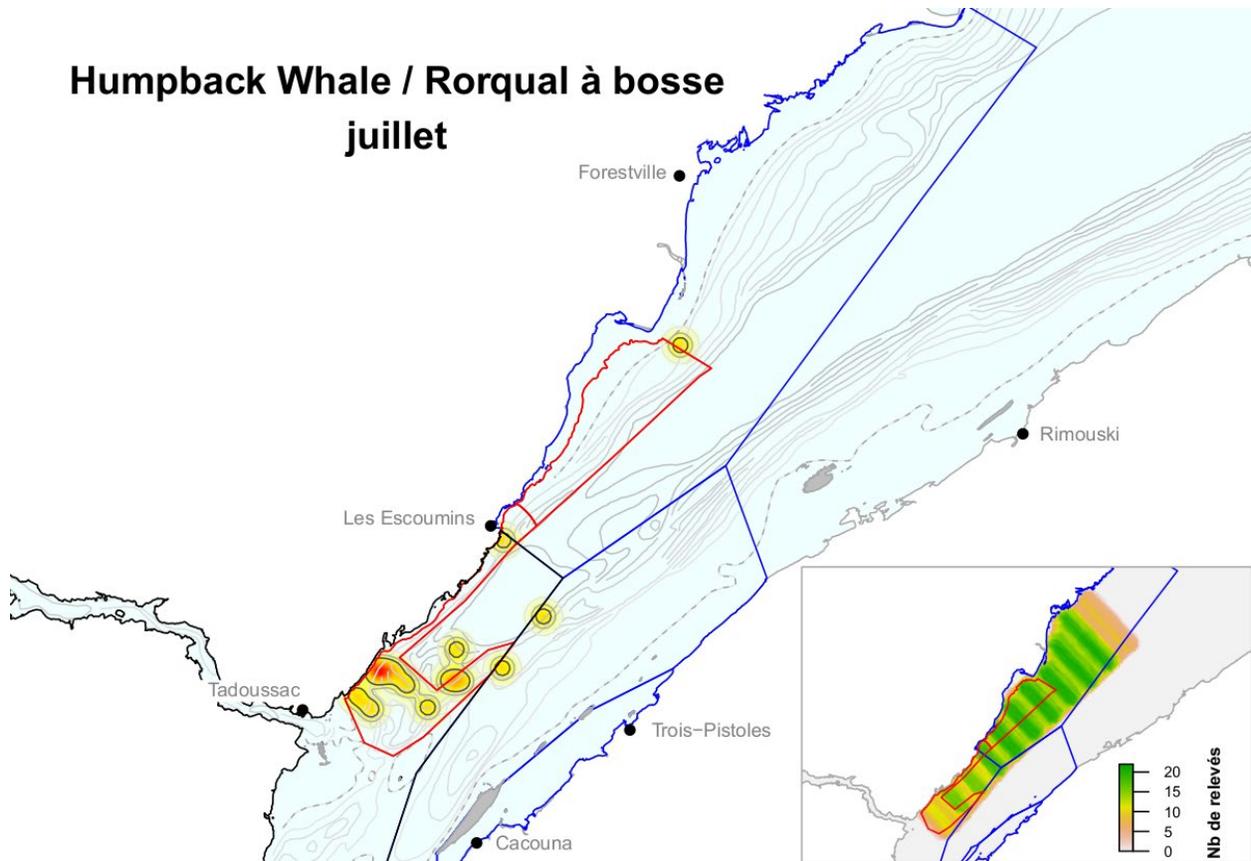
Annexe 7. Représentation par noyaux de la répartition mensuelle des observations du rorqual à bosse et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus* mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Humpback Whale / Rorqual à bosse juin



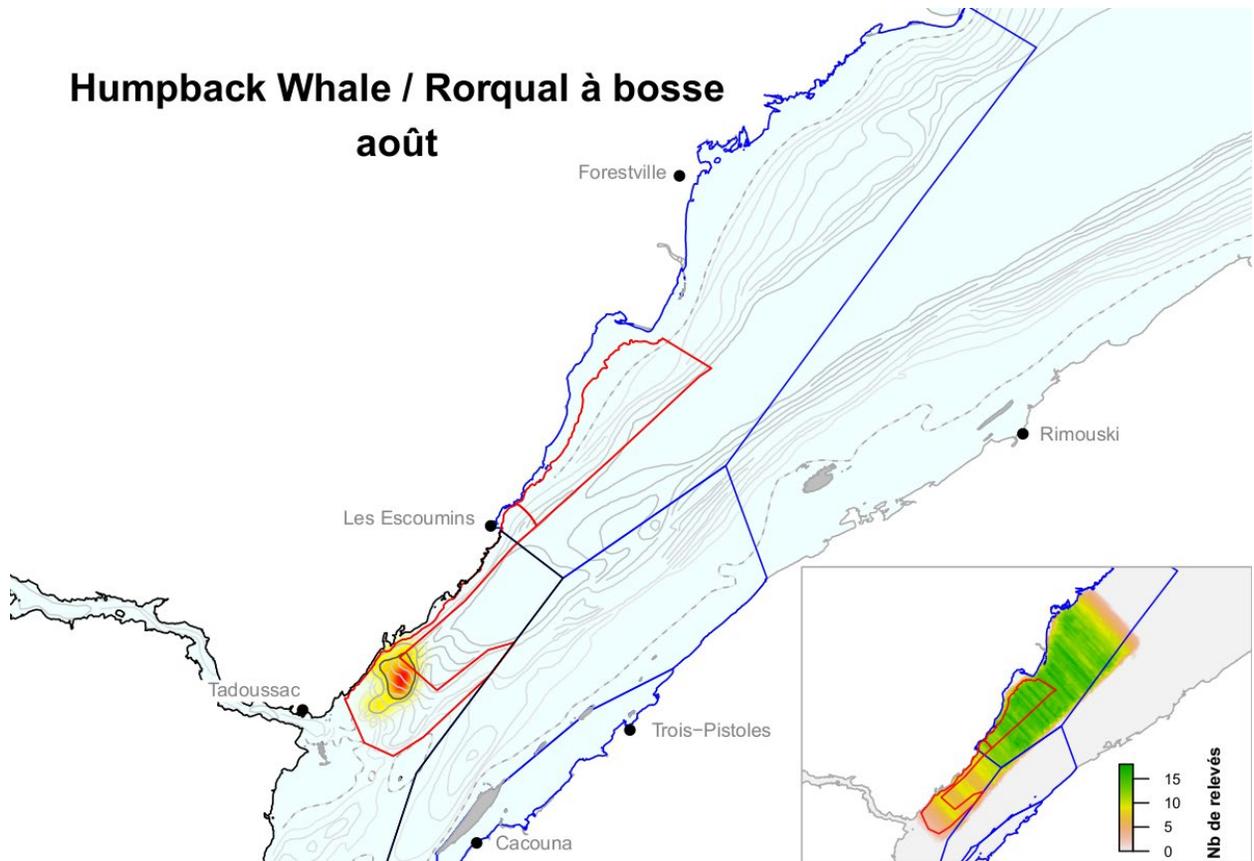
Annexe 7. Suite

Humpback Whale / Rorqual à bosse juillet



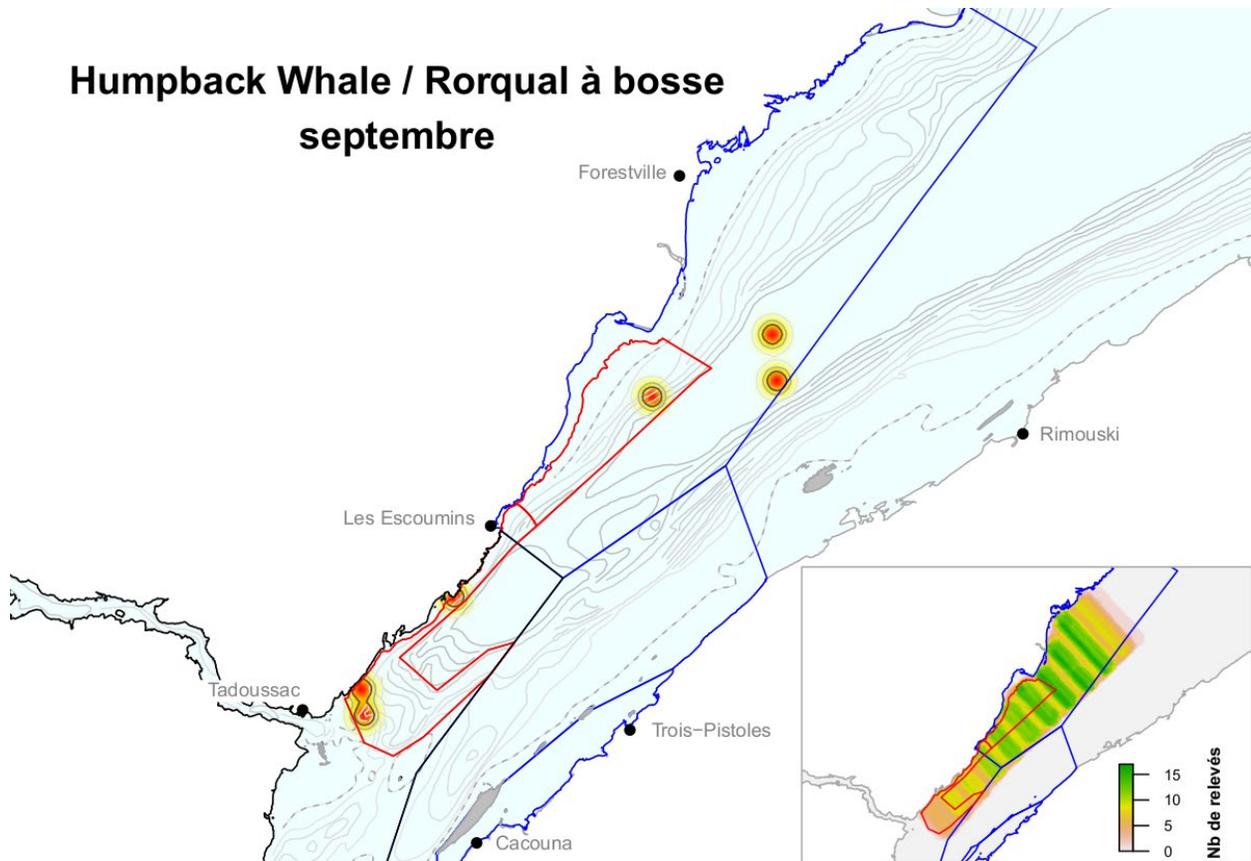
Annexe 7. Suite

Humpback Whale / Rorqual à bosse août



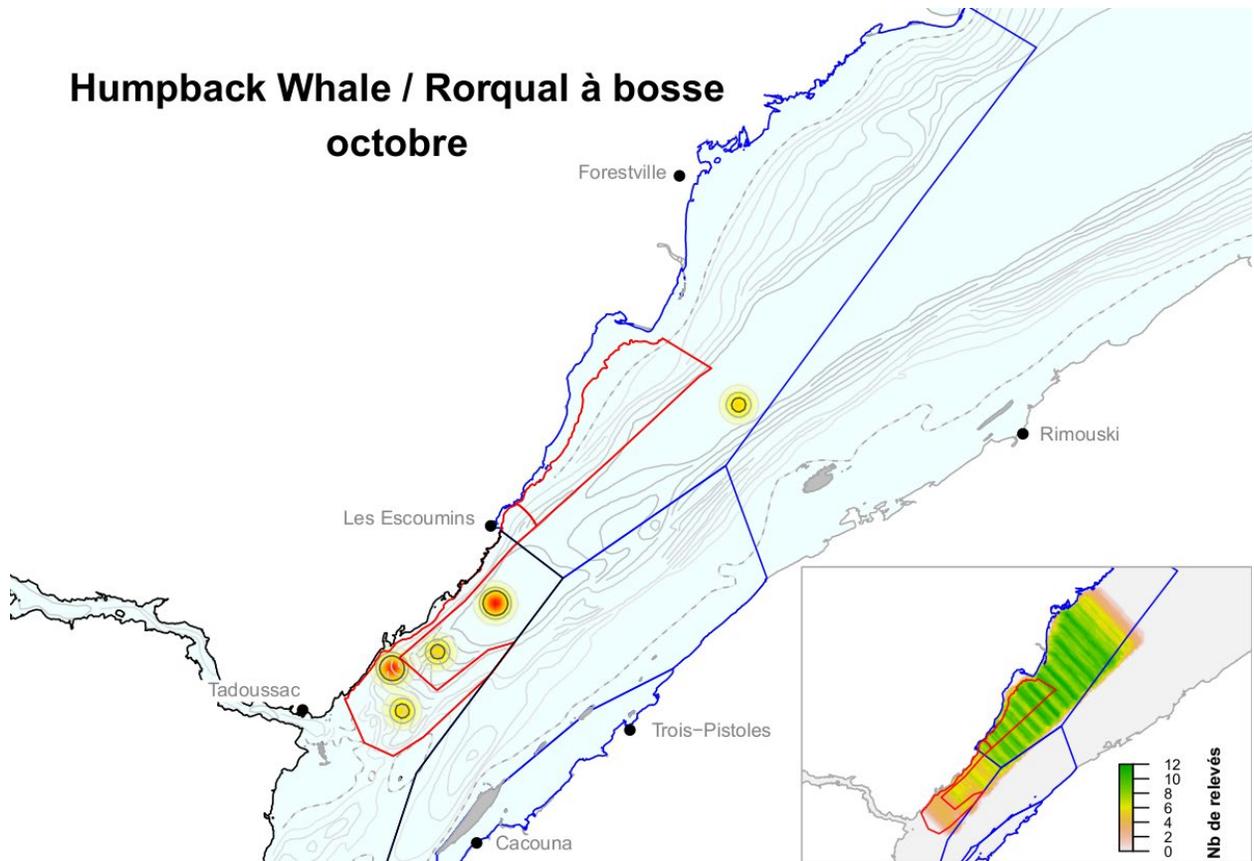
Annexe 7. Suite

Humpback Whale / Rorqual à bosse septembre



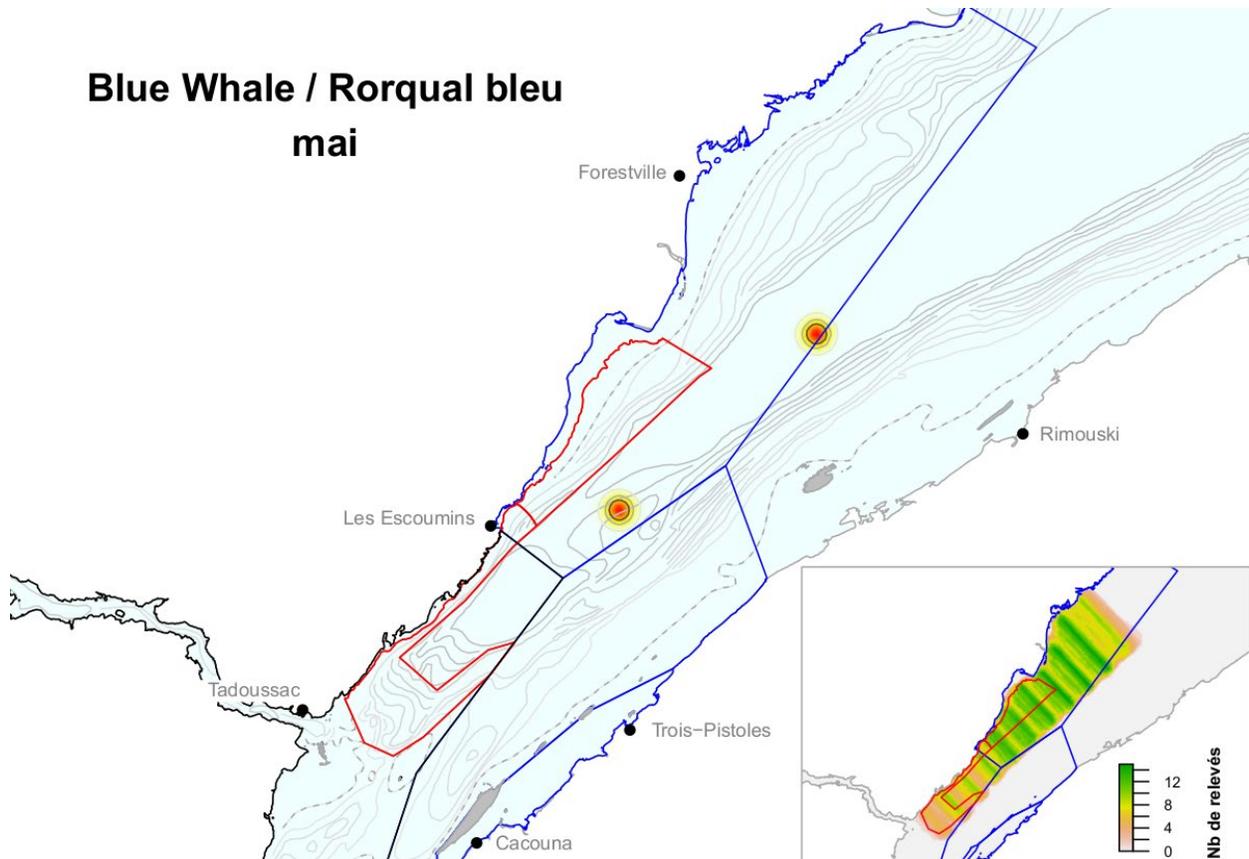
Annexe 7. Suite

Humpback Whale / Rorqual à bosse octobre



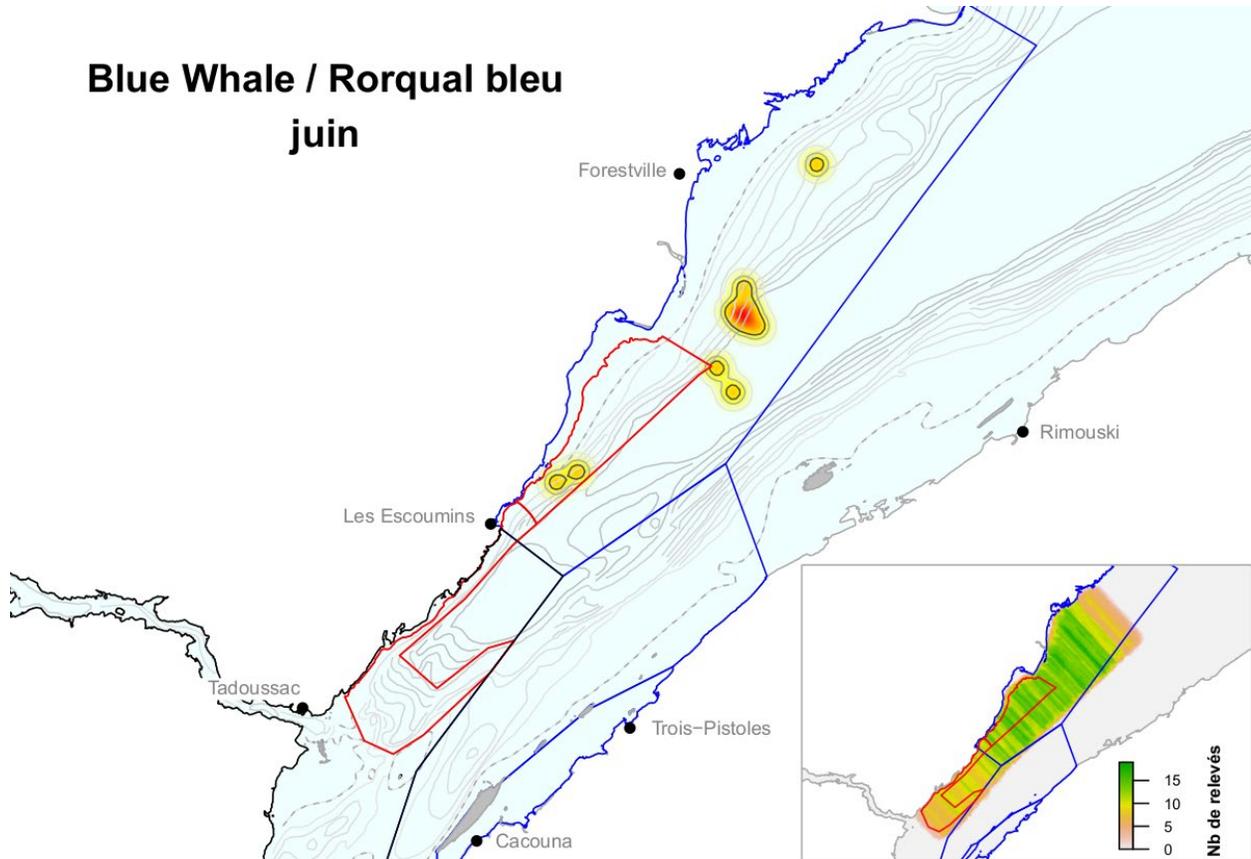
Annexe 7. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu mai



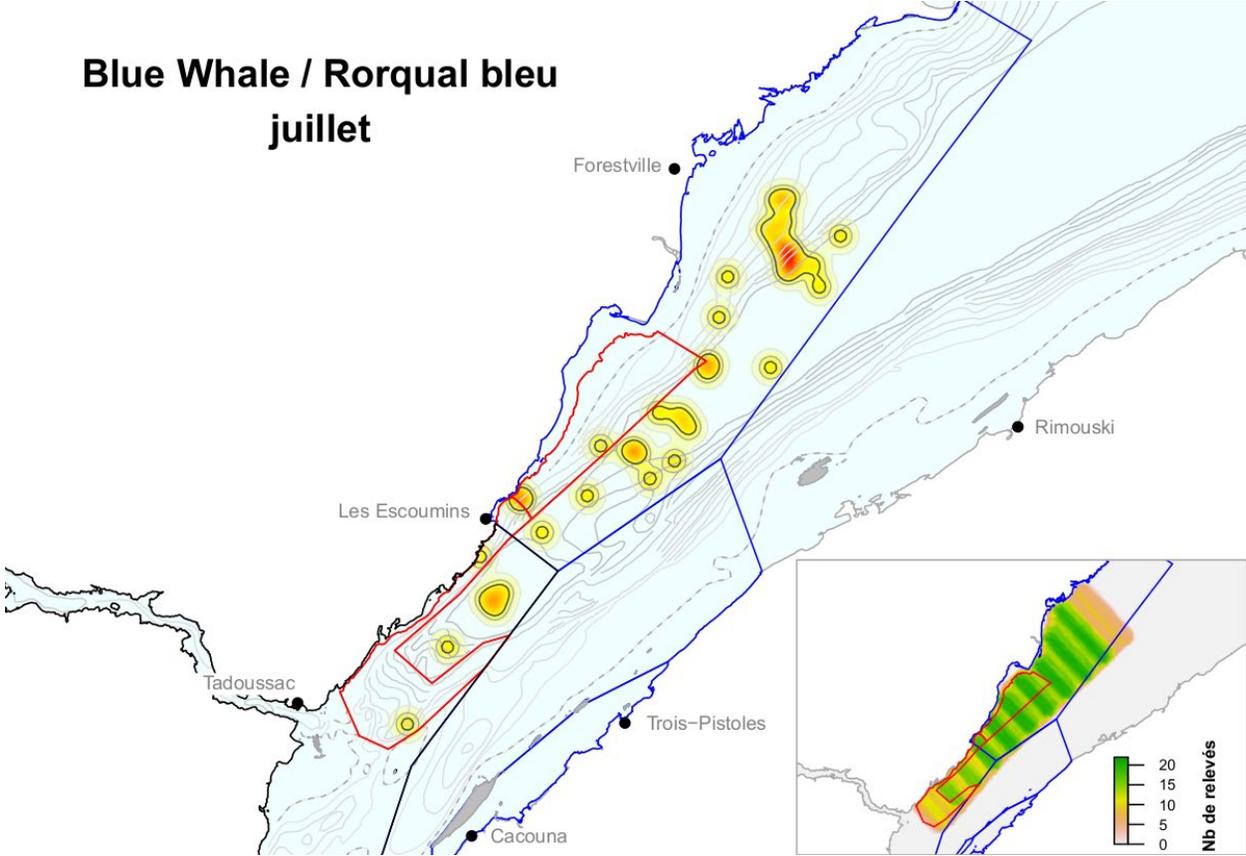
Annexe 8. Représentation par noyaux de la répartition mensuelle des observations du rorqual bleu et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus* mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Blue Whale / Rorqual bleu juin



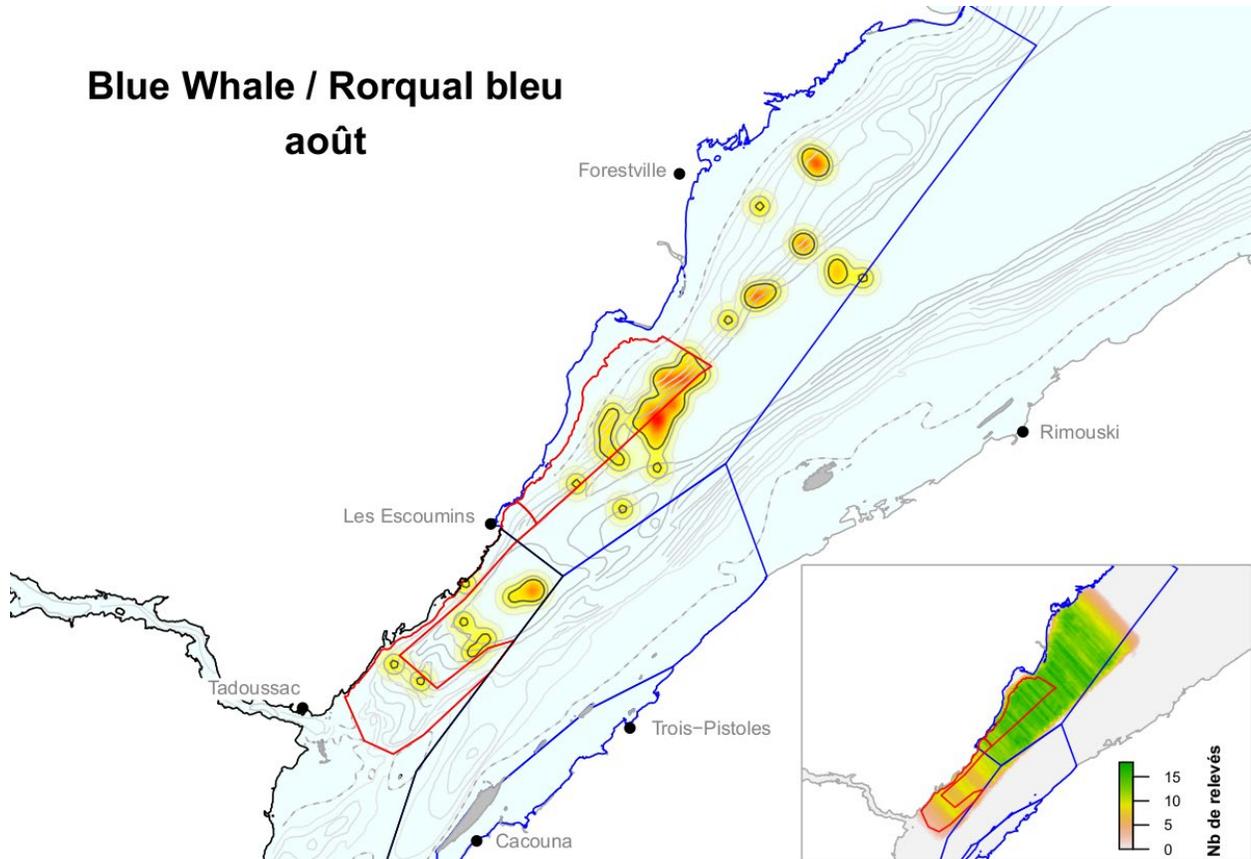
Annexe 8. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu juillet



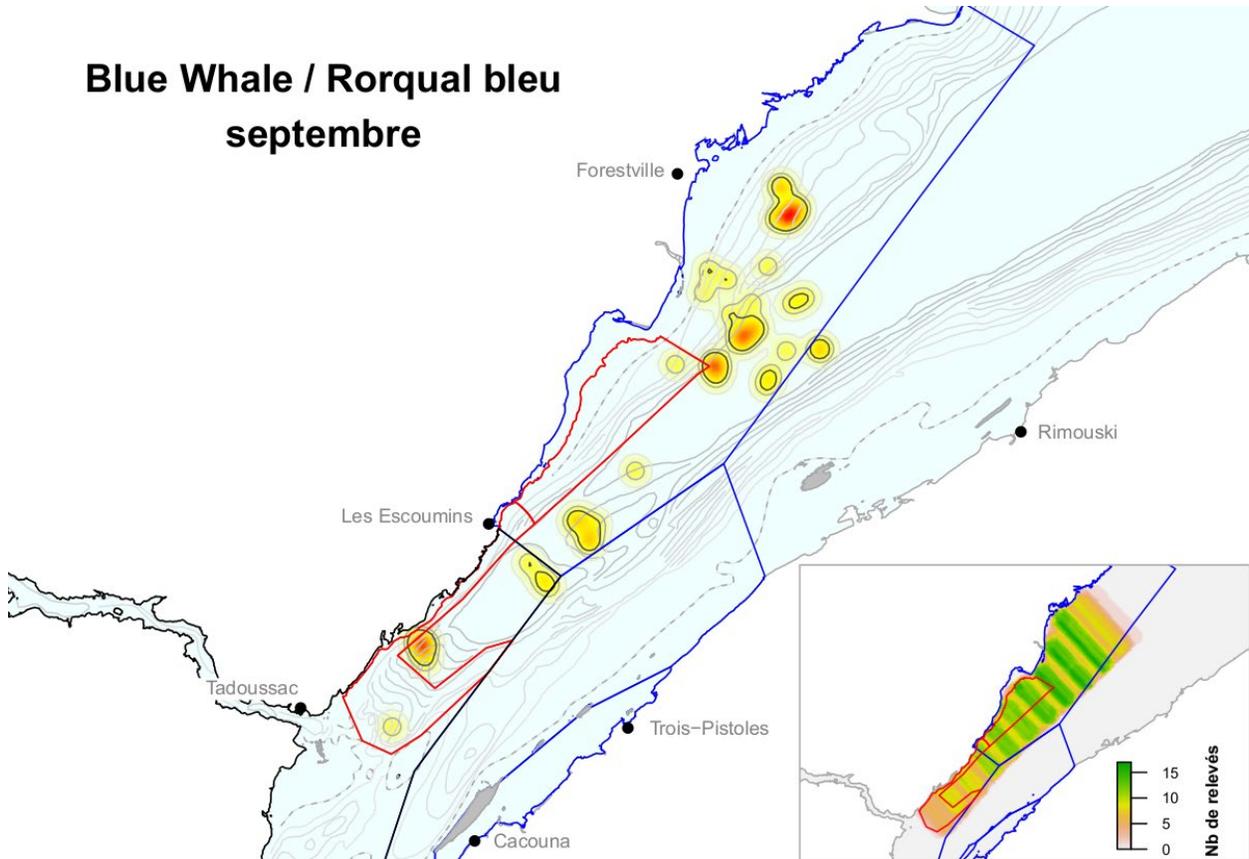
Annexe 8. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu août



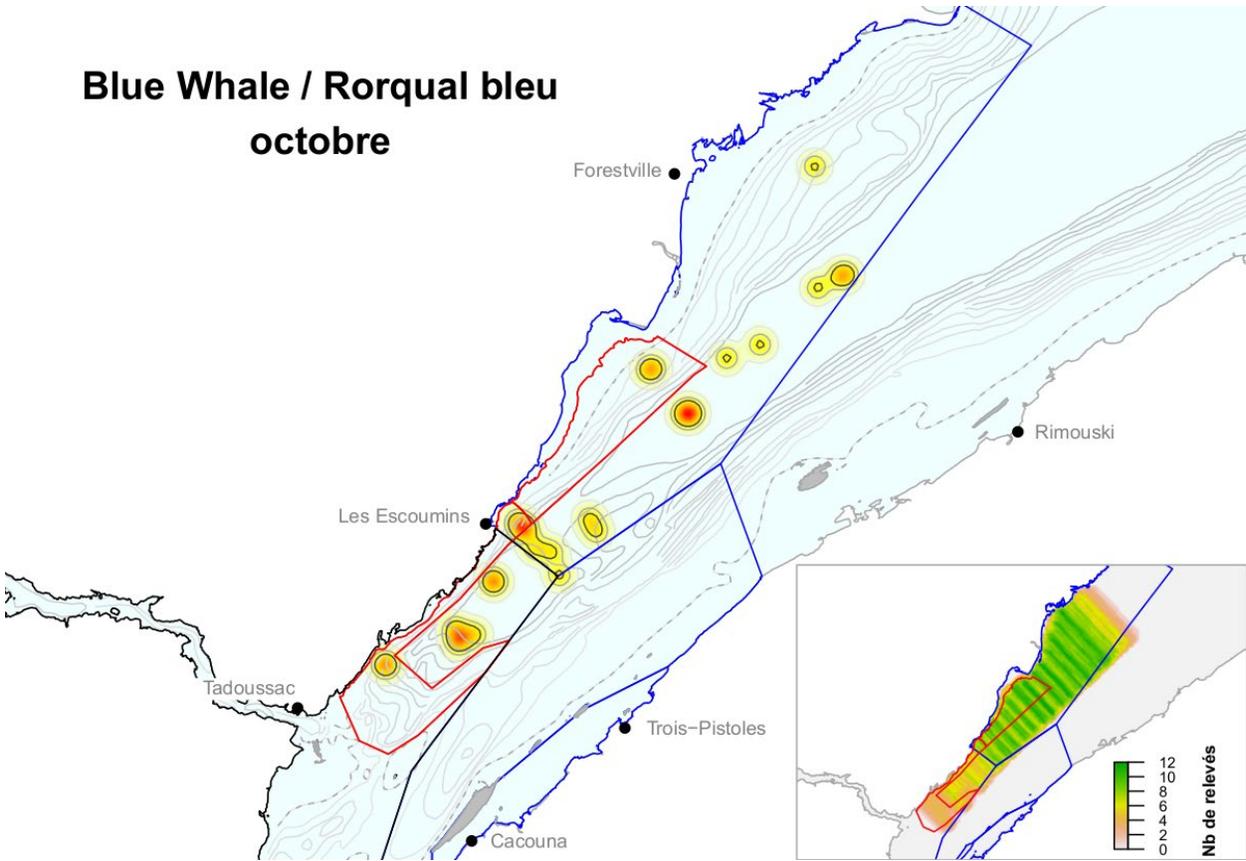
Annexe 8. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu septembre



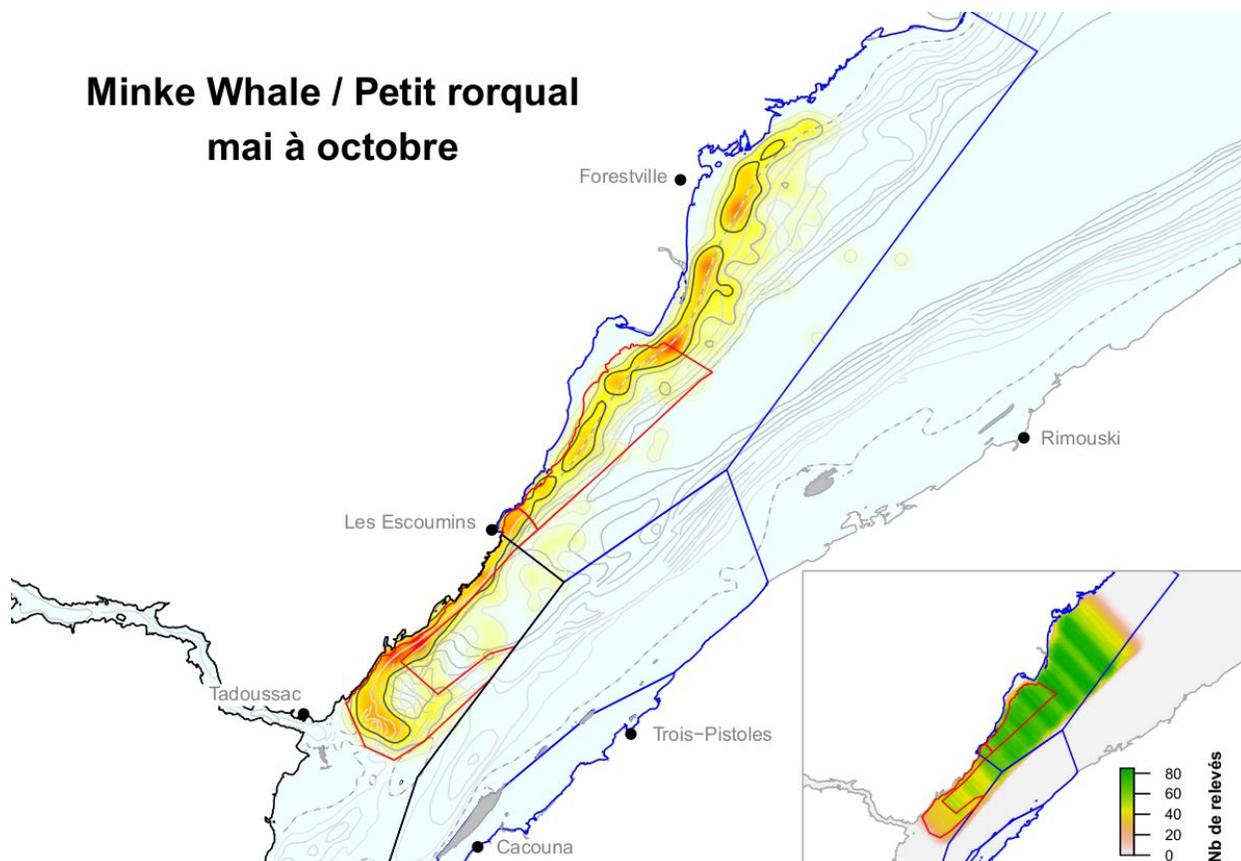
Annexe 8. Suite

**Blue Whale / Rorqual bleu
octobre**



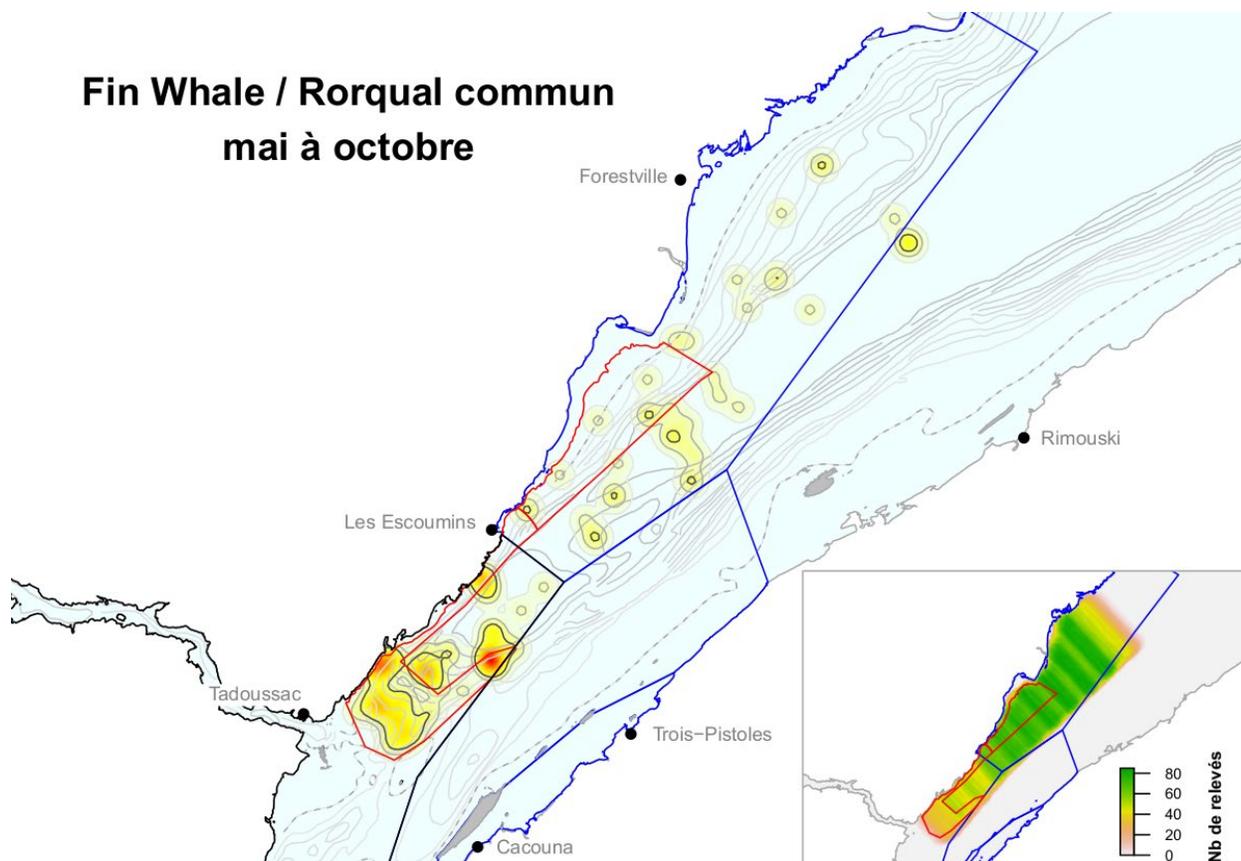
Annexe 8. Suite

Minke Whale / Petit rorqual mai à octobre



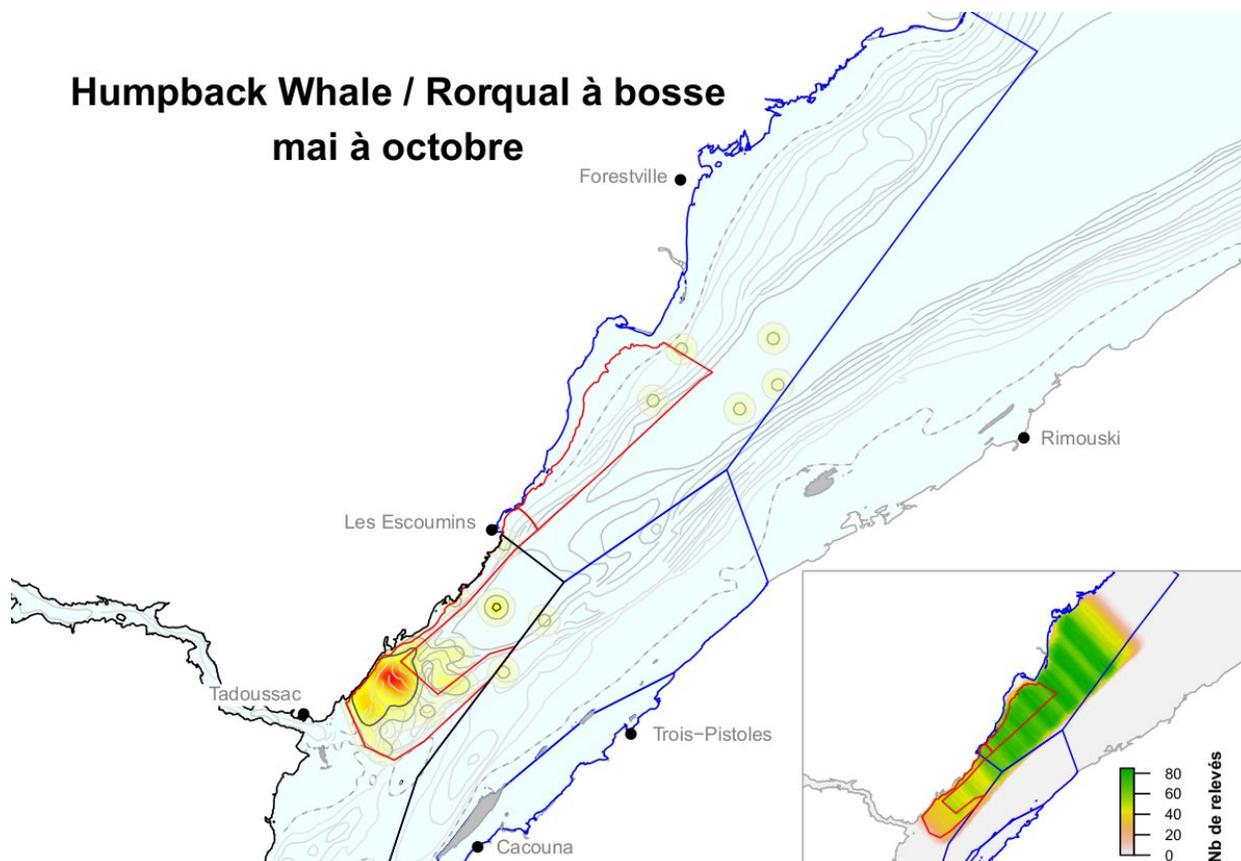
Annexe 9. Représentation par noyaux de la répartition des observations du petit rorqual de mai à octobre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du Cetus mené entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Fin Whale / Rorqual commun mai à octobre



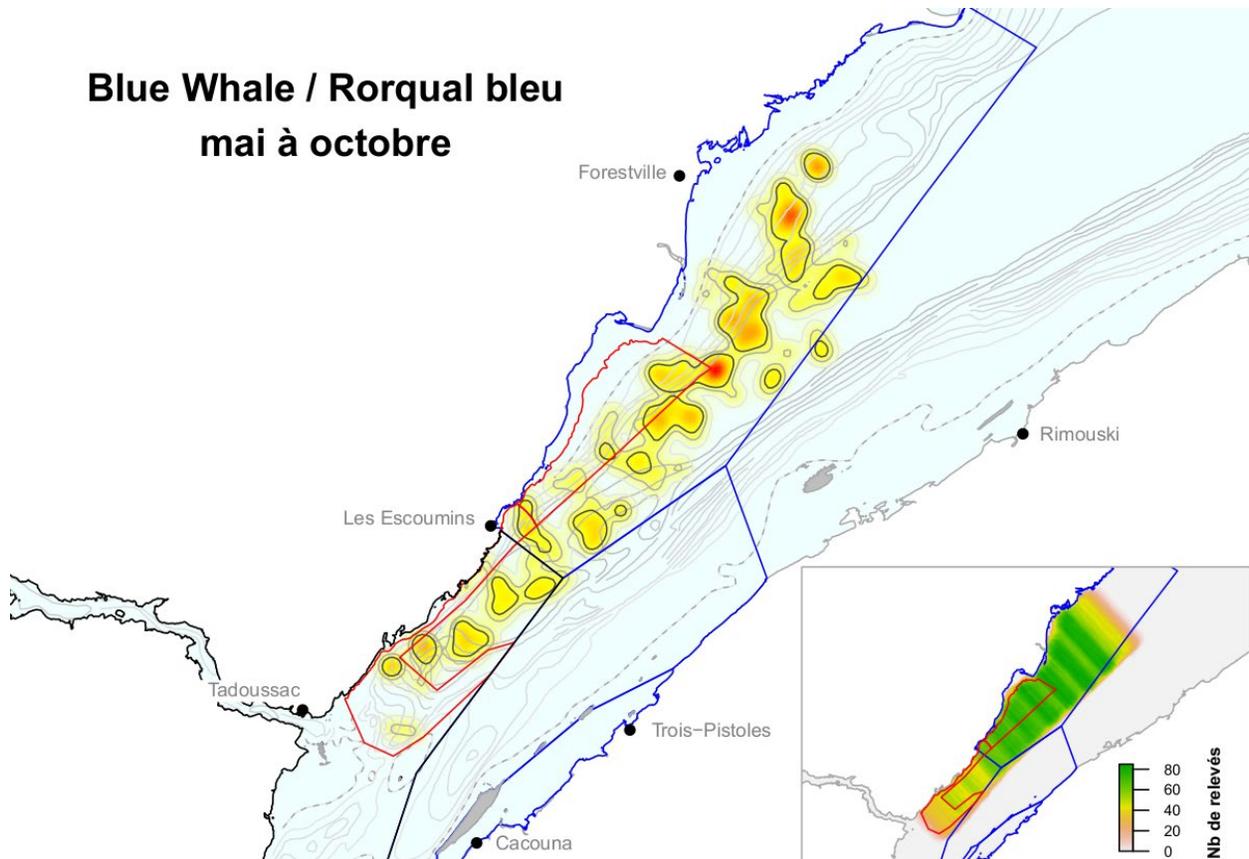
Annexe 10. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual commun de mai à octobre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus mené* entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Humpback Whale / Rorqual à bosse mai à octobre



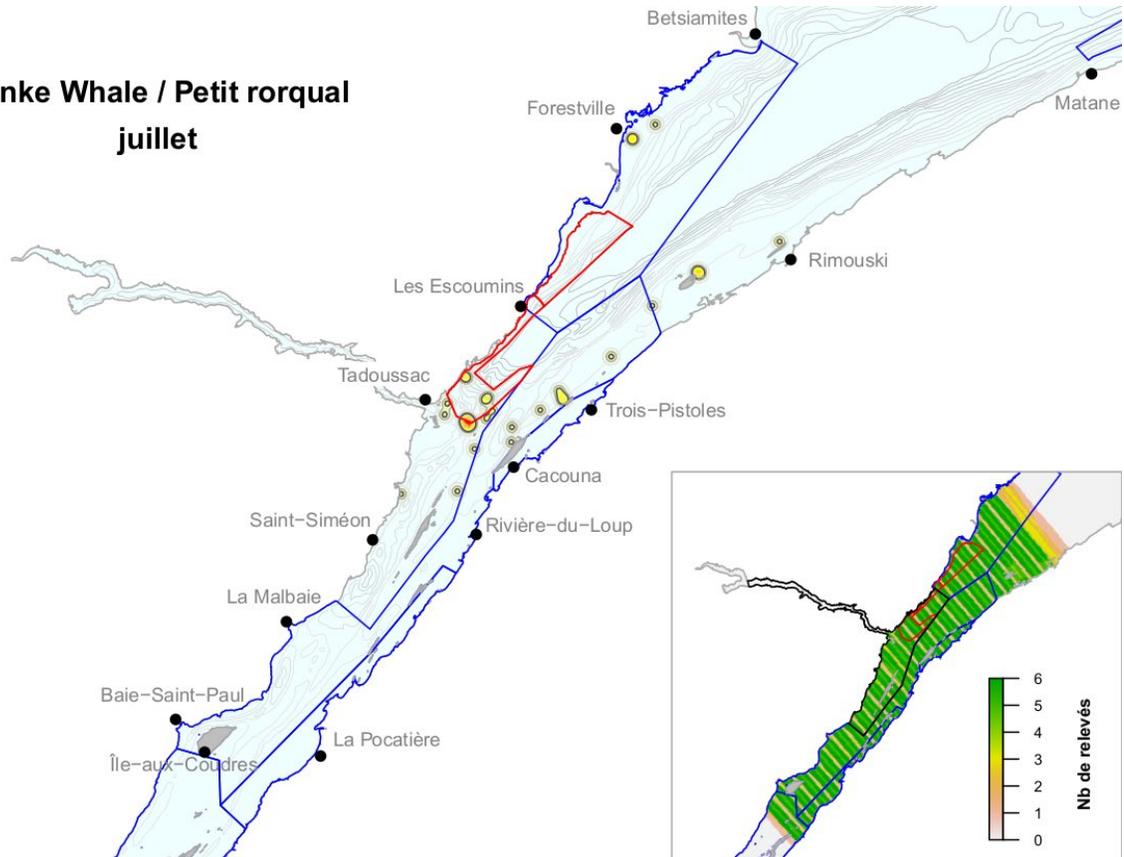
Annexe 11. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual à bosse de mai à octobre et des efforts d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus mené* entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Blue Whale / Rorqual bleu mai à octobre



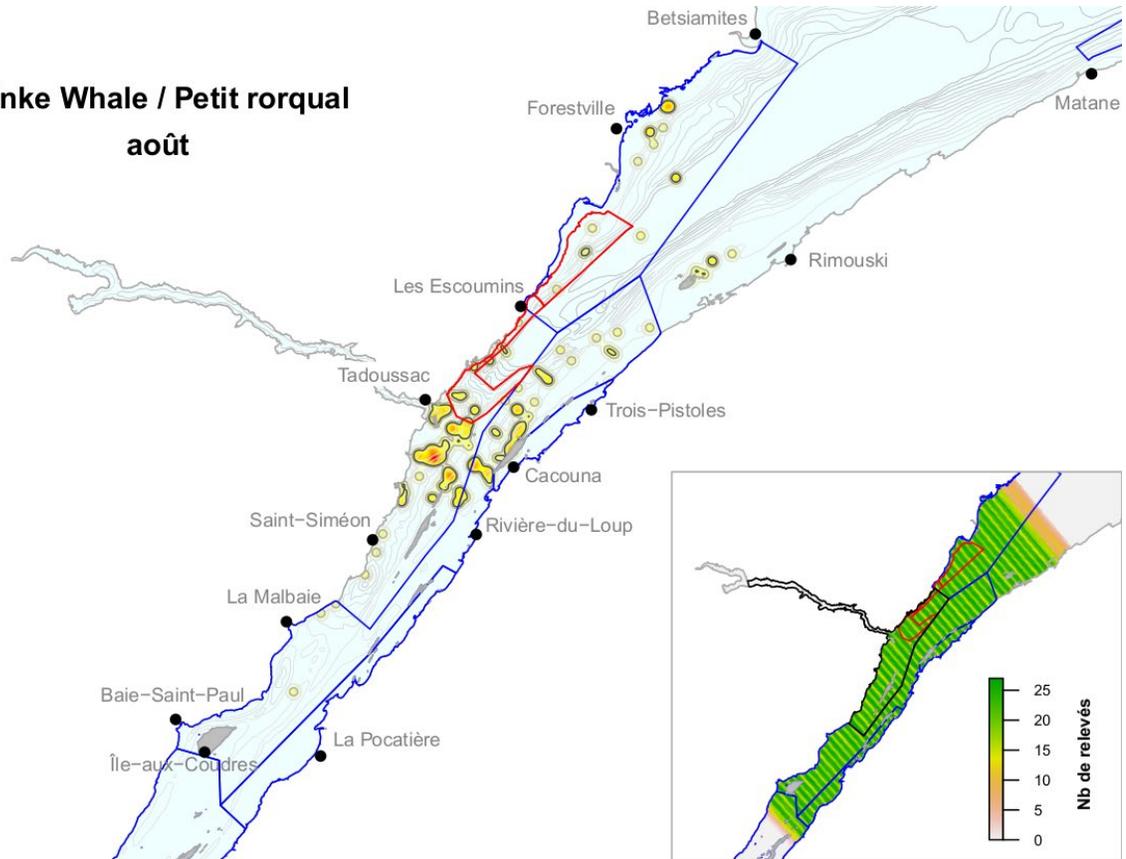
Annexe 12. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual bleu de mai à octobre et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus mené* entre 2009 et 2015. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises, et l'isoligne pointillée correspond aux isobathes de 20 m.

Minke Whale / Petit rorqual
juillet



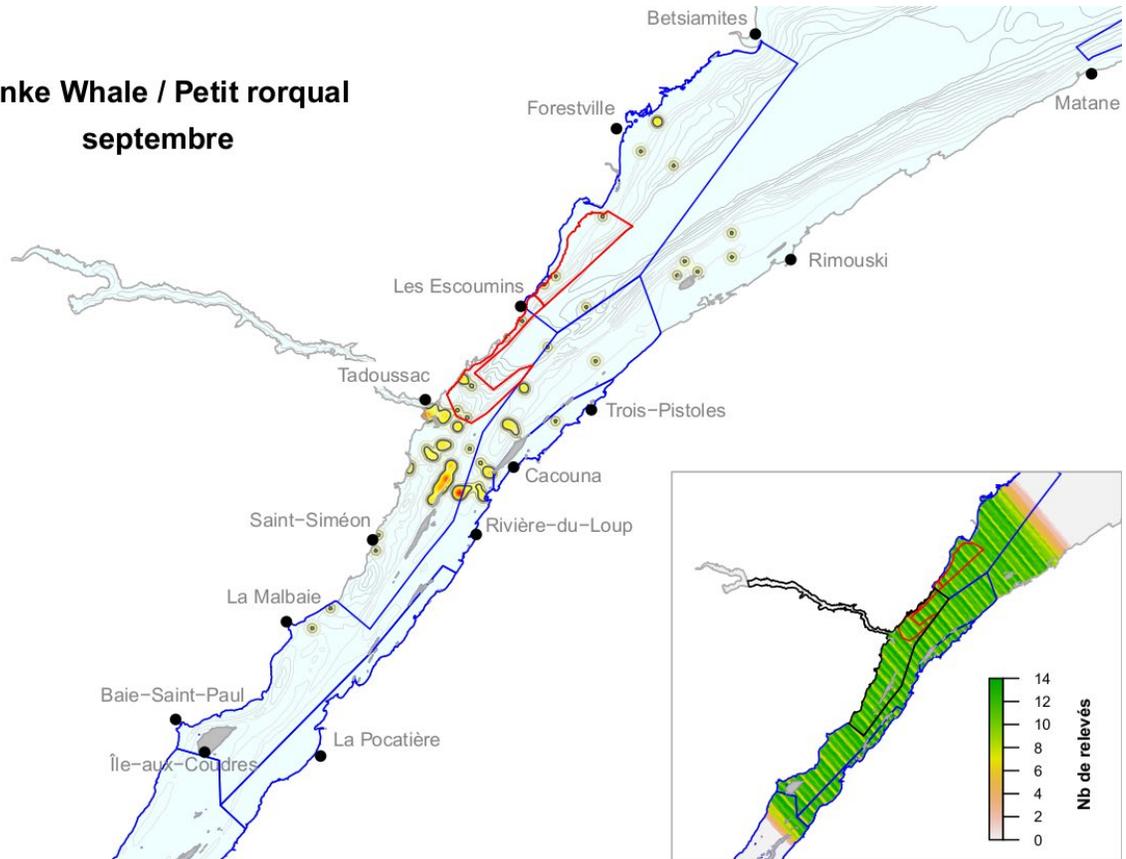
Annexe 13. Représentation par noyaux de la répartition des observations du petit rorqual et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués en juillet entre 2001 et 2016. Remarque : Cette carte couvre la zone allant de L'Isle-aux-Coudres jusqu'à Forestville-Rimouski comprenant l'effort d'observation le plus intensif de l'étude. Voir les cartes complémentaires (Annexe 14.) couvrant Forestville-Rimouski jusqu'à la partie en aval de l'estuaire. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Minke Whale / Petit rorqual
août



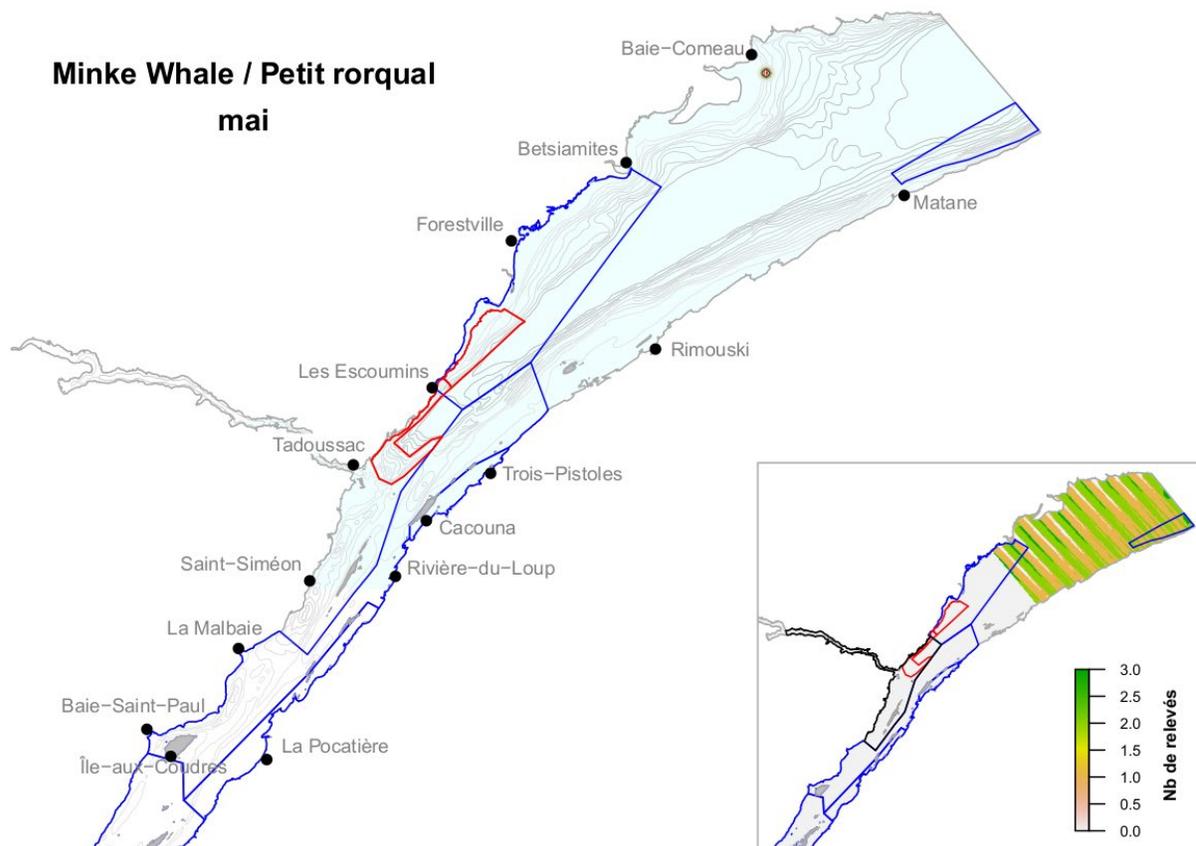
Annexe 13. Suite

**Minke Whale / Petit rorqual
septembre**



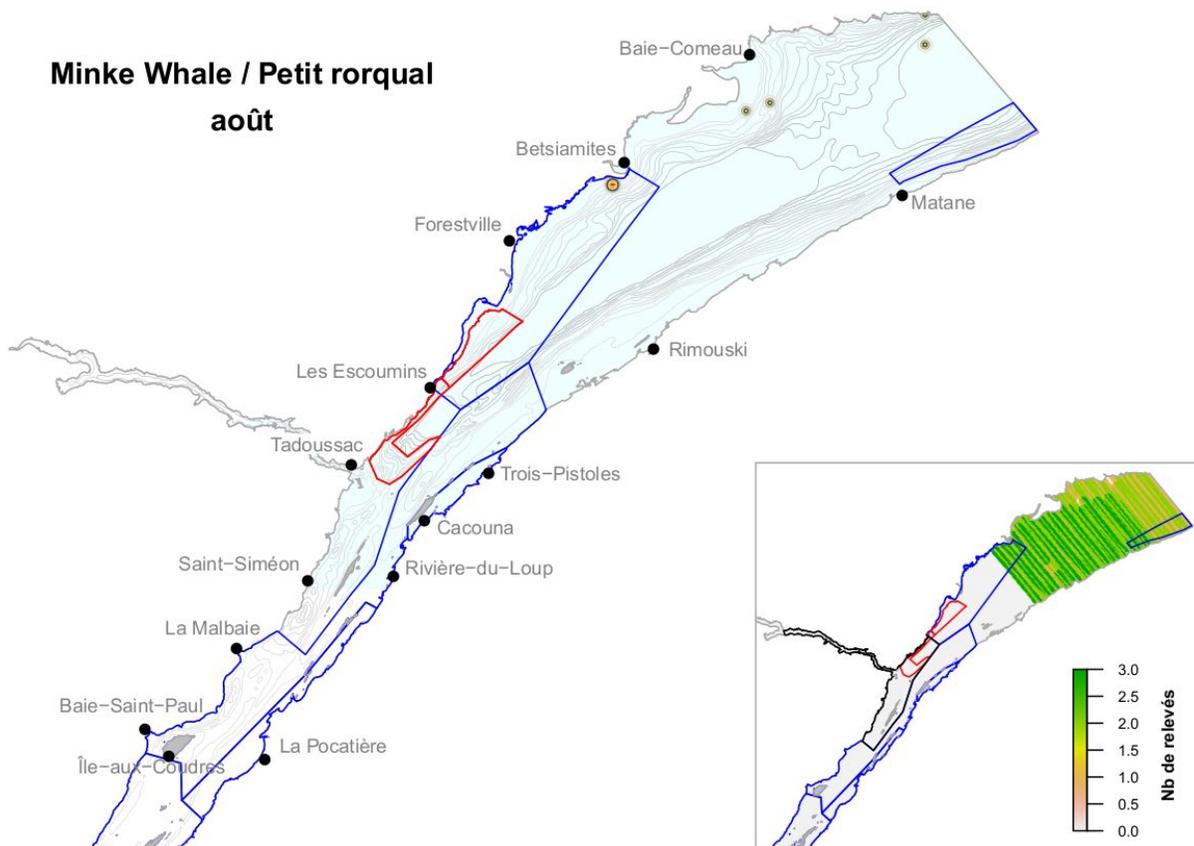
Annexe 13. Suite

Minke Whale / Petit roqual mai



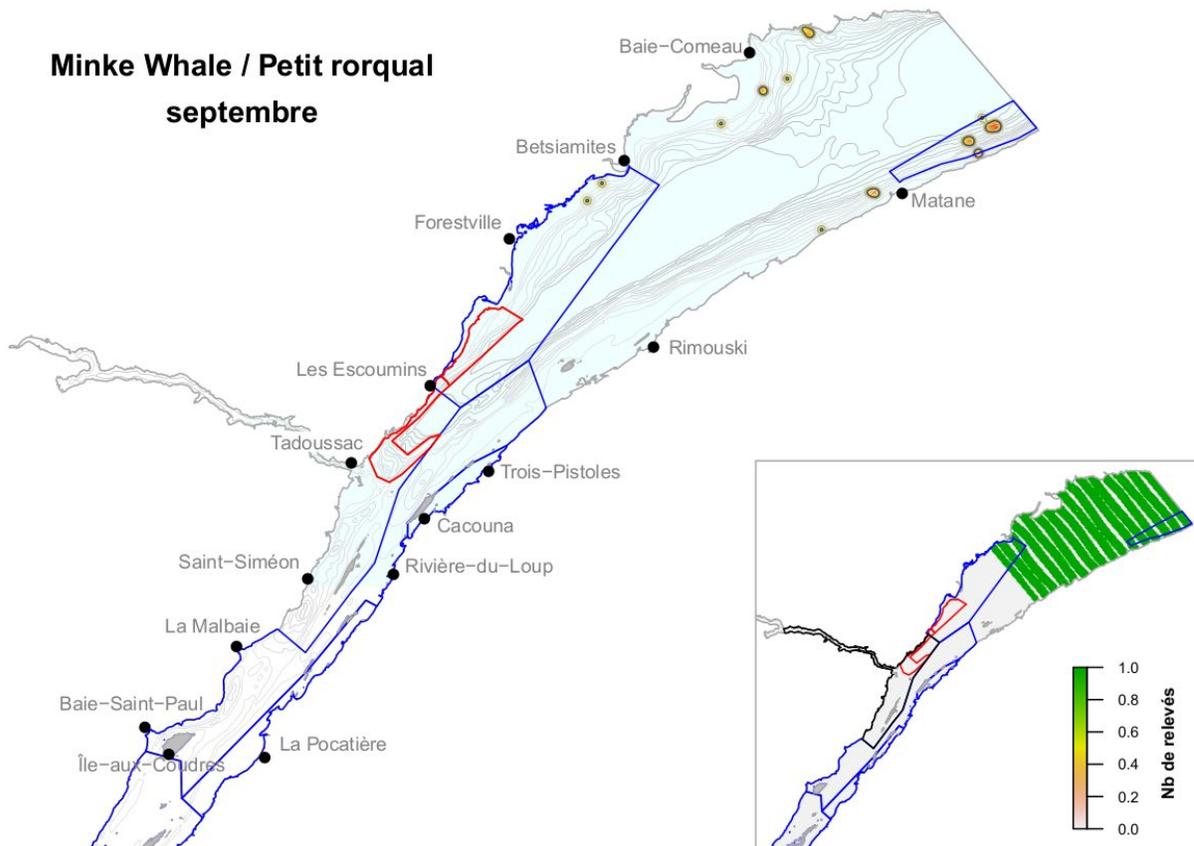
Annexe 14. Représentation par noyaux de la répartition des observations du petit roqual et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués en mai de 2001 à 2016. Remarque : Cette carte couvre la zone allant de Forestville-Rimouski à la partie en aval de l'estuaire comprenant l'effort d'observation moins intensif de l'étude. Voir les cartes complémentaires (Annexe13.) couvrant de L'Isle-aux-Coudres à Forestville-Rimouski. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Minke Whale / Petit roqual
août



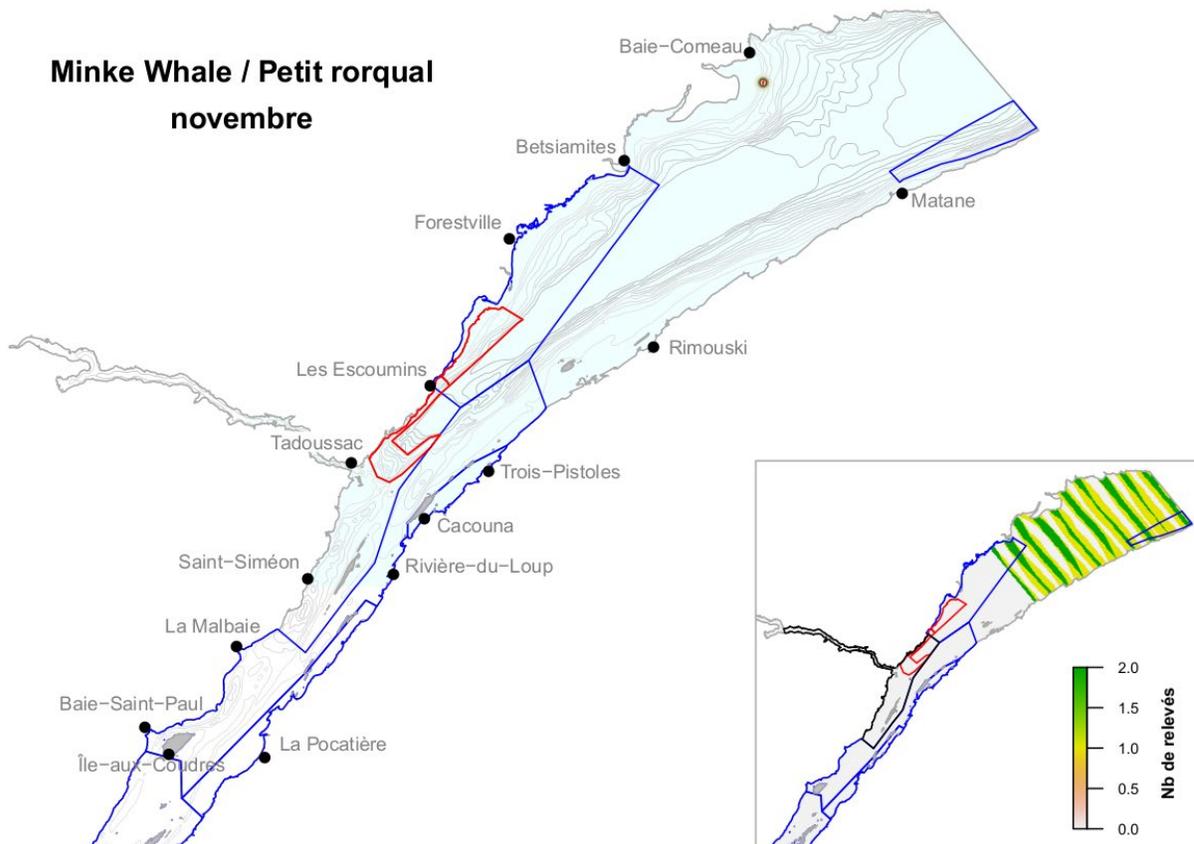
Annexe 14. Suite

**Minke Whale / Petit rorqual
septembre**



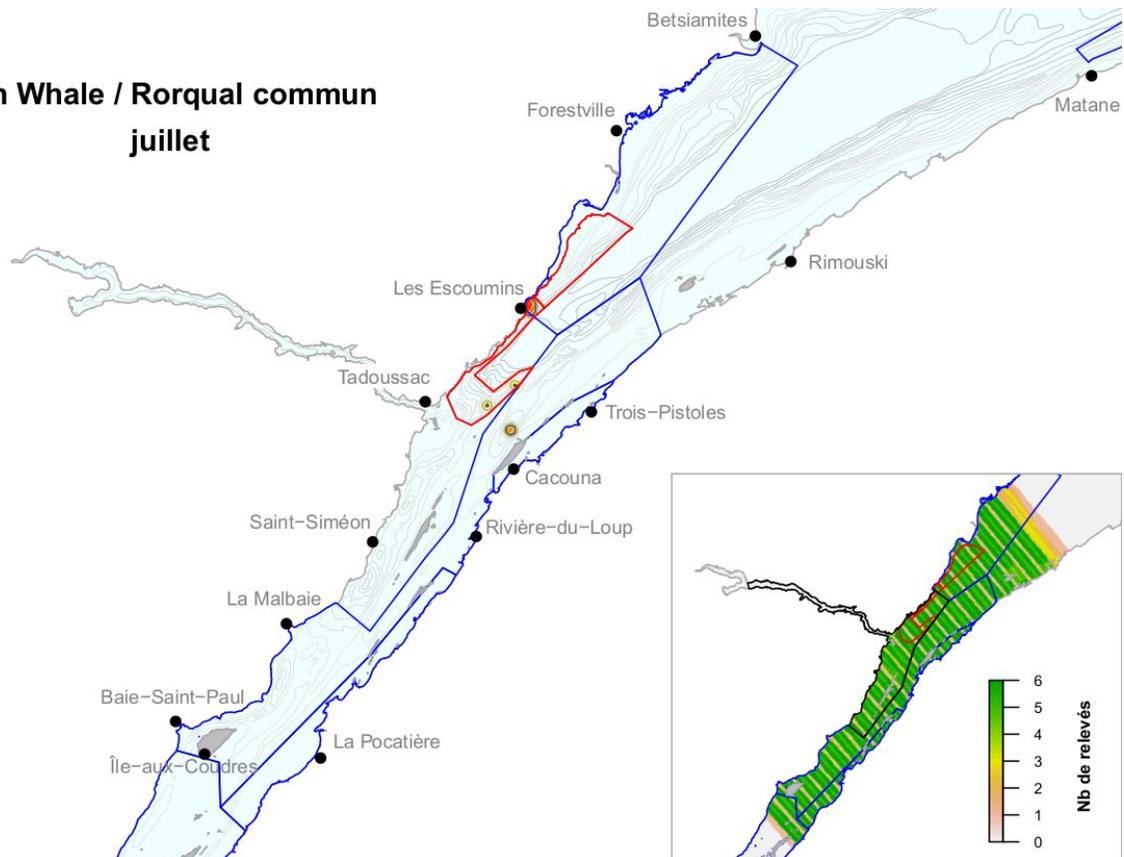
Annexe 14. Suite

**Minke Whale / Petit rorqual
novembre**



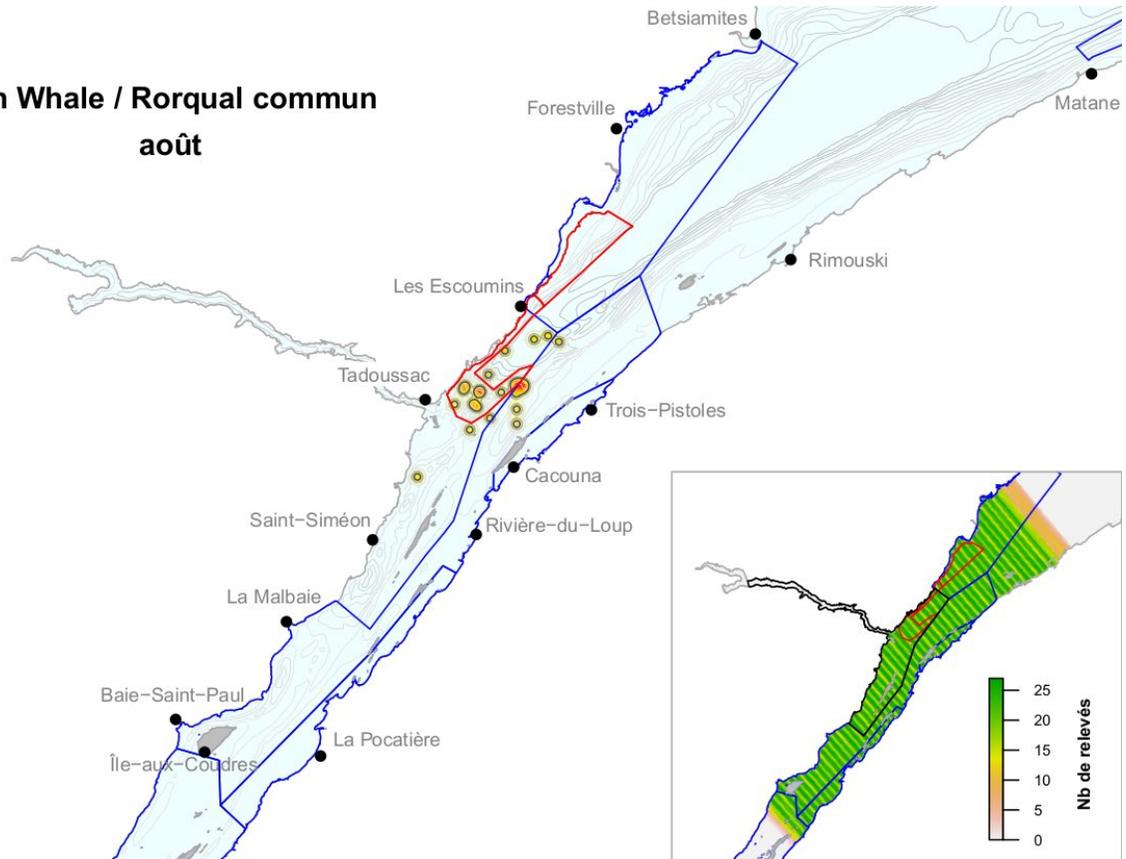
Annexe 14. Suite

Fin Whale / Rorqual commun juillet



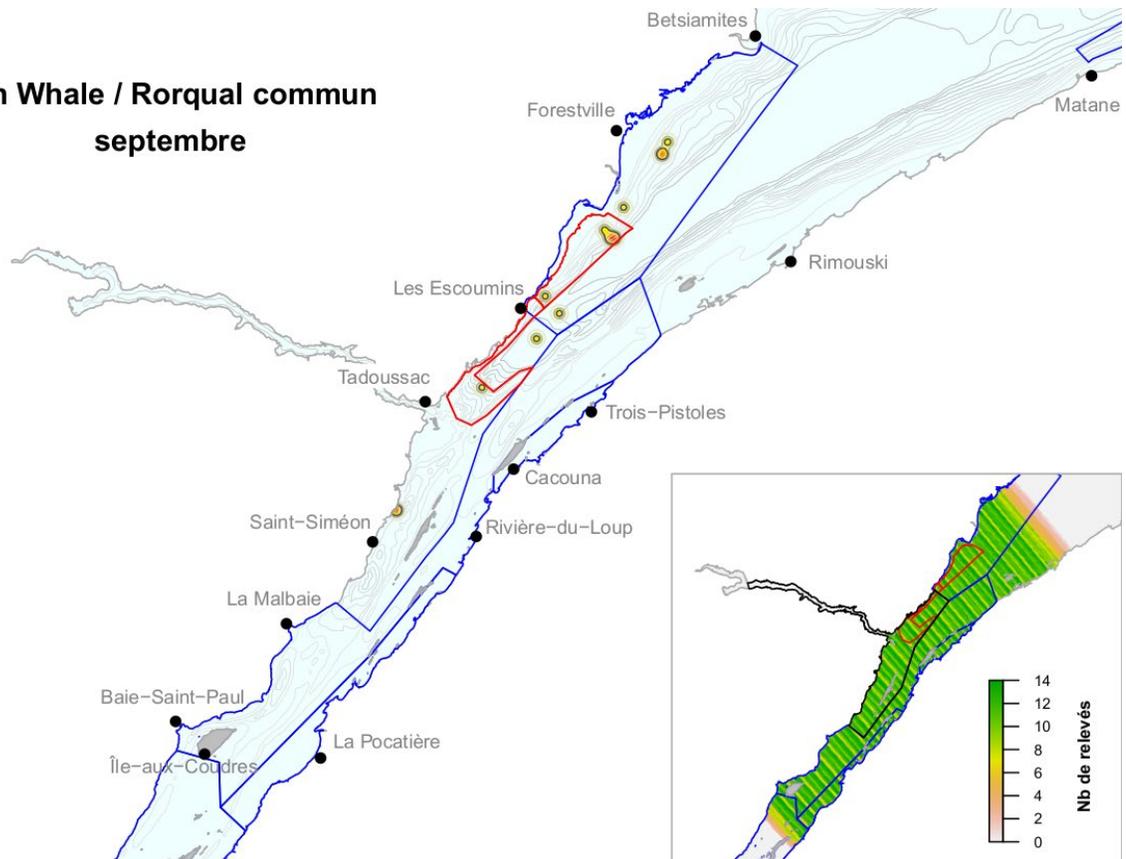
Annexe 15. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual commun et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués en juillet de 2001 à 2016. Remarque : Cette carte couvre la zone allant de L'Isle-aux-Coudres jusqu'à Forestville-Rimouski comprenant l'effort d'observation le plus intensif de l'étude. Aucune observation n'a été enregistrée dans la section couvrant Forestville-Rimouski jusqu'à la partie en aval de l'estuaire. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

**Fin Whale / Rorqual commun
août**



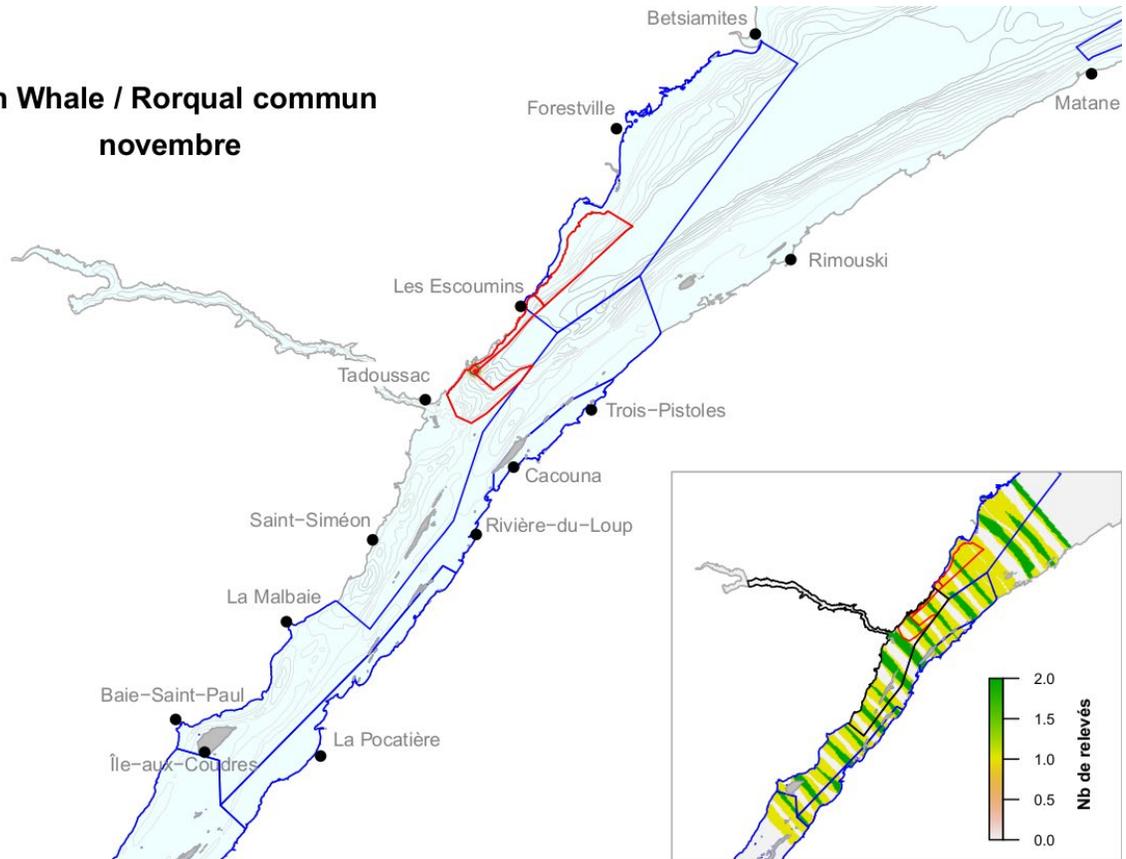
Annexe 15. Suite

**Fin Whale / Rorqual commun
septembre**



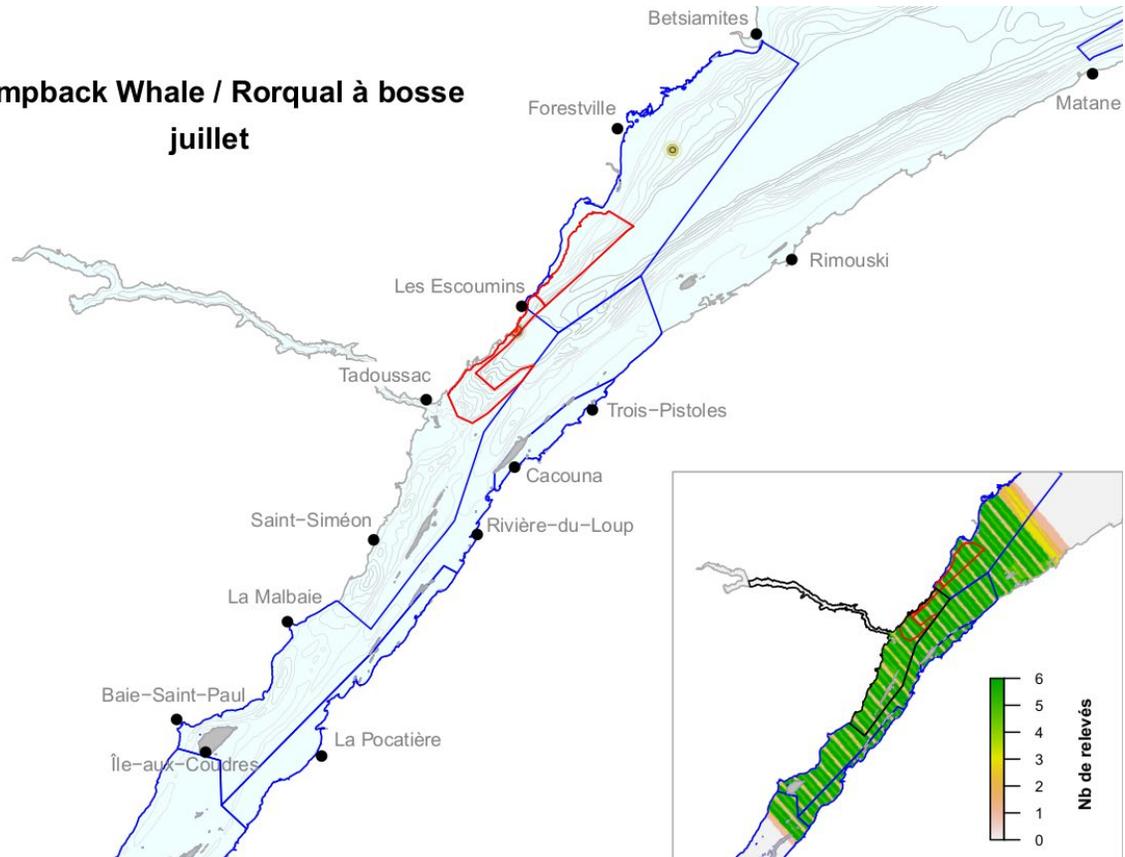
Annexe 15. Suite

**Fin Whale / Rorqual commun
novembre**



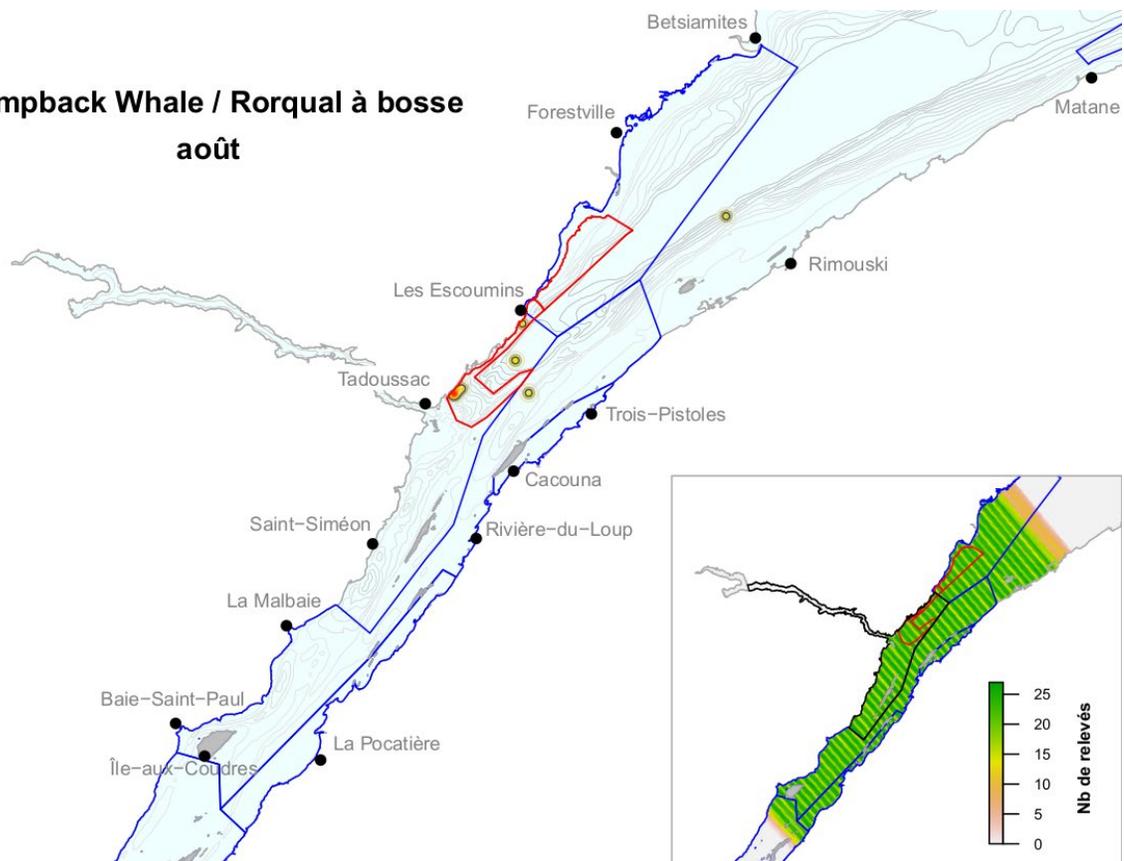
Annexe 15. Suite

Humpback Whale / Rorqual à bosse juillet



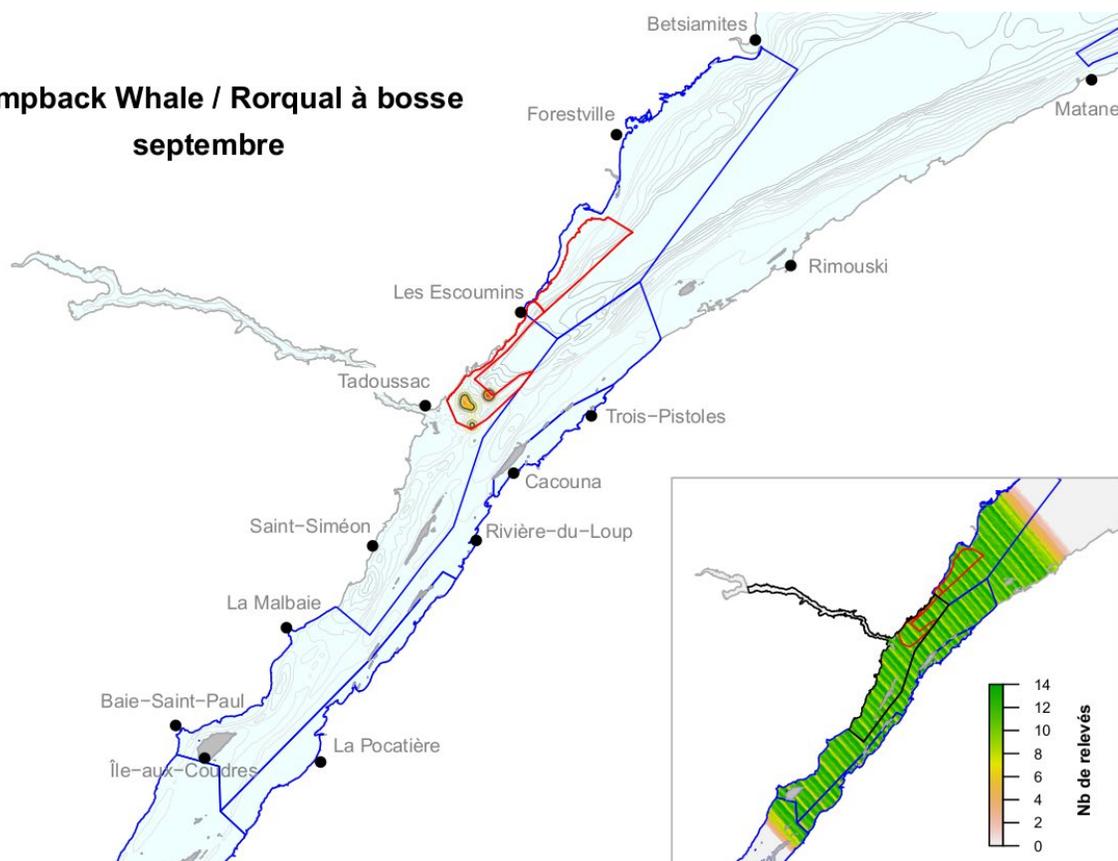
Annexe 16. Représentation par noyaux de la répartition des observations du rorqual à bosse et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués en juillet de 2001 à 2016. Remarque : Cette carte couvre la zone allant de L'Isle-aux-Coudres jusqu'à Forestville-Rimouski comprenant l'effort d'observation le plus intensif de l'étude. Aucune observation n'a été enregistrée dans la section couvrant Forestville-Rimouski jusqu'à la partie en aval de l'estuaire. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay-Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Humpback Whale / Rorqual à bosse
août



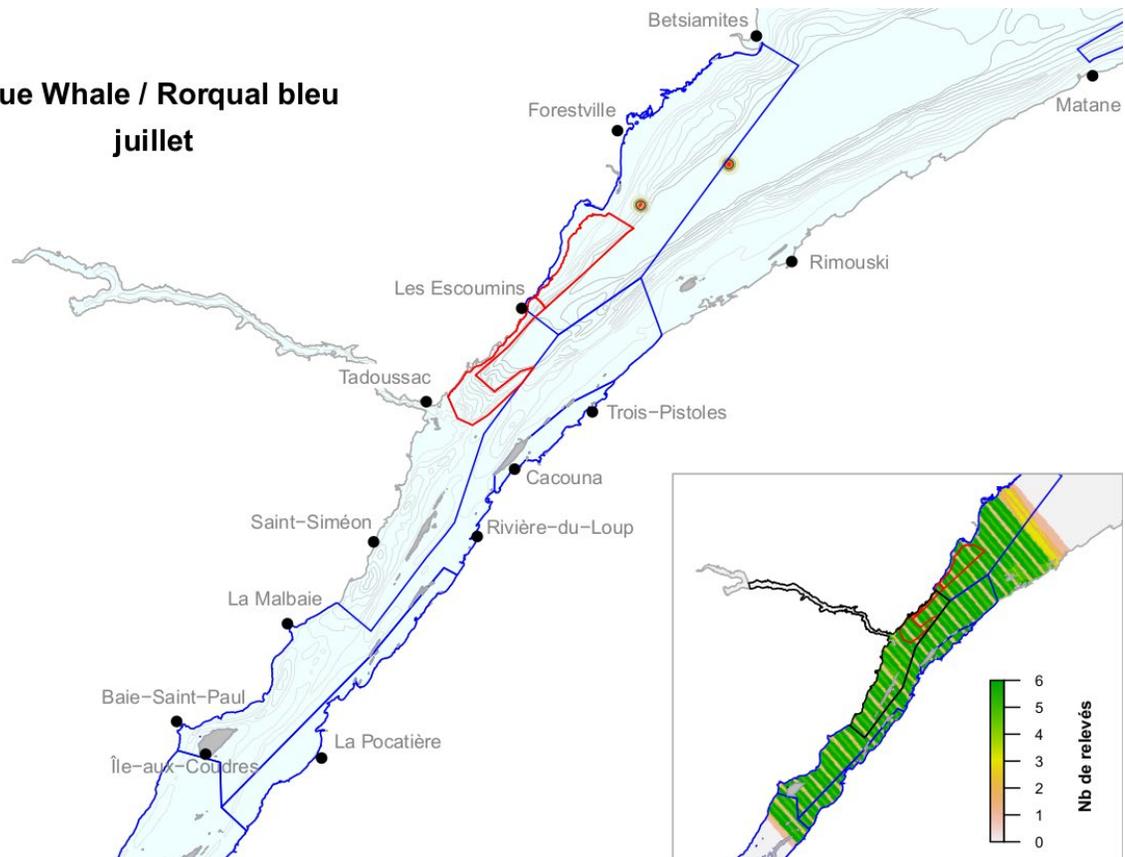
Annexe 16. Suite

**Humpback Whale / Rorqual à bosse
septembre**



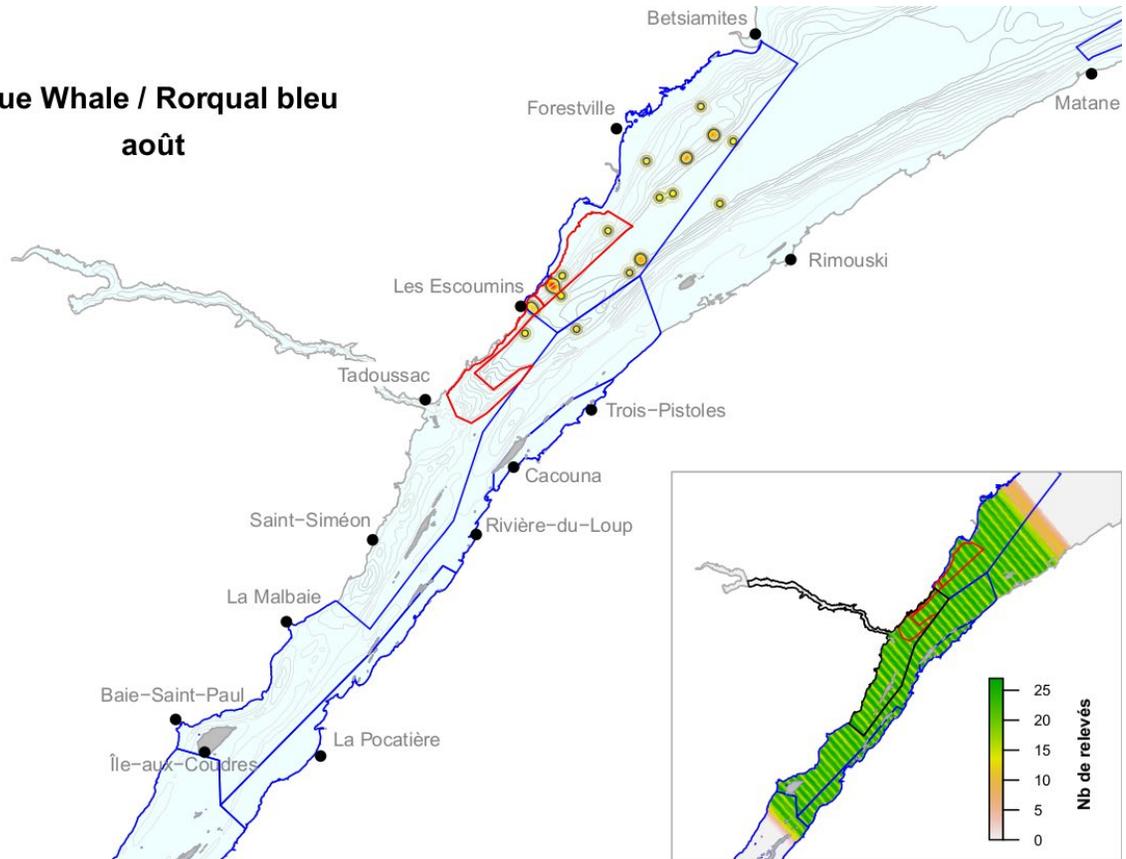
Annexe 16. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu juillet



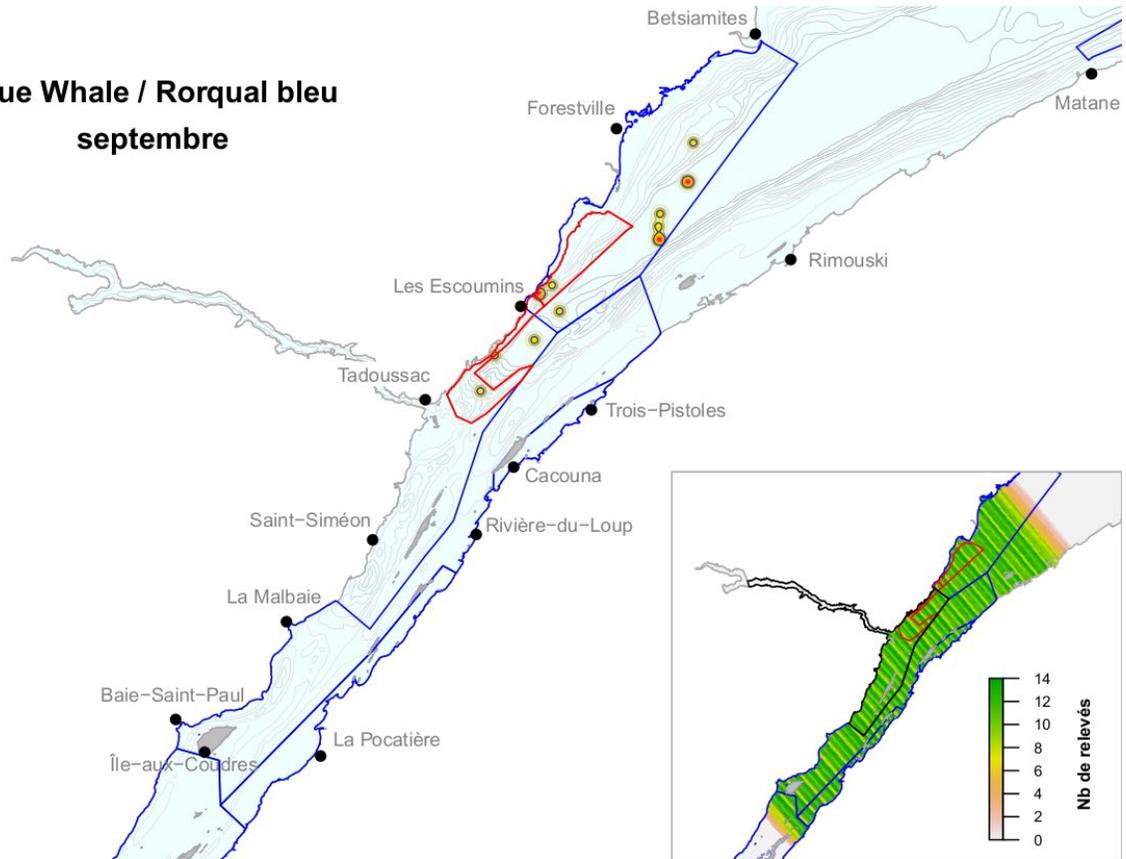
Annexe 17. Représentation par noyaux de la répartition mensuelle des observations du rorqual bleu et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon le programme de relevés du *Cetus* mené entre 2001 et 2016. Remarque : Cette carte couvre la zone allant de L'Isle-aux-Coudres jusqu'à Forestville-Rimouski comprenant l'effort d'observation le plus intensif de l'étude. Voir les cartes complémentaires (Annexe 14.) couvrant Forestville-Rimouski jusqu'à la partie en aval de l'estuaire. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

Blue Whale / Rorqual bleu
août



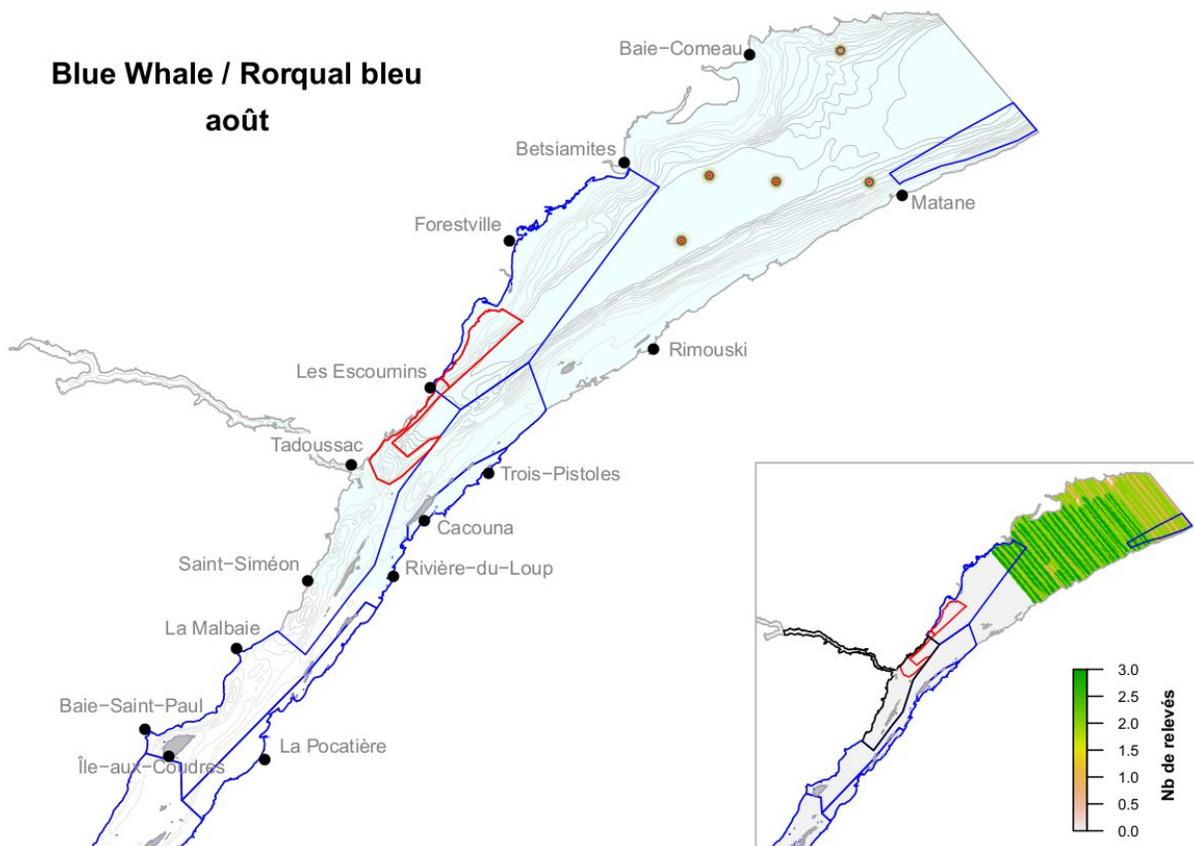
Annexe 17. Suite

**Blue Whale / Rorqual bleu
septembre**



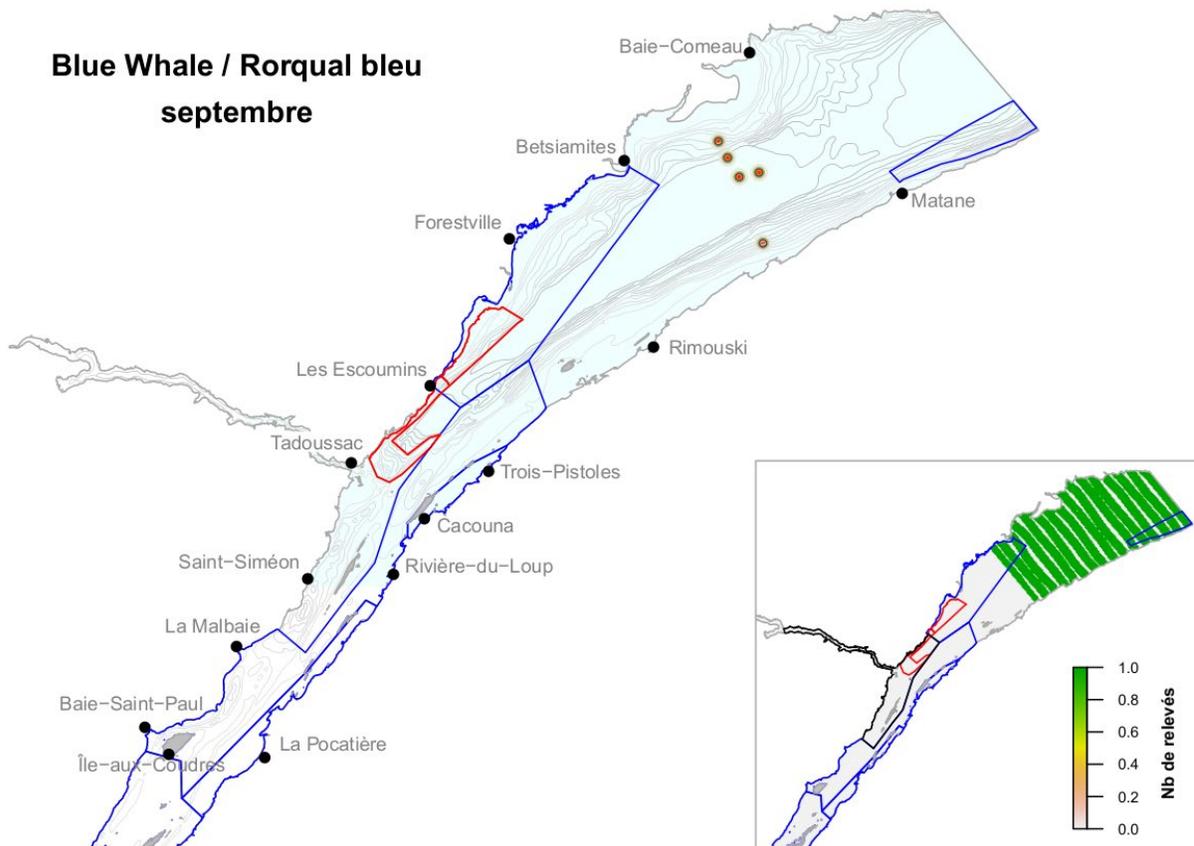
Annexe 17. Suite

Blue Whale / Rorqual bleu août



Annexe 18. Représentation par noyaux de la répartition mensuelle de l'observation du rorqual bleu et de l'effort d'observation de l'espèce dans l'estuaire du Saint-Laurent, selon les relevés aériens systématiques effectués entre 2001 et 2016. Remarque : Cette carte couvre la zone allant de Forestville-Rimouski à la partie en aval de l'estuaire comprenant l'effort d'observation moins intensif de l'étude. Voir les cartes complémentaires (Annexe 17.) couvrant de L'Isle-aux-Coudres à Forestville-Rimouski. Le polygone rouge représente une zone de limite de vitesse comprenant une zone à éviter dans sa partie est. Le parc marin Saguenay–Saint-Laurent est présenté sous forme d'un polygone noir; les polygones bleus délimitent différentes zones envisagées comme zones de protection marine. La bathymétrie est représentée par des isolignes grises.

**Blue Whale / Rorqual bleu
septembre**



Annexe 18. Suite