



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2018/007

Régions des Maritimes et de Terre-Neuve-et-Labrador

Occurrence du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador

H.B. Moors-Murphy¹, J.W. Lawson², B. Rubin^{1,3}, E. Marotte¹,
G. Renaud^{1,2} et C. Fuentes-Yaco¹

¹Division des sciences de l'écosystème et de la mer
Pêches et Océans Canada
Institut océanographique de Bedford
C.P. 1006, 1, promenade Challenger
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2

² Section des mammifères marins
Pêches et Océans Canada
C. P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

³ Nicholas School of the Environment
Université Duke
135 Duke Marine Lab Road
Beaufort NC, 28516 USA

Avant-propos

Cette série de documents présente 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 de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (ON) K1A 0E6

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada,
2019 ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Moors-Murphy, H.B., Lawson, J.W., Rubin, B., Marotte, E., Renaud, G. et Fuentes-Yaco, C.
2019. Occurrence du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2018/007. iv + 61 p.

Also available in English:

Moors-Murphy, H.B., Lawson, J.W., Rubin, B., Marotte, E., Renaud, G. and 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. vi + 55 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	IV
INTRODUCTION	1
DONNÉES HISTORIQUES SUR LA PÊCHE À LA BALEINE	2
RELEVÉS AÉRIENS SYSTÉMATIQUES.....	5
RELEVÉS SYSTÉMATIQUES À BORD DE NAVIRES	10
TAUX DE RENCONTRE DANS LE CADRE DE RELEVÉS NON SYSTÉMATIQUES À BORD DE NAVIRES	11
OBSERVATIONS COMBINÉES OPPORTUNISTES ET BASÉES SUR LES EFFORTS DE RECHERCHE	13
CATALOGUE DE PHOTO-IDENTIFICATION	15
EMPRISONNEMENT DANS LES GLACES	16
DÉTECTIONS ACOUSTIQUES PASSIVES.....	18
APERÇU DES DONNÉES	19
ENSEMBLE DE DONNÉES DES UNITÉS MARU.....	20
ENSEMBLE DE DONNÉES DU SYSTÈME AMAR.....	26
ENSEMBLE DE DONNÉES DU SYSTÈME AURAL	36
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	42
MODÈLES DE RÉPARTITION DE L'ESPÈCE.....	42
MÉTHODES DE MODÉLISATION	43
RÉSULTATS DE MODÉLISATION DU LOGICIEL MAXENT	48
DISCUSSION.....	52
ZONES D'IMPORTANCE POTENTIELLE POUR LES RORQUALS BLEUS.....	52
COMPARAISON AVEC LA RÉPARTITION HISTORIQUE.....	53
SAISONNALITÉ DE LA PRÉSENCE DU RORQUAL BLEU.....	53
RÉPERCUSSIONS EN MATIÈRE DE GESTION.....	54
RECOMMANDATIONS POUR LES EFFORTS DE RECHERCHE FUTURS	55
REMERCIEMENTS	56
RÉFÉRENCES CITÉES.....	56

RÉSUMÉ

Cette étude présente un résumé de l'information émanant de multiples sources permettant d'évaluer la répartition spatiale et saisonnière du rorqual bleu dans des zones qui se situent au large de l'est du Canada, à l'extérieur du golfe du Saint-Laurent. Des relevés aériens et maritimes (réalisés à bord de navires) systématiques, des signalements opportunistes, la surveillance acoustique et des modèles de répartition de l'espèce ont permis de relever cinq zones potentiellement importantes pour le rorqual bleu au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador : 1) les zones d'eau profonde qui bordent la pente continentale du plateau néo-écossais, 2) les zones d'eau profonde qui bordent la pente continentale des Grands Bancs, au sud de Terre-Neuve, 3) les zones d'eau profonde du chenal laurentien, 4) les zones d'eau moins profonde qui se situent au large de la côte sud-ouest de Terre-Neuve, et 5) les zones d'eau moins profonde qui se situent sur la partie ouest du plateau néo-écossais. Bien que des rorquals bleus aient pu être décelés visuellement ou acoustiquement dans ces différentes zones, et bien que l'importance de celles-ci ait été confirmée par les résultats des modèles de répartition de l'espèce, peu de recherches ont porté sur cette espèce dans ces zones et, ainsi, nous ne savons pas exactement comment et pourquoi les rorquals bleus les utilisent. Les données acoustiques donnent à penser qu'il y aurait une différence dans l'utilisation de ces zones en été (lorsque la plus grande partie des appels sont détectés, lesquels sont le fait des deux sexes et seraient liés au comportement de recherche de nourriture) et en hiver (lorsque l'on détecte des chants propres aux mâles et qui seraient liés aux activités de reproduction). Les observations et les relevés acoustiques indiquent que le rorqual bleu réside toute l'année dans des eaux situées à l'extérieur du golfe du Saint-Laurent, avec certains pics saisonniers de la présence des appels observés en juillet et en août et en décembre et en janvier, lesquels semblent correspondre à des déplacements vers l'intérieur et vers l'extérieur de cette espèce au travers du détroit de Cabot. Les études reposant sur l'identification photographique donnent à penser que certains individus qui résident au large de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve fréquentent également le golfe du Saint-Laurent, mais aussi que certains animaux demeurent à l'extérieur du golfe. Des recherches futures pourraient être étayées par les résultats de cette étude et d'autres études récentes. Les habitats propices du rorqual bleu, tels que prédits par les modèles de la répartition de l'espèce, représentent des zones prioritaires sur lesquelles les efforts de surveillance du rorqual bleu (incluant la surveillance acoustique passive et les relevés aériens ou maritimes) devraient se concentrer à l'avenir. Les efforts de surveillance futurs devraient également inclure une surveillance étendue de l'espèce et de ses proies dans les zones extracôtières qui ont fait l'objet d'un effort très limité au chapitre des relevés. Un effort supplémentaire d'identification photographique à l'extérieur du golfe du Saint-Laurent est requis et représenterait un moyen de recueillir de l'information sur les déplacements et les activités du rorqual bleu, notamment dans les eaux de mer ouverte plus profondes. L'impact potentiel de la mortalité due à l'emprisonnement dans les glaces devrait aussi être mieux étudié compte tenu du nombre de cas de décès qui ont été observés au cours des quelques dernières décennies.

INTRODUCTION

Bien qu'une bonne partie des efforts de collecte de renseignements sur le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) au large de l'est du Canada aient été déployés dans le golfe du Saint-Laurent, il existe une quantité croissante de renseignements permettant d'évaluer comment les rorquals bleus utilisent d'autres zones de l'Atlantique Nord-Ouest canadien. Regroupant plusieurs types de données disponibles, le présent document résume l'état actuel des connaissances sur l'occurrence du rorqual bleu au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador.

Les rorquals bleus, qui vivent dans tous les océans, constituent les mammifères marins migrateurs les plus grands au monde. On sait relativement peu de choses sur leur répartition saisonnière au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador, car on ne les aperçoit que rarement dans ces zones par rapport à d'autres grands cétacés à fanons comme le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*) et le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*). Après des décennies de chasse à la baleine et un déclin important de la population, on pense que leur répartition au large de l'est du Canada a changé par rapport à la situation observée avant la chasse à la baleine (Beauchamp *et al.* 2009; COSEPAC 2002). Par exemple, les baleines bleues ont été observées régulièrement par les baleiniers dans l'ouest du plateau néo-écossais de juin à novembre 1960 (Sutcliffe Jr. et Brodie 1977); toutefois, peu d'observations ont été signalées dans cette zone depuis cette période (p. ex. CETAP 1982; Gosselin et Lawson 2005; Lawson et Gosselin 2009). Des observations plus récentes au large de la Nouvelle-Écosse sont signalées dans l'est du plateau néo-écossais (p. ex. Whitehead 2013). Les baleiniers menant des activités en dehors de Terre-Neuve-et-Labrador ont capturé des rorquals bleus principalement le long des côtes sud et ouest de Terre-Neuve, dans le nord du golfe du Saint-Laurent, et dans le détroit de Belle Isle, mais rarement à l'est de Terre-Neuve ou du Labrador (Sergeant 1966). Bien que les observations soient rares dans ces régions aujourd'hui, la présence régulière de rorquals bleus au large du sud-ouest de Terre-Neuve est confirmée par des événements d'emprisonnement dans la glace à la fin de l'hiver et au début du printemps (voir ci-dessous); par ailleurs, le rorqual bleu a également été observé de temps en temps près de Saint-Pierre-et-Miquelon, juste au sud de Terre-Neuve (Desbrosse et Etcheberry 1987). Les baleines bleues n'ont été observées que de façon sporadique au large de la côte du Labrador (Boles 1980; Sergeant 1966).

En raison de la petite taille de la population (inconnue, mais probablement dans les centaines), les faibles taux de mise à bas et de recrutement, et les menaces que pose un nombre croissant d'activités humaines dans les zones où les baleines sont présentes, la population de rorquals bleus de l'Atlantique Nord-Ouest est inscrite sur la liste des espèces en voie de disparition en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) (Beauchamp *et al.* 2009). Il est difficile de déterminer les impacts potentiels des activités humaines sur les populations en voie de disparition, en particulier les espèces telles que le rorqual bleu concernant lequel peu de données sont disponibles sur les tendances et la répartition de la population. Il est crucial de déterminer les zones d'occurrence et les habitats importants de ces espèces en péril pour mieux éclairer et guider les mesures visant à atténuer les menaces qui peuvent empêcher leur rétablissement. L'habitat essentiel de la population de rorqual bleu de l'Atlantique Nord-Ouest n'a pas encore été identifié. D'autre part, le programme de rétablissement de la LEP visant la population recommande d'étudier la répartition saisonnière, y compris dans les zones où moins d'études ont été réalisées dans le passé en tant qu'activité importante pour déterminer les habitats importants (Beauchamp *et al.* 2009).

Le présent document vise à : 1) décrire l'information disponible sur l'occurrence du rorqual bleu au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador; 2) utiliser les techniques du

modèle de répartition de l'espèce pour prévoir un habitat potentiellement propice pour le rorqual bleu et déterminer les zones dans lesquelles concentrer les futures mesures de surveillance; et 3) d'après ces données, décrire les zones d'importance probable pour les rorquals bleus de l'Atlantique Nord-Ouest afin de déterminer les habitats essentiels et les zones potentiels dans lesquels concentrer les mesures de recherche à venir pour cette espèce.

DONNÉES HISTORIQUES SUR LA PÊCHE À LA BALEINE

D'après les estimations, les activités de pêche à la baleine ont tué 6 699 rorquals bleus dans l'Atlantique Nord (Rocha Jr. *et al.* 2014). Environ 1 500 rorquals bleus ont été capturés au large de l'est du Canada pendant les activités de chasse à la baleine de 1898 à 1951, dont 1 368 rorquals bleus capturés au large de Terre-Neuve-et-Labrador (Mitchell 1974; Sergeant 1966). Dans les années 60, les activités de chasse à la baleine au large de l'est du Canada ont été menées principalement par une station de baleiniers en Nouvelle-Écosse et deux stations à Terre-Neuve. Durant cette période, aucun rorqual bleu n'a été capturé au large de Terre-Neuve-et-Labrador (Sergeant 1966), mais au moins un rorqual bleu a été capturé au large de la Nouvelle-Écosse (Sutcliffe Jr. et Brodie 1977). La figure 1 montre les lieux de capture du rorqual bleu disponibles enregistrés pendant les activités de chasse à la baleine; ces documents consignent les mortalités qui se sont produites principalement le long de la côte nord de Terre-Neuve et ne représentent qu'un sous-ensemble des prises qui se sont produites dans la zone. Ces registres des prises ont été obtenus de la base de données de la Commission baleinière internationale (CBI) et comprennent des données de 1927 à 1958, entre les mois d'avril et novembre (la majorité des mortalités s'étant produites en juin, juillet et août). Il est à noter que ces 103 documents constituent l'information disponible qui a déjà été recueillie par Pêches et Océans Canada (MPO) (voir Abgrall 2009), mais ils ne représentent qu'une partie (moins de 10 %) des prises qui se sont produites dans la zone. De nombreux registres canadiens des pêches ont été perdus ou ne mentionnent pas les lieux des mortalités associés, mais seulement la station où la baleine a été débarquée. La seule mortalité du rorqual bleu enregistrée sur le plateau néo-écossais a été signalée par la station de baleiniers de Blandford en Nouvelle-Écosse en 1966 (Sutcliffe Jr. et Brodie 1977, figure 2).

Abgrall (2009) a regroupé les données disponibles sur les prises pour estimer les prises par unité d'effort (PUE) de la pêche à la baleine provenant des stations dans l'est du Canada (figure 2). Il convient de noter que la figure 1 ne montre que les prises pour lesquelles le MPO disposait de renseignements sur l'emplacement exact, alors que les estimations des PUE indiquées dans la figure 2 comprennent toutes les mortalités, comme celles qui se sont produites au large de la côte sud de Terre-Neuve, où seul l'emplacement général est connu. Les PUE les plus élevées ont eu lieu le long des côtes sud et ouest de Terre-Neuve, dans le nord du golfe du Saint-Laurent, et dans le détroit de Belle Isle, mais rarement à l'est de Terre-Neuve ou du Labrador.

En plus de recueillir des données, certains baleiniers ont également consigné des données d'observation. Des observations de rorqual bleu enregistrées par la station de baleiniers de Blandford en Nouvelle-Écosse entre 1966 et 1969 indiquent que la plupart des observations se sont produites entre juin et novembre, et qu'elles étaient concentrées au large du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, en particulier dans le banc d'Émeraude (Sutcliffe Jr. et Brodie 1977, figure 3). La figure 3 présente des observations opportunistes recueillies au cours d'activités ne ciblant pas les rorquals bleus; par conséquent, leur tendance est en partie due aux efforts de chasse à la baleine axés sur d'autres espèces, ainsi qu'à la zone d'activités à partir des stations côtières de baleiniers.

La chasse au rorqual bleu a été interdite en 1966 par la Commission baleinière internationale (CBI) et seuls quelques individus (< 3) ont été capturés illégalement dans les eaux de l'est du Canada après cette date (Sears et Calambokidis 2002). Toutes les activités commerciales de chasse à la baleine ont cessé au Canada en 1972.

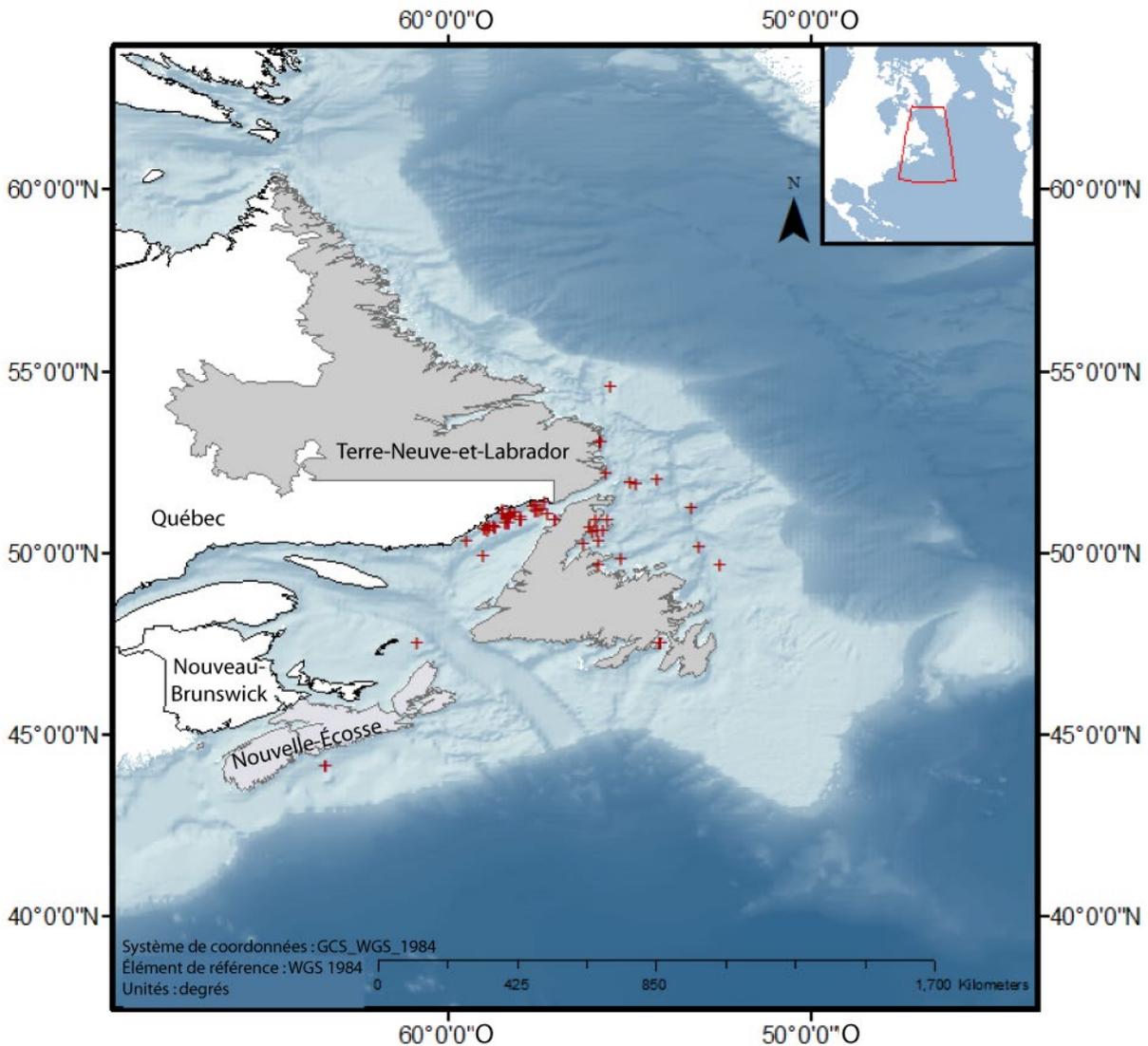


Figure 1. Registres des pêches disponibles sur les rorquals bleus (croix rouges) consignés à la suite d'activités de chasse à la baleine basées à Terre-Neuve-et-Labrador (N = 103) et Nouvelle-Écosse (N = 1). Les données de Terre-Neuve-et-Labrador proviennent de la base de données de la Commission baleinière internationale et représentent une petite partie des prises ou mortalités de baleines entre 1927 et 1958 pour lesquelles le MPO a pu obtenir les lieux de capture exacts; la plupart des registres de prises ont été perdus ou ne mentionnent pas les lieux des mortalités associés, mais seulement la station où la baleine a été débarquée. Par exemple, il existe peu de documents géoréférencés sur la mortalité pour la côte sud de Terre-Neuve, bien que l'on sache qu'il y a eu beaucoup plus de prises dans cette région. Un seul spécimen a été observé en 1966 au large de la Nouvelle-Écosse d'après les registres de la station baleinière de Blandford, tels qu'ils sont compilés dans Sutcliffe et Brodie (1977).

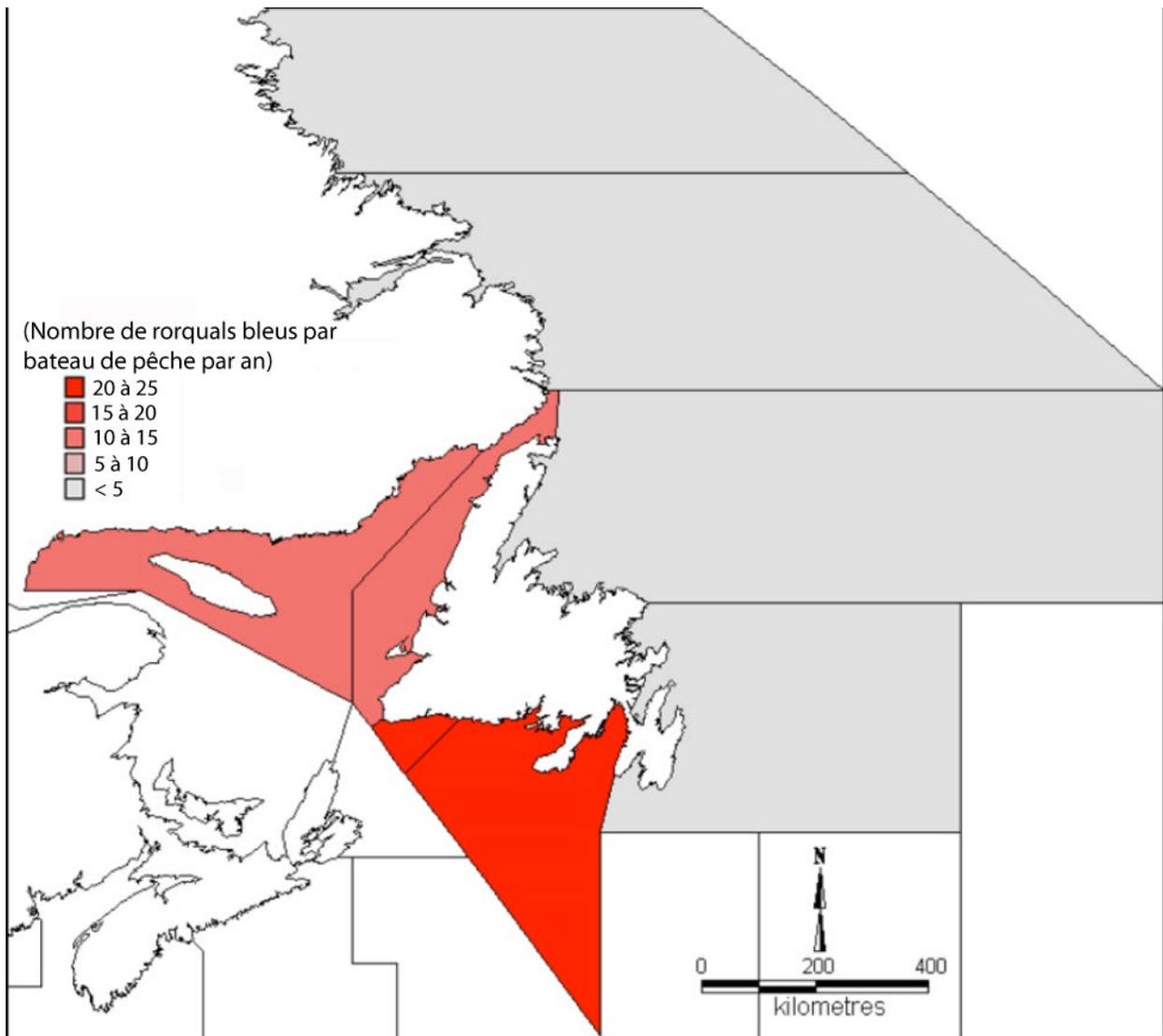


Figure 2. Prises de rorqual bleu par unité d'effort (nombre de rorquals bleus tués par bateau de pêche par année), calculées à partir des données des stations côtières de baleiniers de 1898 à 1966 (figure tirée d'Abgrall 2009). Il est à noter que, bien que la figure 1 ne montre que les prises pour lesquelles le MPO disposait de données plus détaillées sur l'emplacement, les estimations des PUE indiquées ici intègrent les données de toutes les mortalités connues dans une zone, comme celles qui se sont produites au large de la côte sud de Terre-Neuve.

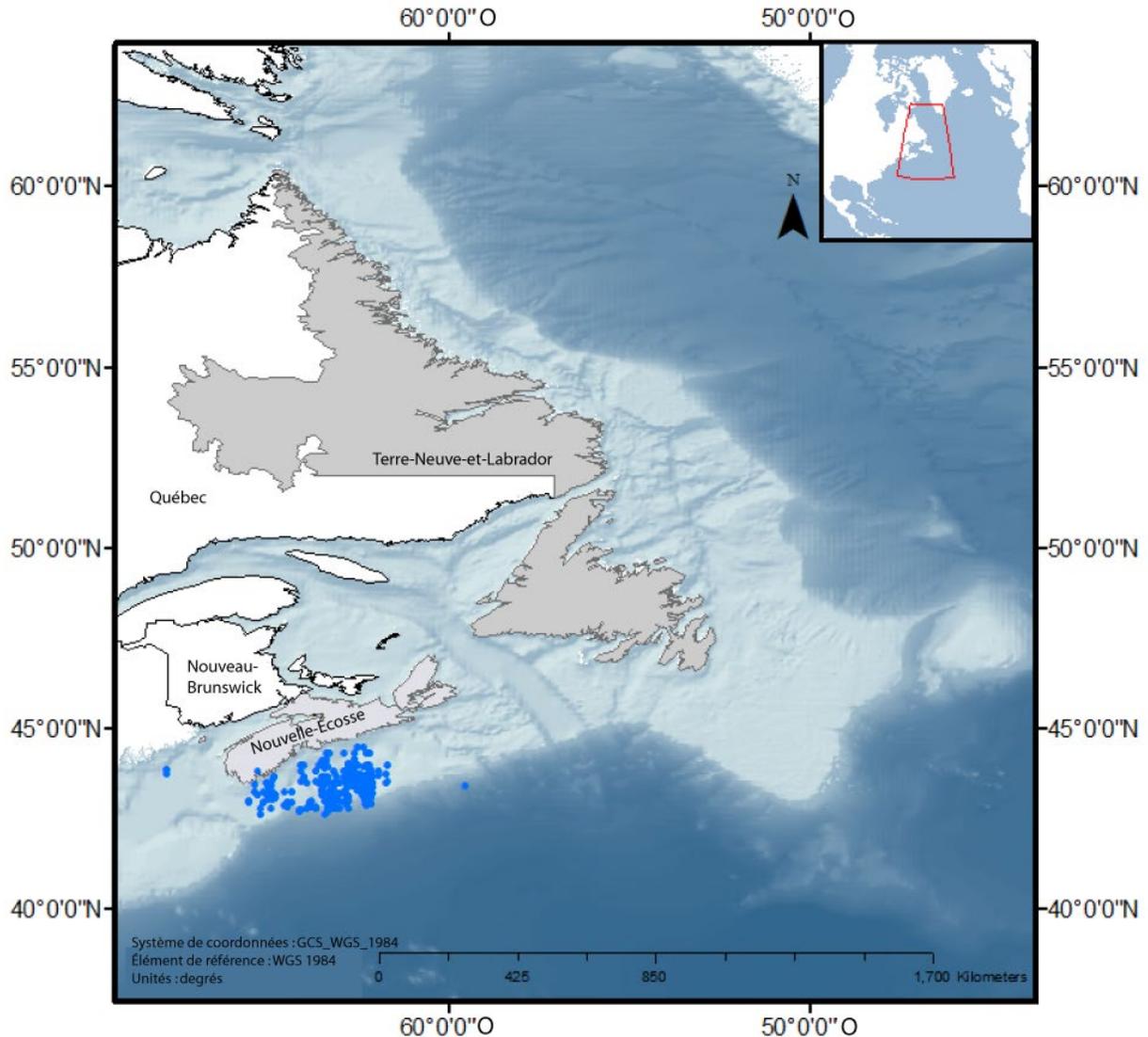


Figure 3. Données d'observation de rorquals bleus (cercles bleus) enregistrées pendant les activités de chasse à la baleine au large de la Nouvelle-Écosse de 1966 à 1969 (N = 139), obtenues à partir des registres de la station de baleiniers de Blandford, compilés dans Sutcliffe et Brodie (1977).

RELEVÉS AÉRIENS SYSTÉMATIQUES

Cette section décrit les données recueillies sur la présence du rorqual bleu au cours de quatre relevés aériens systématiques effectués par le MPO et associés à des niveaux connus d'effort de recherche.

Aucun rorqual bleu n'a été observé au cours d'un relevé de plus de 20 000 milles marins au large de l'est de Terre-Neuve et du sud du Labrador effectué dans les années 1980. Ces relevés comprenaient un relevé effectué dans les eaux côtières et les eaux de mer ouverte de l'est de Terre-Neuve et du sud-est du Labrador du 1^{er} au 22 août 1980 (Hay 1982) et deux relevés aériens présentant une couverture importante effectués dans le sud de la mer du Labrador entre avril 1981 et avril 1982 (McLaren *et al.* 1982) (figure 4). Au cours de ces efforts, plusieurs autres grands rorquals tels que le rorqual à bosse, le rorqual commun et le globicéphale (*Globicephala melas*) ont été observés (Hay 1982). Cependant, des relevés

systematiques effectués par des observateurs à bord au cours de périodes antérieures avaient signalé la présence de rorquals bleus dans cette zone (Boles 1980).

À la fin de l'été et au début de l'automne 2002 et 2003, des relevés aériens ont été dirigés autour de Terre-Neuve et dans le golfe du Saint-Laurent (Lawson et Gosselin 2003). Les observateurs ont observé un total de 4 399 animaux lors de 541 événements d'observation au cours de ces deux années. Il s'agit notamment de trois rorquals bleus observés au cours de deux rencontres dans le cadre d'un relevé effectué sur 6 500 milles marins, et uniquement en 2003. Deux rorquals bleus ont été observés au large de la côte centrale sud de Terre-Neuve et un rorqual bleu se trouvait au large de la côte nord-est de Terre-Neuve (figure 5).

Le relevé le plus exhaustif de l'Atlantique Nord-Ouest était la composante du MPO du Trans North Atlantic Sightings Survey (TNASS) multinational en 2007. Il s'agissait du premier relevé systématique complet pour l'ensemble du littoral de l'est du Canada, qui comprenait le plateau continental du Labrador, les Grands Bancs, le golfe du Saint-Laurent et le plateau néo-écossais (Lawson et Gosselin 2009). Trois aéronefs ont été utilisés pour effectuer des relevés à plus de 25 000 milles marins, au cours desquels de nombreux cétacés à fanons et à dents ont été observés (1 801 observations, dont 11 494 individus). Dix-sept rorquals bleus, comptés lors de 14 observations, ont été observés (figure 6). La majorité des rorquals bleus observés au cours de ce relevé se trouvaient dans des eaux profondes, à plus de 55 km de la côte, la moitié d'entre eux ayant été observés au niveau ou près du rebord du plateau néo-écossais et au sud-ouest de Terre-Neuve. Un seul rorqual bleu a été observé au large de la côte nord-est de Terre-Neuve et quatre animaux ont été observés dans le golfe du Saint-Laurent. Il convient de noter que dans le but d'augmenter la probabilité d'apercevoir des rorquals bleus, le TNASS a réparti des efforts plus importants dans les zones où l'on avait déjà vu plus de rorquals bleus (Lawson et Gosselin 2009). Malgré cela, trop peu d'observations ont été faites pour obtenir une estimation fiable de l'abondance, mais le faible nombre d'observations correspond à la présence probable de quelques centaines d'individus seulement au large de l'est du Canada. Ce relevé aérien à grande échelle a été effectué de nouveau à l'été 2016, mais les données d'observation n'étaient pas disponibles pour cette analyse.

Une autre source de données liées aux relevés aériens au large de l'est du Canada provient du National Marine Fisheries Services (NMFS), qui a régulièrement étendu la portée de ses relevés du nord-est des États-Unis aux eaux canadiennes, principalement dans la baie de Fundy et la région de l'ouest du plateau néo-écossais (p. ex. NMFS 2002; Palka 2012). Les observations tirées de ces relevés ont été signalées au MPO et sont saisies dans les bases de données régionales du MPO sur les observations de cétacés (voir ci-dessous); toutefois, les détails relatifs aux efforts de relevé associés n'étaient pas facilement disponibles pour être intégrés à cette analyse. Néanmoins, relativement peu d'observations de rorquals bleus sur plusieurs années (environ 6 entre 1998 et 2015) ont été signalées dans le cadre de ces efforts de relevé. Elles font partie des observations opportunistes décrites ci-dessous.

Seulement 20 observations faites dans le cadre de relevés totalisant plus de 50 000 km au large de l'est du Canada démontrent la rareté relative des observations de rorqual bleu dans la région (tableau 1). Les zones d'importance potentielle pour les rorquals bleus mises en évidence par ces données sont la région du talus le long de l'est du plateau néo-écossais, la côte sud-ouest de Terre-Neuve et le golfe du Saint-Laurent (figures 5 et 6).

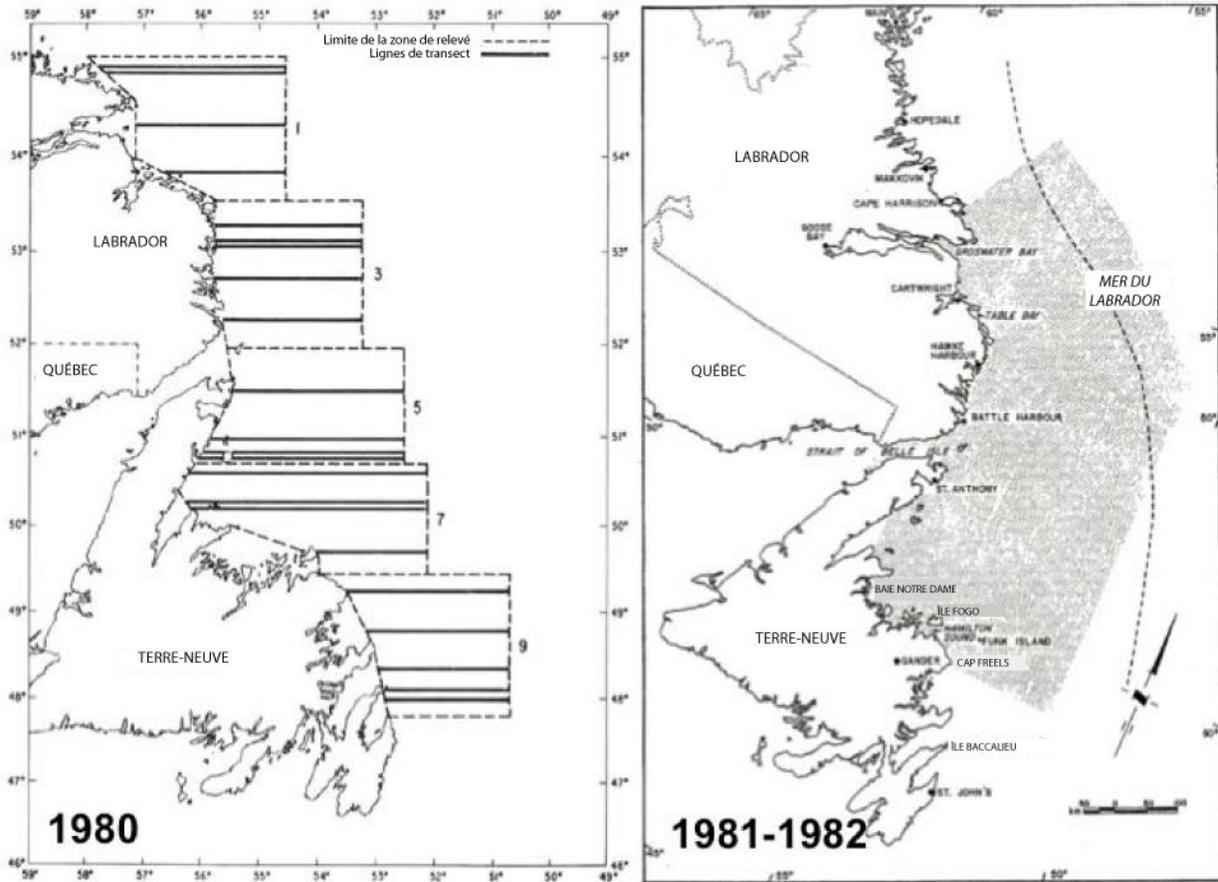


Figure 4. Relevés aériens systématiques par transects (lignes noires) couverts en août 1980 [à gauche; données tirées de Hay (1982)] et zone couverte par des relevés aériens (ombres grises) d'avril 1981 à avril 1982 [à droite; données tirées de McLaren et al. (1982)]. Aucune observation de rorqual bleu n'a été signalée au cours de ces relevés.

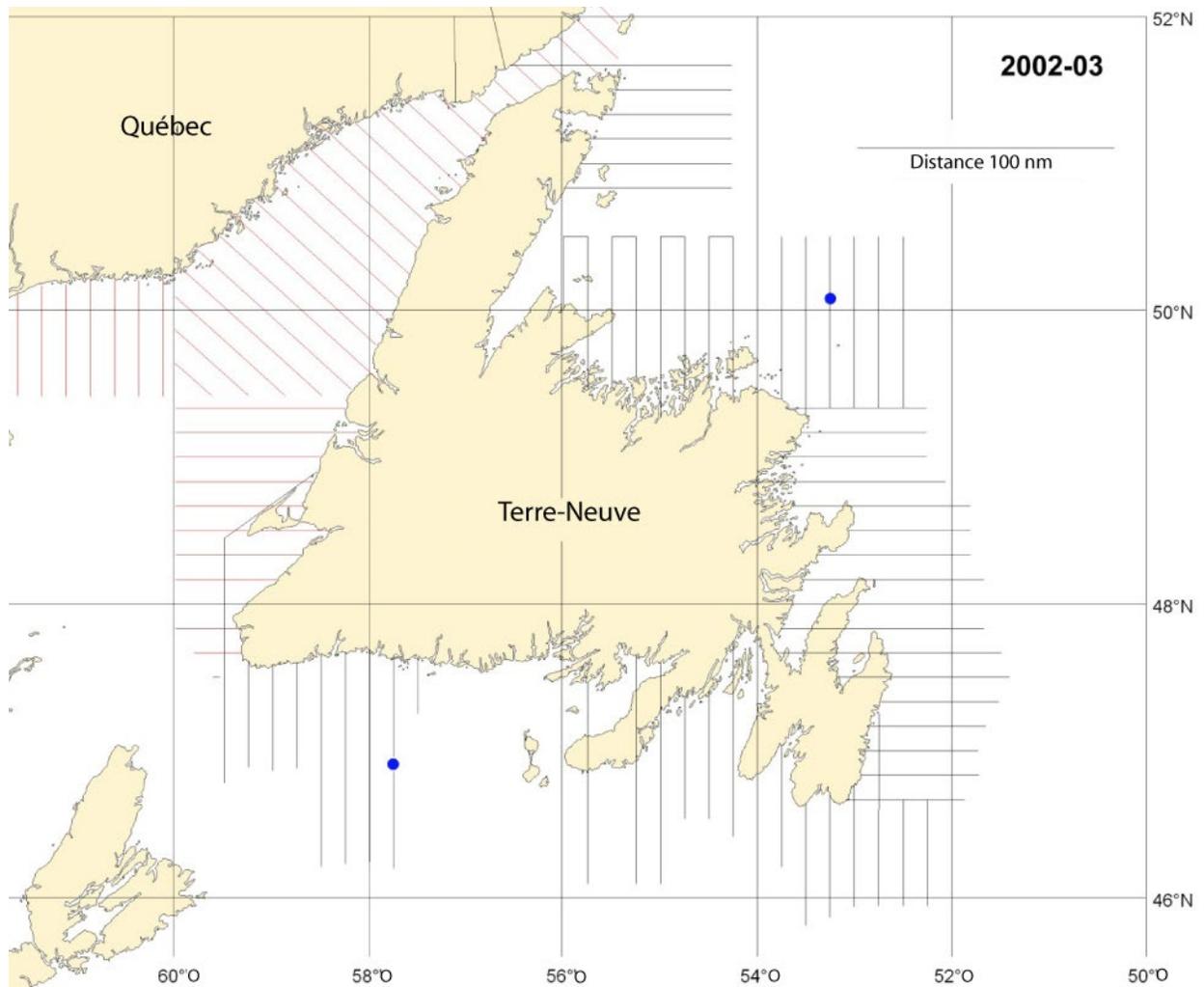


Figure 5. Observations de rorquals bleus (cercles bleus; $N = 2$) au cours des relevés aériens systématiques par transects (lignes rouges et noires) couverts en été et au début de l'automne 2002 et 2003 [figure extraite de Lawson et Gosselin (2003)]. L'écart dans la couverture du relevé au large de la côte sud de Terre-Neuve résultait des mauvaises conditions météorologiques et des restrictions de vol internationales imposées en 2003.

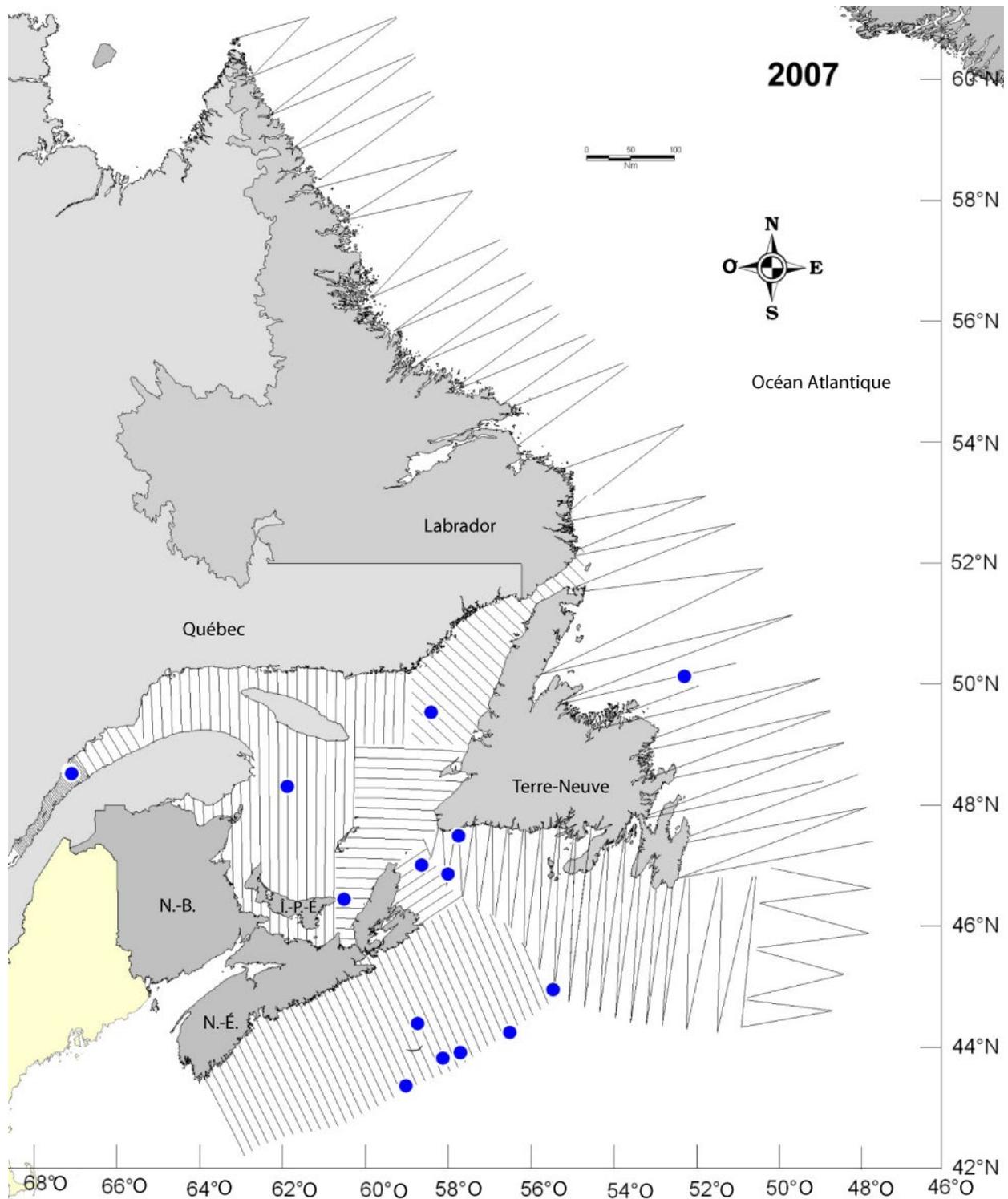


Figure 6. Observations de rorquals bleus (cercles bleus, $N = 14$) près des transects de relevés aériens systématiques (lignes noires) couverts durant la composante du MPO du Trans North Atlantic Sightings Survey (TNASS) multinational effectué en 2007 (Lawson et Gosselin 2009).

Tableau 1. Résumé des relevés aériens systématiques effectués dans l'Atlantique Nord-Ouest. Les données comprennent le nombre total d'observations de rorquals bleus dans chaque relevé ainsi que le nombre total de toutes les rencontres de cétacés (lorsqu'elles sont connues), indiqués entre parenthèses.

Relevés aériens systématiques	Emplacement général	Plage de dates	Distance couverte par le relevé (NM)	Plateformes de relevés	Rorquals bleus observés (rencontres de cétacés)	Référence
Relevés systématiques du MPO	Est de Terre-Neuve, sud-est du Labrador	Du 1 ^{er} au 22 août 1980	3 554	Beechcraft AT-11	0 (125)	Hay (1982)
Études biologiques au large du Labrador	Sud de la mer du Labrador	Avril 1981 à avril 1982	17 138	Twin Otter et Aero Commander	0 (496)	McLaren <i>et al.</i> (1982)
Relevés systématiques du MPO en vertu de la LEP	Terre-Neuve, Nord du golfe du Saint-Laurent	Été et début de l'automne 2002 et 2003	6 530	Un seul Skymaster	3 (541)	Lawson et Gosselin (2003)
Composante du MPO du Trans North Atlantic Sightings Survey (TNASS) multinational	Atlantique Nord-Ouest	Juillet et août 2007	25 272	Plusieurs aéronefs (Twin Otter et Skymaster)	17 (1 801)	Lawson et Gosselin (2009)
Relevés systématiques du National Marine Fisheries Service dans les eaux canadiennes	Plateau néo-écossais, y compris la baie de Fundy	Plusieurs années	Inconnu	Plusieurs aéronefs (Twin Otter)	Environ 6 (inconnu)	NMFS (2002), Palka (2012)

RELEVÉS SYSTÉMATIQUES À BORD DE NAVIRES

En 2001 (Wimmer et Whitehead 2004) et 2003, le laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie a effectué des relevés en eaux profondes à bord de navires au large de l'est des États-Unis, de la Nouvelle-Écosse et du Labrador. Ces relevés ont suivi le contour de 1 000 m le long de la pente continentale à l'aide d'un voilier auxiliaire de 12,5 m de long. La première série de relevés a été effectuée de mai à août 2001 entre 54° et 72° O, pour une trajectoire totale de 2 061 km sur 257 heures de recherche. Trois observations de rorquals bleus d'un individu chacun ont été enregistrées durant ces efforts de recherche; une près du banc d'Émeraude et deux au large du sud de Terre-Neuve (figure 7). Un relevé similaire effectué sur

1 982 km et 214 heures de recherche (H. Whitehead, communication personnelle) a été réalisé au large du Labrador en juillet et août 2003, au cours desquels aucune observation de rorqual bleu n'a été enregistrée (figure 7).

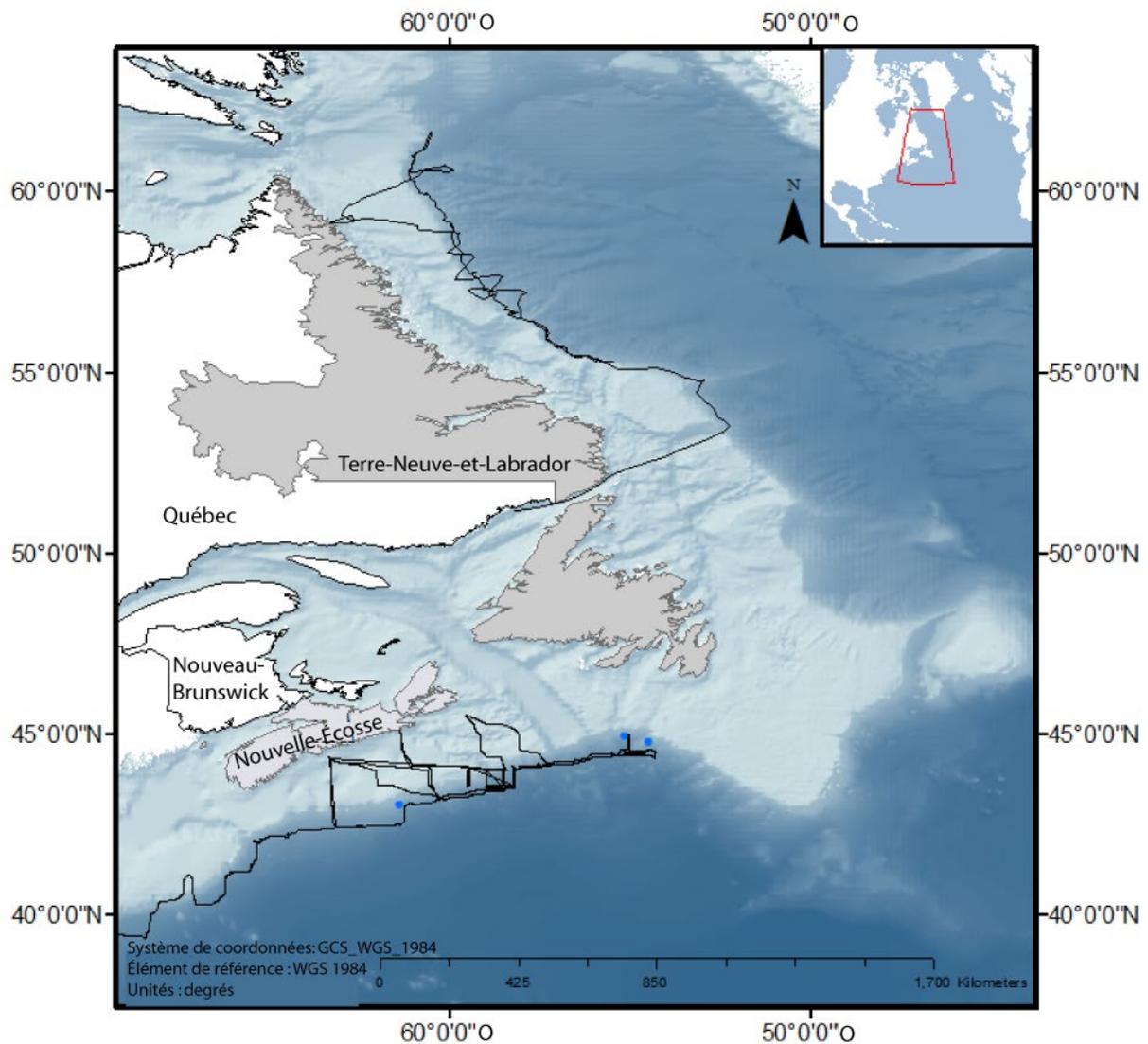


Figure 7. Observations de rorquals bleus (cercles bleus, $N = 3$) au cours des relevés par transects à bord de navires (lignes noires) et le long du contour de 1 000 m au large de l'est des États-Unis, de la Nouvelle-Écosse et du sud de Terre-Neuve en 2001, et au large du Labrador en 2003 (données du laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie).

TAUX DE RENCONTRE DANS LE CADRE DE RELEVÉS NON SYSTÉMATIQUES À BORD DE NAVIRES

Le laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie mène des études sur les cétacés dans les eaux de talus de l'est du plateau néo-écossais depuis les années 1980, principalement dans les canyons Le Gully, Shortland et Haldimand (p. ex. Hooker *et al.* 1999; Whitehead *et al.* 1997; Whitehead et Wimmer 2005). Ces études étaient axées sur la baleine à bec commune et le cachalot, et étaient généralement menées entre juin et septembre par l'entremise de voiliers auxiliaires de 10 m ou 12,5 m de long. Une surveillance constante des mammifères marins a

été assurée pendant la journée et des observations de tous les cétacés ont été enregistrées. Whitehead (2013) a examiné les tendances des taux d'observation des espèces de cétacés non ciblées, y compris les rorquals bleus, de 1988 à 2011. Cette analyse comprenait 2 938 heures de recherche dans de bonnes conditions. Aucun rorqual bleu n'a été observé avant 1995, tandis que 57 observations ont été enregistrées entre 1995 et 2011 (dont 47 ont été incluses dans l'analyse de Whitehead [2013]). Trois autres rorquals bleus ont été observés en 2015 (tableau 2). Les observations étaient réparties dans l'ensemble des canyons (figure 8). Bien que la plupart des observations (70 %) aient eu lieu dans Le Gully, les taux d'observation étaient plus élevés dans les autres canyons (Le Gully = 0,012 baleine/heure, Shortland = 0,068 baleine/heure, Haldimand = 0,049 baleine/heure) (Whitehead 2013). Il convient de noter que la plupart des recherches ont eu lieu dans Le Gully, les autres canyons n'ayant pratiquement pas fait l'objet d'efforts de recherche avant les années 2000, et très peu d'efforts de recherche ont été déployés entre les canyons (par conséquent, les zones dépourvues de canyons n'ont pas été incluses dans la présente analyse). Les taux d'observation dans la région centrale du Gully variaient également selon le mois : aucune observation en juin ou en septembre, moins de 0,01 baleine par heure en juillet et un peu plus de 0,02 baleine par heure en août. Dans l'ensemble, le taux d'observation des rorquals bleus dans la région centrale du Gully a augmenté au cours de la période d'étude de 23 ans à un taux de 11 % par année (ET = 8 %) (Whitehead 2013).

Tableau 2. Nombre de rorquals bleus observés dans l'est du plateau néo-écossais au cours de chaque mois de chaque année où des études sur le terrain ont été menées (données du laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie).

Le tiret « - » indique qu'aucune étude sur le terrain n'a été effectuée dans la zone d'étude au cours d'un mois donné.

Année	Juin	Juillet	Août	Septembre	Tous les mois
1988-1994	0	0	0	0	0
1995	-	-	3	-	3
1996	0	0	5	-	5
1997	0	0	2	-	2
1998	-	0	4	-	4
1999	-	1	5	-	6
2001	-	-	0	-	0
2002	0	2	14	-	16
2003	0	0	1	0	1
2006	-	0	0	-	0
2007	-	-	2	-	2
2010	-	6	11	-	17
2011	-	0	1	-	1
2015	-	-	3	-	3
Total	0	9	51	0	60

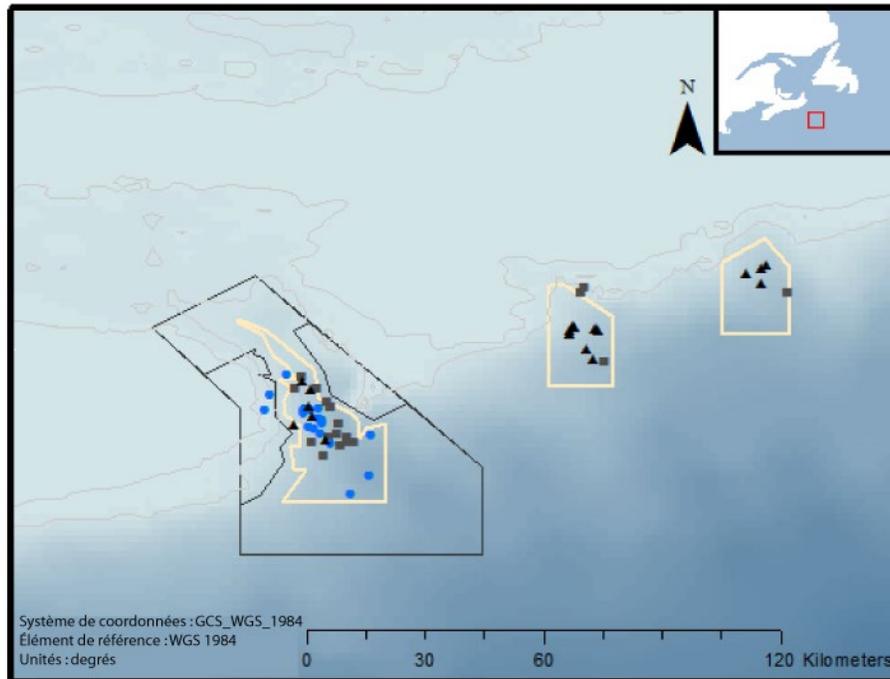


Figure 8. Observations de rorquals bleus dans les zones d'étude des canyons Le Gully, Shortland et Haldimand entre 1995 et 1999 (cercles bleus, N = 20), 2000 et 2009 (triangles noirs, N = 19) et 2010 et 2015 (carrés gris, N = 21) (données du laboratoire de Whitehead de l'Université Dalhousie). Veuillez noter que presque tous les efforts de recherche ont été déployés dans ces trois canyons, donc le manque d'observations à l'extérieur des canyons n'indique pas nécessairement un manque de rorquals bleus dans ces zones.

OBSERVATIONS COMBINÉES OPPORTUNISTES ET BASÉES SUR LES EFFORTS DE RECHERCHE

Bien que certaines observations de rorquals bleus en Nouvelle-Écosse, à Terre-Neuve et au Labrador soient associées à une mesure de l'effort de recherche, la majorité des observations signalées sont de nature opportuniste. Il s'agit notamment d'observations recueillies par l'intermédiaire de navires scientifiques qui n'effectuent pas de relevés liés aux cétacés, de navires d'observation des baleines, de plateformes pétrolières et gazières, de bateaux de pêche et de diverses autres sources. Ces observations sont généralement rapportées sans effort de recherche et peuvent fournir de l'information sur la présence spatiale et temporelle du rorqual bleu, mais pas l'absence. En d'autres termes, on ne sait pas si les zones ayant fait l'objet de nombreuses observations sont des zones de plus grande importance, ou simplement des zones où des efforts de recherche plus importants ont été déployés; ou alors, les données d'observations opportunistes dans les zones où il n'y a pas eu d'observations, ou peu, sont des zones dans lesquelles le rorqual bleu n'est pas présent, ou des zones où peu d'efforts de recherche ont eu lieu.

La région des Maritimes du MPO et la région de Terre-Neuve-et-Labrador tiennent à jour des bases de données sur les observations de cétacés pour stocker les données sur les observations de cétacés recueillies auprès de diverses sources. Ces bases de données contiennent à la fois des observations opportunistes et des observations recueillies au cours de relevés plus systématiques (y compris les observations aériennes et à bord de navires mentionnés ci-dessus). En tirant parti de ces données et d'autres données d'observation de cétacés à long terme, un total de 346 observations de rorquals bleus dans le golfe du Saint-Laurent, en Nouvelle-Écosse, à Terre-Neuve-et-Labrador entre 1975 et 2015 (période après la chasse à la baleine) ont été obtenues (figure 9). La majorité de ces observations (63 %) se sont produites pendant l'été, suivies de l'automne (19 %), du printemps (16 %), puis de l'hiver (2 %); toutefois, cela reflète probablement un effort de recherche plus important en été et ne représente pas nécessairement une tendance saisonnière des occurrences. Bien qu'il y ait moins d'observations en dehors des mois d'été, il ne semble pas y avoir de grandes différences dans le lieu des observations recueillies chaque saison. La majorité des observations ont lieu le long de la pente du plateau néo-écossais et beaucoup moins d'observations ont été signalées au large de l'est de Terre-Neuve-et-Labrador (figure 9).

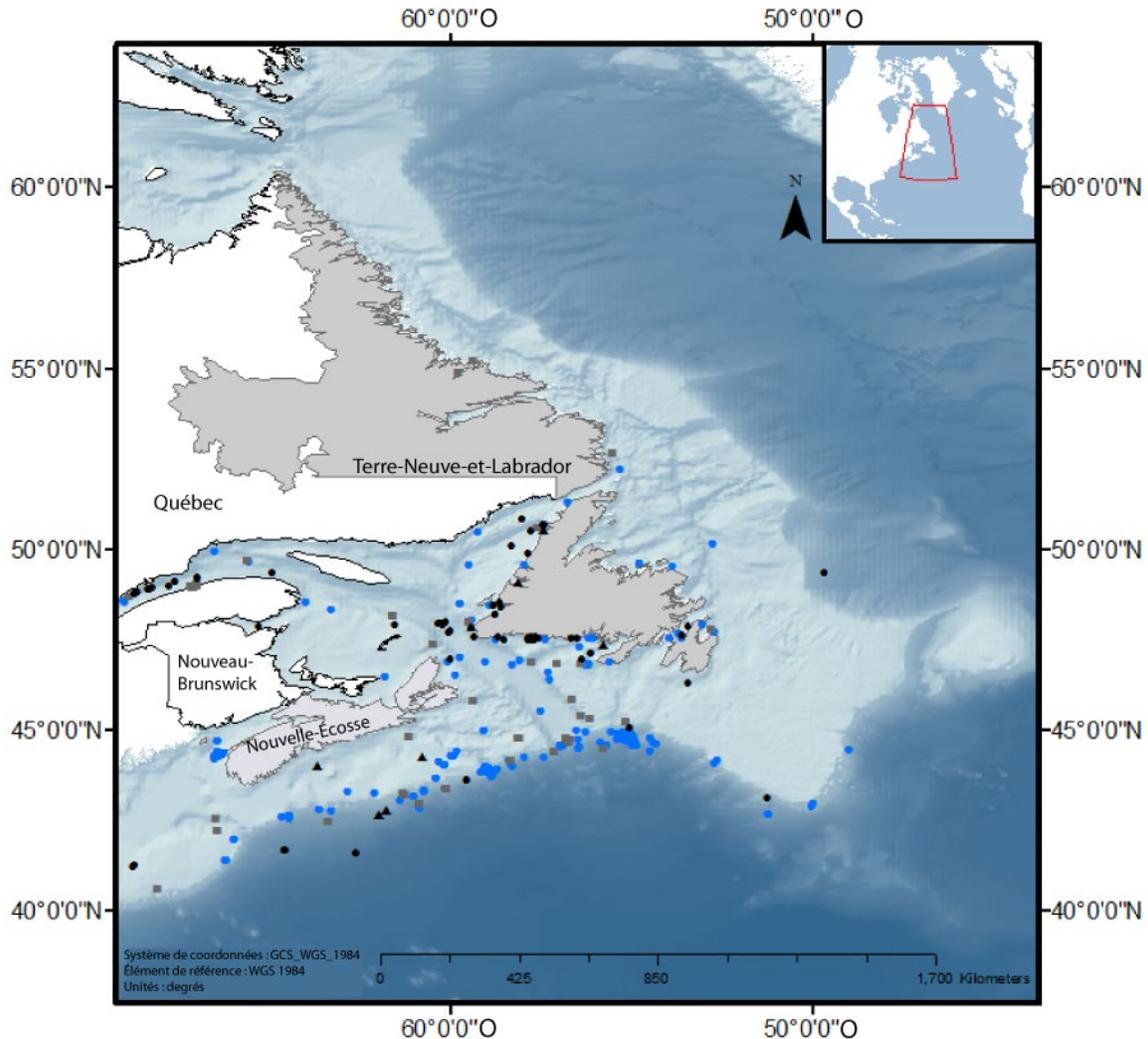


Figure 9. Lieux des observations de rorquals bleus vivants dans le golfe du Saint-Laurent, en Nouvelle-Écosse, à Terre-Neuve et au Labrador entre 1975 et 2015 au printemps (cercles noirs; N = 55), en été (cercles bleus; N = 218), en automne (carrés gris; N = 65) et en hiver (triangles noirs; N = 8). Ces observations ont été obtenues à partir : 1) des bases de données d'observations des cétacés des régions des Maritimes et de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO, 2) du Système d'information biogéographique des océans (OBIS), 3) du [laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie](#), 4) la base de données du programme Eastern Canadian Seabirds at Sea (ECSAS) d'Environnement Canada (Service canadien de la faune) et 5) l'initiative « Song of the Whale » (R/V Song of the Whale, 1993-2013, Fonds international pour la protection des animaux au nom de MCR International, [OBIS Seamap](#)), et incluent les observations basées sur l'effort présentées dans les figures précédentes ainsi que les observations opportunistes supplémentaires.

CATALOGUE DE PHOTO-IDENTIFICATION

Depuis les années 1980, la station de recherche des îles Mingan (MICS) tient à jour un catalogue de photos d'identification des rorquals bleus dans lequel figurent environ 483 baleines identifiées individuellement, principalement dans le golfe du Saint-Laurent, où la plupart des efforts ont été déployés pour recueillir des photographies à des fins individuelles (Ramp et Sears 2012). Entre 1980 et 2015, 34 rorquals bleus photographiés au large de la Nouvelle-Écosse (principalement par le laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie au

cours d'études dans la région du Gully, mais aussi quelques individus du Cap-Breton et un individu de la zone de la baie de Fundy) ont été identifiés, dont 15 avaient déjà été observés dans le golfe du Saint-Laurent et 19 exclusivement au large de la Nouvelle-Écosse. Trois des dix individus photographiés dans les eaux à l'est et au sud de Terre-Neuve au cours de la même période ont déjà été aperçus dans le golfe du Saint-Laurent, et tous les trois ont été photographiés près de Saint-Pierre-et-Miquelon (Rampe et Sears 2012).

EMPRISONNEMENT DANS LES GLACES

Depuis 1974, 26 cas d'emprisonnement des rorquals bleus dans les glaces concernant au moins 48 animaux ont été signalés dans l'Atlantique Nord-Ouest (Stenson et Lawson, données inédites; tableau 3, figure 10). Il s'agit probablement d'une sous-estimation du nombre réel de cas en raison de la difficulté à détecter les baleines piégées et des efforts de recherche limités avant 1974. Les emprisonnements signalés se sont produits dans le sud du golfe du Saint-Laurent et au large de la côte sud-ouest de Terre-Neuve (figure 11), principalement en mars et en avril, et concernaient un à neuf animaux, principalement des adultes. Dans la plupart des cas, l'emprisonnement a provoqué la mort des individus (tableau 3, figure 10). Avec plus de 700 signalements de cétacés pris dans les glaces au large de Terre-Neuve-et-Labrador, les rorquals bleus représentent une petite portion des animaux signalés. Dans l'ensemble, aucune tendance constante n'a été observée concernant le lieu d'emprisonnement des cétacés, à l'exception des rorquals bleus, qui semblent être concentrés au large de la côte sud-ouest de Terre-Neuve (figure 11). Cela met en évidence le fait que la côte sud-ouest de Terre-Neuve est à la fois une zone d'occupation printanière constante par les rorquals bleus et une zone présentant un risque de mortalité important pour la population en voie de disparition de l'Atlantique Nord-Ouest.

En dehors des emprisonnements dans les glaces, aucun échouage de rorqual bleu n'a été signalé en Nouvelle-Écosse ou ailleurs à Terre-Neuve-et-Labrador (p. ex. Nemiroff *et al.* 2010).

Tableau 3. Nombre et devenir des rorquals bleus emprisonnés dans les glaces depuis 1974 près du sud-ouest de Terre-Neuve (Stenson et Lawson, données inédites).

Année	Prises qui se sont échappées	Prises tuées	Total
1974	1	2	3
1975	0	1	1
1976	2	2	4
1977	2	2	4
1978	0	1	1
1980	4	3	7
1982	1	3	4
1985	0	1	1
1986	1	5	6
1988	0	3	3
1989	0	2	2
1992	0	3	3
2011	0	2	2
2014	0	9	9
2015	0	1	1
Total	11	40	51

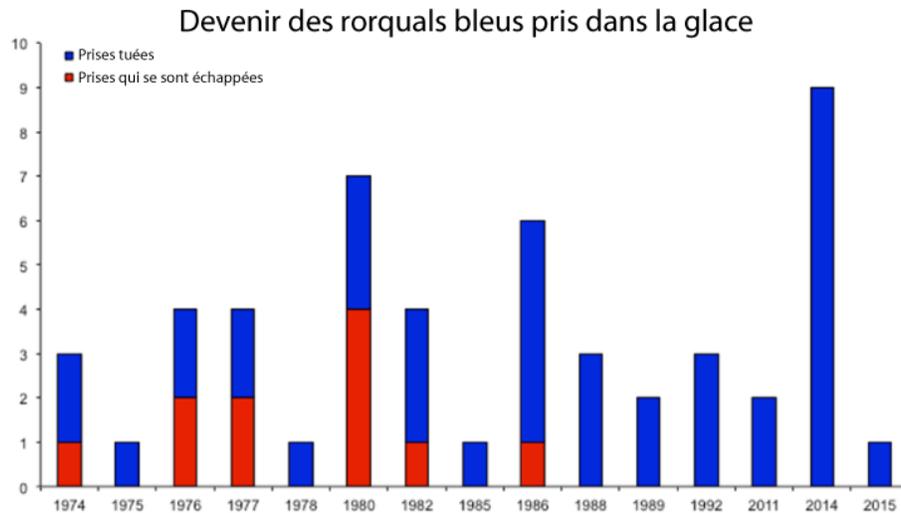


Figure 10. Devenir des rorquals bleus emprisonnés dans les glaces depuis 1974 près du sud-ouest de Terre-Neuve (Stenson et Lawson, données inédites).

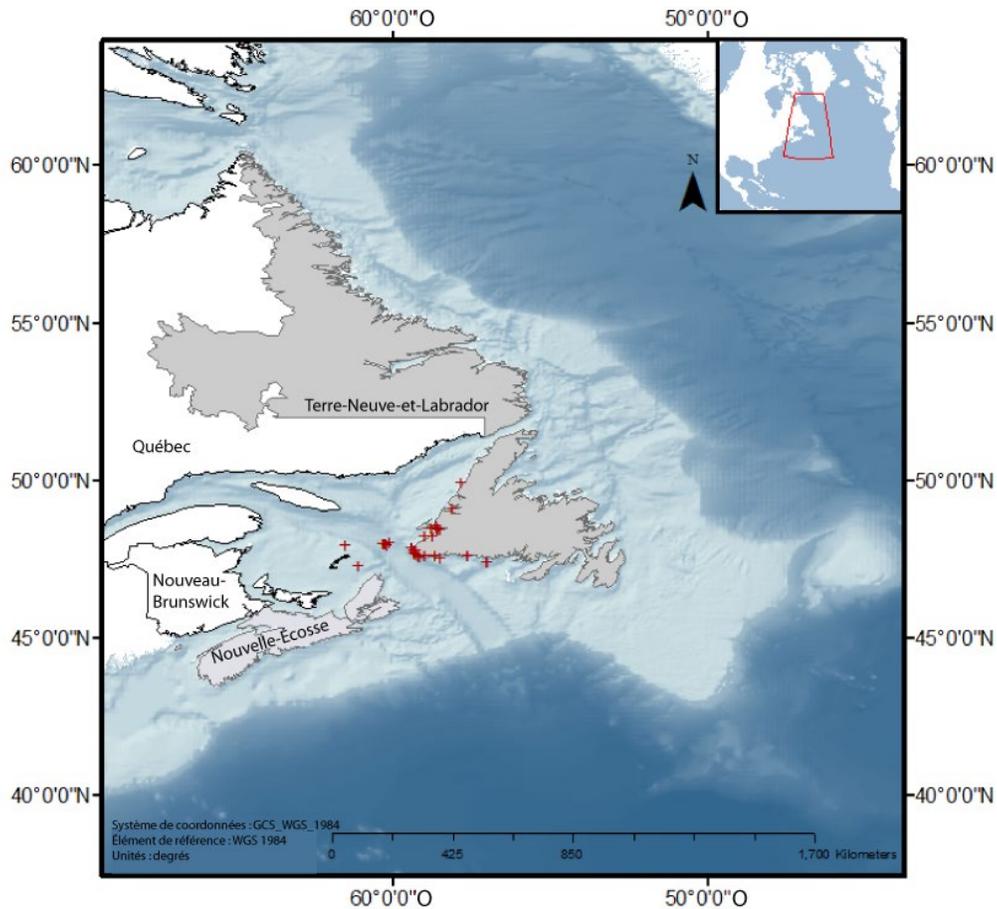


Figure 11. Registres des emprisonnements de rorquals bleus (croix rouges) au large de Terre-Neuve de 1974 à 2015. Le carré noir encercle le lieu où le MPO a repéré les cadavres de rorquals bleus (N = 9) piégés en 2014 qui avaient dérivé vers le sud-ouest avec la glace de mer pendant plusieurs jours.

DÉTECTIONS ACOUSTIQUES PASSIVES

La surveillance acoustique passive (SAP) offre une approche non invasive et relativement peu coûteuse pour surveiller les cétacés émettant des vocalisations tout au long de l'année, qui n'est pas limitée par les mauvaises conditions météorologiques et la mauvaise visibilité (Mellinger *et al.* 2007). Les progrès des systèmes d'enregistrement et de détection acoustiques permettent de détecter et, dans certains cas, de suivre les mammifères marins qui émettent des vocalisations. Bien que la SAP présente certaines limites, comme pour les espèces n'émettant pas de sons, elle peut être utilisée pour obtenir des renseignements précieux sur la présence de nombreuses espèces de cétacés, dont le rorqual bleu (p. ex. Berchok *et al.* 2006; Di Iorio et Clark 2010). Par exemple, (Clark 1995) a utilisé le système d'écoute sous-marine SOSUS de la marine américaine pour détecter et suivre les appels des rorquals bleus sur une grande partie de l'Atlantique Nord. Clark a signalé que la plupart des détections acoustiques du rorqual bleu provenaient des Grands Bancs de Terre-Neuve et des eaux de mer ouverte à l'ouest des îles britanniques (figure 12).

Les appels du rorqual bleu sont considérés comme les sons les plus forts produits par un animal (p. ex. Sirović *et al.* 2007). Ils produisent de longs appels distincts à basse fréquence qui ont été décrits dans le Pacifique et dans l'Atlantique (p. ex. Mellinger et Clark 2003; Oleson *et al.* 2007). Les appels du rorqual bleu sont généralement classés en trois ou quatre types d'appels distincts, bien que la terminologie ait tendance à varier selon les régions. Pour l'Atlantique Nord, quatre types d'appels sont signalés de façon constante. L'appel « A » est une tonalité à fréquence constante de 8 à 14 secondes et d'environ 18 Hz; l'appel « B » est d'une durée similaire, mais il est caractérisé par un balayage vers le bas de 18 à 15 Hz à la fin de l'appel; l'appel « AB » (ou « hybride ») est un appel plus long de 17 à 24 secondes composé d'une partie A suivie d'une partie B; l'appel « D » (également « Arch » ou « audible ») est un appel de 2 à 7 secondes qui commence vers 50 Hz, qui augmente à 70 Hz environ et qui diminue à 30 ou 35 Hz (Berchok *et al.* 2006; Mellinger et Clark 2003; Nieukirk *et al.* 2004). Les appels A, B et AB sont collectivement appelés signaux « tonals » et peuvent se produire de façon sporadique ou selon des modèles stéréotypés avec une répétition distincte de l'appel à des intervalles réguliers. On pense que ces appels sonores répétés ne sont produits que par des mâles (McDonald *et al.* 2006). Les caractéristiques de basse fréquence des signaux tonals du rorqual bleu leur permettent de se propager sur de nombreux kilomètres. On pense donc que ces chants ont une fonction de communication de longue portée liée à la reproduction. Les appels D ont tendance à se produire sous forme de multiples qui se suivent rapidement (Mellinger et Clark 2003; Nieukirk *et al.* 2004) et sont produits par des mâles et des femelles (Oleson *et al.* 2007). Ces appels plus silencieux et de plus courtes portées semblent jouer une fonction différente de celle des signaux tonals. Des études menées dans le Pacifique ont indiqué que les appels D sont des appels de contact utilisés pour communiquer avec les congénères à proximité (McDonald *et al.* 2001; Melcón *et al.* 2012; Oleson *et al.* 2007; Wiggins *et al.* 2005), et peuvent servir une fonction liée à la recherche de nourriture (Oleson *et al.* 2007).

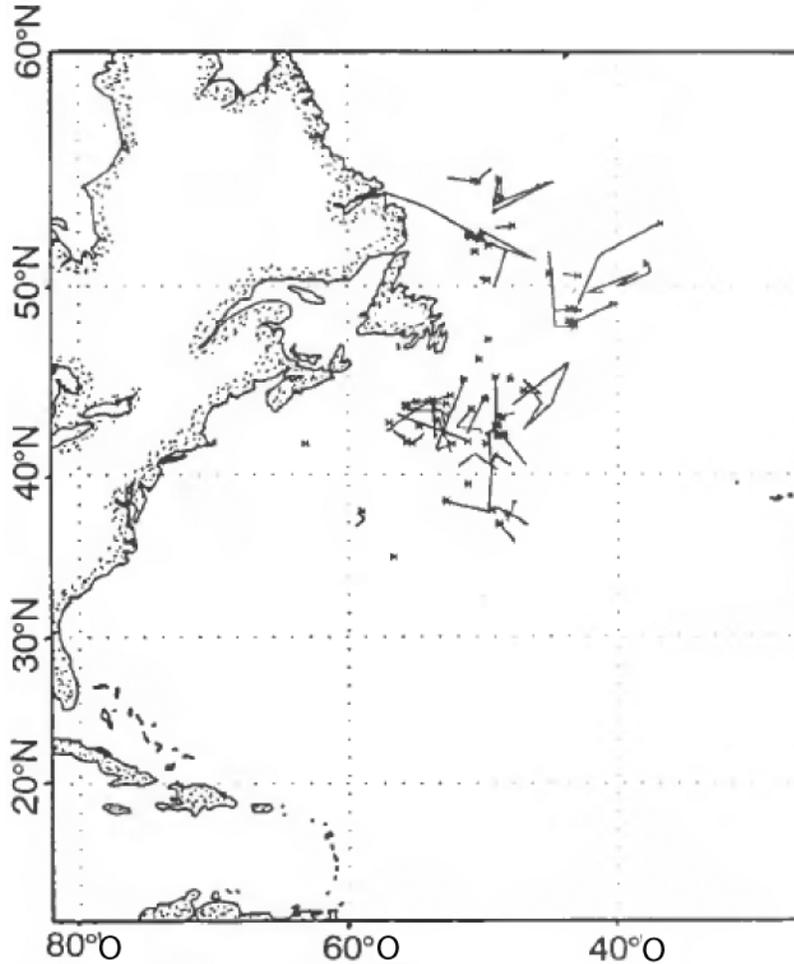


Figure 12. Données sur les lieux de passage et de détection des rorquals bleus émettant des sons recueillies par le système d'écoute sous-marine SOSUS de la marine américaine en septembre 1993 (figure 2, Clark 1995). Il est à noter que les lieux de détection acoustique ne peuvent pas être comparés les uns aux autres, car les estimations relatives aux lieux ne sont pas corrigées en fonction de la plage d'enregistrement.

APERÇU DES DONNÉES

Au cours des dix dernières années, plusieurs ensembles de données acoustiques provenant de systèmes d'enregistrement ancrés au fond ont été recueillis dans les eaux au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador. Il s'agit notamment des unités marines d'enregistrement acoustique (MARU; Cornell Lab of Ornithology, Bioacoustics Research Program) déployées par le laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie dans l'est du talus néo-écossais au cours de la période 2006 à 2009, des enregistreurs acoustiques multicanaux autonomes (AMAR; JASCO Applied Sciences Ltd.) déployés par le MPO dans la même zone au cours de la période 2012 à 2014, et des systèmes AURAL (Autonomous Underwater Recorders for Acoustic Listening; Multi-Électronique [MTE] Inc.) déployés par le MPO à plusieurs endroits au large de Terre-Neuve et du Labrador pendant la période 2009 à 2015. Ces ensembles de données comprennent près de 50 000 heures d'enregistrements (tableau 4). Les sections suivantes décrivent les analyses effectuées sur ces ensembles de données afin de détecter et d'évaluer la fréquence saisonnière des appels de rorqual bleu.

Tableau 4. Description des ensembles de données acoustiques analysées pour les appels des rorquals bleus.

Paramètre	MARU	AMAR	AURAL	Tous
Zone	Est du talus néo-écossais	Est du talus néo-écossais	Terre-Neuve-et-Labrador	
Période	2006-2009	2012-2014	2009-2015	
Nombre de dossiers	12 700	154 990	19 600	187 290
Nombre d'heures d'enregistrements	1 682	37 743	9 022	48 447
Nombre de dossiers avec détections de rorqual bleu	1 385	19 012	3 335	23 732
Nombre de dossiers avec détections de rorqual bleu vérifiées	905	5 092	156	6 153

ENSEMBLE DE DONNÉES DES UNITÉS MARU

Les unités MARU ont été déployées par le laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie à plusieurs endroits le long du talus de l'est du plateau néo-écossais de 2006 à 2009 (Moors 2012). Les profondeurs de déploiement variaient entre 1 250 et 1 950 m et les enregistreurs étaient suspendus à environ un mètre au-dessus du fond marin. Ces systèmes étaient amarrés au fond de la mer pendant plusieurs mois (tableau 5). Les unités MARU ont enregistré les sons en faisant passer un signal acoustique analogique acquis par un hydrophone omnidirectionnel de la série HTI-9-MIN (réponse en fréquence \pm dB re 1 V/ μ Pa de 0,002 à 30 kHz) à travers un filtre passe-bas antirepliement connecté à une console de microtraitement du signal qui convertit et sauvegarde le signal en format numérique. Les données ont été recueillies à une fréquence d'échantillonnage de 50 kHz, ce qui permettait de récupérer des fréquences allant jusqu'à 25 kHz. Un cycle de fonctionnement régulier (un enregistrement de 7 ou 10 minutes par heure) a permis aux unités MARU d'enregistrer les données sur plusieurs mois (Moors 2012).

Les données provenant de quatre lieux d'enregistrement de l'ensemble de données des unités MARU ont été analysées pour détecter la présence d'appels de rorquals bleus : la tête (GULH) et l'embouchure (GULM) du canyon du Gully, et les canyons Shortland (SHORT) et Haldimand (HALD) (figure 13). Les données recueillies lors d'un déploiement à l'été et à l'automne (juin-octobre) et d'un déploiement en hiver (décembre-mars) à chacun de ces endroits ont été incluses dans l'analyse. Au total, plus de 12 600 dossiers (1 682 heures) de données acoustiques ont été analysés pour détecter la présence d'appels de rorquals bleus ([Marotte et Moors-Murphy 2015]; tableau 5).

Des détecteurs automatisés d'appels de rorquals bleus basés sur les contours élaborés par JASCO Applied Sciences Ltd. (Martin *et al.* 2014) ont été utilisés pour identifier les appels possibles de rorquals bleus sur les enregistrements. Les détecteurs ont été configurés pour détecter les signaux tonaux basse fréquence des rorquals bleus (A, B et AB) et les signaux « Arch » à fréquence plus élevée (D). Les données ont été traitées à l'aide de détecteurs réglés à un seuil relativement bas afin d'augmenter la probabilité qu'un son correspondant aux paramètres de ces types d'appels soit détecté. Les détecteurs étaient donc moins susceptibles de manquer des appels, même très silencieux, de rorquals bleus (c.-à-d. que le taux de faux négatifs était minimisé), mais plus susceptibles de détecter des sons qui n'étaient pas des appels de rorquals bleus (c.-à-d. taux élevé de fausses alarmes et de faux positifs). De tels compromis existent lors de la configuration de n'importe quel type de détecteur automatique de

signaux acoustiques et, à cette fin et pour les analyses des ensembles de données des systèmes AMAR et AURAL décrites dans les sections suivantes, il était plus avantageux de minimiser le nombre d'appels de rorqual bleu manqués par les détecteurs, au détriment de l'augmentation des fausses détections et du temps de traitement des données.

En raison du taux élevé de faux positifs connu, tous les enregistrements qui avaient au moins une détection ont été inspectés manuellement (à l'oreille et visuellement) à l'aide du logiciel d'analyse sonore Raven Pro 1.4 (Cornell Laboratory of Ornithology, Bioacoustics Research Program) pour vérifier la présence d'appels de rorquals bleus. De plus, 100 enregistrements sur lesquels aucun appel de rorqual bleu n'a été détecté ont été échantillonnés au hasard dans chaque déploiement pour vérifier et estimer le taux de fausses détections négatives.

Des appels de rorqual bleu ont été détectés sur 1 385 (11 %) des 12 606 enregistrements analysés. L'analyse manuelle a permis de vérifier que 905 d'entre eux (7,2 % de tous les enregistrements) contenaient des appels de rorquals bleus (c.-à-d. détections positives vraies), ce qui donne un taux global de faux positifs de 34,7 %. Sur les 800 enregistrements sur lesquels aucun appel de rorqual bleu n'a été détecté, il a été déterminé que 69 présentaient des appels de rorqual bleu, ce qui donne un taux global de faux négatifs de 8,6 %. Bien qu'un faible pourcentage seulement des enregistrements comprenant des appels de rorquals bleus aient été manqués, cela souligne encore davantage le fait que le nombre d'enregistrements comportant des appels de rorquals bleus vérifiés n'est qu'une indication de la présence minimale des appels de rorquals bleus.

Le nombre d'heures où l'on a confirmé la présence du rorqual bleu varie selon l'endroit et la saison (tableau 6). Le canyon Haldimand a enregistré le plus grand nombre d'heures au cours desquelles des appels se sont produits, tandis que le canyon Shortland en a enregistré le moins. Tous les lieux, à l'exception du canyon Shortland, ont eu plus d'heures au cours desquelles des appels se sont produits en période estivale et automnale. Dans l'ensemble, le nombre d'heures au cours desquelles des appels de rorqual bleu se sont produits était multiplié par plus de trois en été et en automne par rapport à la période hivernale, et cette tendance saisonnière a été plus fortement observée dans le canyon Haldimand et à l'embouchure du Gully. Pour les trois périodes estivales et automnales au cours desquelles des enregistrements ont été obtenus, le mois d'août a enregistré le plus grand nombre d'heures où des appels se sont produits (figure 14). Cependant, des appels de rorquals bleus ont également été détectés en décembre, en janvier et en février de chaque hiver où des enregistrements ont été obtenus.

Les types d'appels de rorquals bleus présents sur les enregistrements ont été examinés de plus près pour l'ensemble de données obtenu à l'embouchure du Gully. Les 258 heures au cours desquelles des détections ont été faites à cet endroit comportaient 953 appels individuels de rorquals bleus. Les trois types d'appels tonals décrits précédemment dans l'Atlantique (appels A, B et AB), ainsi que les appels « Arch » (appels D) ont été identifiés. Le type d'appel le plus courant était l'appel A, suivi de l'appel AB, tandis que les types d'appel B et D étaient moins courants et ne figuraient pas dans les ensembles de données d'hiver (tableau 7). Cependant, des appels D ont été identifiés sur certains enregistrements hivernaux provenant d'autres lieux (Marotte et Moors-Murphy 2015).

Marotte (2015) fournit de plus amples détails sur cet ensemble de données et sur l'analyse.

Tableau 5. Description de huit déploiements des unités MARU incluse dans l'analyse des rorquals bleus.

Lieu	Déploiement	Profondeur de l'enregistreur (m)	Date du premier enregistrement	Date du dernier enregistrement	Cycle de fonctionnement	Nombre de dossiers
GULM	Été/automne	1 950	25 juillet 2006	16 septembre 2006	10 min actif/50 min inactif	1 267
GULM	Hiver	1 950	9 décembre 2006	30 janvier 2006	10 min actif/50 min inactif	1 248
GULH	Été/automne	1 250	25 juillet 2006	16 septembre 2006	10 min actif/50 min inactif	1 266
GULH	Hiver	1 500	7 décembre 2007	25 février 2008	7 min actif/53 min inactif	1 914
SHORT	Été/automne	1 650	23 juin 2008	11 septembre 2008	7 min actif/53 min inactif	1 911
SHORT	Hiver	1 500	13 décembre 2008	3 mars 2009	7 min actif/53 min inactif	1 907
HALD	Été/automne	1 500	4 août 2007	1 ^{er} octobre 2007	7 min actif/53 min inactif	1 379
HALD	Hiver	1 500	13 décembre 2008	2 mars 2009	7 min actif/53 min inactif	1 714
Tous						12 606

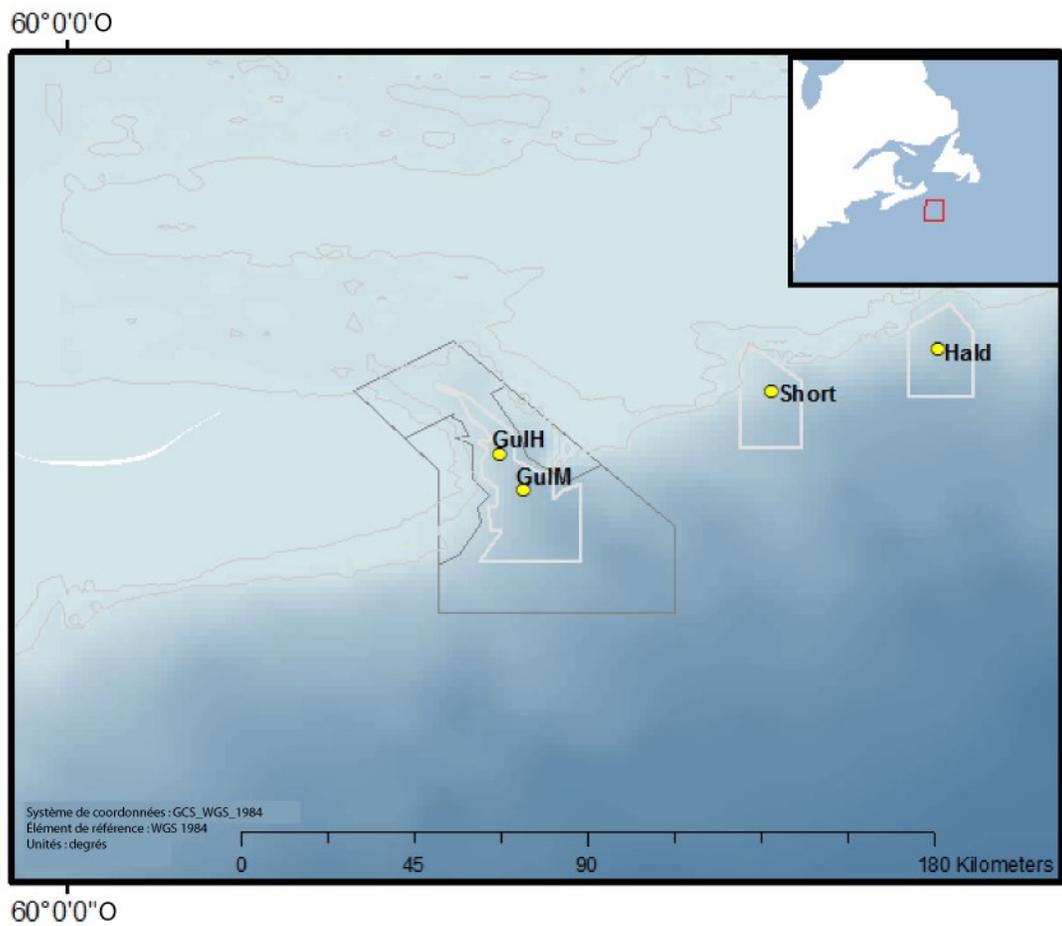


Figure 13. Emplacements de l'enregistreur acoustique MARU le long du talus de l'est du plateau néo-écossais.

Tableau 6. Nombre et proportion d'heures au cours desquelles des appels de rorquals bleus ont été confirmés, à partir de chaque lieu d'enregistrement des unités MARU pendant chaque saison, et pour chaque saison au total.

Lieu	Déploiement	Heures avec appels	Proportions d'heures avec appels
GULM	Été/automne	214	0,169
	Hiver	44	0,035
	Total	258	0,103
GULH	Été/automne	94	0,074
	Hiver	80	0,042
	Total	174	0,055
SHORT	Été/automne	56	0,029
	Hiver	66	0,035
	Total	122	0,032
HALD	Été/automne	315	0,228
	Hiver	36	0,021
	Total	351	0,113
Tous	Été/automne	679	0,117
	Hiver	226	0,033
	Total	905	0,072

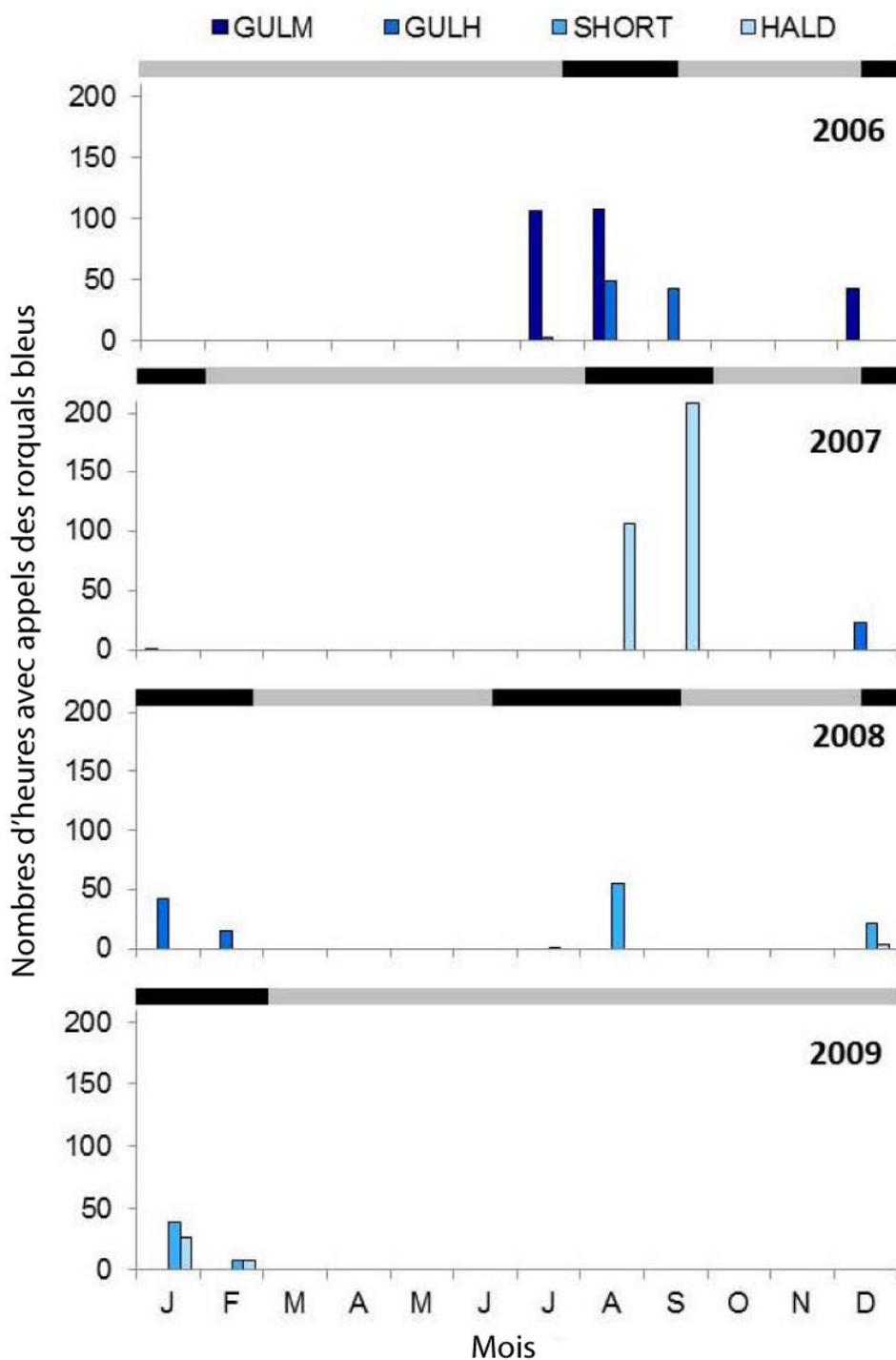


Figure 14. Nombre d'heures avec appels confirmés de rorquals bleus pour chaque mois de chaque année, pour les quatre lieux d'enregistrement des unités MARU. Les barres noires indiquent les mois pour lesquels des enregistrements acoustiques étaient disponibles, tandis que les barres grises indiquent les mois pour lesquels aucun enregistrement n'a été recueilli. Il convient de noter que le calendrier d'échantillonnage était incomplet (des enregistrements n'ont pas été recueillis à chaque emplacement au cours de chaque période d'enregistrement).

Tableau 7. Nombre et proportion de chaque type d'appel de rorqual bleu détecté sur les enregistrements à l'embouchure du Gully comportant des appels de rorqual bleu.

Type d'appel	Été		Hiver		Tous	
	Nombre d'appels	Proportion d'appels	Nombre d'appels	Proportion de tous les appels	Nombre d'appels	Proportion de tous les appels
A	546	0,698	104	0,608	650	0,682
B	17	0,022	0	0,0	17	0,018
AB	211	0,270	67	0,392	278	0,292
D	8	0,010	0	0,0	8	0,008
Total	782	1 000	171	1 000	953	1 000

ENSEMBLE DE DONNÉES DU SYSTÈME AMAR

Le MPO a déployé des systèmes AMAR à six endroits le long du talus de l'est du plateau néo-écossais au cours de la période 2012 à 2014 : au centre du Gully (MIDGUL), à mi-chemin entre le Gully et le canyon Shortland (GULSHO), à mi-chemin entre les canyons Shortland et Haldimand (SHOHALD), en eau peu profonde juste à l'est du Gully (SHALLOWGUL), entre le Gully et le canyon Logan (INTERCANDEEP), dans le canyon Logan (LOGAN) (figure 15). Les systèmes AMAR étaient amarrés à environ 1 400 à 1 900 m de profondeur, à l'exception de l'enregistreur situé à l'emplacement SHALLOWGUL qui était amarré à un peu plus de 200 m de profondeur, et étaient suspendus à environ 60 m du fond aux emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD, et à 20 m du fond aux emplacements SHALLOWGUL, INTERCANDEEP et LOGAN (tableau 8). Chaque système était équipé d'un hydrophone omnidirectionnel M8 à large bande avec une réponse en fréquence nominale de -165 dBV/ μ Pa de 20 Hz à 170 kHz (Geospectrum Technologies Inc.). Les enregistrements ont été réalisés à l'aide d'un convertisseur analogique-numérique de 24 bits avec filtre antirepliement intégré. Les systèmes AMAR aux emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD ont permis de recueillir des données en continu grâce à un cycle de fonctionnement de 16 kHz pendant 13 min, puis de 128 kHz pendant 2 min lors de la première année de l'étude, et de 16 kHz pendant 17,8 min puis de 250 kHz pendant 2,2 min la deuxième année. Les systèmes AMAR aux emplacements SHALLOWGUL, INTERCANDEEP et LOGAN avaient un cycle de fonctionnement de 11,3 min à 16 kHz et 250 kHz pendant 3,3 min, puis 0,3 min d'inactivité (tableau 8).

Deux années d'enregistrements quasi continus ont été collectées aux emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD, d'octobre 2012 à septembre 2014, les systèmes AMAR étant récupérés et redéployés environ tous les six mois (tableau 8). Le mois d'octobre 2013 a été le seul mois de cette période de deux ans au cours duquel aucune donnée n'a été recueillie. Au total, 154 990 enregistrements (37 743 heures) effectués à la fréquence d'échantillonnage de 16 kHz (quatre dossiers pour chaque heure d'enregistrement pendant la première année et trois dossiers pour chaque heure d'enregistrement pendant la deuxième année) ont été analysés pour détecter la présence d'appels de rorqual bleu dans cet ensemble de données. Les données n'ont été recueillies qu'entre juillet et septembre 2014 aux emplacements SHALLOWGUL, INTERCANDEEP et LOGAN. Au total, 23 378 enregistrements (4 403 heures) effectués à la fréquence d'échantillonnage de 16 kHz (quatre dossiers pour chaque heure d'enregistrement) ont été analysés pour détecter la présence d'appels de rorqual bleu dans cet ensemble de données. Des détecteurs automatisés d'appels de rorquals bleus basés sur la corrélation des spectrogrammes élaborés par JASCO Applied Sciences Ltd. (voir Martin et

a/. 2014) ont été utilisés pour détecter les appels possibles de rorquals bleus (appels A, B, AB et D) sur ces enregistrements.

Des vocalisations de rorquals bleus ont été détectées sur 15 153 (9,8 %) des 154 990 enregistrements analysés provenant des emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD. Il a été confirmé que 4 614 dossiers (3 %) au total comportaient des appels de rorqual bleu et le taux global de faux positifs était de 69,6 %. D'après une analyse de 480 dossiers sans détection de rorqual bleu (échantillonnés à partir de tous les déploiements), 28 dossiers comportaient des appels de rorqual bleu, ce qui donne un taux de faux négatifs semblable à celui calculé pour les données des unités MARU de 5,8 %.

Le nombre d'heures où l'on a confirmé la présence de rorquals bleus aux emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD varie selon l'endroit, la saison et l'année (tableaux 9 et 10). L'emplacement situé à mi-chemin entre les canyons Shortland et Haldimand a enregistré le plus grand nombre d'heures au cours desquelles des appels se sont produits, tandis que Le Gully en a enregistré le moins. Le Gully a enregistré le plus grand nombre d'heures au cours desquelles des appels se sont produits en été, puis en hiver, avec relativement peu d'appels au printemps et à l'automne. Une tendance différente a été observée dans les régions dépourvues de canyons : l'hiver a connu le plus grand nombre d'heures avec des appels, suivi de l'automne et de l'été, avec peu de détections au printemps. Contrairement à ce qui a été observé dans l'ensemble de données des unités MARU, il y a eu, d'une manière générale, environ deux fois plus d'heures d'appels de rorqual bleu en hiver qu'en été (tableau 9). On a également observé une variabilité interannuelle dans l'ensemble de données avec presque deux fois plus d'heures au cours desquelles des appels de rorquals bleus se sont produits dans la deuxième année de l'étude comparativement à la première année, principalement en raison du plus grand nombre d'appels durant les mois d'été (tableau 10). Dans les trois lieux d'enregistrement, le nombre d'heures où des appels se sont produits a atteint un sommet entre novembre et janvier; par ailleurs, il n'y a eu presque aucune détection pendant l'été au cours de la première année de l'étude. Après une nouvelle augmentation, un sommet a été atteint de nouveau pendant la période de novembre à janvier, puis quelques détections seulement ont été faites au printemps, avec un sommet atteint en juillet et en août pendant la deuxième année de l'étude (figure 16). La figure 17 montre la variation quotidienne de la présence d'appels à chaque site. Pendant la majeure partie de l'année, il n'y a eu qu'une ou deux heures au cours desquelles des appels se sont produits dans la journée et plusieurs jours se sont écoulés entre les appels détectés, ce qui laisse entendre que les animaux ne sont pas restés dans ces zones pendant de longues périodes. Pendant les périodes de pointe en hiver et en été, les appels étaient souvent entendus pendant plusieurs heures chaque jour et pendant plusieurs jours consécutifs. On ne sait pas exactement si cela est dû au fait que les animaux restent dans une zone pendant plusieurs jours à la fois ou à la présence de plusieurs animaux de passage; cependant, une analyse de la moyenne d'heures consécutives avec appels présents indique qu'il s'agit du dernier cas. Lorsque des appels de rorquals bleus étaient présents, le nombre moyen d'heures consécutives pendant lesquelles ils ont été entendus était compris entre 0,25 et 3,61 heures, le plus grand nombre d'heures consécutives avec appels au cours des deux années s'étant produit en novembre et décembre. Pendant les périodes de pointe, les appels n'étaient généralement entendus que pendant une à deux heures consécutives, ce qui donne à penser que les baleines ne restaient généralement pas plus de deux heures dans la zone, bien que des appels aient été entendus pendant trois heures consécutives, en moyenne, en novembre 2013 et pendant deux heures consécutives, en moyenne, en décembre 2013 (tableau 11).

Les types d'appels du rorqual bleu présents sur les enregistrements à l'emplacement MIDGUL ont été examinés de plus près. Les 684 heures avec appels présents étaient composées de 342 heures (50 %) avec signaux tonals et de 353 heures (52 %) avec appels « Arch ». On a

constaté une différence dans le répertoire des appels saisonniers, la majorité des appels se produisant à l'automne et à l'hiver de chaque année étant des signaux tonals, tandis que la majorité des appels à l'été de chaque année étaient des appels « Arch » (une combinaison des deux types d'appels a été observée au printemps). Malgré un plus grand nombre d'heures au cours desquelles des appels se sont produits pendant la deuxième année pour les deux types d'appels (76 heures avec signaux tonals la première année, par rapport à 266 heures avec signaux tonals la deuxième année, 11 heures avec des signaux « Arch » la première année par rapport à 342 heures avec signaux « Arch » la deuxième année), la différence la plus marquée était l'augmentation importante des heures avec signaux « Arch » pendant la période de mai à août 2014 (figure 18).

Des vocalisations de rorquals bleus ont été détectées sur 3 859 (16,5 %) des 23 378 enregistrements analysés provenant des emplacements SHALLOWGUL, INTERCANDEEP et LOGAN. Il a été confirmé qu'un total de 478 dossiers (2 % de tous les enregistrements recueillis à ces endroits) comportaient des appels de rorqual bleu. Le taux global de faux positifs était donc de 87,6 %. Le taux de faux négatifs n'a pas encore été déterminé pour cet ensemble de données, mais il devrait être semblable à celui déterminé pour les autres enregistreurs AMAR.

Le nombre d'heures au cours desquelles des appels de rorqual bleu ont été confirmés variait selon le lieu, l'emplacement SHALLOWGUL ayant enregistré beaucoup plus d'heures avec appels que les emplacements INTERCANDEEP ou LOGAN (tableau 12, figure 19). Le site LOGAN a enregistré le moins d'heures où des appels se sont produits; cependant, un relevé sismique à grand azimut a été effectué près du canyon Logan au cours de l'été 2014 et, en raison de cela, de nombreux sons produits par les canons à air utilisés pour les levés sismiques ont été entendus sur les enregistrements effectués à cet endroit et chevauchent la fréquence des appels des rorquals bleus. Cela compromettait l'efficacité des détecteurs et rendait impossible dans certains cas la détermination de la présence d'appels de rorquals bleus; par conséquent, l'ensemble de données de l'emplacement LOGAN en particulier peut être une sous-estimation des taux d'appels de rorquals bleus dans la zone. Ce problème n'a pas été rencontré dans les emplacements plus à l'est, là où les signaux sismiques n'étaient pas aussi forts.

Tableau 8. Description de 15 déploiements des systèmes AMAR incluse dans l'analyse des rorquals bleus. « FB » désigne le cycle de fonctionnement d'enregistrement basse fréquence (16 kHz) et « HF » désigne le cycle de fonctionnement d'enregistrement haute fréquence.

Lieu	Déploiement	Profondeur de l'enregistreur (m)	Date du premier enregistrement	Date du dernier enregistrement	Cycle de fonctionnement	Nombre de dossiers
MIDGUL	Automne/hiver	1 850	12 octobre 2012	10 avril 2013	13 min BF/ 2 min HF	17 262
MIDGUL	Printemps/été	1 520	7 mai 2013	26 septembre 2013	13 min BF/ 2 min HF	13 553
MIDGUL	Automne/hiver	1 470	15 novembre 2013	6 avril 2014	17,2 min BF/ 2,2 min HF	10 228
MIDGUL	Printemps/été	1 470	3 mai 2014	26 septembre 2014	17,2 min BF/ 2,2 min HF	10 603
GULSHO	Automne/hiver	1 370	12 octobre 2012	10 avril 2013	13 min BF/ 2 min HF	17 271
GULSHO	Printemps/Été	1 520	8 mai 2013	26 septembre 2013	13 min BF/ 2 min HF	13 564
GULSHO	Automne/hiver	1 470	15 novembre 2013	6 avril 2014	17,2 min BF/ 2,2 min HF	10 233
GULSHO	Printemps/été	1 560	3 mai 2014	26 septembre 2014	17,2 min BF/ 2,2 min HF	10 573
SHOHALD	Automne/hiver	1 720	12 octobre 2012	10 avril 2013	13 min BF/ 2 min HF	17 263
SHOHALD	Printemps/été	1 490	8 mai 2013	25 septembre 2013	13 min BF/ 2 min HF	13 606
SHOHALD	Automne/hiver	1 490	15 novembre 2013	7 avril 2014	17,2 min BF/ 2,2 min HF	10 295
SHOHALD	Printemps/été	1 500	3 mai 2014	26 septembre 2014	17,2 min BF/ 2,2 min HF	10 529
SHALLOWGUL	Été	200	13 juillet 2014	27 septembre 2014	11,3 min actif/ 3,6 min inactif	7 805
INTER-CANDEEP	Été	1 400	13 juillet 2014	27 septembre 2014	11,3 min actif/ 3,6 min inactif	7 798
LOGAN	Été	1 430	13 juillet 2014	27 septembre 2014	11,3 min actif/ 3,6 min inactif	7 775
Tous						178 368

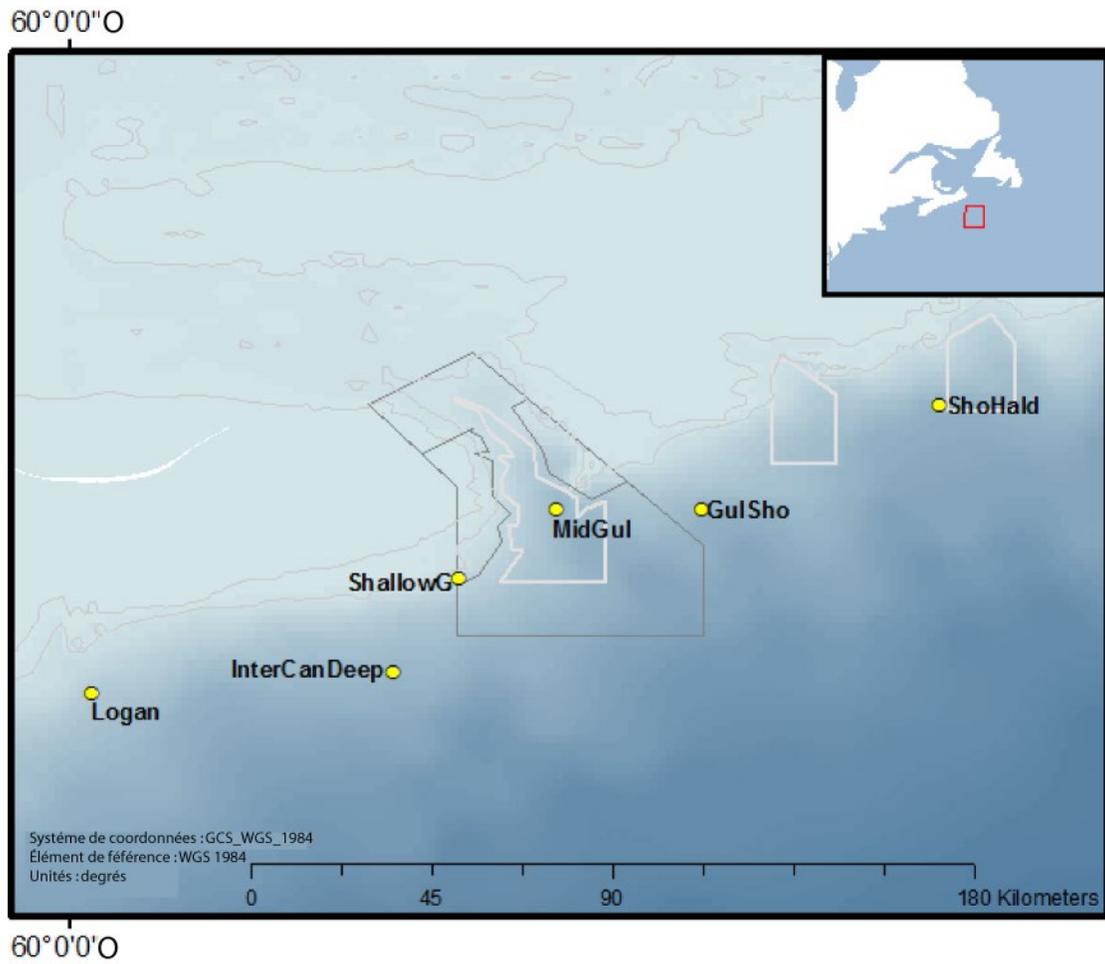


Figure 15. Emplacements de l'enregistreur acoustique AMAR le long du talus de l'est du plateau néo-écossais.

Tableau 9. Nombre et proportion d'heures au cours desquelles des appels de rorquals bleus ont été confirmés, à partir des emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD pendant chaque saison, et pour chaque saison au total.

Lieu	Déploiement	Heures avec appels	Proportions d'heures avec appels
MIDGUL	Printemps	26	0,012
	Été	317	0,144
	Automne	64	0,035
	Hiver	277	0,128
	Total	684	0,082
GULSHO	Printemps	6	0,003
	Été	172	0,078
	Automne	198	0,109
	Hiver	376	0,174
	Total	752	0,090
SHOHALD	Printemps	39	0,018
	Été	147	0,067
	Automne	222	0,123
	Hiver	602	0,279
	Total	1 010	0,120
Tous	Printemps	71	0,016
	Été	636	0,144
	Automne	484	0,134
	Hiver	1 255	0,291
	Total	2 446	0,146

Tableau 10. Nombre d'heures par mois au cours desquelles des appels de rorquals bleus ont été confirmés par année de déploiement aux emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD. Le tiret « - » indique qu'aucun enregistrement n'est disponible pour le mois en question.

Mois	Nombre d'heures avec appels – Année 1	Nombre d'heures avec appels – Année 2
Octobre	35	-
Novembre	157	159
Décembre	380	412
Janvier	221	180
Février	7	55
Mars	0	46
Avril	1	0
Mai	1	23
Juin	1	60
Juillet	7	219
Août	5	344
Septembre	47	86
Total	862	1 584

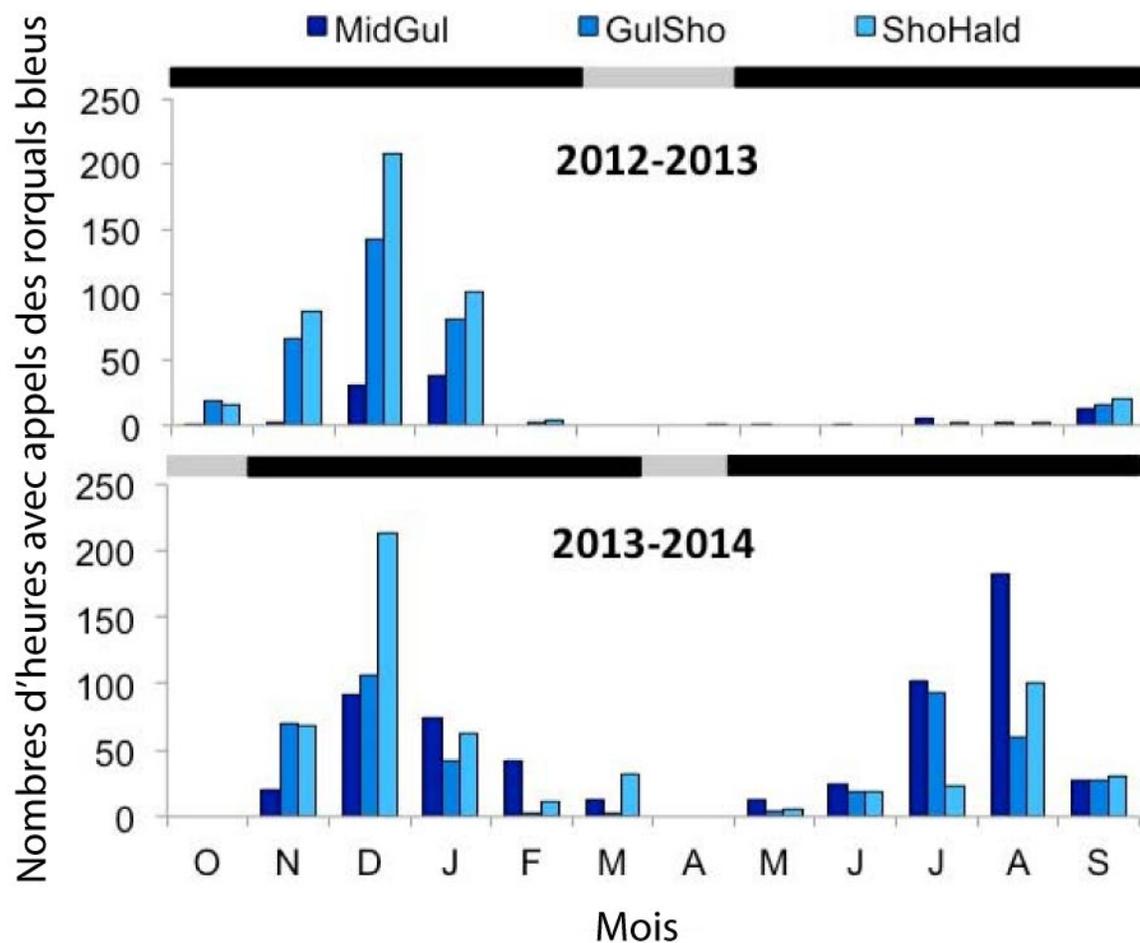


Figure 16. Nombre d'heures avec appels confirmés de rorquals bleus pour chaque mois de l'année, pour les emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD. Les barres noires indiquent les heures pour lesquelles des enregistrements étaient disponibles, tandis que les barres grises indiquent les heures pour lesquelles aucun enregistrement n'a été recueilli. Aucun enregistrement n'a été obtenu à partir d'octobre 2013.

Tableau 11. Durée moyenne (en heures) des appels de rorquals bleus pour chaque mois par année de déploiement aux emplacements MIDGUL, GULSHO et SHOHALD, calculée en déterminant le nombre moyen d'enregistrements consécutifs comportant des appels de rorquals bleus (les fichiers ne comportant pas de détection d'appels confirmée n'ont pas été inclus dans ce calcul). Le tiret « - » indique qu'aucun enregistrement n'est disponible pour le mois en question. L'astérisque (*) indique que la valeur est basée sur un seul enregistrement avec des appels confirmés de rorquals bleus.

Mois	Nombre moyen d'heures consécutives avec appels –	Nombre moyen d'heures consécutives avec appels –
	Année 1	Année 2
Octobre	0,90	-
Novembre	1,25	3,61
Décembre	1,85	2,85
Janvier	1,07	1,23
Février	1,13	1,06
Mars	0,00	1,25
Avril	0,25*	0,00
Mai	0,25*	1,10
Juin	0,25*	1,06
Juillet	0,50	1,07
Août	0,50	0,98
Septembre	1,21	1,87

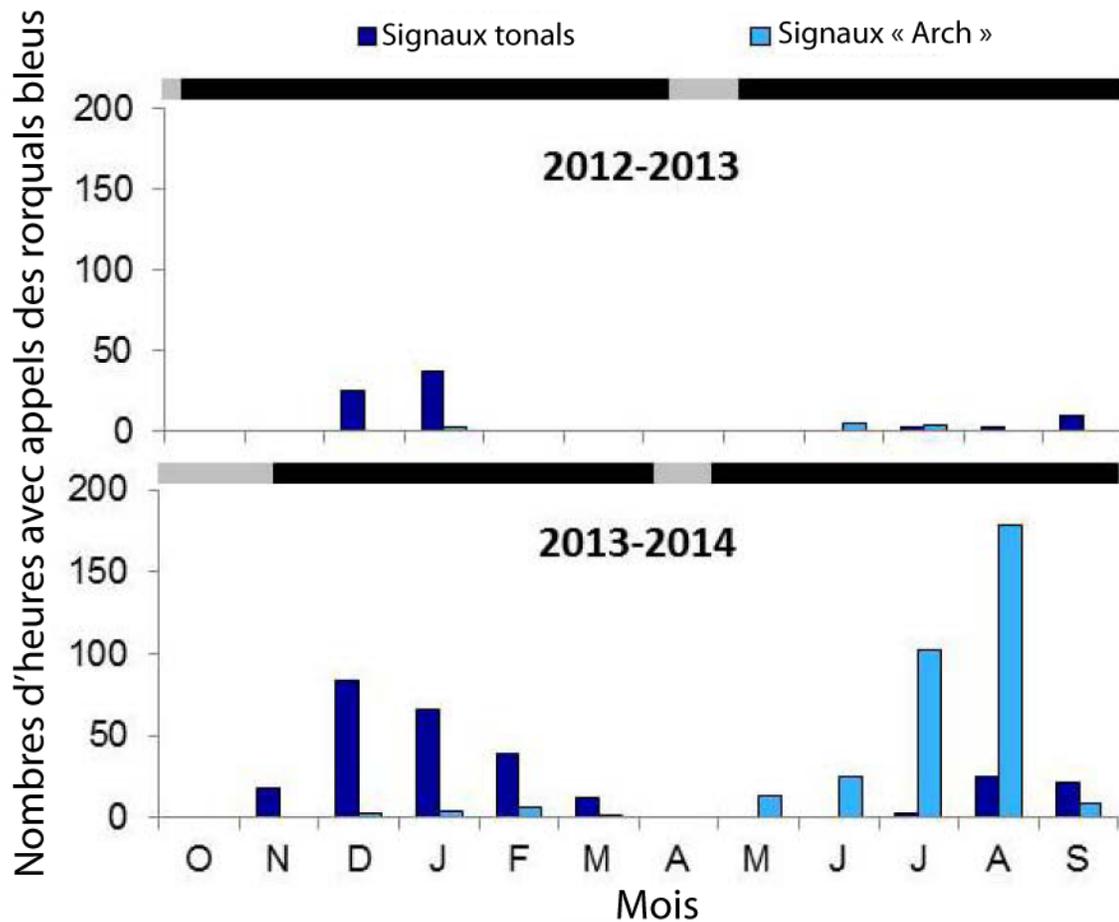


Figure 18. Nombre d'heures au cours desquelles chaque type d'appel de rorquals bleus a été confirmé sur les enregistrements à l'emplacement MIDGUL.

Tableau 12. Nombre et proportion d'heures au cours desquelles des appels de rorquals bleus ont été confirmés, à partir de chaque lieu d'enregistrement, pendant l'été 2014.

Lieu	Déploiement	Heures avec appels	Proportions d'heures avec appels
SHALLOWGUL	Été	183	0,101
INTERCANDEEP	Été	45	0,025
LOGAN	Été	66	0,036
Tous	Total	294	0,054

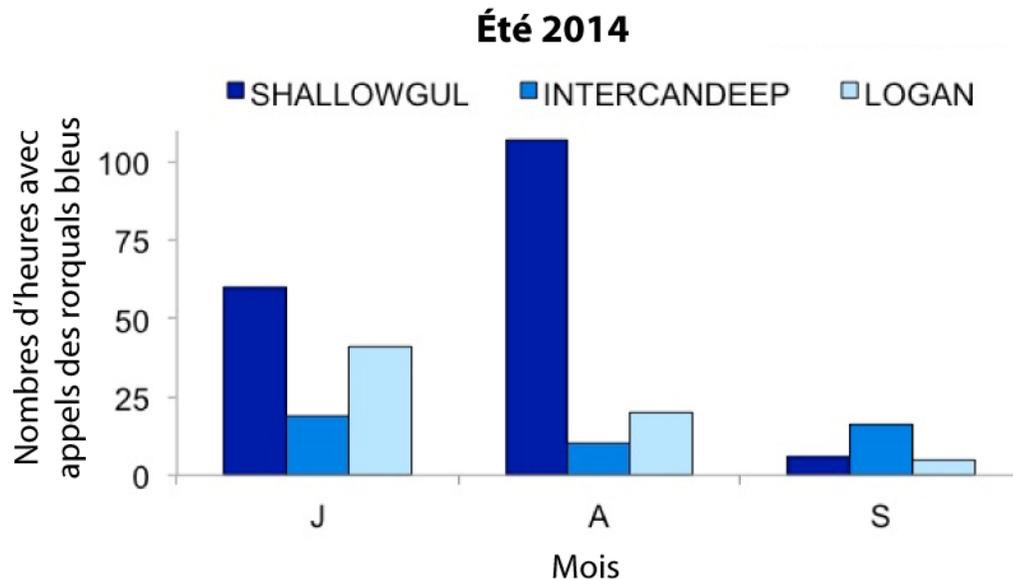


Figure 19. Nombre d'heures avec appels confirmés de rorquals bleus pour tous les mois au cours desquels des enregistrements ont été obtenus pour les emplacements SHALLOWGUL, GULSHO et SHOHALD.

ENSEMBLE DE DONNÉES DU SYSTÈME AURAL

Le MPO a déployé des systèmes AURAL à un certain nombre d'emplacements au large de Terre-Neuve-et-Labrador entre 2009 et 2015 (figure 19). Les systèmes ont été amarrés à des profondeurs d'eau comprises entre 29 et 207 m, les systèmes AURAL étant positionnés à une profondeur de 42 à 157 m du fond marin (tableau 13). Les enregistreurs étaient équipés d'un hydrophone de série HTI-96-MIN et le système d'enregistrement numérique 16 bits était muni d'un amplificateur réglable avec un gain de 22 dB choisi pour cette étude. Le signal analogique ainsi obtenu passait à travers un filtre antirepliement où il était enregistré dans des fichiers au format WAV de 128 Mo. Les enregistrements ont été recueillis à un taux d'échantillonnage de 32 kHz, fournissant des fréquences utilisables de 10 à 16 384 Hz, à un cycle de fonctionnement allant de 20 à 34 min en mode actif et de 26 à 40 min en mode inactif, à l'exception d'un enregistreur qui a permis de recueillir des données pendant 32,5 min, puis a été éteint pendant seulement 2,5 min (tableau 13).

Les données provenant de six emplacements d'enregistrement, notamment le banc Burgeo (BB) et la baie Placentia (BP) au large du sud de Terre-Neuve, deux emplacements (en bordure des canyons Carson et Lily) sur les Grands Bancs (ouest du bassin de Georgia [GBW] et est du bassin de Georgia [GBE]) et deux emplacements au sud du Labrador (sud du Labrador [LABS] et nord du Labrador [LABN]) (figure 20), ont été analysées pour y détecter des appels de rorqual bleu. La couverture d'enregistrement variait d'un endroit à l'autre, mais les enregistrements étaient généralement obtenus pendant l'été, l'automne et l'hiver. Des données acoustiques ont également été enregistrées aux emplacements LABN et LABS durant l'été et l'automne 2014, mais elles n'ont pas encore été analysées. Au total, 19 658 enregistrements (9 022 heures) ont été analysés pour détecter la présence d'appels de rorquals bleus (tableau 13).

Des détecteurs automatisés d'appels de rorquals bleus basés sur le procédé de transformée de Fourier rapide (FFT) élaborés par JASCO Applied Sciences Ltd., décrits ci-dessus, ont été

utilisés pour détecter les appels possibles de rorquals bleus (appels A, B, AB et D) sur ces enregistrements des systèmes AURAL.

Des appels de rorqual bleu ont été détectés sur 3 335 (16,9 %) des 19 658 enregistrements analysés. L'analyse a permis de vérifier que 156 d'entre eux (0,7 % de tous les enregistrements) contenaient des appels de rorquals bleus (c.-à-d. détections positives vraies), ce qui donne un taux global de faux positifs de 95,3 %. Ce taux élevé de faux positifs était probablement attribuable à la fois à des niveaux élevés de bruit anthropique (principalement des bruits de navires et des sons produits par les canons à air utilisés pour les levés sismiques) et au bruit de fond provoqué par les amarrages présents sur les enregistrements dans la bande de fréquences de vocalisation des rorquals bleus. Cela compromettait l'efficacité des détecteurs et rendait impossible dans certains cas la détermination de la présence d'appels de rorquals bleus. Cet ensemble de données sous-estime donc probablement les taux d'appels du rorqual bleu dans ces emplacements d'enregistrement.

Le nombre d'heures au cours desquelles des appels de rorquals bleus ont été confirmés variait encore une fois en fonction de l'emplacement et de la saison, bien que les données n'aient pas été recueillies pour toutes les saisons à tous les emplacements (tableau 14). Les enregistrements effectués en été au banc Burgeo ont enregistré le plus grand nombre d'heures au cours desquelles des appels de rorquals bleus se sont produits, alors qu'il y a eu peu d'appels confirmés durant l'une ou l'autre des saisons aux emplacements des Grands Bancs, et presque aucun appel confirmé présent sur les enregistrements de la baie Placentia au cours de toute saison et dans les ensembles de données de l'automne et de l'hiver pour le Labrador (les enregistrements du Labrador en été doivent encore être analysés). Des appels confirmés de rorquals bleus se sont produits en juillet, en août, en octobre, en novembre, en décembre et en janvier (figure 21). Des appels « Arch » ont été détectés pendant 41 heures d'enregistrements effectués en été au banc Burgeo et pendant une heure d'enregistrements à l'emplacement LABS (en octobre).

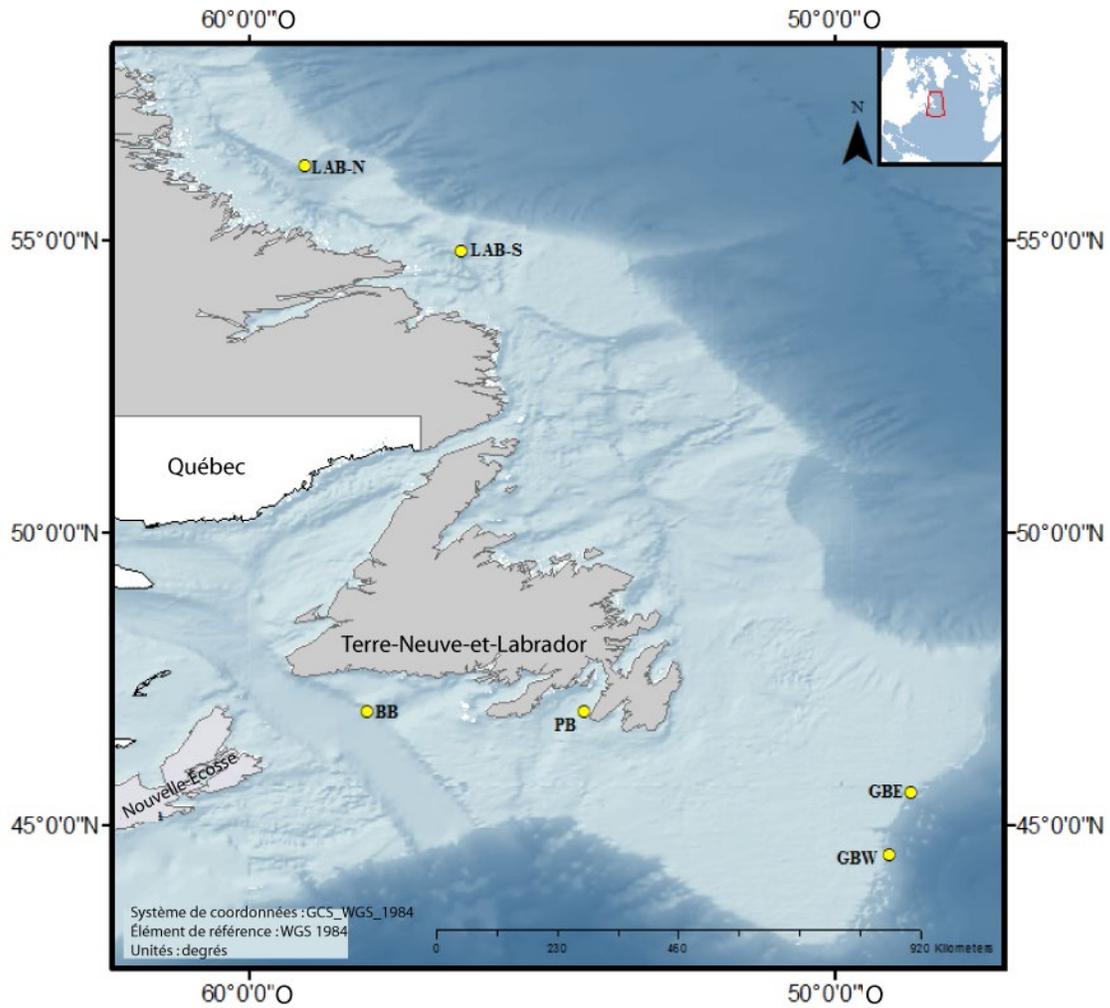


Figure 20. Emplacements du système d'enregistrement acoustique AURAL au large de Terre-Neuve-et-Labrador.

Tableau 13. Description de huit déploiements du système d'enregistrement acoustique AURAL incluse dans l'analyse des rorquals bleus.

Lieu	Déploiement	Profondeur de l'enregistreur (m)	Date du premier enregistrement	Date du dernier enregistrement	Cycle de fonctionnement	Nombre de dossiers
GBW	Été/hiver	76	25 août 2009	10 février 2010	20 min actif/40 min inactif	4 063
GBE	Été/hiver	81	25 août 2009	10 février 2010	30 min actif/30 min inactif	2 383
BP	Été/hiver	63	13 août 2009	29 janvier 2010	20 min actif/40 min inactif	4 062
BB	Été	157	21 juin 2010	20 août 2010	32,5 min actif/2,5 min inactif	2 500
LABS	Automne/hiver	42	20 octobre 2013	27 janvier 2014	34 min actif/26 min inactif	2 385
LABN	Automne/hiver	42	19 octobre 2013	25 janvier 2014	34 min actif/26 min inactif	2 358
LABN	Hiver	60	27 janvier 2014	13 mars 2014	34 min actif/26 min inactif	1 077
LABS	Hiver	80	25 janvier 2014	1 ^{er} mars 2014	34 min actif/26 min inactif	830
Tous						19 658

Tableau 14. Nombre et proportion d'heures au cours desquelles des détections d'appels de rorquals bleus ont été faites, à partir de chaque lieu d'enregistrement du système AURAL, pendant chaque saison. Nombre et proportion d'heures au cours desquelles des détections ont été faites à chaque lieu d'enregistrement pendant chaque saison, et pour chaque saison au total.

Lieu	Déploiement	Heures avec détections	Proportions d'heures avec détections
GBW	Automne	4	0,002
	Hiver	3	0,002
GBE	Été	2	0,013
	Automne	17	0,015
	Hiver	14	0,012
BP	Été	1	0,016
	Automne	0	0,0
	Hiver	0	0,0
	Printemps	1	0,002
BB	Été	114	0,046
LABS	Automne	0	0,0
	Hiver	1	< 0,001
LABN	Automne	0	00
	Hiver	0	0,0
Tous	Automne	21	0,004
	Hiver	18	0,003
	Été	118	0,037
	Total	157	0,011

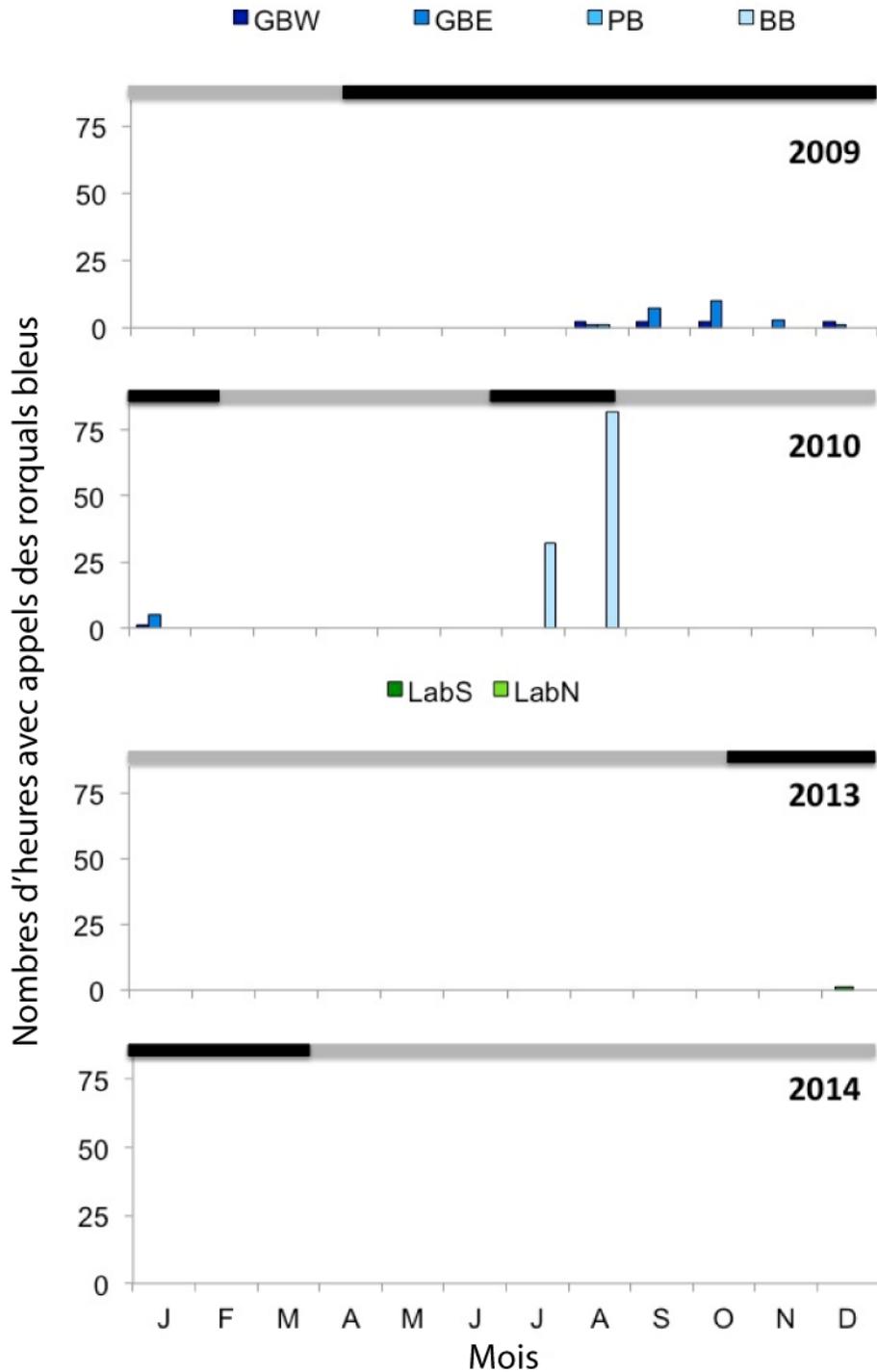


Figure 21. Nombre d'heures avec appels confirmés de rorquals bleus pour chaque mois de chaque année, pour les cinq lieux d'enregistrement. Les barres noires indiquent les heures pour lesquelles des enregistrements étaient disponibles, tandis que les barres grises indiquent les heures pour lesquelles aucun enregistrement n'a été recueilli. Des données acoustiques ont également été recueillies aux emplacements LabN et LabS durant l'été et l'automne 2014, mais elles ne sont pas indiquées ici, et n'ont pas été analysées.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les résultats ne sont pas directement comparables entre les divers ensembles de données présentés et, dans certains cas, même entre les différents enregistreurs d'un même ensemble de données, en raison des différences dans la sensibilité des divers enregistreurs utilisés et des conditions environnementales locales à chaque site d'enregistrement, ce qui signifie qu'il y a probablement différentes plages de détection associées à chaque site. Par exemple, un enregistreur détecterait plus d'appels du rorqual bleu dans une zone dans laquelle les conditions de propagation des sons sont meilleures ou les niveaux de bruit de fond sont plus bas, par rapport à un enregistreur situé dans une zone dans laquelle les conditions de propagation des sons sont moins bonnes ou les niveaux de bruit de fond sont plus élevés, même si les densités relatives des appels de rorquals bleus étaient égales. De plus, étant donné que dans certaines conditions, les appels de rorquals bleus peuvent être détectés sur de très grandes distances (des dizaines de kilomètres, voire même une centaine de kilomètres), il est possible que, dans certains cas, plusieurs enregistreurs aient enregistré le même individu émettant des sons. Il faut donc faire preuve de prudence lorsque l'on compare les résultats entre les sites d'enregistrement situés à proximité.

Ces ensembles de données démontrent que les appels tonals et les appels « Arch » sont présents, et bien que les vocalisations des rorquals bleus soient enregistrées tout au long de l'année, les périodes de pointe des appels surviennent généralement en juillet et en août, ainsi qu'en décembre et en janvier. On observe également un certain degré de variabilité interannuelle dans les tendances saisonnières observées dans les lieux d'enregistrement qui ont fait l'objet de la surveillance la plus poussée. Une augmentation importante du nombre d'heures d'observation des appels « Arch » du rorqual bleu a particulièrement été constatée à l'été 2014. On ne sait pas si cette différence découle des conditions environnementales ou d'un autre facteur, mais il est intéressant de noter qu'au cours de l'été 2014, un relevé sismique à grand azimuth a été effectué dans un rayon de 150 km à partir des enregistreurs AMAR pendant la même période (de mai à août). Une telle variation interannuelle doit faire l'objet d'un examen plus approfondi.

Les données liées aux observations (voir ci-dessus) et les résultats de répartition de l'espèce (voir la section suivante) laissent entendre que le nord-est de Terre-Neuve-et-Labrador n'est pas une région importante pour le rorqual bleu. En revanche, une étude de surveillance acoustique réalisée par Clark (1995) a permis de détecter et de suivre les rorquals bleus sur la côte nord-est de Terre-Neuve (figure 12), et quelques appels de rorquals bleus ont été détectés sur la bordure est des Grands Bancs (figure 20). Une analyse plus poussée des enregistrements acoustiques effectués en été dans la zone centrale du plateau continental au large du centre du Labrador pourrait confirmer ce précédent résultat, mais une plus grande surveillance acoustique au large des côtes de l'est de Terre-Neuve et du Labrador est nécessaire pour mieux comprendre la fréquence des appels saisonniers du rorqual bleu dans ces zones.

MODÈLES DE RÉPARTITION DE L'ESPÈCE

Des modèles de répartition de l'espèce ont été utilisés pour prévoir l'habitat potentiellement propice pour les rorquals bleus au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador pendant l'été. Les zones qui, selon les prévisions, constituent un habitat hautement ou modérément propice sont considérées comme potentiellement importantes pour cette espèce et devraient être considérées comme des zones prioritaires pour les futures surveillances à venir. Un résumé du modèle de répartition de l'espèce est présenté ci-dessous. Les méthodes sont décrites plus en détail dans Gomez *et al.* (2017).

MÉTHODES DE MODÉLISATION

Les données d'observation à long terme des cétacés dans les eaux au large de la Nouvelle-Écosse, de Terre-Neuve et du Labrador, disponibles auprès du MPO, du Système d'information biogéographique des océans (OBIS), du [laboratoire Whitehead](#) de l'Université Dalhousie et du programme Eastern Canadian Seabirds at Sea (ECSAS) d'Environnement Canada (Service canadien de la faune), ont servi à cette analyse. Ces données comprenaient les observations faites au cours d'enquêtes systématiques ainsi que les observations obtenues à partir de plateformes improvisées. Les relevés liés aux rorquals bleus effectués pendant les mois d'été de la période après la chasse à la baleine de 1975 à 2015 (N = 196; figure 22 [panneau de gauche]) ont été utilisés pour établir le modèle de répartition de l'espèce.

Le modèle de répartition de l'espèce exige la sélection de variables environnementales qui, selon les prévisions, devraient présenter une relation spatiale avec l'emplacement géographique d'une espèce et qui sont donc appropriées pour prédire un habitat propice. Pour les cétacés, la répartition des proies est une variable prédictive idéale (p. ex. Pendleton *et al.* 2012); cependant, l'information sur la répartition spatiale et temporelle du krill (la principale proie des rorquals bleus) fait défaut dans l'Atlantique Nord-Ouest, en dehors du golfe Saint-Laurent. À titre de solution de rechange, cinq variables environnementales probablement liées aux conditions physiques et biologiques requises pour déterminer la présence de proies du rorqual bleu ont été choisies (Gomez *et al.* 2017; tableau 15, figures 23 et 24).

Le logiciel MaxEnt (version 3.3.3k; www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent, Phillips *et al.* 2006) a été utilisé pour établir le modèle de répartition de l'espèce. Cet outil donne de bons résultats comparativement à d'autres approches traditionnelles qui utilisent uniquement des données sur la présence d'espèces lorsque la taille de l'échantillon est relativement petite (Elith *et al.* 2011; Phillips *et al.* 2006; Tittensor 2013). Le logiciel MaxEnt intègre l'emplacement géographique de chaque observation de l'espèce d'intérêt (c.-à-d. les données sur la présence seulement pour les espèces du groupe cible; rorquals bleus) et les prédicteurs de données environnementales dans la zone à l'étude (paysage). Le logiciel MaxEnt extrait ensuite un échantillon des emplacements où les espèces sont présentes et un échantillon des emplacements ponctuels dans le paysage et les compare pour étudier le taux de présence relatif (Fithian *et al.* 2015), ou la probabilité relative de la présence d'individus dans le paysage (Merow *et al.* 2013; Phillips *et al.* 2006). Les résultats bruts du taux de présence relatif ont été réajustés à une échelle de 0 à 100 et utilisés pour produire des cartes prédictives de l'habitat propice pour les rorquals bleus (Merow *et al.* 2013). Ces cartes présentent le taux de présence relatif réajusté dans quatre catégories arbitraires : élevé (100-60 %), modéré (60-40 %), faible (40-10 %) et très faible (< 10 %). Les mesures de la surface sous la courbe (SSC) des fonctions d'efficacité du récepteur ont été utilisées pour évaluer la capacité des modèles de répartition de l'espèce à faire correctement la distinction entre les sites associés à la présence du rorqual bleu et l'échantillon des emplacements ponctuels dans le paysage (Phillips *et al.* 2006).

Une source potentielle de biais d'échantillonnage dans le modèle de répartition de l'espèce est l'absence possible de données sur les rorquals bleus dans un habitat propice en raison du manque d'efforts de relevé dans la zone. Une correction des fichiers de biais a été appliquée pour tenir compte, en partie, de ce biais d'échantillonnage potentiel (Bystriakova *et al.* 2012; Fourcade *et al.* 2014). Une carte de répartition de l'échantillonnage a été créée en traçant les observations de cétacés autres que les rorquals bleus (c.-à-d. les espèces du groupe non ciblé) dans la zone d'étude pendant l'été. Il a été considéré que les cellules situées dans un rayon précis des enregistrements relatifs aux espèces du groupe non ciblé avaient fait l'objet d'un relevé et ont été utilisées pour produire un fichier de biais représentant les zones « échantillonnées » de la zone d'étude (Merow *et al.* 2013; Phillips *et al.* 2006); figure 22 [panneau de droite]). Il convient de noter que cette correction ne tient pas compte des zones où

aucun cétacé n'a été observé ou dans lesquelles aucun effort n'a été déployé. Une analyse de sensibilité a ensuite été effectuée pour étudier l'incidence sur le modèle de répartition de l'espèce obtenu lorsque le fichier de biais n'est pas inclus et l'incidence liée à l'ajustement du rayon des cellules étudiées incluses dans le fichier de biais à 1, 2,5 et 5 km (Bystriakova *et al.* 2012; Fourcade *et al.* 2014).

Le fait que les observations de rorquals bleus peuvent être surreprésentées dans les régions où l'effort d'échantillonnage est élevé peut constituer une autre source de biais potentielle (p. ex. la zone de protection marine du Gully [ZPM]). Un sous-échantillonnage systématique des observations de rorquals bleus a été utilisé pour tenir compte de ce biais potentiel (Bystriakova *et al.* 2012; Fourcade *et al.* 2014). Pour cette correction, une seule observation de rorqual bleu à l'intérieur d'une grille spécifiée a été échantillonnée et incluse dans le modèle de répartition de l'espèce. Une analyse de sensibilité a ensuite été effectuée pour étudier l'incidence sur le modèle de répartition de l'espèce obtenu du fait de ne pas effectuer de sous-échantillonnage et d'ajuster la taille de la grille de sous-échantillonnage à 1, 2,5 et 5 km (Bystriakova *et al.* 2012; Fourcade *et al.* 2014).

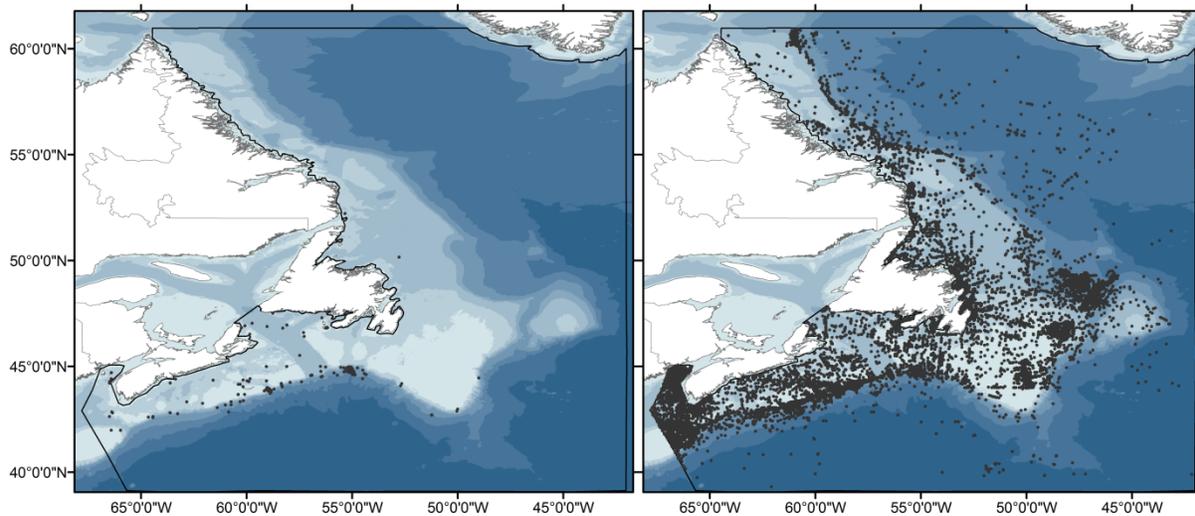


Figure 22. Observations de rorquals bleus (espèces du groupe ciblé) recueillies à l'intérieur des limites de notre zone d'étude indiquées par la ligne noire (N = 196 enregistrements); et [panneau droit] observations de cétacés autres que les rorquals bleus (enregistrements des espèces du groupe non ciblé; N = 40 929) utilisées pour créer un fichier de biais. Cette carte met en évidence le manque relatif d'effort de relevé sur les plateaux du nord-est de Terre-Neuve-et-Labrador et dans les eaux plus profondes de l'Atlantique Nord-Ouest. Les données d'observation des cétacés du MPO, de l'OBIS, du laboratoire Whitehead de l'Université Dalhousie et du programme ECSAS ont été incluses.

Tableau 15. Couches environnementales sélectionnées pour prévoir la répartition des rorquals bleus. Les saisons ont été définies comme étant le printemps (de mars à mai) et l'été (de juin à août). Tableau tiré de Gomez et al. (2017).

Variable	Unités	Résolution temporelle	Résolution spatiale	Source
Profondeur de l'océan	Mètres	Variable statique	1 km	Division de la gestion côtière des océans, région des Maritimes, MPO, Institut océanographique de Bedford
Indice topographique composé (CTI)	Sans objet	Variable statique	1 km	Calculé à l'aide de la boîte à outils de géomorphométrie et de mesure de la pente, version 2.0, dans ArcGIS (Evans et al. 2014).
Température de la surface de la mer (SST)	Degré Celsius	Variable saisonnière (utilisée dans le modèle de répartition de l'espèce : été)	pixel de 1,5 km	Calculé à partir d'images de télédétection fournies par le spectroradiomètre imageur à résolution moyenne (MODIS) du satellite Aqua. Les climatologies saisonnières (2003-2014) ont été établies à partir des intégrations bimensuelles des données (2003-2014). (Disponible sur le site Web sur la Section d'océanographie biologique .)
Zones de concentrations élevées et persistantes en chlorophylle a (CHL _{persistance})	%	Variable saisonnière (utilisée dans le modèle de répartition de l'espèce : printemps et été)	pixel de 1,5 km	Calculé à partir des images fournies par le spectromètre MODIS sur le satellite Aqua (Fuentes-Yaco et al. 2015).
Concentrations régionales de chlorophylle a	mg/m ³	Variable saisonnière (utilisée dans le	pixel de 1,5 km	Calculé à partir des images fournies par le spectromètre MODIS sur le satellite Aqua (Fuentes-Yaco et

Variable	Unités	Résolution temporelle	Résolution spatiale	Source
(CHL _{concentration})		modèle de répartition de l'espèce : printemps et été)		<i>al.</i> 2015).

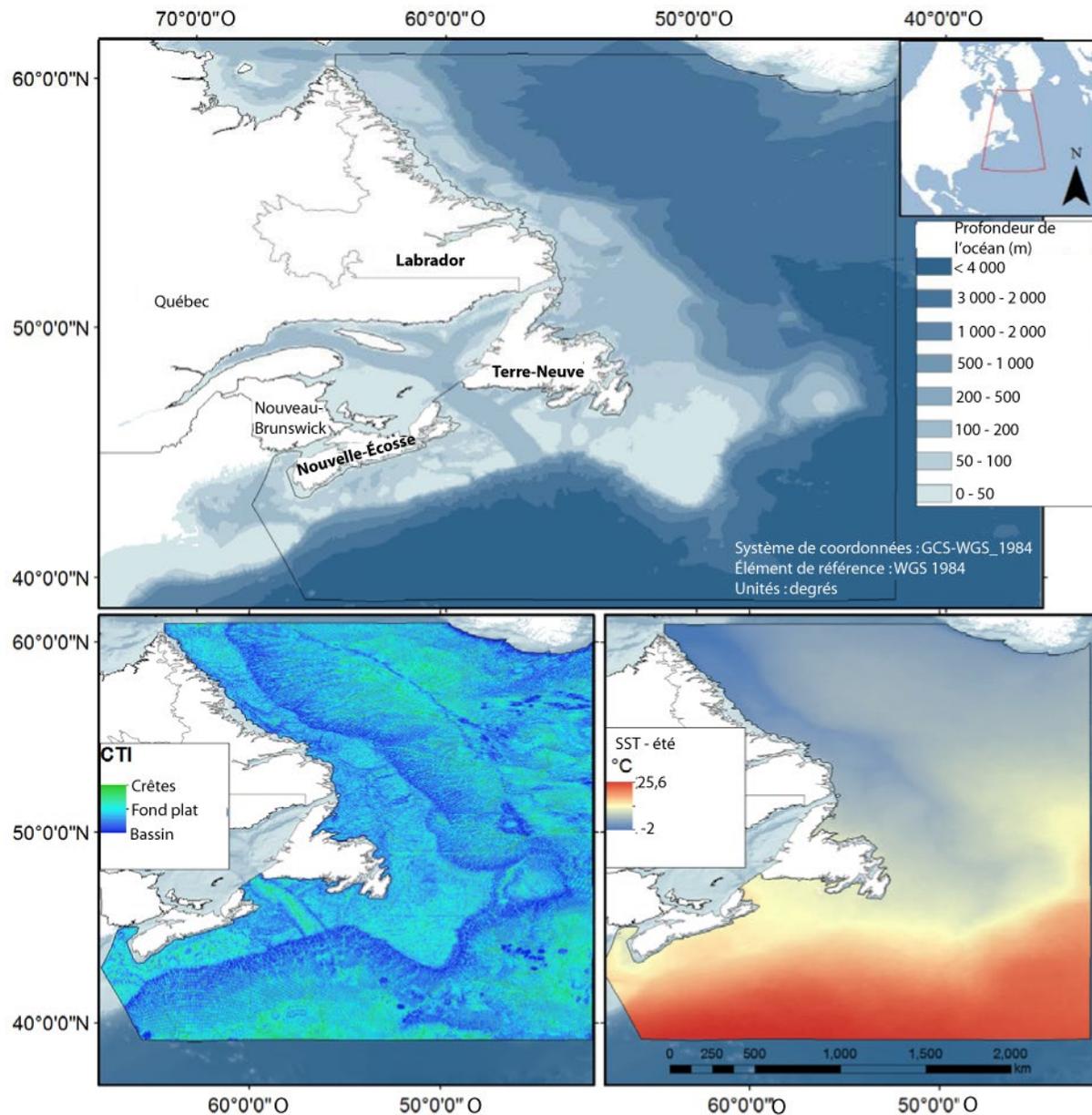


Figure 23. Données environnementales physiques utilisées pour prévoir la répartition des rorquals bleus dans l'Atlantique Nord-Ouest : (panneau supérieur) profondeur de l'océan (mètres), (panneau inférieur gauche) indice topographique composé (CTI) et (panneau inférieur droit) température de surface de la mer (SST) (°C) pendant l'été (de juin à août). Le CTI, établi d'après la profondeur de l'océan, est une variable continue qui varie de 9,57 à 27,8 (les valeurs faibles représentent les bassins, les valeurs élevées les pics et les valeurs intermédiaires d'environ 18,7 les surfaces planes). Les climatologies saisonnières liées à la SST ont été établies à partir des intégrations bimensuelles des données pour la période de 2003 à 2014. Figure tirée de Gomez et al. (2017).

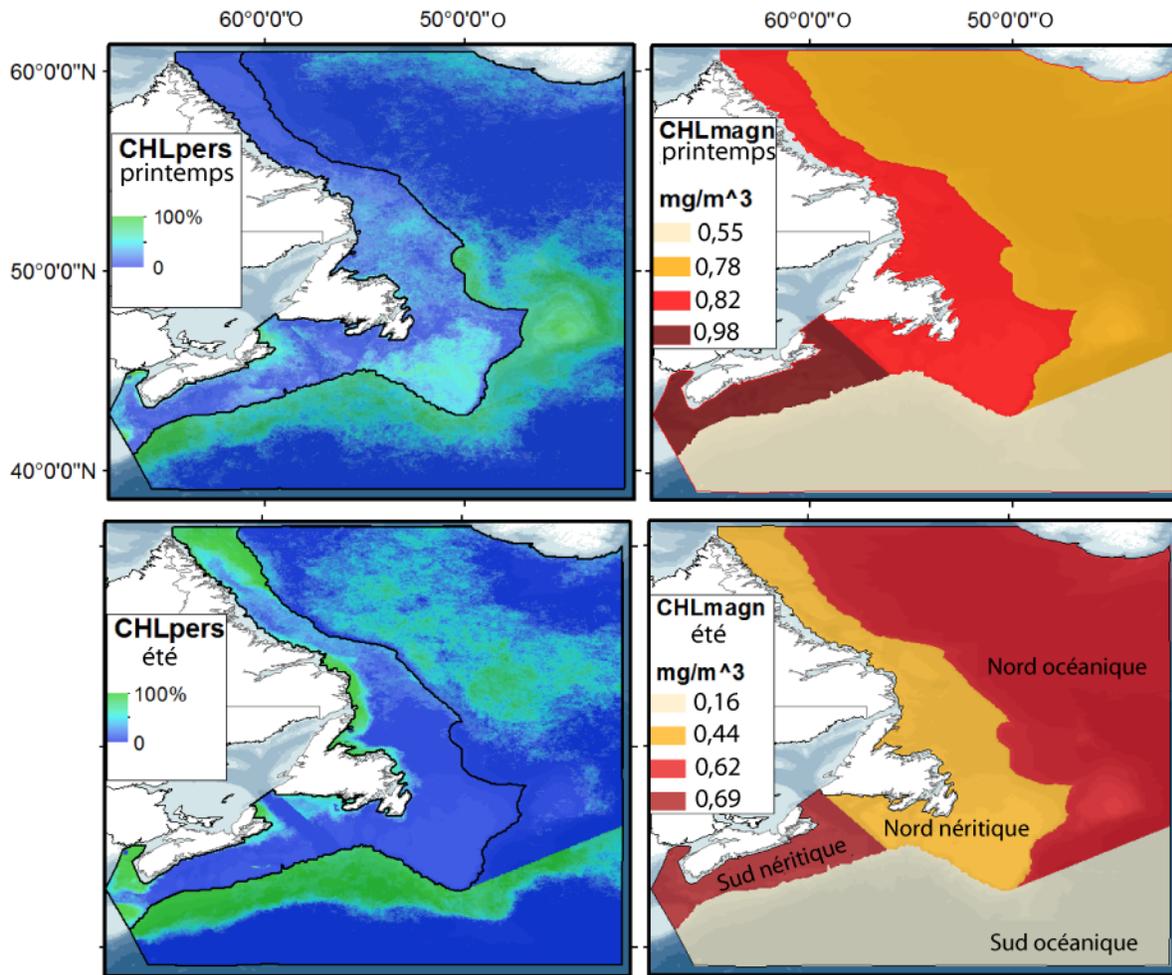


Figure 24. Données biologiques environnementales utilisées pour prévoir la répartition des baleines dans l'Atlantique Nord-Ouest : (panneaux de gauche) où la concentration de chlorophylle a est constamment élevée (CHL_{pers}) et (panneaux de droite) la chlorophylle a régionale moyenne (CHL_{conc}). Les climatologies saisonnières (printemps [de mars à mai] et été [de juin à août]) ont été établies à partir des données hebdomadaires intégrées pour la période de 2003 à 2014 (tableau 1, Fuentes-Yaco et al. 2015). La ligne noire indique la subdivision de la zone d'étude en zone néritique (entre 50 m et 600 m de profondeur) et océanique (> 600 m de profondeur). Les régions néritiques et océaniques ont été divisées en régions Nord et Sud (voir le panneau de gauche). Les procédures de calcul de chacune de ces cartes sont présentées en détail dans Fuentes-Yaco et al. (2015). Figure tirée de Gomez et al. (2017).

RÉSULTATS DE MODÉLISATION DU LOGICIEL MAXENT

L'inspection visuelle des modèles de répartition de l'espèce produits pour l'analyse de sensibilité, qui comprenait 16 exécutions de modèle (aucun fichier de biais, fichier de biais avec un rayon de cellule d'échantillonnage de 1, 2,5 et 5 km; aucun sous-échantillonnage, sous-échantillonnage avec une grille de 1, 2,5 et 5 km), indique que, malgré quelques similitudes entre les divers modèles de répartition de l'espèce générés, les résultats du modèle de répartition de l'espèce étaient sensibles à la taille du rayon du fichier de biais et, dans une moindre mesure, à la résolution de la grille utilisée (figure 25). Il a toujours été déterminé que les talus du plateau néo-écossais et des Grands Bancs convenaient très bien dans toutes les exécutions du modèle, bien que l'étendue de ces zones varie. Le chenal laurentien et de vastes

zones de l'ouest et du centre du plateau néo-écossais, ainsi que le sud du plateau de Terre-Neuve, étaient également modérément appropriées, voire très appropriées, dans toutes les exécutions du modèle lorsqu'un fichier de biais était appliqué; lorsqu'aucun fichier de biais n'était appliqué, seuls les talus ouest et est du chenal laurentien et des zones beaucoup plus petites du plateau néo-écossais et du sud du plateau de Terre-Neuve étaient modérément appropriées, voire très appropriées. Si aucun fichier de biais n'a été appliqué, une grande partie de la zone de la baie de Fundy était modérément à hautement appropriée, tandis que seules de très petites zones dans la baie de Fundy étaient modérément ou hautement appropriées pendant certaines exécutions du modèle avec un fichier de biais appliqué. Les eaux au large du Labrador et du nord et de l'est de Terre-Neuve ont toujours été très faiblement à faiblement appropriées pour toutes les exécutions du modèle.

La figure 26 présente le modèle de répartition de l'espèce qui comportait le fichier de biais établi en effectuant un tracé des enregistrements des espèces du groupe non ciblé sur les cellules d'échantillonnage dans un rayon de 1 km et les observations de rorquals bleus sous-échantillonnées sur une grille de 1 km (N = 176). Un kilomètre est considéré comme une distance raisonnable à laquelle les observateurs des plateformes maritimes peuvent détecter et identifier les rorquals bleus, ce qui justifie la distance de 1 km choisie pour le fichier des biais (Gomez *et al.* 2017). Une grille de 1 km pour le sous-échantillonnage des observations de rorquals bleus a été choisie pour estimer, de façon approximative, l'échelle des couches environnementales modèles (tableau 15). Les cinq variables environnementales incluses dans cette étude n'étaient pas corrélées et ont donc toutes été utilisées dans le modèle de répartition de l'espèce (facteur d'inflation de la variance inférieur à 3, Zuur *et al.* 2010). La SST (56,4 %), la profondeur de l'océan (15,1 %) et la concentration de la chlorophylle (CHL_{concentration}) au printemps (13,3 %) ont été les plus importantes contributions au modèle de répartition du rorqual bleu. Ce modèle avait des valeurs SSC élevées 0,851 +/- 0,130), ce qui indique que le modèle a un bon rendement. Bien que les valeurs SSC permettent une évaluation adéquate du rendement du modèle (voir Phillips *et al.* 2006), la prudence est de mise, car elles ne constituent pas une mesure parfaite de l'exactitude du modèle en raison notamment du manque de données réelles sur l'absence des espèces (Lobo *et al.* 2008, Fourcade *et al.* 2014). Il n'existe pas d'autre solution pour évaluer le rendement du modèle pour ce type de modèle de répartition de l'espèce fondé sur la présence des espèces uniquement (Merow *et al.* 2013).

Le modèle de répartition de l'espèce prévoit des zones d'habitat propice pour le rorqual bleu qui devraient être considérées comme des zones prioritaires dans le cadre des futurs de surveillance du rorqual bleu à venir. Il est important de noter que les résultats du modèle de répartition de l'espèce ne sont pas interprétés comme la répartition la plus exacte des rorquals bleus dans l'Atlantique Nord-Ouest, car cela va au-delà de la capacité d'évaluation du modèle. Il faut interpréter les résultats du modèle de répartition de l'espèce avec prudence, car la majorité des observations de cétacés ont été faites sur le plateau néo-écossais et il y a un manque d'effort de relevé dans de grandes portions de la zone d'étude, en particulier en eau profonde, au-delà du rebord du plateau. Les résultats sont susceptibles de varier à mesure que de nouvelles données deviennent disponibles, comme le démontrent Gomez *et al.* (2017). En outre, de nombreuses observations de cétacés ont été recueillies par le biais de plateformes improvisées plutôt que de manière systématique. Par ailleurs, les modèles de répartition de l'espèce étaient sensibles aux paramètres du modèle utilisés, comme le rayon de la cellule d'échantillonnage du fichier de biais. Pour ces raisons, les résultats du modèle de répartition de l'espèce fournissent une indication de l'habitat potentiellement propice et représentent des cartes provisoires en attendant de nouveaux renseignements et la validation du modèle. Les résultats peuvent être utilisés comme hypothèse à vérifier une fois que des données supplémentaires mises à jour et pertinentes sont prises en considération (Gomez *et al.* 2017). Pour améliorer et valider les modèles de répartition de l'espèce produits pour cette étude, les

efforts devraient se concentrer sur l'utilisation d'observations de cétacés provenant de relevés systématiques dans lesquels des zéros absolus sont disponibles (p. ex. Lawson et Gosselin 2009), ainsi que sur la reconstitution possible des efforts associés aux observations recueillies sur les plateformes improvisées.

L'habitat hautement et modérément propice des rorquals bleus correspondait aux zones d'eau profonde le long des talus du plateau néo-écossais et des Grands Bancs, du chenal laurentien, ainsi qu'aux zones moins profondes de l'ouest du plateau néo-écossais et du plateau au large du sud de Terre-Neuve (figure 25). Les zones en eau profonde au-delà du rebord du plateau correspondent à des zones où l'habitat du rorqual bleu est peu propice (figure 25), c'est-à-dire des zones où l'effort de relevé est faible ou inexistant (figures 3, 4, 5, 6, et 22). On ne sait pas exactement si cela est dû au manque de données sur les observations dans ces zones, étant donné que Clark (1995) a enregistré des vocalisations de rorquals bleus dans la région du nord au large des côtes.

Abgrall (2009) a utilisé une approche d'analyse de la niche écologique pour définir l'habitat du rorqual bleu au large de Terre-Neuve-et-Labrador par l'intermédiaire de quatre couches environnementales prédictives : profondeur de l'eau, pente du fond marin, température de la surface de la mer et concentration de chlorophylle. L'habitat le plus propice pour les rorquals bleus autour de Terre-Neuve-et-Labrador était principalement situé dans le golfe du Saint-Laurent et au large de la côte sud de Terre-Neuve (Abgrall 2009). Un habitat propice a également été détecté le long des côtes du nord-est de Terre-Neuve et du sud du Labrador. On observe quelques différences entre les résultats d'Abgrall (2009) et les résultats du logiciel MaxEnt présentés ci-dessus, en partie parce que les relevés d'observation des rorquals bleus utilisés par Abgrall (2009) incluaient des observations effectuées dans le golfe du Saint-Laurent, ainsi que des registres sur la chasse à la baleine avant 1974, qui comprennent plus d'observations au large de la côte nord-ouest de Terre-Neuve et de la côte sud du Labrador (figure 1) que le profil des observations après 1975 (figure 9). Abgrall (2009) a également utilisé un modèle d'algorithme différent ainsi que des couches prédictives différentes.

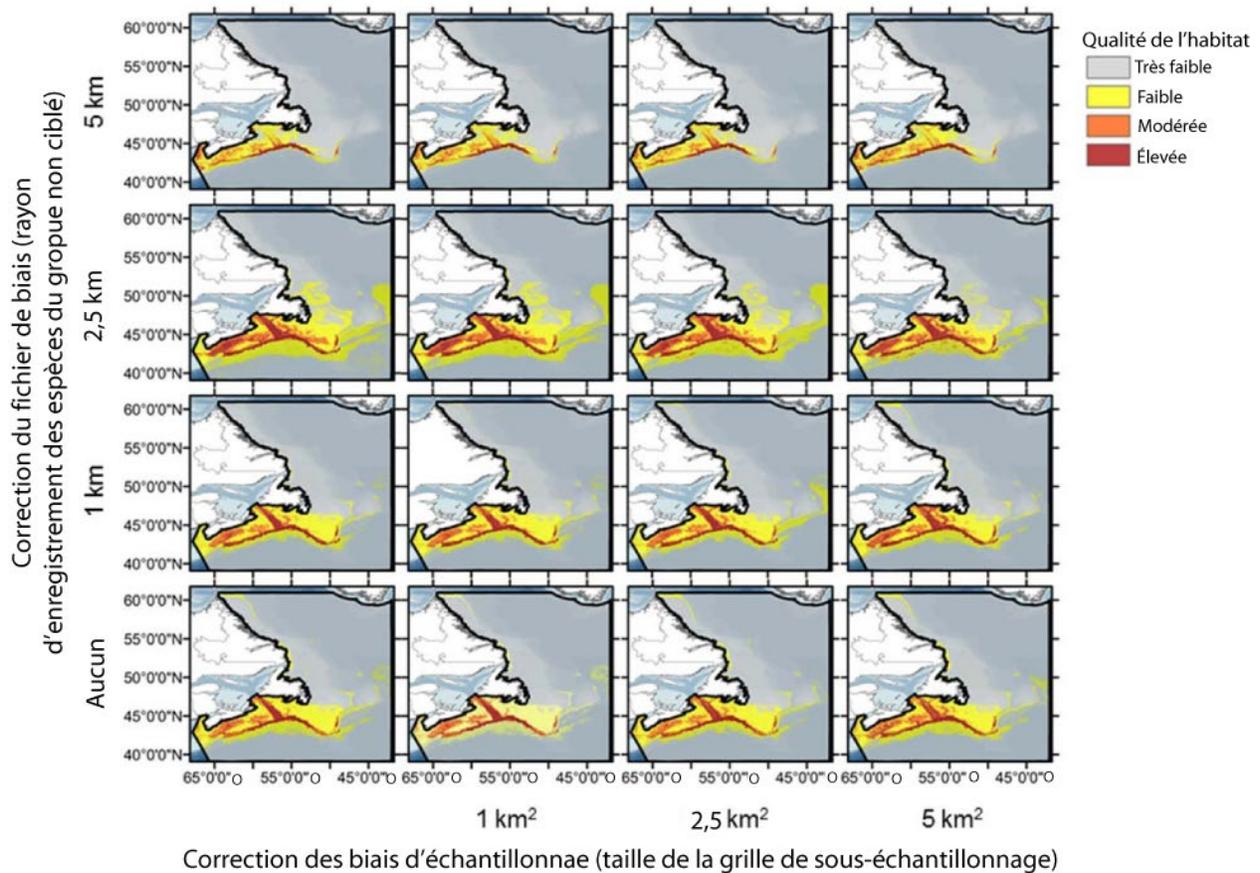


Figure 25. Moyenne des résultats du modèle de répartition de l'espèce du logiciel MaxEnt pour les rorquals bleus pendant l'été (de juin à août) à l'aide de cinq variables environnementales prédictives : la profondeur de l'océan, le CTI, la SST en été, les zones où la concentration de chlorophylle a est élevée et persistante au printemps et à l'été et la concentration régionale de la chlorophylle a au printemps et en été pour chaque scénario de correction des biais d'échantillonnage (les colonnes indiquent, de gauche à droite, qu'aucun sous-échantillonnage n'a été appliqué, des observations de rorquals bleus sous-échantillonnées sur des grilles de 1 km², de 2,5 km² et de 5 km²), ainsi que la correction du fichier de biais (les lignes du haut vers le bas indiquent qu'aucune correction de fichier de biais n'a été appliquée, les corrections du fichier de biais à l'aide des enregistrements concernant les espèces du groupe non ciblé dans un rayon de 1 km, de 2,5 km et de 5 km). Les lignes noires indiquent les limites de la zone d'étude (3 251 342 km²); l'analyse n'incluait pas le golfe du Saint-Laurent, ni les eaux côtières peu profondes.

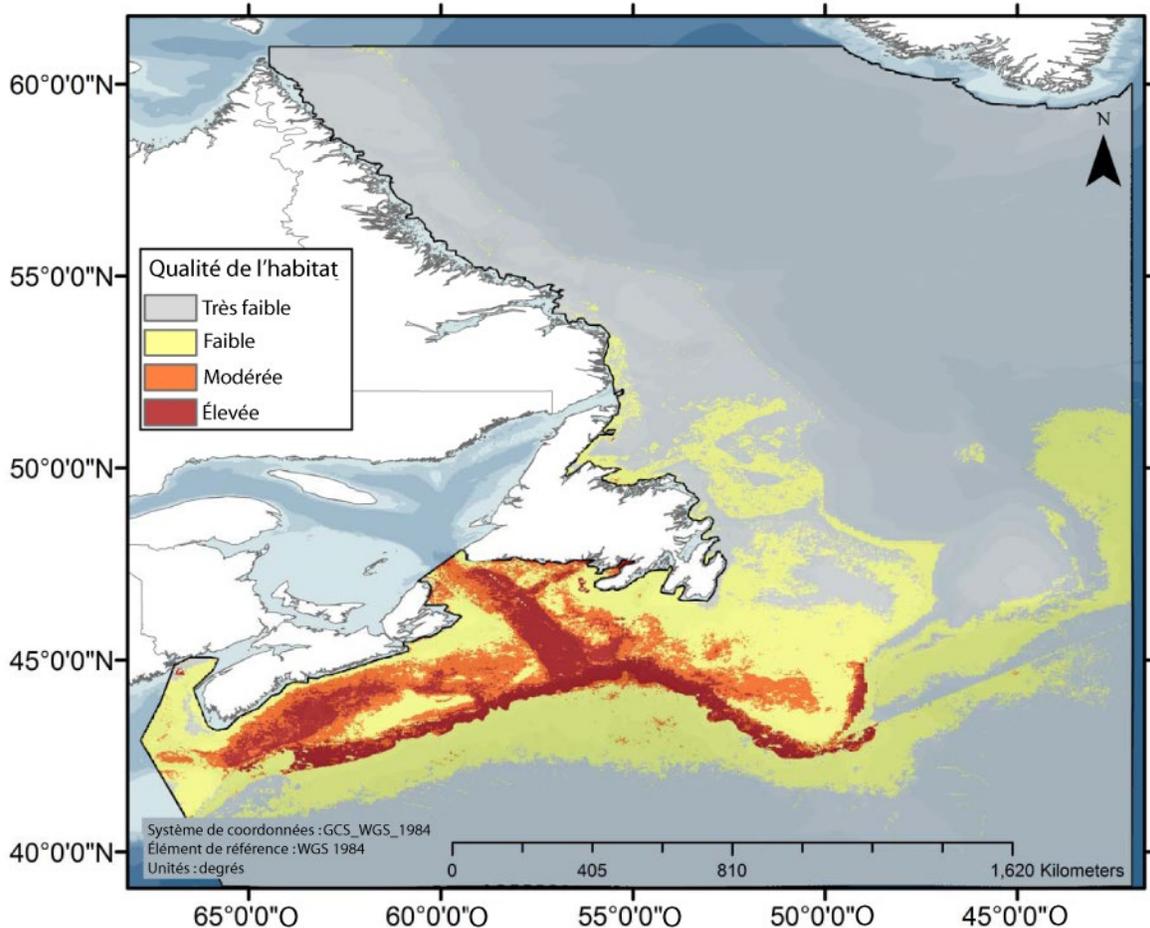


Figure 26. Moyenne du modèle de répartition de l'espèce du logiciel MaxEnt pour les rorquals bleus pendant l'été (de juin à août; valeur SSC – rorquals bleus = 0,85 [+/- 0,130]) en utilisant des observations de rorquals bleus sous-échantillonnées sur une grille de 1x1 km (N = 176), des cartes présentant les biais des enregistrements liés aux espèces du groupe non ciblé dans un rayon de 1 km, et cinq variables environnementales prédictives : la profondeur de l'océan, le CTI, la SST en été, les zones où la concentration de chlorophylle a est élevée et persistante au printemps et en été, et la concentration régionale de chlorophylle a au printemps et en été. La ligne noire indique les limites de la zone d'étude (3 251 342 km²); l'analyse n'incluait pas le golfe du Saint-Laurent, ni les eaux côtières peu profondes.

DISCUSSION

ZONES D'IMPORTANCE POTENTIELLE POUR LES RORQUALS BLEUS

D'après les données recueillies à partir des relevés systématiques, des plateformes d'observation improvisées, ainsi que des mesures de surveillance acoustique et des modèles de répartition de l'espèce, les zones potentiellement importantes pour les rorquals bleus de l'Atlantique Nord-Ouest à l'extérieur du golfe du Saint-Laurent ont été identifiées comme suit :

1. Zones d'eau profonde le long du talus du plateau néo-écossais, en particulier l'est du plateau néo-écossais à proximité de plusieurs canyons sous-marins (appuyées par des observations, des détections acoustiques et les résultats du modèle de répartition de l'espèce).

-
2. Zones d'eau profonde le long du talus des Grands Bancs au sud de Terre-Neuve (appuyées par les observations et les résultats du modèle de répartition de l'espèce).
 3. Zones d'eau profonde du chenal laurentien (appuyées par les observations et les résultats du modèle de répartition de l'espèce).
 4. Zones moins profondes au large de la côte sud-ouest de Terre-Neuve (appuyées par des données historiques sur la chasse à la baleine, des données sur l'emprisonnement dans la glace, les observations, les détections acoustiques et les résultats du modèle de répartition de l'espèce).
 5. Zones moins profondes de l'ouest du plateau néo-écossais (appuyées par les données historiques sur la chasse à la baleine et les résultats du modèle de répartition de l'espèce).

Bien que des rorquals bleus aient pu être décelés visuellement ou acoustiquement dans ces différentes zones, et bien que l'importance potentielle de celles-ci ait été confirmée par les résultats des modèles de répartition de l'espèce, peu de recherches visant les rorquals bleus, d'une manière générale, ont été faites dans ces zones. On ne sait donc pas exactement comment et pourquoi les rorquals bleus utilisent ces zones. Toutefois, les données acoustiques donnent à penser qu'il y aurait une différence dans l'utilisation de ces zones en été (lorsque la plus grande partie des appels sont détectés, lesquels sont le fait des deux sexes et seraient liés au comportement de recherche de nourriture) et en hiver (lorsque l'on détecte des chants propres aux mâles et qui seraient liés aux activités de reproduction).

COMPARAISON AVEC LA RÉPARTITION HISTORIQUE

Il y a eu un effort de recherche opportuniste relativement important pour les baleines sur le plateau néo-écossais (figure 22); cependant, les données recueillies après l'observation des baleines ne font pas ressortir l'importance particulière du banc d'Émeraude dans l'ouest du plateau néo-écossais pour les rorquals bleus. Cette situation est différente de celle observée pendant la période de chasse à la baleine lorsque la plupart des observations ont eu lieu dans la région du banc d'émeraude (figure 3). Cela pourrait indiquer une altération possible de la répartition au fil du temps. Fait intéressant, malgré l'absence d'observations dans la région, le modèle de répartition de l'espèce indique que la région de l'ouest du plateau néo-écossais est une zone prioritaire à surveiller (figure 25). De même, les données d'observation après la chasse à la baleine et les résultats du modèle de répartition de l'espèce ne concordent pas avec les prises historiques de rorquals bleus au large du nord de Terre-Neuve, mais concordent avec les données de chasse à la baleine au large du sud de Terre-Neuve.

SAISONNALITÉ DE LA PRÉSENCE DU RORQUAL BLEU

Le rorqual bleu est une espèce migratrice connue pour fréquenter le golfe du Saint-Laurent et l'est du plateau néo-écossais principalement durant les mois d'été (Hooker *et al.* 1999; Reeves *et al.* 1998; Sears *et al.* 1990). Cependant, des observations et des détections acoustiques indiquent que le rorqual bleu est présent toute l'année à l'extérieur du golfe du Saint-Laurent. Des observations occasionnelles de rorquals bleus émettant des sons pendant l'automne et l'hiver sur le bord est du plateau néo-écossais, ainsi que des données provenant d'animaux étiquetés d'après le repérage par satellite (Lesage *et al.* 2016), ont révélé leur présence dans cette zone au printemps, en automne et en hiver, ce qui laisse entendre qu'au moins certains individus y sont présents pendant l'année. Une teneur élevée en chlorophylle a (approximation de la productivité primaire et potentiellement liée à la disponibilité des proies) est présente toute l'année sur le plateau néo-écossais (Fuentes-Yaco *et al.* 2015).

On observe des pics saisonniers dans la présence d'appels dans l'est du talus du plateau néo-écossais en hiver (de décembre à janvier) et en été (de juillet à août). Ces pics correspondent bien aux profils de déplacement observés dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent, ce qui indique des déplacements vers l'intérieur et vers l'extérieur du détroit de Cabot du rorqual bleu. Les études reposant sur l'identification photographique donnent à penser que certains individus qui résident au large de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve fréquentent également le golfe du Saint-Laurent, mais aussi que certains animaux demeurent à l'extérieur du golfe du Saint-Laurent. Les études futures devraient continuer d'intégrer une composante saisonnière afin de mieux comprendre les déplacements saisonniers et l'utilisation de l'habitat.

RÉPERCUSSIONS EN MATIÈRE DE GESTION

Les résultats de notre modèle de répartition de l'espèce montrent que les rorquals bleus ont un habitat très propice et modérément propice dans les zones qui chevauchent la zone de protection marine (ZPM) du Gully, qu'ils ont désigné comme un habitat essentiel pour la baleine à bec commune, notamment les canyons du Gully, Shortland et Haldimand. On s'y attendait, car une grande partie des observations de baleines ont été recueillies dans ces aires de conservation (p. ex., figure 8). Un habitat très propice et modérément propice pour les rorquals bleus a également été prévu à l'intérieur des limites d'une ZPM proposée dans le chenal laurentien. Bien que ces zones, en particulier la ZPM du Gully, bénéficient d'un certain niveau de protection qui profitera aux rorquals bleus, ces derniers sont largement répartis dans tout le Canada atlantique et une grande partie de leur habitat n'est actuellement pas protégée.

Les résultats du modèle de répartition n'ont mis en évidence qu'une partie de la côte sud-ouest de Terre-Neuve comme habitat très propice ou modérément propice pour le rorqual bleu. Cependant, il doit y avoir une raison importante pour laquelle les rorquals bleus pénètrent dans cette zone au printemps, malgré le risque d'emprisonnement (figure 11). En 2014, au moins neuf rorquals bleus adultes ont été emprisonnés et tués par la glace de mer qui se déplace, ce qui a constitué une perte importante pour la petite population d'adultes. Des efforts accrus de surveillance dans cette zone pourraient aider à mieux comprendre son importance pour la population et l'ampleur du risque que posent les événements d'emprisonnement dans la glace pour la population.

Les zones de concessions pétrolières et gazières au large de l'Est du Canada sont concentrées dans les mêmes régions que les habitats hautement et modérément propices des rorquals bleus : le long des eaux profondes de la pente continentale. Des relevés sismiques fréquents et à grande échelle sont effectués dans ces régions. Par conséquent, des données à jour sur la présence du rorqual bleu et le chevauchement possible avec les activités humaines dans l'Atlantique Nord-Ouest sont nécessaires pour éclairer les processus de planification spatiale marine et évaluer les menaces et les impacts potentiels sur le rorqual bleu (par exemple, Pirodda *et al.* 2014; Thompson *et al.* 2013) (par exemple, Pirodda *et al.* 2014; Thompson *et al.* 2013) (par exemple, Pirodda *et al.* 2014; Thompson *et al.* 2013) (par exemple, Pirodda *et al.* 2014; Thompson *et al.* 2013). Le bruit anthropique a été identifié comme une menace importante pour les rorquals bleus (Beauchamp *et al.* 2009) et l'évaluation du chevauchement temporel et spatial des sons provenant d'activités anthropiques et de la présence du rorqual bleu est une étape importante pour évaluer les impacts potentiels sur la population. On sait que les rorquals bleus produisent des appels plus longs en présence des sons produits par les canons à air utilisés pour les levés sismiques (Di Iorio et Clark 2010). De tels changements dans le comportement de vocalisation peuvent avoir un coût énergétique, et il y a des limites physiologiques à ce que les individus peuvent supporter (Holt *et al.* 2015). Des systèmes d'enregistrement acoustiques sont déjà en place dans plusieurs des zones d'habitat propice mises en évidence dans cette étude; ces enregistreurs fourniront non

seulement de l'information sur la présence de rorquals bleus, mais faciliteront également l'étude de l'ampleur de l'exposition potentielle au bruit (comme dans Di Iorio et Clark 2010; Melcón *et al.* 2012). Des études sur le chevauchement spatial et temporel de la présence du rorqual bleu et des activités de navigation (p. ex. Laist *et al.* 2001; Simard *et al.* 2014; Vanderlaan et Taggart 2007) faciliteraient la réalisation d'évaluations des impacts semblables.

RECOMMANDATIONS POUR LES EFFORTS DE RECHERCHE FUTURS

Les habitats propices du rorqual bleu, tels que prédits par les modèles de la répartition de l'espèce, sont définis comme les régions où les rorquals bleus ont été et sont les plus susceptibles d'être observés, et représentent des zones prioritaires sur lesquelles les efforts de surveillance du rorqual bleu (incluant la surveillance acoustique passive et les relevés aériens ou maritimes) devraient se concentrer à l'avenir. Les efforts de surveillance futurs devraient également inclure une surveillance étendue de l'espèce et de ses proies dans les zones extracôtières qui ont fait l'objet d'un effort très limité au chapitre des relevés. Cibler des zones d'habitat qui, selon les prévisions, sont très propices, ainsi que des zones où les efforts de surveillance sont actuellement faibles, dans le cadre de relevés visuels ou acoustiques à venir, permettrait d'évaluer l'exactitude des prévisions actuelles et de toute prévision révisée du modèle de répartition de l'espèce.

Pour affiner davantage le modèle de répartition de l'espèce, des données sur la concentration relative des proies du rorqual bleu (krill) à des échelles temporelles et spatiales fines sont nécessaires. À l'extérieur du golfe du Saint-Laurent, l'information sur les proies du rorqual bleu, telle que celle décrite dans (McQuinn *et al.* 2016¹) et (Plourde *et al.* 2016), pourrait fournir un indicateur supplémentaire des points chauds potentiels du rorqual bleu et l'établissement de couches de données sur le krill pourrait être utilisé pour mieux décrire l'habitat propice du rorqual bleu. De plus, des scénarios potentiels de changements à venir dans les indices spatiaux de la concentration de krill sont souhaitables pour quantifier la manière dont les différents scénarios de répartition des proies peuvent modifier l'habitat propice du rorqual bleu.

La valeur des connaissances découlant de la surveillance acoustique des rorquals bleus pendant toute l'année afin de mieux décrire l'occurrence et l'utilisation saisonnières d'une zone est mise en évidence dans cette étude et souligne la nécessité d'intensifier les efforts de surveillance acoustique pour évaluer la présence et les profils de résidence des espèces, ainsi que les menaces anthropiques. Le lieu où cet effort serait déployé pourrait être déterminé par les résultats du modèle de répartition de l'espèce et des études de marquage par satellite (Lesage *et al.* 2016). Ce travail pourrait être accompli au moyen d'amarrages fixes ou, de façon plus ambitieuse, avec des planeurs sous-marins ayant une grande portée géographique et temporelle et qui peuvent recueillir des données de sonar multifaisceaux sur les caractéristiques du krill en plus de détecter les appels des rorquals bleus et d'autres mammifères marins (p. ex. Baumgartner et Fratantoni 2008; Moore *et al.* 2008).

Étant donné la petite taille de la population et les résultats obtenus grâce à des recherches antérieures dans le catalogue de photos d'identification (Sears *et al.* 1990), un effort supplémentaire d'identification photographique des rorquals bleus à l'extérieur du golfe du

¹ McQuinn, I.H., Gosselin, J.-F., Bourassa, M.-N., Mosnier, A., St-Pierre, J.-F., Plourde, S., Lesage, V. et Raymond, A. 2016. La répartition et le comportement de quête de nourriture des rorquals bleus (*Balaenoptera musculus*) et d'autres cétacés par rapport aux dynamiques comportementales du krill (*Thysanoessa sp.* et *Meganyctiphanes norvegica*) dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent et l'estuaire. Document de travail 3c.

Saint-Laurent est requis et représenterait un moyen de recueillir de l'information sur les déplacements et les activités du rorqual bleu, notamment dans les eaux de mer ouverte plus profondes. Là encore, les résultats du modèle de répartition de l'espèce pourraient servir à déterminer les zones dans lesquels les efforts de recherche futurs devraient être ciblés.

L'impact potentiel de la mortalité découlant de l'emprisonnement dans la glace sur la petite population de rorquals bleus de l'Atlantique Nord-Ouest pourrait être important, et il est recommandé de déployer des efforts pour effectuer des patrouilles régulières afin de détecter les cas d'emprisonnement. À l'heure actuelle, il est peu probable que le MPO puisse mettre au point ou utiliser des moyens visant à prévenir de tels emprisonnements (p. ex. en éloignant les rorquals bleus de ces zones à risque élevé à l'aide de bouées acoustiques), mais la détection de tels événements est importante pour comprendre leur incidence potentielle sur la population. De plus, il doit y avoir une raison importante pour laquelle les rorquals bleus pénètrent dans cette zone au large du sud-ouest de Terre-Neuve au printemps, malgré le risque d'emprisonnement, et des études sur les proies dans cette zone pourraient améliorer la compréhension des facteurs à l'origine de la présence du rorqual bleu dans cette zone.

Enfin, une évaluation quantitative du chevauchement temporel et spatial entre les activités anthropiques (p. ex., relevés sismiques, navigation) et la présence du rorqual bleu est nécessaire pour mieux évaluer les incidences potentielles de ces activités, surtout que de telles données et modélisations sont nécessaires dans le contexte de l'évaluation cumulative des risques (voir par exemple Farcas *et al.* 2016, MPO 2017, O *et al.* 2015). Alors que le modèle de répartition de l'espèce peut fournir un point de départ pour évaluer le niveau relatif de risque de ces menaces, dans l'idéal, la densité des rorquals bleus elle-même serait utilisée pour effectuer une évaluation plus précise du chevauchement avec les activités humaines et les risques. Un plus grand effort de relevé systématique serait nécessaire pour établir des cartes de densité du rorqual bleu.

REMERCIEMENTS

Les données pour ce document ont été fournies par de nombreuses organisations. Nous aimerions particulièrement remercier le [laboratoire Whitehead](#) de l'Université Dalhousie et le programme Eastern Canadian Seabirds at Sea (ECSAS) d'Environnement Canada (Service canadien de la faune) pour leurs contributions. Nous remercions JASCO Applied Sciences d'avoir fourni des éléments des données de détection du rorqual bleu pour cette étude, et C. Gomez, A. Buren et A. Vanderlaan pour leur aide dans la gestion des modèles de répartition de l'espèce. A. Kouwenberg, Y.F. Wiersma et T. Wimmer ont fourni des conseils pour la modélisation de la répartition de l'espèce.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Abgrall, P. 2009. Defining critical habitat for large whales in Newfoundland and Labrador waters – Design and assessment of a step-by-step protocol. Ph.D. Thesis. Cognitive and Behavioural Ecology Programme, Memorial University of Newfoundland, St. John's, NL. xix + 284 pp.
- Baumgartner, M.F., Fratantoni, D.M. 2008. Diel periodicity in both Sei Whale vocalization rates and the vertical migration of their copepod prey observed from ocean gliders. *Limnol. Oceanogr.* 53: 2197-2209.
- Beauchamp, J., Bouchard, H., de Margerie, P., Otis, N., Savaria, J.-Y. 2009. Programme de rétablissement du rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*), population de l'Atlantique Nord-

-
- Ouest au Canada [VERSION FINALE]. Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada, Ottawa (Ontario). 63 p.
- Berchok, C.L., Bradley, D.L., Gabrielson, T.B. 2006. St. Lawrence Blue Whale vocalizations revisited: Characterization of calls detected from 1998 to 2001. *J. Acoust. Soc. Amer.* 120(4): 2340-2354.
- Boles, B.K. 1980. Data report listing sightings of cetaceans in the Labrador Sea. Atlantic Biological Services Ltd. report for Total Eastcan Explorations, St. John's, NL. Tech. Rep. ii + 10 pp.
- Bystriakova, N., Peregrym, M., Erkens, R.H.J., Bezsmertna, O., Schneider, H. 2012. Sampling bias in geographic and environmental space and its effect on the predictive power of species distribution models. *System. Biodivers.* 10: 1-11.
- CETAP. 1982. A characterization of marine mammals and turtles in the mid- and North-Atlantic areas of the U.S. outer continental shelf. Bureau of Land Management. Contract AA551-CT8-48. NTIS PB83-215855. 584 pp.
- Clark, C.W. 1995. Application of US Navy underwater hydrophone arrays for scientific research on whales. *Rep. Int. Whal. Comm.* 45: 210-212.
- 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. vii + 38 p.
- Desbrosse, A., Etcheberry, R. 1987. Marine mammals of St. Pierre and Miquelon. *The Osprey* 18(3): 125-137.
- MPO. 2017. Compte rendu de la réunion d'examen national par les pairs d'un cadre fondé sur les risques pour l'évaluation des répercussions cumulatives des projets de développement maritime (PDM) sur les mammifères marins et les tortues de mer; du 3 au 5 mars 2015. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2017/026.
- Di Iorio, L., Clark, C.W. 2010. Exposure to seismic survey alters blue whale acoustic communication. *Biol. Lett.* 6(1): 51-54.
- Elith, J., Phillips, S.J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y.E., Yates, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Divers. Distrib.* 17(1): 43-57.
- Evans, J.S., Oakleaf, J., Cushman, S.A., Theobald, D. 2014. [An ArcGIS Toolbox for Surface Gradient and Geomorphometric Modeling, version 2.0-0.](#)
- Farcas, A., Thompson, P.M., Merchant, N.D. 2016. Underwater noise modelling for environmental impact assessment. *Environ. Impact Assess. Rev.* 57: 114-122.
- Fithian, W., Elith, J., Hastie, T., Keith, D.A. 2015. Bias correction in species distribution models: pooling survey and collection data for multiple species. *Methods Ecol. Evol.* 6(4): 424-438.
- Fourcade, Y., Engler, J.O., Rödder, D., Secondi, J. 2014. Mapping species distributions with MAXENT using a geographically biased sample of presence data: A performance assessment of methods for correcting sampling bias. *PLoS ONE* 9: e97122.
- Fuentes-Yaco, C., King, M., Li, W.K.W. 2015. Mapping areas of high phytoplankton biomass in the offshore component of the Scotian Shelf Bioregion: A remotely-sensed approach. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2015/036. iv + 40 pp.
- Gomez, C., Lawson, J.W., Kouwenberg, A.-L., Moors-Murphy, H., Buren, A., Fuentes-Yaco, C., Marotte, E., Wiersma, Y.F., Wimmer, T. 2017. Predicted distribution of whales at risk:
-

-
- identifying priority areas to enhance cetacean monitoring in the Northwest Atlantic Ocean. *Endang. Species Res.* 37: 437-458.
- Gosselin, J.-F., Lawson, J.W. 2005. Distribution and abundance indices of marine mammals in the Gully and two adjacent canyons of the Scotian Shelf before and during nearby hydrocarbon seismic exploration programs in April and July, 2003; pp. 117-138. *In* K. Lee and L.H. Bain and G.V. Hurley (Eds). *Acoustic Monitoring and Marine Mammal Surveys in the Gully and Outer Scotian Shelf Before and During Active Seismic Programs*. Department of Fisheries and Oceans, Dartmouth, NS.
- Hay, K. 1982. Aerial line-transect estimates of abundance of Humpback, Fin, and Long-finned Pilot whales in the Newfoundland-Labrador area. *Rep. Int. Whal. Comm.* 32: 475-486.
- Holt, M.M., Noren, D., Dunkin, R.C., Williams, T.M. 2015. Vocal performance affects metabolic rate in dolphins: Implications for animals communicating in noisy environments. *J. Exp. Biol.* 218(11).
- Hooker, S.K., Whitehead, H., Gowans, S. 1999. Marine protected area design and the spatial and temporal distribution of cetaceans in a submarine canyon. *Conserv. Biol.* 13(3): 592-602.
- Laist, D.W., Knowlton, A.R., Mead, J.G., Collet, A.S., Podesta, M. 2001. Collisions between ships and whales. *Mar. Mammal Sci.* 17(1): 35-75.
- Lawson, J.W., Gosselin, J.-F. 2003. SARCEP 2002 Pilot Cetacean Survey - Atlantic Canada. Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, ON. SARCEP Report. 14 pp.
- Lawson, J.W., 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. iv + 29 pp.
- Lesage, V., Gavrilchuk, K., Andrews, R.D., Sears, R. 2016. Wintering areas, fall movements and foraging sites of Blue Whales satellite-tracked in the Western North Atlantic. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2016/078. v + 38 pp.
- Marotte, E.C., Moors-Murphy, H. 2015. Seasonal occurrence of Blue Whale (*Balaenoptera musculus*) vocalizations in the Gully Marine Protected Area. *Can. Acoust.* 43(3): 2291-1391.
- Martin, B., Kowarski, K., Mouy, X., Moors-Murphy, H. 2014. Recording and identification of marine mammal vocalizations on the Scotian Shelf and slope. *Oceans 2014 Conference*, St. John's, NL.
- McDonald, M.A., Calambokidis, J.C., Terinishi, A., Hildebrand, J.A. 2001. The acoustic calls of Blue Whales off California with gender data. *J. Acoust. Soc. Amer.* 109(4): 1728-1735.
- McDonald, M.A., Mesnick, S.L., Hildebrand, J.A. 2006. Biogeographic characterisation of Blue Whale song worldwide: using song to identify populations. *J. Cetacean Res. Manage.* 8(1): 55-65.
- McLaren, P.L., Harris, R.E., Kirkham, I.R. 1982. Distribution of marine mammals in the Southern Labrador Sea, April 1981 - April 1982. LGL Ltd., environmental research associates for PetroCanada Exploration Inc., Calgary, Alberta. *Tech. Rep.* xiii + 151 pp.
- Melcón, M.L., Cummins, A.J., Kerosky, S.M., Roche, L.K., Wiggins, S.M., Hildebrand, J.A. 2012. Blue Whales respond to anthropogenic noise. *PLoS ONE* 7(2): e32681. DOI : 10.1371/journal.pone.0032681.
- Mellinger, D.K., Clark, C.W. 2003. Blue Whale (*Balaenoptera musculus*) sounds from the North Atlantic. *J. Acoust. Soc. Amer.* 114(2): 1108-1119.
-

-
- Mellinger, D.K., Stafford, K.M., Moore, S.E., Dziak, R.P., Matsumoto, H. 2007. An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans. *Oceanogr.* 20(4): 36-45.
- Merow, C., Smith, M.J., Silander Jr., J.A. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36: 1058-1069.
- Mitchell, E.D. 1974. Present status of northwest Atlantic Fin and other whale stocks; pp. 108-169. *In* W.E. Schevill (Ed.). *The Whale Problem: A Status Report*. Harvard University Press, Cambridge.
- Moore, S.E., Howe, B.M., Stafford, K.M., Boyd, M.L. 2008. Including whale call detection in standard ocean measurements: Application of acoustic seagliders. *Adv. Animal-Borne Imag.* 41(4): Winter 2007/2008.
- Moors, H.B. 2012. Acoustic monitoring of Scotian Shelf Northern Bottlenose whales (*Hyperoodon ampullatus*). Dalhousie University, Halifax, NS. p. 213.
- Nemiroff, L., Wimmer, T., Daoust, P.-Y., McAlpine, D.F. 2010. Cetacean strandings in the Canadian Maritime provinces, 1990-2008. *Can. Field-Nat.* 124: 32-44.
- Nieukirk, S.L., Stafford, K.M., Mellinger, D.K., Dziak, R.P., Fox, C.G. 2004. Low-frequency whale and seismic airgun sounds recorded in the mid-Atlantic Ocean. *J. Acoust. Soc. Amer.* 115(4): 1832-1843.
- NMFS. 2002. Appendix III: Blue Whale (*Balaenoptera musculus*): Western North Atlantic stock; pp. 196-197. *In* U.S. Pacific Marine Mammal Stock Assessments: 2002. U.S. Department of Commerce, Washington, DC.
- O, M., Martone, R., Hannah, L., Greig, L., Boutillier, J., Patton, S. 2015. An Ecological Risk Assessment Framework (ERAF) for Ecosystem-based Oceans Management in the Pacific Region. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/072. vii + 59 pp.
- Oleson, E.M., Calambokidis, J., Barlow, J., Hildebrand, J.A. 2007. Blue Whale visual and acoustic encounter rates in the southern California Bight. *Mar. Mammal Sci.* 23(3): 574-597.
- Palka, D. 2012. Cetacean abundance estimates in U.S. northwestern Atlantic Ocean waters from summer 2011 line transect survey. Northeast Fish. Sci. Center Ref. Doc. 12-29. 37 pp.
- Pendleton, D.E., Sullivan, P.J., Brown, M.W., Cole, T.V.N., Good, C.P., Mayo, C.A., Monger, B.C., Phillips, S., Record, N.R., Pershing, A.J. 2012. Weekly predictions of North Atlantic Right Whale *Eubalaena glacialis* habitat reveal influence of prey abundance and seasonality of habitat preferences. *Endang. Species Res.* 18: 147-161.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Modell.* 190: 231-259.
- Pirotta, E., Brookes, K.L., Graham, I.M., Thompson, P.M. 2014. Variation in harbour porpoise activity in response to seismic survey noise. *Biol. Lett.* 10(5): 20131090.
- Plourde, S., Lehoux, C., McQuinn, I.H., Lesage, V. 2016. Modelling krill distribution in the Northwest Atlantic using statistical habitat models. Working Paper 3g.
- Ramp, C., Sears, R. 2012. 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. viii + 45 pp.

-
- Reeves, R.R., Clapham, P.J., Brownell, R.L., Silber, G.K. 1998. Recovery plan for the Blue Whale (*Balaenoptera musculus*). National Marine Fisheries Service. Silver Spring, MD. Recovery plan. 42 pp.
- Rocha Jr., R.C., Clapham, P.J., Ivashchenko, Y.V. 2014. Emptying the oceans: A summary of industrial whaling catches in the 20th century. *Mar. Fish. Rev.* 76: 37-48.
- Sears, R., Calambokidis, J. 2002. Rapport de situation du COSEPAC sur le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*) au Canada, dans 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 (Ontario). vii + 38 p.
- Sears, R., Williamson, J.M., Wenzel, F.W., Berube, M., Gendron, D., Jones, P. 1990. Photographic identification of the Blue Whale (*Balaenoptera musculus*) in the Gulf of St. Lawrence, Canada: pp. 335-342. In P.S. Hammond and S.A. Mizroch and G.P. Donovan (Eds.). Individual recognition of cetaceans: use of photo-identification and other techniques to estimate population parameters. International Whaling Commission, Cambridge, England.
- Sergeant, D.E. 1966. Populations of large whale species in the western north Atlantic with special reference to the Fin Whale. Arctic Biological Station. Circular 9.
- Simard, Y., Roy, N., Giard, S., Yayla, M. 2014. Canadian year-round shipping traffic atlas for 2013: Volume 1, East Coast marine waters. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3091(Vol.1)E: xviii + 327 p.
- Sirović, A., Hildebrand, J.A., Wiggins, S.M. 2007. Blue and Fin Whale call source levels and propagation range in the Southern Ocean. *J. Acoust. Soc. Amer.* 122(2): 1208-1215.
- Sutcliffe Jr., W.H., Brodie, P.F. 1977. Whale distributions in Nova Scotian waters. *Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. Vol 722.* 83 pp.
- Thompson, P.M., Hastie, G.D., Nedwell, J., Barham, R., Brookes, K.L., Cordes, L.S., Bailey, H., McLean, N. 2013. Framework for assessing impacts of pile-driving noise from offshore wind farm construction on a harbour seal population. *Environ. Impact Assess. Rev.* 43: 73-85.
- Tittensor, D.P. 2013. Temperate hotspots. *Nature* 501: 494-495.
- Vanderlaan, A.S.M., Taggart, C.T. 2007. Vessel collisions with whales: the probability of lethal injury based on vessel speed. *Mar. Mammal Sci.* 23(1): 144-156.
- Whitehead, H. 2013. Trends in cetacean abundance in the Gully submarine canyon, 1988-2011, highlight a 21% per year increase in Sowerby's Beaked whales (*Mesoplodon bidens*). *Can. J. Zool.* 91: 141-148.
- Whitehead, H., Gowans, S., Faucher, A., McCarrey, S.W. 1997. Population analysis of Northern Bottlenose whales in the Gully, Nova Scotia. *Mar. Mammal Sci.* 13(2): 173-185.
- Whitehead, H., Wimmer, T. 2005. Heterogeneity and the mark-recapture assessment of the Scotian Shelf population of Northern Bottlenose whales (*Hyperoodon ampullatus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62(11): 2573-2585.
- Wiggins, S.M., Oleson, E.M., McDonald, M.A., Hildebrand, J.A. 2005. Blue Whale (*Balaenoptera musculus*) diel call patterns offshore of southern California. *Aquat. Mamm.* 31(2): 161-168.
- Wimmer, T., Whitehead, H. 2004. Movements and distribution Bottlenose whales, *Hyperoodon ampullatus*, on the Scotian Slope and in adjacent areas. *Can. J. Zool.* 82(11): 1782-1794.

Zuur, A.F., Ieno, E.N., Elphick, C.S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods Ecol. Evol.* 1(1): 3-14.