



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)

Document de recherche 2025/009

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Résumé provisoire des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus détectées récemment à Terre-Neuve-et-Labrador

Jack Lawson, Lee Sheppard, Katie Morrissey et Victoria Healey

Pêches et Océans Canada
Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest
80, rue East White Hills Rd., C.P. 5667,
St. John's (T.-N.-L.) A1C 5X1

Avant-propos

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

Publié par :

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

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2025

Ce rapport est publié sous la [Licence du gouvernement ouvert – Canada](#)

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-75479-6 N° cat. Fs70-5/2025-009F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Lawson, J.W., Sheppard, G.L., Morrissey, K. et Healey, V. 2025. Résumé provisoire des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus détectées récemment à Terre-Neuve-et-Labrador. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/009. iv + 20 p.

Also available in English :

Lawson, J.W., Sheppard, G.L., Morrissey, K., and Healey, V. 2025. Interim Summary of North Atlantic Right and Blue Whale Calls Detected Recently in Newfoundland and Labrador. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2025/009. iv + 17 p

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
MÉTHODES.....	2
ENREGISTREURS ACOUSTIQUES AUTONOMES	2
AURAL	2
AMAR.....	3
EFFORT D'ÉCHANTILLONNAGE ACOUSTIQUE	3
DÉTECTEURS AUTOMATISÉS DE VOCALISES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD ET DE RORQUAL BLEU.....	3
Système de détection et de classification des basses fréquences (LFDCS)	3
Détecteur plurispécifique de JASCO (PamLab).....	4
VALIDATION MANUELLE DES DÉTECTIONS AUTOMATISÉES	5
Validation des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord	5
Validation des vocalises de rorqual bleu	5
Analyse des faux négatifs	6
RÉSULTATS	6
EFFORT	6
DÉTECTIONS DE BALEINE NOIRE DE L'ATLANTIQUE NORD.....	7
DÉTECTION DE RORQUALS BLEUS.....	7
DISCUSSION.....	8
EFFORT	8
DÉTECTIONS DE BALEINE NOIRE DE L'ATLANTIQUE NORD.....	9
DÉTECTION DE RORQUALS BLEUS.....	10
RENDEMENT DU LFDCS AVEC VOCALISES DE CONTACT À MODULATION ASCENDANTE DES BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD ET APPELS TONAUX DU RORQUAL BLEU	11
RECHERCHES FUTURES.....	12
CONCLUSIONS.....	13
REMERCIEMENTS	14
RÉFÉRENCES CITÉES	14
TABLEAUX	16
FIGURES	19

RÉSUMÉ

Compte tenu de l'augmentation récente du nombre de baleines noires de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis*) dans les eaux canadiennes et des mortalités que certaines d'entre elles ont subies ici, il y a eu un effort accru pour détecter et surveiller l'emplacement de ces baleines et vérifier comment leurs habitudes d'utilisation de l'habitat ont changé. En même temps, Pêches et Océans Canada (MPO) poursuit ses efforts de recherche avec d'autres espèces inscrites en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP), comme le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*). La détection et la classification automatisées (DCA) des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus est un outil essentiel pour traiter le grand volume de données d'enregistrement acoustique recueillies par le MPO afin de surveiller ces vocalises de baleines.

La région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) du MPO a récemment mis en œuvre le système de détection et de classification des basses fréquences (LFDCS, pour Low Frequency Detection and Classification System) de Baumgartner pour effectuer la détection automatisée et la classification des cétacés à fanons à l'aide des données acoustiques que nous recueillons depuis 2010. Dans le cadre de cette étude, nous avons utilisé le LFDCS pour détecter les baleines noires de l'Atlantique Nord et le rorqual bleu, ainsi que le DCA PamLab de JASCO pour rechercher des vocalises de rorqual bleu. Le LFDCS a bien fonctionné pour la détection des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus, mais il a généré de nombreux faux positifs pour la baleine noire de l'Atlantique Nord dans le contexte de bruits de canons à air sismiques répandus ou de vocalises intrusives de rorquals à bosse. Dans le cas du rorqual bleu, le LFDCS a obtenu de meilleurs résultats pour la baleine noire de l'Atlantique Nord pour ce qui est du nombre de vocalises détectées, mais il a obtenu plus de faux négatifs que pour la tâche de détection des baleines noires de l'Atlantique Nord.

Bien que confondus par les effets du bruit ambiant élevé, il y avait peu d'amarrages au-dessus de la grande zone d'étude, et des vocalises semblables de rorquals à bosse, des vocalises de contact à modulation ascendante et des sons de type « coup de feu » possibles et confirmés de baleines noires de l'Atlantique Nord ont été détectés à l'occasion sur la côte sud de Terre-Neuve et dans la baie Placentia. De plus, la base de données sur les observations du MPO à T.-N.-L. contient 18 mentions (29 baleines) de la baleine noire de l'Atlantique Nord entre 1932 et 2019, dont 13 depuis 2001. On a observé une baleine noire de l'Atlantique Nord mâle nommée « Mogul » qui se nourrissait près du rivage dans 12 m d'eau sur la côte nord de Terre-Neuve-et-Labrador en septembre 2019; ce mâle avait été aperçu au large de l'ouest de la France plus tôt en juillet 2019, et en Islande à l'été 2018.

Les détections acoustiques confirmées et possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord autour de Terre-Neuve-et-Labrador depuis au moins 2015, ainsi que les observations visuelles rares mais répétées de cette espèce dans la région, corroborent le fait que la baleine noire de l'Atlantique Nord est une composante de la mégafaune marine ici – particulièrement dans la baie Placentia.

Le rorqual bleu aussi est observé à l'occasion, mais dans de nombreuses parties des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador, près du rivage et au large. Plus particulièrement, des vocalises de rorqual bleu ont été détectés sur la côte sud (mais pas dans la baie Placentia) et au large des côtes dans le nord de la passe Flamande.

INTRODUCTION

La surveillance acoustique passive (SAP) est un outil puissant pour détecter et identifier les espèces de mammifères marins sous l'eau, et elle est actuellement utilisée dans de nombreuses études saisonnières sur la présence de cétacés à fanons (e.g., Baumgartner *et al.* 2018; Mellinger *et al.* 2007a; Van Parijs *et al.* 2009; Verfuß *et al.* 2007). Bien que la surveillance acoustique puisse recueillir des données de façon continue, dans des endroits éloignés et en période d'obscurité et de conditions météorologiques qui limiteraient la détection visuelle, les études de SAP doivent porter sur un ensemble vaste et complexe de sons d'espèces cibles d'intérêt, d'autres espèces sauvages marines, d'activités anthropiques, de processus environnementaux et de bruit produit par le système d'enregistrement lui-même.

Afin de traiter de grandes quantités de données acoustiques pour la présence de sons propres à une espèce, l'utilisation d'un système automatisé de détection et de classification (DCA) est de plus en plus courante et prend beaucoup moins de temps que la recherche manuelle (visuelle/auditive) par un expert formé, en supposant que le DCA est suffisamment exact. Diverses approches de DCA ont été mises au point pour analyser les sons des mammifères marins, y compris des détecteurs à basse fréquence pour la baleine noire de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis*) et le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*). Ces détecteurs peuvent fonctionner puisque la baleine noire de l'Atlantique Nord génère un répertoire vocal distinctif (Mellinger *et al.* 2007b). Le rorqual bleu produit également plusieurs types d'appel tonal propres à des espèces dans l'Atlantique Nord (p. ex. Berchok *et al.* 2006; Mellinger et Clark 2003).

Depuis 2010, des chercheurs de la région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.) de Pêches et Océans Canada (MPO) déploient des enregistreurs acoustiques autonomes sur des amarrages fixes depuis la côte du Labrador jusqu'au chenal Laurentien, au sud de Terre-Neuve, ainsi que sur les sites littoraux et en eau profonde au large des côtes. Nous avons récemment mis en œuvre le système de détection et de classification des basses fréquences (LFDCS) de Baumgartner (Baumgartner et Mussoline 2011) afin d'accélérer le traitement des données acoustiques pour la détection interne des grandes baleines.

Dans le cas de la baleine noire de l'Atlantique Nord, les vocalises analysées consistaient en une variété de vocalises de contact à modulation ascendante allant de longues, courtes et abruptes et de balayages ascendants en crochet. On a également observé de façon opportuniste des sons de type « coup de feu » et des gémissements; cependant, le LFDCS sous sa forme actuelle n'a pas la capacité de détecter les sons de type « coup de feu ». De plus, on a procédé à une analyse des faux négatifs dans les données acoustiques pour vérifier le pourcentage de vocalises potentiellement manquées par le LFDCS pour la baleine noire de l'Atlantique Nord. La bibliothèque de vocalises utilisée dans le cadre de cette étude comprend des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord provenant du nord-est des États-Unis. On suppose que les vocalises de contact à modulation ascendante des régions plus au nord peuvent être légèrement différentes et, par conséquent, cette étude nous aide à comparer le rendement du LFDCS avec différentes populations de baleines noires de l'Atlantique Nord. Les vocalises de rorqual bleu analysés consistaient en des appels tonaux A, B et AB détectés au moyen du programme de LFDCS et d'un examen manuel approfondi par des analystes chevronnés. Des vocalises D (« Arch ») ont également été détectées de façon opportuniste, mais le LFDCS dans sa forme actuelle ne dispose pas d'une bibliothèque pour ce type de vocalises de rorqual bleu. De plus, une analyse des faux négatifs a été effectuée pour certaines des données acoustiques pour le rorqual bleu afin de déterminer le pourcentage de vocalises A, B et AB qui n'étaient pas prises en compte par le LFDCS.

Dans le présent document, nous présentons les résultats récents de ce programme acoustique continu, avec des détections confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus, qui sont des espèces inscrites en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) à plusieurs endroits à T.-N.-L., et nous décrivons le rendement du LFDCS utilisé pour traiter nos données dans un contexte de bruit ambiant élevé. Une partie de l'analyse acoustique pour les sites de T.-N.-L. a été décrite dans Durette-Morin *et al.* 2022; il s'agit d'un rapport provisoire, car des analyses supplémentaires sont en cours sur les ensembles de données de T.-N.-L. afin de fournir une compréhension plus approfondie du moment où nous entendons ces deux espèces à nos divers sites d'enregistrement.

MÉTHODES

ENREGISTREURS ACOUSTIQUES AUTONOMES

Entre 2010 et 2019, des enregistreurs acoustiques passifs ont été déployés dans les zones d'intérêt afin de surveiller la présence de cétacés et de fournir des données pour les évaluations du bruit sous-marin qui comprenaient le littoral du Labrador, les régions extracôtières de Terre-Neuve (passe Flamande, sud-est des Grands Bancs), la baie Placentia et le chenal Laurentien (figure 1). Deux types d'enregistreurs acoustiques passifs fixés au fond ont été déployés (tableau 1) :

1. Enregistreur sous-marin autonome pour l'écoute acoustique (AURAL, modèle M2, MultiElectronique inc., Rimouski, QC, Canada);
2. Enregistreur acoustique multicanaux autonome (AMAR, JASCO Research Limited, Nouvelle-Écosse, Canada).

Aux fins du présent rapport, les enregistrements recueillis de la fin de 2016 à 2019 dans le cadre des déploiements d'enregistreurs AURAL et AMAR ont été analysés pour déterminer la présence de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus (tableaux 2 et 4). (Les enregistrements des déploiements précédents ou autres ne sont pas inclus ici, car ils n'ont pas été analysés avec le LFDCS, mais remontent à 2010) (voir par exemple Durette-Morin *et al.* 2019). Les durées de collecte des données des enregistreurs variaient entre 49 et 232 jours, et à des profondeurs entre 57 et 1 090 m selon l'hydrophone (tableau 2). La plupart des enregistreurs fonctionnaient selon un cycle de service, et les enregistrements variaient de 13 min/h à 34 min/h, tandis que certains d'entre eux recueillaient continuellement des données. Les enregistreurs ont été déployés individuellement, soit directement sur le fond marin, soit suspendus dans la colonne d'eau à l'aide de flotteurs immergés.

Les quatre types d'enregistreurs ont été en mesure de recueillir des données acoustiques dans la gamme de fréquence (0 à 2 kHz) utilisée par le LFDCS pour détecter et caractériser les vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus (voir ci-dessous).

AURAL

Des enregistreurs AURAL M2 ont été déployés de 42 à 157 m au-dessus du fond à l'aide d'amarrages océanographiques. Les enregistreurs AURAL ont échantillonné le signal acoustique préamplifié de 16 dB avec une résolution de 16 bits et des taux d'échantillonnage de 32 kHz pendant 15 ou 30 minutes par heure. La sensibilité de réception de l'hydrophone HTI 96-MIN (High Tech Inc., Gulfport, MS) sur l'enregistreur AURAL est de $-164 + 1$ dB re 1V μ Pa-1 sur la largeur de bande <4-kHz utilisée dans cette étude.

AMAR

Des enregistreurs AMAR ont été déployés à environ 42 à 157 m au-dessus du fond au moyen d'un amarrage océanographique. L'enregistreur AMAR de la passe Flamande était muni d'un caisson de profondeur et avait été déployé à une profondeur de 1 083 m selon l'hydrophone. D'autres enregistreurs AMAR étaient équipés d'un caisson de profondeur et avaient été déployés à des profondeurs allant de 100 à 120 m. Les déploiements d'enregistreurs AMAR ont permis des enregistrements continus, en alternance entre des taux d'échantillonnage de fréquences plus basses (64-128 kHz; habituellement 14 min) et plus élevées (512 kHz; habituellement 1 min) pendant un cycle de 60 minutes. Les enregistreurs AMAR étaient équipés d'hydrophones omnidirectionnels GTI M36-V35-100 (GeoSpectrum, Inc., sensibilité de 165 ± 3 dB re 1 V/ μ Pa). Le canal d'enregistrement des basses fréquences avait une résolution de 24 bits avec un plafond nominal de 164 dB re 1 μ Pa. Le canal d'enregistrement des hautes fréquences a une résolution de 16 bits avec un plafond nominal de 171 dB re 1 μ Pa.

EFFORT D'ÉCHANTILLONNAGE ACOUSTIQUE

Les enregistreurs déployés dans la marge nord du chenal Laurentien, dans le cadre de la surveillance de l'aire marine protégée (AMP), fournissent des données pour une grande partie de la période d'étude décrite dans le présent rapport (figure 1). Un enregistreur du banc Burgeo a été perdu en 2018, mais les déploiements antérieurs et ultérieurs ont fourni des données aux fins de traitement par le DSC de JASCO pour le rorqual bleu, comme à la figure 2. Dans la baie Placentia, nous avons intensifié nos efforts de déploiement depuis 2017 à l'appui du programme PPO-QMM, en passant d'un à trois emplacements utilisés régulièrement (ouest de l'île Merasheen, île Red et tout près de la ville de Burin du côté sud-ouest de la baie Placentia; figure 1). Au printemps 2018, nous avons lancé un déploiement de huit mois d'un enregistreur AMAR dans les eaux profondes à l'extrémité nord de la passe Flamande, car il s'agit d'une région qui connaît un taux d'occupation élevé par diverses espèces de cétacés.

DÉTECTEURS AUTOMATISÉS DE VOCALISES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD ET DE RORQUAL BLEU

Système de détection et de classification des basses fréquences (LFDCS)

Le détecteur-classificateur automatisé de cétacés à fanons du LFDCS classe les sons de ces espèces de baleines en fonction de mesures dérivées des caractéristiques de signaux de base. La suite logicielle est exécutée dans le système d'exploitation UNIX d'Apple, et ses scripts sont liés au logiciel IDL (Harris Geospatial Solutions, Inc., Broomfield, CO).

Les enregistrements audio en format .wav ont d'abord été filtrés en passe-bas et décimés à ≤ 2 kHz pour assurer la cohérence analytique entre les enregistrements, et pour éliminer le surdébit de traitement des fréquences au-delà de la gamme produite par la baleine noire de l'Atlantique Nord et le rorqual bleu. Le son décimé produit par le filtre en passe-bas de ≤ 2 kHz a ensuite été soumis à un deuxième processus de filtration capable de détecter et d'amplifier davantage les appels tonaux basse fréquence du rorqual bleu.

Le LFDCS crée ensuite des spectrogrammes conditionnés en utilisant des transformations de Fourier à court terme avec une trame de données de 512 échantillons et un chevauchement de 75 %, ce qui donne un intervalle de temps de 64 ms et une résolution de fréquence de 3,9 Hz (voir Davis *et al.* 2017). Après avoir tracé des courbes de niveau, ou « courbes de hauteur du son », à l'aide des sons tonaux, le programme utilise une analyse discriminante multivariée pour classer les courbes de hauteur du son en types de vocalises. Les vocalises ont été classées en fonction d'une bibliothèque de vocalises créée par l'utilisateur; notre bibliothèque comprenait

cinq espèces de cétacés à fanons de l'Atlantique Nord : La baleine noire de l'Atlantique Nord, le rorqual bleu, le rorqual commun (*B. physalus*), le rorqual boréal (*B. borealis*) et le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*); il s'agit de vocalises de baleines enregistrées dans les eaux du nord-est des États-Unis. Les chercheurs du MPO fourniront de nouveaux échantillons de vocalises de baleines provenant des eaux canadiennes afin d'améliorer la diversité dans la bibliothèque. Ici, nous nous sommes concentrés sur les détections classées comme vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus. Dans le cas de la baleine noire de l'Atlantique Nord, nous avons cherché la vocalise de contact à modulation ascendante. La vocalise de contact à modulation ascendante est une vocalise de contact utilisée dans l'ensemble de l'aire de répartition de la baleine noire de l'Atlantique Nord, produite par des individus de tous les âges et des deux classes de sexe; il s'agit donc de la vocalise la plus fiable à utiliser pour déterminer la présence des baleine noire. Pour le rorqual bleu, nous nous sommes concentrés sur les appels tonaux A, B et AB qui sont communs à différentes populations de rorqual bleu avec variation et souvent trouvés dans des séquences répétées (Mellinger et Clark 2003).

La bibliothèque de vocalises du LFDCS utilisée dans cette analyse est décrite dans Baumgartner et Mussoline (2011), et elle a été élargie et améliorée par d'autres chercheurs pour inclure une plus grande variété d'exemples de vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord afin d'accroître la probabilité de détection. Chaque détection de baleines noires de l'Atlantique Nord s'est vue attribuer une valeur de distance de Mahalanobis (DM), ce qui mesure l'écart d'une détection par rapport au type de vocalise archétypique attribué par la bibliothèque (voir Baumgartner et Mussoline (2011) pour une description plus complète). Une DM inférieure indique une correspondance plus étroite avec le type de vocalise assignée. Toutes les détections de vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord avec une DM inférieure ou égale à 3,0 ont été examinées manuellement par des analystes expérimentés afin de déterminer lesquelles étaient correctement classifiées (voir la section suivante). Pour les appels tonaux de rorqual bleu, une DM inférieure ou égale à 5,0 a été utilisée. Nous avons choisi les valeurs de 3,0 pour la baleine noire de l'Atlantique Nord et de 5,0 pour le rorqual bleu afin d'imiter d'autres études comme celles de Davis *et al.* (2017). De plus, nous n'avons pas augmenté le seuil au-dessus de celui de Davis *et al.* afin de rendre les données plus gérables pour traiter et classer les détections correctes ou incorrectes de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus. Nous avons également inclus une analyse des faux négatifs dans notre étude afin d'évaluer davantage le rendement des détecteurs du LFDCS à ces seuils pour la bibliothèque de vocalises actuelle.

Détecteur plurispécifique de JASCO (PamLab)

Nous avons utilisé le détecteur plurispécifique (PamLab) de JASCO sur certaines de nos données pour déterminer la présence des vocalisations de rorqual bleu dans les données acoustiques (JASCO Applied Sciences, Dartmouth, NS; voir la description dans Delarue *et al.* 2018). Dans le présent rapport, nous présentons les résultats du détecteur PamLab (figure 2) pour les vocalises de rorquals bleus, car bon nombre de ces données ont été validées manuellement par un acousticien expérimenté (G. Renaud).

Les détecteurs PamLab pour cétacés à fanons ont été appliqués aux données échantillonnées de 8 kHz (bande passante audio allant jusqu'à 4 kHz pendant environ 11 minutes toutes les 20 minutes). Le détecteur de signal tonal identifie les contours continus d'énergie élevée et les classe par rapport à une bibliothèque de signaux de mammifères marins (voir l'annexe E.2 de Delarue *et al.* 2018). Les signaux acoustiques tonaux de rorqual bleu ont été définis à l'aide de plusieurs caractéristiques de vocalise (tableau 3).

VALIDATION MANUELLE DES DÉTECTIONS AUTOMATISÉES

Validation des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord

Le degré élevé de variabilité des vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord et le chevauchement avec les vocalisations d'autres espèces, comme les vocalises de contact à modulation ascendante produites par les rorquals à bosse, ont nécessité une validation manuelle supplémentaire des détections du LFDCS et du PamLab. Les résumés des détections automatiques de baleines noires de l'Atlantique Nord trouvées dans chaque déploiement ont été exportés à la suite du processus de filtration du LFDCS. Par déploiement, les autodétections de baleines noires de l'Atlantique Nord variaient entre 0 et 21 000 et toutes les autodétections ont été validées manuellement, à l'exception de la passe Flamande MMNL051. Les vocalises pour le MMNL051 ont été validées manuellement pour la période d'avril à la mi-juillet 2019; toutefois, après cette date, l'interférence sismique est devenue trop importante et a causé trop de fausses détections pour permettre une validation efficace. Cependant, aucune autodétection correcte n'a été découverte avant juillet 2019 pour MMNL051. Le processus de validation manuelle exigeait que l'analyste classe chaque courbe de hauteur du son détectée par le LFDCS comme étant « correcte », « incorrecte » ou « inconnue ». Si le LFDCS a détecté automatiquement des courbes de hauteur du son de baleines noires de l'Atlantique Nord provenant de sources non biologiques, comme des navires ou des impulsions sismiques, ou s'il a été déterminé qu'il s'agissait de vocalises effectuées par une autre espèce de baleine, elles ont été classées comme étant « incorrectes ». Les vocalises marquées comme « inconnus » indiquaient qu'il y avait une source biologique créant un son avec la possibilité d'une vocalise de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord. Les détections classées comme « inconnues » ont été examinées une deuxième fois dans Raven pro 1.6 afin d'exclure davantage de faux positifs (comme un autre type de bruit biologique ou anthropique). Les autres détections « inconnues » ont ensuite été considérées comme des « vocalises possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord », et des copies ont été envoyées à d'autres acousticiens expérimentés de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) [G. Davis] et de l'Institut océanographique de Bedford (IOB) pour un examen plus approfondi. Ces acousticiens ont classé ces vocalises comme étant « corrects », « possibles » ou « incorrects » en tant que baleine noire de l'Atlantique Nord. Les vocalises qui étaient considérées comme « possibles » par tous les analystes ont été classées comme « inconnues » dans notre ensemble de données, tandis qu'une vocalise initialement classée comme « possible », mais jugée « incorrecte », a été réattribuée comme « incorrecte ».

Validation des vocalises de rorqual bleu

En raison de la basse fréquence des vocalises de rorqual bleu et des niveaux élevés de bruit anthropique dans les enregistrements, toutes les détections automatiques de rorqual bleu du LFDCS ont nécessité une validation manuelle. Les résumés des autodétections de rorqual bleu trouvées dans chaque déploiement ont été exportés à la suite du processus de filtration du LFDCS. Sur l'ensemble des amarrages, il y a eu un total de 30 724 détections d'appels tonaux A, B et AB de rorqual bleu principalement dans la gamme de 15 à 40 Hz. Toutes les détections ont été examinées et classées comme étant « incorrectes » ou « inconnues » en procédant à une inspection visuelle et auditive à une vitesse de lecture de 10 X. On a présumé que les détections inconnues étaient exactes en fonction de l'expérience des analystes et de l'examen ou du renvoi de vocalises à des articles examinés par des pairs (p. ex. Berchok *et al.* 2006; Mellinger et Clark 2003; Romagosa *et al.* 2020). Les vocalises dont les analystes n'étaient pas entièrement confiants ont été rejouées dans Raven Pro. Cela a permis aux analystes d'écouter

et de visualiser le son à différentes vitesses et d'isoler la vocalise du bruit environnant pour confirmer sa source.

Analyse des faux négatifs

Afin d'évaluer l'efficacité de la bibliothèque de vocalises du LFDCS à détecter les vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord et les appels tonaux de rorqual bleu, nous avons effectué une analyse des faux négatifs sur près de 1 % des 32 296 heures de données audio enregistrées pour la période à l'étude. Cette analyse permet de mieux comprendre le rendement du LFDCS afin d'indiquer s'il y a ou non une vocalise d'intérêt de source biologique, et quel pourcentage des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus peuvent être manquées par le détecteur automatique du LFDCS. Pour chaque déploiement, une heure de contenu audio brut par semaine a été sélectionnée au hasard afin d'être examinée plus en détail dans Raven Pro. L'analyste récupérerait ensuite les horodatages de validation manuelle du LFDCS pour les vocalises correctes et erronées sur chaque amarrage. Chaque heure d'enregistrement audio a ensuite été téléchargée dans Raven Pro et scannée visuellement et acoustiquement pour les vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus potentiellement ratées. Lorsque l'analyste balayait le son brut et découvrait une possible vocalise, il faisait des recoupements entre les données de validation manuelle pour vérifier si elles avaient été détectées par le LFDCS et si elles étaient classées comme « incorrectes », « inconnues » ou « correctes ». L'analyste analyserait chaque heure d'échantillonnage dans la gamme de fréquence des vocalises de contact à modulation ascendante typiques des baleines noires de l'Atlantique Nord (0 à 1 000 Hz), puis de nouveau dans la plage des appels tonaux de rorqual bleu (0 à 300 Hz). Pour les vocalises des baleines noires de l'Atlantique Nord, 317 heures de données audio brutes ont été passées en revue dans Raven Pro (sans compter MMNL051) afin d'y déceler la présence de faux négatifs. Pour les vocalises de rorqual bleu, 350 heures de données audio brutes ont été passées en revue dans Raven Pro (y compris MMNL051). En raison du faible nombre de détections de baleines noires de l'Atlantique Nord correctes par rapport aux détections de rorqual bleu, pour chaque détection de baleine noire de l'Atlantique Nord positive, on a analysé une heure avant et une heure après chaque vocalise correcte dans Raven Pro afin de rechercher les faux négatifs. Cela équivalait à 11 heures d'analyse de faux négatifs supplémentaires, portant le total à 328 heures de données audio pour la baleine noire de l'Atlantique Nord. On n'a pas fait la même chose pour le rorqual bleu parce qu'il y a eu 9 811 détections positives de rorqual bleu.

RÉSULTATS

EFFORT

Au cours de la période d'échantillonnage, plusieurs amarrages ont été perdus, probablement en raison des activités liées à la pêche et du mauvais fonctionnement des enregistreurs/déploiements (voir ci-dessous). Au total, 19 amarrages ont été déployés, et 32 296 heures d'enregistrement audio ont été enregistrées pendant la période d'étude. Les périodes d'échantillonnage les plus longues ont été à l'île Red (échantillonnage continu de 18 mois sans défaillance) (tableau 2). Les données des 19 amarrages ont été acheminées au LFDCS et validées manuellement pour la baleine noire de l'Atlantique Nord et le rorqual bleu. De plus, deux amarrages, l'une au large de la ville de Burgeo (figure 2) et l'autre au large du banc Saglek, n'ont été analysées qu'à l'aide du détecteur PamLab de JASCO.

DÉTECTIONS DE BALEINE NOIRE DE L'ATLANTIQUE NORD

Il y a eu un grand nombre de détections de baleines noires de l'Atlantique Nord par le système du LFDCS, en particulier dans la passe Flamande, où le LFDCS a signalé plus de 20 000 événements comme de possibles vocalises; cependant, tous ces événements dans la passe Flamande ont été jugés faux. Toutes les détections automatiques des 19 amarrages ont été validées manuellement (à l'exception de MMNL051) et les détections possibles ont été envoyées à d'autres utilisateurs expérimentés du LFDCS à la NOAA pour examen (G. Davis). Au total, 33 vocalises ont été confirmées comme étant des vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord correctes, la majorité d'entre elles provenant d'amarrages autour de l'île Red et quatre vocalises provenant de Port Aux Basques. De plus, nous avons eu 14 vocalises « possibles » de baleines noires de l'Atlantique Nord à l'ouest de l'île Merasheen, à Burin, au banc de Saint-Pierre et au banc de la Rose Blanche. Un son de type « coup de feu » possible a également été repéré de façon opportuniste au large de l'ouest de l'île Merasheen en août 2018; toutefois, il n'est pas confirmé en raison du manque de vocalises de contact à modulation ascendante simultanées et, par conséquent, il n'est pas inclus dans le tableau 2. Les vocalisations confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord ont été détections au printemps, à l'été et à l'automne. Pour les déploiements avec détections « possibles » de baleines noires de l'Atlantique Nord, ils ont été examinés par le personnel de la région de T.-N.-L. du MPO et des acousticiens d'expérience de la NOAA ou de l'IOB, et tous ont convenu qu'il est possible qu'il s'agisse de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord. L'analyse de 328 heures de données audio, un échantillon aléatoire de données audio brutes provenant de 1 % de tous les enregistrements audio, n'a révélé aucun faux négatif. Cela indique que le LFDCS détecte la majorité des véritables vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord provenant de nos déploiements d'amarrage. Pour assurer l'exactitude du détecteur, le LFDCS a produit un nombre important de faux positifs avant la revue manuelle. L'utilisation du LFDCS avec notre bibliothèque de vocalises actuelle, à une DM de 3,0, a suggéré 59 540 détections de baleines noires de l'Atlantique Nord, mais seulement 33 d'entre elles étaient correctes et 14 étaient « possibles ». Les autres ont été éliminées sous forme de bruit anthropique ou de bruit biologique provenant d'une autre espèce. Il est également possible que des détections de baleines noires de l'Atlantique Nord aient été manquées en raison du mauvais fonctionnement ou de la perte d'enregistreurs AURAL (tableau 2).

DÉTECTION DE RORQUALS BLEUS

Par rapport à la baleine noire de l'Atlantique Nord, les vocalisations de rorqual bleu ont été détections beaucoup plus souvent dans les eaux de T.-N.-L., à l'aide du logiciel PamLab de JASCO. L'enregistreur AMAR du banc Saglek (Labrador) n'a eu qu'une seule vocalise validée de rorqual bleu en novembre 2018. Le bruit des navires a dominé à 18 Hz, imitant ainsi potentiellement les appels tonaux AB du rorqual bleu, de sorte qu'un grand nombre des détections automatiques de rorqual bleu sur le déploiement du banc de Saglek étaient de faux positifs. Le bruit des navires a été un problème particulier pour les enregistrements de la baie Placentia, où peu des détections automatiques de JASCO étaient de vrais rorquals bleus lorsqu'elles étaient validées manuellement. À l'île Merasheen, neuf détections automatiques de rorqual bleu en septembre et octobre 2017 étaient fausses. Il en allait de même pour le site de Burin du côté sud-ouest de la baie Placentia, où 16 détections automatiques de rorqual bleu d'août à novembre 2018 n'étaient pas des appels tonaux de rorqual bleu corrects. Les résultats étaient très différents sur la côte sud de Terre-Neuve, où il y a eu de nombreuses détections de vocalises AB et D de rorqual bleu. À l'extrémité sud du banc Burgeo, 231 fichiers acoustiques d'enregistreurs AURAL ont été classés comme contenant des appels tonaux de rorqual bleu entre août 2017 et avril 2018 (figure 2). De ce nombre, 221 (95,7 %) contenaient des vocalises

AB correctes de rorqual bleu. De façon opportuniste, 17 vocalises D (« Arch ») produites par des rorquals bleus ont également été détectées d'août à février, avec un sommet en décembre, avec 6 détections. Toutes ces vocalises de rorqual bleu ont été détectées malgré le bruit important des navires. Il y avait des détections correctes de rorqual bleu dans les déploiements de Port aux Basques et de la passe Flamande, mais beaucoup d'autres détections automatiques de JASCO n'ont pas encore été validées.

Dix-neuf des mêmes amarrages provenant de l'analyse des baleines noires de l'Atlantique Nord ont également été analysés avec le LFDSCS et validés manuellement pour les détections de rorqual bleu. L'amarrage omis pour l'analyse des baleines noires de l'Atlantique Nord, le MMNL051 de la passe Flamande, a été inclus dans ces validations de rorqual bleu parce que les détections étaient beaucoup plus faciles à valider et qu'il y avait de fréquentes vocalises de rorqual bleu détectées au cours des années précédentes. Le LFDSCS a cherché des vocalises A, B et AB, la majorité d'entre elles étant classées comme des vocalises B. Cependant, la plupart de ces vocalises B étaient en fait des vocalises AB pour lesquelles le LFDSCS n'avait pas détecté la partie « A ». Sur les 32 296 heures de données audio analysées, le LFDSCS a produit 30 724 détections, et parmi celles-ci, une proportion élevée par rapport aux baleines noires de l'Atlantique Nord (9 811, 32 %) étaient des appels tonaux de rorqual bleu corrects.

Une grande quantité de bruit anthropique, provenant des tirs sismiques et de la circulation de navires de gros tonnage, masquait les fréquences entre 15 et 20 Hz, ce qui a causé de nombreuses fausses détections automatiques. Il y a eu beaucoup plus de détections correctes de rorquals bleus que de baleines noires de l'Atlantique Nord. Les endroits où nous avons eu le plus de vocalises positives répétées de rorqual bleu étaient nos amarrages à Port aux Basques et dans la passe Flamande, avec le plus grand nombre de vocalises entre octobre et décembre. Par exemple, le mois ayant enregistré le plus grand nombre de vocalises de rorqual bleu a été novembre 2018, alors qu'il y a eu 2 364 détections dans la passe Flamande. Pour ce qui est des amarrages à l'intérieur et aux alentours de la baie Placentia, il y a eu beaucoup moins de détections, avec de rares détections d'amarrages plus près de l'embouchure sud de la baie (banc de Saint-Pierre) et peu d'amarrages plus loin à l'intérieur de la baie. De plus, des vocalises de type « Arch » de rorqual bleu ont été détectées de façon opportuniste dans les données provenant de notre amarrage au banc de la Rose Blanche en février 2019.

En ce qui concerne le rendement du détecteur, 350 heures de données audio ont été examinées manuellement pour repérer les éventuelles vocalises de rorqual bleu manquées par rapport à celles détectées automatiquement par le LFDSCS. Le LFDSCS n'a détecté que 4 à 28 % des appels tonaux de rorqual bleu. Souvent, le LFDSCS repérait un appel tonal AB, mais ne parvenait pas à retracer quatre ou cinq vocalises contiguës. Ainsi, le LFDSCS est capable de détecter le rorqual bleu à l'origine des vocalises dans la plupart des échantillons, mais pas chaque appel tonal présent même avec une DM réglée à 5,0. Le nombre de détections de vocalises de rorqual bleu signalées dans cette étude devrait être considéré comme une sous-estimation.

DISCUSSION

EFFORT

En raison de la perte de plusieurs amarrages, peu de lieux d'échantillonnage ont été surveillés continuellement au cours de l'étude. La perte d'un amarrage sur le banc Burgeo au large de la côte sud de Terre-Neuve a été un événement digne de mention compte tenu du taux élevé de détection de rorqual bleu avant et après cette période.

Cependant, malgré de longues périodes de surveillance continue à Port aux Basques (16 mois) et à l'île Red (16 mois) (tableau 2), peu de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord ont été confirmées dans l'ensemble.

Étant donné les détections acoustiques et visuelles de baleines noires de l'Atlantique Nord au large des côtes et de la côte nord de la province (p. ex., figure 1), et la modélisation de l'habitat pour la baleine noire de l'Atlantique Nord qui suggérait que le rebord de la plate-forme sur la queue des Grands Bancs était favorable, nous avons l'intention de déployer d'autres amarrages acoustiques à la queue des Grands Bancs et au large du cap Bonavista.

DÉTECTIONS DE BALEINE NOIRE DE L'ATLANTIQUE NORD

Dans cette étude, la baleine noire de l'Atlantique Nord a été rarement détecté aux sites d'amarrage du MPO à Terre-Neuve-et-Labrador. Étant donné les niveaux de bruit ambiant relativement élevés associés à presque tous ces sites, la plage de détection des vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord sera probablement faible (voir Recherches futures, ci-dessous). Cela, combiné à la rareté de ces baleines et à notre connaissance limitée de leur répartition à l'extérieur du golfe du Saint-Laurent et des aires d'alimentation traditionnelles, pourrait expliquer pourquoi les détections acoustiques de baleines noires de l'Atlantique Nord sont rares à Terre-Neuve-et-Labrador. Une autre preuve de leur présence inhabituelle est que, depuis 1932, il y a eu 18 observations de 29 baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux autour de Terre-Neuve (figure 1), la plupart (13) étant survenues depuis 2001. Et ce, malgré deux relevés aériens à grande échelle dans les eaux canadiennes de l'Atlantique en 2007 et 2016. Toutefois, le plus grand nombre d'observations au cours des dernières années est probablement le résultat d'un effort accru et de la mise en œuvre d'une technologie acoustique plus performante pour détecter les baleines et confirmer les observations.

Compte tenu du petit nombre de détections confirmées, il n'est pas possible pour le moment de déterminer les profils spatiaux ou saisonniers de la baleine noire de l'Atlantique Nord dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador. Un point constant a été l'île Red et la baie Placentia (figure 1). En plus des détections confirmées de 2017 et 2019, l'île Red a été le site d'éventuelles vocalisations de la baleine noire de l'Atlantique Nord en 2018 également (plus trois observations de baleines noires de l'Atlantique Nord dans la baie). D'autres détections possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord ont également eu lieu aux amarrages de l'ouest de l'île Merasheen (nord-ouest de l'île Red) et de Burin (sud-ouest de l'île Red dans la baie Placentia) en 2017 et 2018 (tableau 2). Lorsque nous avons eu des vocalises confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord, le plus grand nombre en un mois (28 événements) se sont produites au large de l'île Red en 2017. De plus, notre recherche de faux négatifs n'a pas permis de découvrir des vocalises manquées contiguës aux quelques vocalises confirmées. Les quatre vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées en décembre 2017 au large de Port Aux Basques sont intéressantes, car on suppose que la plupart des baleines noires de l'Atlantique Nord migrent vers le sud pour l'hiver à ce moment-là.

JASCO a également déployé plusieurs enregistreurs AMAR au large des côtes du Canada atlantique, bien qu'on ait validé manuellement une proportion beaucoup plus faible des cas positifs du DCS que cette étude (Delarue *et al.* 2018). À l'instar des résultats de nos enregistrements, les détections acoustiques de baleines noires de l'Atlantique Nord par JASCO entre 2015 et 2017 étaient rares comparativement à celles d'autres espèces de cétacés. Une seule baleine noire de l'Atlantique Nord confirmée a été détecté au banc de la Baleine au large de la côte sud de Terre-Neuve (SE de l'amarrage du banc de Saint-Pierre du MPO) à la fin de novembre 2016. Des vocalisations possibles de baleines noires ont également été enregistrées par JASCO à Port aux Basques (près de l'amarrage du MPO à Terre-Neuve) en juillet et

septembre, et dans le bassin Orphan (nord nord-ouest de l'amarrage de la passe Flamande du MPO) en juillet (figure 1).

Il est possible que l'aire de répartition de la baleine noire de l'Atlantique Nord change; les efforts de surveillance du MPO ont permis de détecter un plus grand nombre de baleines noires de l'Atlantique Nord dans le golfe du Saint-Laurent au cours des dernières années (comme pour l'acoustique, voir Simard *et al.* 2019), et une étude de surveillance acoustique passive a permis de détecter des vocalises de baleines noires dans une zone extracôtière au large du sud du Groenland où elles étaient chassées (Mellinger *et al.* 2011). En septembre 2019, une baleine noire mâle, Mogul, a été photographiée en train de s'alimenter dans moins de 15 m d'eau près de la côte nord-est de Terre-Neuve (figure 1); l'Aquarium de la Nouvelle-Angleterre a plus tard confirmé que cette baleine noire de l'Atlantique Nord avait été vue s'alimentant au large du nord-est des États-Unis au printemps et du sud-ouest de la France plus tôt en juillet, et en Islande à l'été 2018.

Les détections acoustiques confirmées et possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord autour de T.-N.-L. depuis au moins 2015, et les observations visuelles rares mais répétées de cette espèce dans la région, corrobore le fait que la baleine noire de l'Atlantique Nord est une composante occasionnelle de la mégafaune marine dans nos eaux, les visites les plus fréquentes ayant probablement lieu dans la baie Placentia et près de la côte sud. Toutefois, les futurs efforts de surveillance pourraient mener à la découverte d'une présence occasionnelle ou répétée semblable dans d'autres régions de la province.

DÉTECTION DE RORQUALS BLEUS

Les données acoustiques analysées dans le cadre de cette étude montrent que les rorquals bleus sont largement répartis dans les eaux de T.-N.-L., plus fréquemment détectés que les baleines noires de l'Atlantique Nord, mais beaucoup moins communs que les rorquals à bosse ou les rorquals communs (p.ex. Lawson et Gosselin 2009). Avec une amplitude source et une fréquence infrasoniques relativement élevées, les vocalises de rorqual bleu se propageraient normalement à des dizaines ou des centaines de kilomètres. Cependant, tous les sites d'amarrage ont été exposés à des niveaux élevés de bruit de la navigation (en particulier dans la baie Placentia et le détroit de Cabot) et, dans le cas du centre du Labrador, du banc de Saint-Pierre et de la passe Flamande, à plusieurs programmes sismiques simultanés (p. ex., quatre projets sismiques chacun en 2018 et 2019). Cela a probablement masqué un nombre inconnu de vocalises de rorqual bleu.

Néanmoins, le rorqual bleu a été entendu du centre du Labrador jusqu'à Port aux Basques et aussi loin au large que la passe Flamande. Les données de la côte sud de Terre-Neuve (fondées sur le détecteur PamLab de JASCO) présentent un intérêt particulier, car on a souvent entendu des rorquals bleus entre la fin de l'été et le printemps suivant à des taux décroissants (figure 2). Cela, renforcé par les observations et les résultats de la modélisation de l'habitat, appuie l'hypothèse selon laquelle le rorqual bleu est présent tout au long de l'hiver à l'extérieur du golfe, au large du sud de Terre-Neuve, avant qu'une proportion inconnue d'entre eux ne se déplacent dans le golfe pour se nourrir au printemps (pour une analyse récente, voir Moors-Murphy *et al.* 2019).

Pour l'analyse des vocalises de rorqual bleu à l'aide du détecteur du LFDCS, nous avons observé des niveaux semblables de vocalises AB à nos sites d'amarrage par rapport aux résultats du détecteur de JASCO. Nous avons observé que de nombreuses vocalises AB n'avaient pas d'harmoniques, ce qui correspond à des résultats semblables pour les populations de rorqual bleu de l'Atlantique Nord déclarées par Mellinger et Clark (2003). Bien que nous ayons configuré le LFDCS pour détecter les appels tonaux AB, des vocalises D

(« Arch ») de rorqual bleu ont également été détectées de façon opportuniste au large du banc de la Rose Blanche en février 2017. Les résumés que nous présentons sont fondés sur des vocalises AB, car nous n'avons pas terminé les analyses pour les vocalises de type « Arch ». Étant donné que les vocalises de type « Arch » sont associées à certains comportements du rorqual bleu (produits par des individus des deux sexes, et on pense qu'elles sont liées à la recherche de nourriture), il serait utile d'examiner éventuellement les deux types de vocalises pour évaluer la présence de rorqual bleu tout au long de l'année et évaluer leur comportement pendant qu'ils sont ici (see Moors-Murphy *et al.* 2019).

RENDEMENT DU LFDCS AVEC VOCALISES DE CONTACT À MODULATION ASCENDANTE DES BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD ET APPELS TONAUX DU RORQUAL BLEU

Le LFDCS a bien fonctionné en ce sens qu'il a traité nos ensembles de données acoustiques beaucoup plus rapidement qu'un validateur manuel. Comme on pouvait s'y attendre, le rendement du LFDCS a été compromis par le faible rapport signal sur bruit à la plupart de nos sites d'enregistrement et, dans le cas de la baleine noire de l'Atlantique Nord, par la similitude avec les appels tonaux courants des rorquals à bosse.

Davis *et al.* (2017) ont déterminé que le taux de détections de vocalises de contact à modulation ascendante manquées à l'aide du LFDCS était faible (25 %), et bien que ce taux dépende des caractéristiques des déploiements individuels, comme le bruit de fond ambiant et anthropique sur le site, les détections qui en ont résulté ont fourni une indication satisfaisante de la répartition à l'échelle de la baleine noire de l'Atlantique Nord. À ce jour, nos données appuient cette conclusion d'un détecteur de précaution avec les paramètres que nous avons utilisés. Notre analyse des faux négatifs, au cours de laquelle nous avons examiné 328 heures de données audio brutes (environ 1 % de tous les enregistrements audio), n'a révélé aucune vocalise de contact à modulation ascendante manquée. Même dans les 11 heures d'enregistrement audio qui consistaient en des échantillons d'une heure avant et après chaque vocalise de contact à modulation ascendante confirmée, nous n'avons pas trouvé de faux négatifs, comme c'était le cas pour Davis *et al.* (2017). Dans notre zone d'étude, le LFDCS a toutefois produit un grand nombre de faux positifs qui ont nécessité une validation manuelle importante. Plus précisément, il y a trop de faux positifs à valider dans un délai raisonnable pour notre amarrage dans la passe Flamande en 2019, qui a enregistré des niveaux élevés d'activité sismique. Il est possible de remédier à cette situation en modifiant notre bibliothèque de vocalises actuelle du LFDCS afin qu'elle soit mieux adaptée aux sources sonores communes dans les eaux de T.-N.-L.

Plus de 350 heures de données audio brutes ont été analysées pour détecter les faux négatifs de rorqual bleu, ce qui représente une heure par semaine enregistrée pour chaque amarrage et environ 1 % de tous les enregistrements audio. En comparant le nombre de vocalises détectées au cours des heures échantillonnées avec le nombre de vocalises manquées, nous avons constaté que le LFDCS était capable de détecter automatiquement entre 4 % et 28 % de toutes les vocalises de rorqual bleu (tableau 5). Cette plage ne représente que les amarrages de l'étude qui avaient plus de 50 vocalises de rorqual bleu confirmées dans les heures audio échantillonnées incluses dans l'analyse des faux négatifs. Les amarrages dans la baie Placentia avaient si peu de vocalises de rorqual bleu, voire aucune, qu'ils n'ont pas donné une bonne indication du rendement réel du détecteur pour le rorqual bleu. Souvent, pendant la validation des détections du LFDCS, le LFDCS repérait une vocalise AB, mais il y avait parfois jusqu'à quatre ou cinq vocalises AB très claires adjacentes qu'il manquait. De plus, le LFDCS a été beaucoup plus efficace pour détecter la partie B des vocalises ou l'ensemble des vocalises AB et les classer comme une simple vocalise de type B. Par conséquent, il semble

que le LFDCS soit bon pour détecter les vocalises lorsque le rorqual bleu les produit près de l'amarrage, mais qu'il n'est pas aussi capable de classer chaque appel tonal. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les vocalises de rorqual bleu de l'Atlantique Nord pourraient être légèrement différentes de celles dans notre bibliothèque de vocalises, ce qui limiterait le taux d'appariement du LFDCS. Alternativement, le niveau relativement élevé de bruit anthropique masque de nombreuses vocalises.

RECHERCHES FUTURES

Les plages de détection maximales pour les vocalisations de baleines noires de l'Atlantique Nord peuvent varier considérablement en fonction du matériel d'enregistrement, de l'emplacement, du bruit ambiant et des conditions environnementales, ainsi que du type de vocalises et du contexte comportemental. Davies *et al.* (2017) ont estimé que les détections allaient de 8 à 16 km pour la baleine noire de l'Atlantique Nord, tandis que Gervais *et al.* (2019) ont estimé une plage de détection médiane pour la baleine noire de l'Atlantique Nord, dans le détroit de Cabot, d'environ 10 km. Bien que les vocalises de rorqual bleu soient plus fortes et puissent être détectées à de plus grandes distances (Stafford *et al.* 1998), elles peuvent également être masquées par la navigation de grande amplitude et le bruit sismique. Pour les eaux de Terre-Neuve, en particulier pendant l'été et au début de l'automne, des zones comme la passe Flamande sont exposées au bruit provenant de programmes sismiques variés et simultanés, et la plage de détection pour la baleine noire de l'Atlantique Nord et le rorqual bleu pourrait être encore plus faible. Les nombreuses détections automatiques faussement positives du LFDCS dans les régimes de faible rapport signal sur bruit au large des côtes, dans la baie Placentia et dans le détroit de Cabot ne pourront probablement pas être réduites dans l'avenir en apportant des changements à la configuration ou à l'emplacement de l'amarrage. Ce n'est pas clair si l'ajout d'un plus grand nombre d'amarrages à des intervalles plus rapprochés pour des zones comme le détroit de Cabot permettrait de détecter davantage de baleines noires de l'Atlantique Nord, étant donné qu'elles pourraient ne pas vocaliser lorsqu'elles migrent dans cette zone ou que leurs vocalises sont considérablement masquées (Cominelli *et al.* 2020). Nous chercherons à déterminer si la modification des paramètres d'analyse du LFDCS pourrait réduire la proportion de fausses détections de vocalises tout en maintenant des niveaux raisonnablement bas de faux négatifs. Nous ajouterons également à la bibliothèque de vocalises plus de spécimens terre-neuviens de détections confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus afin de détecter un plus grand nombre d'occurrences de vocalises que lorsque le détecteur actuel est utilisé. Cela pourrait améliorer légèrement le taux de détection des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord, puisque l'analyse des faux négatifs a démontré que le détecteur semble identifier la plupart des vocalises de contact à modulation ascendante. Toutefois, l'ajout de meilleurs exemples de vocalises régionales A, B et AB du rorqual bleu pourrait améliorer considérablement la capacité du LFDCS à détecter les appels tonaux dans cette zone d'étude. Nous ajouterons également un nouveau type de vocalise pour les tirs sismiques à la bibliothèque, car il était évident que le LFDCS a mal classé de nombreux tirs sismiques comme étant des vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord. Selon toute vraisemblance, nous devons tout de même valider manuellement les données du LFDCS avec des sous-échantillons contextuels plus importants autour de chaque détection automatique pour exclure les sons de rorqual à bosse et les bruits sismiques, de sorte que le temps de traitement sera plus long pour les sites moins bruyants comme l'est du Groenland (Mellinger *et al.* 2011). Nous avons l'intention d'analyser davantage de nos données antérieures avec le LFDCS, car la plupart d'entre elles ont été analysées à l'aide du PamLab pour une variété d'espèces (bien que peu aient encore été validées manuellement pour la baleine noire de l'Atlantique Nord). Nous continuons également à déployer des amarrages dans la baie Placentia afin de mieux comprendre pourquoi il y a des

détections récurrentes à ce endroit. De plus, nous déploierons davantage d'amarrages dans d'autres habitats préférés théoriques pour la baleine noire de l'Atlantique Nord autour de Terre-Neuve-et-Labrador. Étant donné que les récents travaux de modélisation ont laissé entendre que la queue des Grands Bancs pourrait représenter un habitat privilégié pour la baleine noire de l'Atlantique Nord, nous y déploierons un enregistreur AMAR à l'automne 2019. Dans tous les cas, nous avons l'intention de poursuivre ce déploiement, avec une paire supplémentaire d'enregistreurs sur la côte nord de Terre-Neuve et la queue des Grands Bancs, où les modèles d'habitat laissent entendre que nous pourrions nous attendre à une présence de la baleine noire de l'Atlantique Nord. Un nouveau projet de diplômés modélisera et mesurera la plage de détection des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord et de rorquals bleus à ces sites au moyen d'une étude sur la propagation du son.

CONCLUSIONS

- Le LFDCS a détecté des vocalises de contact à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord, mais il a généré de nombreux faux positifs dans le contexte de bruits de canons à air sismiques répandus ou de vocalises de rorquals à bosse.
- Les vocalises de contact à modulation ascendante confirmées et possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord (et les sons de type « coup de feu ») ont été rarement détectées sur la côte sud de Terre-Neuve, dans la baie Placentia et au large des côtes dans le nord de la passe Flamande. Les trois sites d'enregistrement de la baie Placentia avaient récemment détecté des vocalisations confirmées/possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord, et dans le cas de l'île Red, les vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord étaient les vocalises les plus confirmées et les plus constantes.
- La base de données sur les observations du MPO à Terre-Neuve-et-Labrador contient 18 mentions (29 baleines) de la baleine noire de l'Atlantique Nord entre 1932 et 2019; seulement cinq mentions ont été faites avant 1991, et 13 depuis 2001. Une baleine noire de l'Atlantique Nord mâle connue a été observée en septembre 2019, se nourrissant près du rivage dans 12 m d'eau sur la côte nord-est de Terre-Neuve.
- Les détections acoustiques confirmées et possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord autour de Terre-Neuve-et-Labrador depuis au moins 2015, ainsi que les observations rares mais répétées de cette espèce dans la région, corroborent le fait que la baleine noire de l'Atlantique Nord est une composante occasionnelle de la mégafaune marine dans ces eaux.
- Le rorqual bleu aussi est rarement observé, mais dans de nombreuses parties des plateaux de Terre-Neuve-et-Labrador, près du rivage et au large. Plus particulièrement, des vocalises de rorqual bleu ont été détectées sur la côte sud (mais pas dans la baie Placentia) et au large des côtes dans le nord de la passe Flamande.
- Bien que les détections de rorqual bleu par le LFDCS aient été plus fréquentes que celles de baleines noires de l'Atlantique Nord, ce dernier a également connu beaucoup plus de détections de rorqual bleu manquées que pour la baleine noire de l'Atlantique Nord, avec seulement 4 à 28 % des appels tonaux de rorqual bleu ayant été détectés.
- Les détections de rorqual bleu se sont produites le plus souvent au large des côtes à l'automne et sur la côte sud de Terre-Neuve de septembre à janvier, et il s'agissait habituellement de vocalises AB.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. H. Moors-Murphy (MPO, Maritimes), M. M. Baumgartner (Département de biologie, Woods Hole Oceanographic Institution) et M^{me} G. Davis (NOAA) d'avoir fourni des renseignements importants et une aide utile pour établir le système de détection automatique du LFDCS du MPO à Terre-Neuve-et-Labrador. S. Comeau a joué un rôle important dans le traitement supplémentaire du LFDCS et dans la réalisation de toutes les validations de baleines noires de l'Atlantique Nord, ainsi que de nombreuses validations manuelles de rorqual bleu. G. Renaud a effectué des validations manuelles de vocalises de rorquals bleus et de baleines noires pendant qu'il était sous contrat avec le MPO. C. Evers (MPO, Maritimes) et D. Durette-Morin (Université Dalhousie) examinent également certaines détections automatiques. M. D. Coté (MPO, T.-N.-L.) nous a fourni des données acoustiques provenant d'un enregistreur AMAR déployé sur un amarrage hydrographique près du plateau supérieur du Labrador.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Baumgartner, M.F., and Mussoline, S.E. 2011. [A generalized baleen whale call detection and classification system](#). J. Acoust. Soc. Amer. 129(5): 2889–2902.
- Baumgartner, M.F., Stafford, K.M., and Latha, G. 2018. [Near real-time underwater passive acoustic monitoring of natural and anthropogenic sounds](#). In: Observing the Oceans in Real Time. Edited by: Venkatesan, R., Tandon, A., D'Asaro, E., and Atmanand, M.A. Springer Oceanography. 203–226 p.
- Berchok, C.L., Bradley, D.L., and 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.
- Cominelli, S., Halliday, W.D., Pine, M.K., Hilliard, R.C., Lawson, J.W., Dumang, N.I., and Devillers, R. 2020. [Vessel noise in spatially constricted areas: Modeling acoustic footprints of large vessels in the Cabot Strait, Eastern Canada](#). Ocean Coastal Manage. 194: 105255.
- Davis, G.E., Baumgartner, M.F., Bonnell, J.M., Bell, J., Berchok, C., Bort Thornton, J., Brault, S., Buchanan, G., Charif, R.A., Cholewiak, D., Clark, C.W., Corkeron, P.J., Delarue, J., Dudzinski, K., Hatch, L.T., Hildebrand, J., Hodge, L., Klinck, H., Kraus, S., Martin, B., Mellinger, D.K., Moors-Murphy, H., Nieukirk, S., Nowacek, D.P., Parks, S., Read, A.J., Rice, A.N., Risch, D., Širović, A., Soldevilla, M., Stafford, K., Stanistreet, J.E., Summers, E., Todd, S., Warde, A., and Van Parijs, S.M. 2017. [Long-term passive acoustic recordings track the changing distribution of North Atlantic right whales \(*Eubalaena glacialis*\) from 2004 to 2014](#). Scientific Rep. 7(1): 13460.
- Delarue, J., Kowarski, K., Maxner, E., MacDonnell, J., and Martin, B. 2018. Acoustic monitoring along Canada's east coast: August 2015 to July 2017. ESRF, Ottawa, ON.
- Durette-Morin, D., Davies, K.T.A., Johnson, H.D., Brown, M.W., Moors-Murphy, H., Martin, B., and Taggart, C.T. 2019. [Passive acoustic monitoring predicts daily variation in North Atlantic right whale presence and relative abundance in Roseway Basin, Canada](#). Mar. Mamm. Sci. 35(4): 1280–1303.
- Durette-Morin, D., Evers, C., Johnson, H., Kowarski, K., Delarue, J., Moors-Murphy, H., Maxner, E., Lawson, J.W., and Davies, K.T.A. 2022. [The distribution of North Atlantic right whales in Canadian waters from 2015-2017 revealed by passive acoustic monitoring](#). Frontiers Mar. Sci. 9: 976044.

-
- Gervaise, C., Simard, Y., Aulancier, F., and Roy, N. 2019. Optimal passive acoustics systems for real-time detection and localization of North Atlantic right whales in their feeding ground off Gaspé in the Gulf of St. Lawrence. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3345: ix + 58 pp.
- Lawson, J.W., and Gosselin, J.-F. 2009. [Distribution and Preliminary Abundance Estimates for Cetaceans Seen During Canada's Marine Megafauna Survey – A Component of the 2007 TNASS](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/031. vi + 28 p.
- Mellinger, D.K., and Clark, C.W. 2003. [Blue whale \(*Balaenoptera musculus*\) sounds from the North Atlantic](#). *J. Acoust. Soc. Am.* 114(2): 1108–1119.
- Mellinger, D.K., Stafford, K.M., Moore, S.E., Dziak, R.P., and Matsumoto, H. 2007a. [An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans](#). *Oceanogr.* 20(4): 36–45.
- Mellinger, D.K., Nieuwkirk, S.L., Matsumoto, H., Heimlich, S.L., Dziak, R.P., Haxel, J., and Fowler, M. 2007b. [Seasonal occurrence of North Atlantic right whale \(*Eubalaena glacialis*\) vocalizations at two sites on the Scotian Shelf](#). *Mar. Mamm. Sci.* 23(4): 856–867.
- Mellinger, D.K., Nieuwkirk, S.L., Klinck, K., Holger Klinck, H., Dziak, R.P., Clapham, P.J., and Brandsdóttir, B. 2011. [Confirmation of right whales near a nineteenth-century whaling ground east of southern Greenland](#). *Biol. Lett.* 7(3): 411–413.
- 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.
- Romagosa, M., Baumgartner, M.F., Cascão, I., Lammers, M.O., Marques, T.A., Santos, R.S., and Silva, M.A. 2020. [Baleen whale acoustic presence and behaviour at a Mid-Atlantic migratory habitat, the Azores Archipelago](#). *Sci. Rep.* 10(1): 4766.
- Simard, Y., Roy, N., Giard, S., and Aulancier, F. 2019. [North Atlantic right whale shift to the Gulf of St. Lawrence in 2015, revealed by long-term passive acoustics](#). *Endang. Species Res.* 40: 271–284.
- Stafford, K.M., Fox, C.G., and Clark, D.S. 1998. [Long-range acoustic detection and localization of blue whale calls in the northeast Pacific Ocean](#). *J. Acoust. Soc. Am.* 104(6): 3616–3625.
- Van Parijs, S.M., Clark, C.W., Sousa-Lima, R.S., Parks, S.E., Rankin, S., Risch, D., and van Opzeeland, I. 2009. [Management and research applications of real-time and archival passive acoustic sensors over varying temporal and spatial scales](#). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 395: 21–36.
- Verfuß, U.K., Honnel, C.G., Meding, A., Dähne, M., Mundry, R., and Benke, H. 2007. [Geographical and seasonal variation of harbour porpoise \(*Phocoena phocoena*\) presence in the German Baltic Sea revealed by passive acoustic monitoring](#). *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 87: 165–176.
-

Tableau 5. Une heure par semaine pour chaque déploiement a été échantillonnée et analysée pour les faux négatifs dans Raven Pro 1.6. Le nombre total de faux négatifs détectés à partir d'un échantillon audio a été comparé aux vocalises détectées automatiquement par le LFDCS au cours des mêmes heures échantillonnées. Les vocalises ont ensuite été additionnées pour déterminer le pourcentage de vocalises détectées automatiquement par le LFDCS dans les heures échantillonnées. Les déploiements comportant moins de 50 vocalises de rorqual bleu ont été omises en raison d'une activité présumée faible de rorqual bleu dans ces régions.

Nom de l'amarrage	Faux négatifs détectés	Vocalises détectées par le LFDCS dans l'échantillon	Vocalises détectées par le LFDCS + faux négatifs	Pourcentage de vocalises détectées par le LFDCS
MMNL032	99	20	119	17,0
MMNL039	79	3	82	4,0
MMNL043	130	20	150	13,0
MMNL044	140	18	158	11,0
MMNL046	59	3	62	4,8
MMNL051	40	16	56	28,0

FIGURES

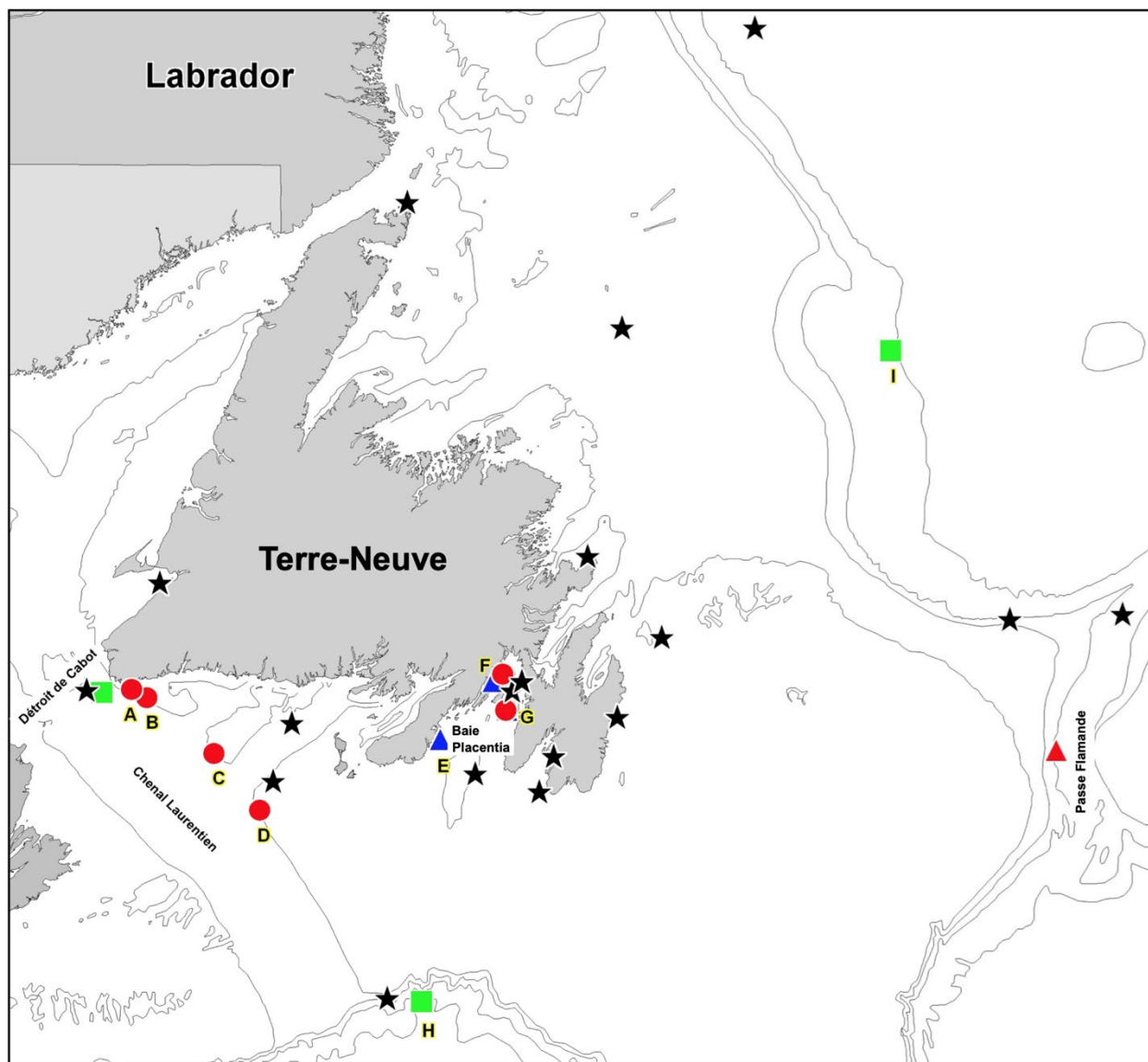


Figure 1. Emplacements de déploiement d'amarrages acoustiques autonomes (enregistreurs AURAL du MPO indiqués par des cercles rouges; enregistreurs AMAR du MPO indiqués par des triangles bleus et rouges; enregistreurs AMAR de JASCO indiqués par des boîtes vertes) et observations de baleines noires de l'Atlantique Nord dans la zone d'étude, la plupart depuis 2001 (étoiles noires, N=18). Les sites de déploiement sont indiqués par des étiquettes alphabétiques (A – Port aux Basques, B – banc de la Rose Blanche, C – banc Burgeo, D – banc de Saint Pierre, E – Burin, F – ouest de l'île Merasheen, G – île Red, H – banc de la Baleine et I – bassin Orphan).

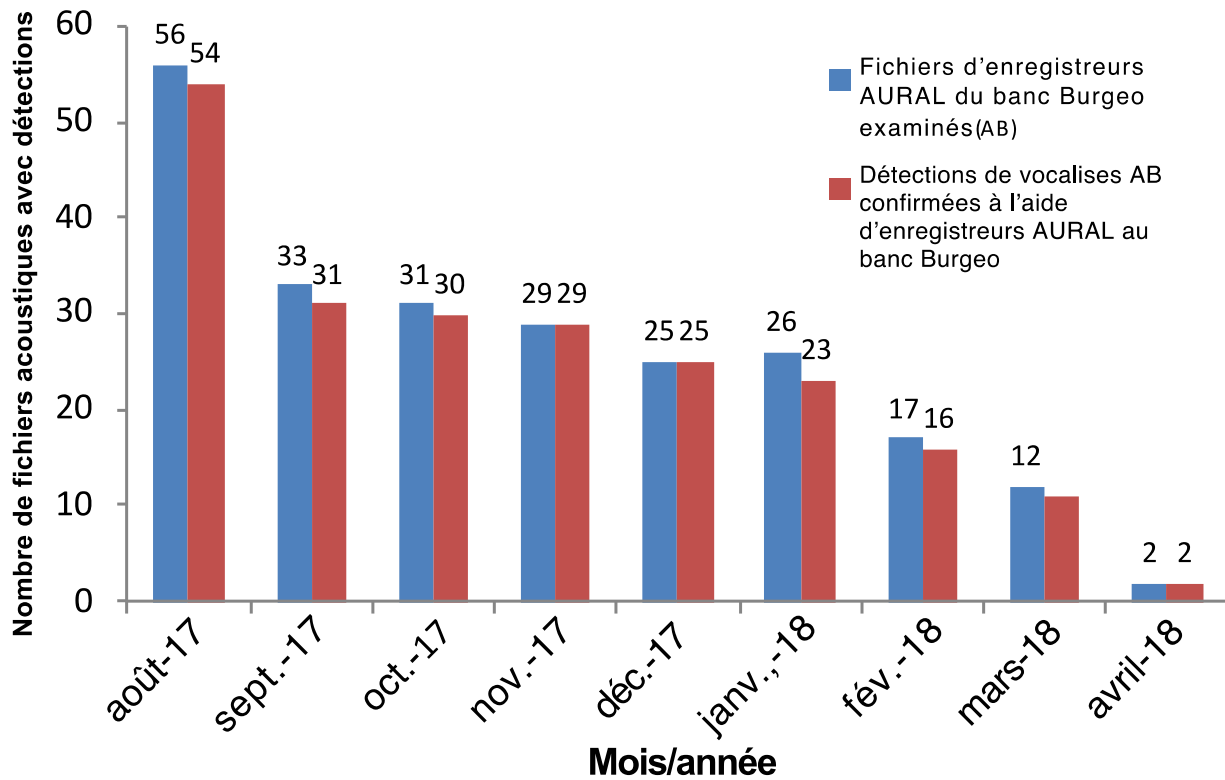


Figure 2. Nombre de fichiers acoustiques de 30 minutes contenant des détections de vocalises de rorqual bleu (bandes bleues), tel qu'indiqué par le DCS de JASCO pour août 2017 à avril 2018 à un enregistreur AURAL déployé au banc Burgeo. Après la validation manuelle, presque tous les enregistrements contenaient de vraies vocalises AB de rorqual bleu (bandes rouges).