



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 2025/018

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

Baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador, d'après des cris et des observations opportunistes

J.W. Lawson, G.L. Sheppard, S. Comeau et A.J. Murphy

Pêches et Océans Canada
Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest
80, chemin East White Hills
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) 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 978-0-660-76303-3 N° cat. Fs70-5/2025-018F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Lawson, J.W., Sheppard, G.L., Comeau, S. et Murphy, A.J. 2025. Baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador, d'après des cris et des observations opportunistes. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/018. iv + 31 p.

Also available in English:

Lawson, J.W., Sheppard, G.L., Comeau, S., and Murphy, A.J. 2025. North Atlantic Right Whales in Newfoundland and Labrador Waters, Based on Calls and Opportunistic Sightings. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2025/018. iv + 27 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
MÉTHODES.....	1
ENREGISTREURS ACOUSTIQUES PASSIFS	1
AURAL	2
AMAR.....	2
SoundTrap	2
EFFORT D'ÉCHANTILLONNAGE ACOUSTIQUE	3
DéTECTION AUTOMATISÉE DES VOCALISES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD À L'AIDE DU LFDCS.....	3
VALIDATION MANUELLE DES DÉTECTIONS AUTOMATISÉES.....	5
Validation des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord	5
Analyse des faux négatifs	6
OBSERVATIONS OPPORTUNISTES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD..	7
RÉSULTATS.....	7
EFFORT D'ENREGISTREMENT ACOUSTIQUE	7
DÉTECTIONS ACOUSTIQUES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD.....	8
PERFORMANCE DU LFDCS AVEC LES VOCALISES À MODULATION ASCENDANTE DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD	8
OBSERVATIONS OPPORTUNISTES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD..	9
DISCUSSION.....	10
EFFORT	10
DÉTECTIONS ACOUSTIQUES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD.....	10
PERFORMANCE DU LFDCS AVEC LES VOCALISES À MODULATION ASCENDANTE DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD	12
RECHERCHES FUTURES	12
CONCLUSIONS.....	13
REMERCIEMENTS	14
RÉFÉRENCES CITÉES	14
TABLEAUX	17
FIGURES	25
ANNEXE	27

RÉSUMÉ

Compte tenu de l'augmentation récente des détections de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux canadiennes et des mortalités que certaines d'entre elles y ont subies, il y a eu un effort accru pour détecter et surveiller l'emplacement et l'abondance de ces baleines et établir comment leurs habitudes d'utilisation de l'habitat ont changé. Le système de détection et de classification automatisées (SDC) des vocalises sous-marines de baleines noires de l'Atlantique Nord est un outil essentiel pour traiter le grand volume de données d'enregistrement acoustique recueillies par Pêches et Océans Canada (MPO) afin de surveiller ces baleines émettant des vocalises.

Le MPO dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador (ci-après appelé T.-N.-L.) a mis en œuvre une version mise à jour du système de détection et de classification des basses fréquences (LFDCS, pour *Low Frequency Detection and Classification System*) de Baumgartner en vue d'effectuer la détection et la classification automatisées des vocalises de cétacés à fanons à l'aide de données acoustiques recueillies depuis 2009 à partir de 69 déploiements réussis et de près de 150 000 heures d'enregistrement. Dans la présente étude, nous avons utilisé le LFDCS pour détecter la présence de baleines noires de l'Atlantique Nord, une tâche que le système a généralement bien accomplie. Toutefois, dans certaines zones extracôtières, il a généré de fausses détections de baleines noires de l'Atlantique Nord dans le contexte du bruit diffus des canons à air de la prospection sismique ou de vocalises omniprésentes de rorquals à bosse.

Malgré les effets confondants du bruit ambiant élevé, le petit nombre d'amarrages sur la vaste zone d'étude et les chants occasionnels de rorquals à bosse, des vocalises à modulation ascendante confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord ont été détectées occasionnellement au large de la côte du Labrador, des côtes sud et est de Terre-Neuve, le long de la marge du chenal Laurentien et dans les zones extracôtières. La plupart de ces vocalises ont été détectées en été (juin à août) ou à l'automne (septembre à novembre). L'analyse d'un sous-ensemble de données audio provenant de 20 amarrages dans la zone d'étude n'a révélé aucune vocalise de baleines noires de l'Atlantique Nord manquée par le LFDCS. Cependant, à de rares occasions pendant la validation des données, d'autres vocalises plus irrégulières ont parfois été manquées par notre bibliothèque NL23 du LFDCS et par l'ancienne bibliothèque Gom9 lorsque les paramètres du LFDCS n'étaient pas suffisamment généralisés. À l'aide d'enregistrements acoustiques contaminés par des secousses sismiques provenant des Grands Bancs, les différences entre les bibliothèques Gom9 et NL23 en matière de précision et de mesure F1 (la moyenne harmonique de précision et de rappel) étaient marginales dans les tests limités que nous avons menés après avoir créé la bibliothèque NL23. Néanmoins, les améliorations apportées à notre bibliothèque de détection NL23 ont simplifié l'analyse des données et confirmé la présence de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador.

De plus, la base de données des observations opportunistes du MPO à T.-N.-L. contient 29 mentions (totalisant 44 baleines) de baleines noires de l'Atlantique Nord en nage libre entre 2002 et 2023, des observations ayant été effectuées lors de presque toutes les années. Les observations récentes, dont plusieurs correspondaient au catalogue de baleines noires de l'Atlantique Nord du *New England Aquarium*, comprenaient celles de quelques individus se nourrissant dans des eaux relativement peu profondes non loin du rivage à Terre-Neuve.

Les détections acoustiques confirmées et possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord aux alentours de Terre-Neuve-et-Labrador depuis au moins 2009, ainsi que les observations de cette espèce dans la région (particulièrement au cours des dernières années), corroborent le fait que la baleine noire de l'Atlantique Nord est une composante occasionnelle de la mégafaune marine dans ces eaux.

INTRODUCTION

La surveillance acoustique passive (SAP) est un outil puissant pour détecter et identifier les mammifères marins qui émettent des vocalises sous l'eau (Kowarski et Moors-Murphy 2020; Lawson *et al.* 2025), et elle est utilisée dans de nombreuses études portant sur la présence de cétacés à fanons (p. ex. Baumgartner *et al.* 2018; Macklin *et al.* 2024; Mellinger *et al.* 2007a; Van Parijs *et al.* 2009; Verfuß *et al.* 2007). Afin de traiter de grandes quantités de données acoustiques enregistrées en vue de détecter la présence de sons propres à une espèce, l'utilisation d'un système de détection et de classification (SDC) automatisé prend beaucoup moins de temps que le traitement intégral manuel (visuel/auditif) par un expert formé, en supposant que le SDC soit suffisamment exact. Diverses méthodes de détection et de classification ont été mises au point pour analyser les sons des mammifères marins, y compris des détecteurs à basse fréquence pour les vocalises produites par la baleine noire de l'Atlantique Nord (*Eubalaena glacialis*) [p. ex. Davis *et al.* 2017]. Ces détecteurs peuvent bien fonctionner puisque la baleine noire de l'Atlantique Nord génère un répertoire vocal distinctif (Mellinger *et al.* 2007b; Matthews et Parks 2021).

Pour la détection acoustique de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.), les vocalises analysées consistent en une variété de chants glissant vers le haut (vocalises à modulation ascendante), y compris des glissements longs, courts, abrupts et discontinus (p. ex. Parks *et al.* 2011; Root-Gutteridge *et al.* 2018). Le glissement vers le haut est une vocalise de contact utilisé 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 sexes; il s'agit donc de la vocalise la plus fiable à utiliser pour déterminer la présence de baleines noires. Des sons de type « coup de feu » et des gémissements tonaux sont également observés de façon opportuniste (Parks *et al.* 2005), mais le système de détection et de classification des basses fréquences (LFDCS) de Baumgartner n'est actuellement pas en mesure de détecter automatiquement les sons de type « coup de feu ».

Depuis 2009, des chercheurs de Pêches et Océans Canada (MPO) ont déployé des enregistreurs acoustiques passifs sur des amarrages fixes à divers endroits dans les eaux des environs de T.-N.-L., allant de la côte nord du Labrador au chenal Laurentien au sud de Terre-Neuve, y compris dans des sites côtiers et extracôtiers (figure 1).

Nous résumons ici les détections acoustiques confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de T.-N.-L. de 2009 à 2023 et décrivons la performance de la bibliothèque modifiée du LFDCS utilisée pour traiter des enregistrements dans un contexte de bruit ambiant élevé. Certaines des analyses acoustiques présentées ici ont déjà été décrites (p. ex. Durette-Morin *et al.* 2022; Lawson *et al.* 2025); toutefois, ces analyses ne comprenaient qu'un petit sous-ensemble des emplacements de déploiement résumés ici, sur une période plus courte (2015 à 2017). De plus, nous résumons les observations visuelles opportunistes de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de T.-N.-L. de 2002 à 2023.

MÉTHODES

ENREGISTREURS ACOUSTIQUES PASSIFS

Entre mai 2009 et décembre 2023, des enregistreurs acoustiques passifs ont été déployés pendant diverses durées dans les environs de T.-N.-L. pour surveiller la présence de cétacés émettant des vocalises et fournir des données pour les évaluations du bruit sous-marin (figure 1, tableau 1, figures A1 à A5). Les emplacements de déploiement ont changé au cours

de cette période, mais ils comprenaient des endroits près des côtes et au large du Labrador (LAB), sur la côte est de Terre-Neuve-et-Labrador (NLE), dans le chenal Laurentien (NLLC), au large de T.-N.-L (NLO) et sur la côte sud de T.-N.-L (baie Placentia, NLSP) [figure 1, tableau 1].

Plusieurs types d'enregistreurs acoustiques passifs ont été utilisés (tableau 1, tableau 2) : l'enregistreur sous-marin autonome pour l'écoute acoustique (AURAL M2, M3 et μ AURAL; MultiElectronique Inc., Qc, Canada), l'enregistreur acoustique autonome multicanaux (AMAR G4 Shallow et Ultra Deep; JASCO Research Limited, N.-É., Canada) et l'enregistreur SoundTrap (ST500 et ST600 HF; Ocean Instruments New Zealand, Auckland, Nouvelle-Zélande). Tous les types d'enregistreurs ont été en mesure de recueillir des données acoustiques dans la plage de fréquences qui englobe les vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord (tableau 2).

AURAL

Les enregistreurs AURAL ont été déployés à des profondeurs allant de 2 à 157 m selon l'hydrophone au moyen de supports installés sur le fond de l'océan où l'enregistreur se trouvait directement sur le plancher océanique ou était suspendu dans la colonne d'eau (tableau 1). Le modèle M2 était l'enregistreur AURAL le plus couramment utilisé des trois types. Les modèles M2 et M3 ont échantillonné le signal acoustique pré-amplifié de 16 dB à une résolution de 16 bits et à des taux d'échantillonnage de 32 kHz pendant 15 ou 30 minutes par heure. Ces enregistreurs pourraient échantillonner pendant plus d'un an. La sensibilité de réception de l'hydrophone HTI 96-MIN (High Tech Inc., Gulfport, Miss.) sur l'AURAL est de -164 ± 1 dB re 1V μ Pa-1 sur la largeur de bande < 4 -kHz utilisée dans cette étude. Plusieurs déploiements ont utilisé le μ AURAL (tableau 1), qui avait une courte durée d'enregistrement, mais échantillonnait à une fréquence de 96 kHz.

AMAR

Les enregistreurs AMAR (G4) ont été déployés à des profondeurs allant de 38 à 1 664 m selon l'hydrophone au moyen de supports installés sur le fond de l'océan où l'enregistreur se trouvait directement sur le plancher océanique (déploiements < 200 m ou était suspendu dans la colonne d'eau (déploiements > 200 m; tableau 1). Ils étaient soit dotés de PVC standard pour les déploiements de moins de 200 m ou de boîtiers *Ultradeep* (UD) pour les déploiements de plus de 200 m. Les déploiements de l'AMAR enregistraient en continu, alternant entre des taux d'échantillonnage à une fréquence relativement plus faible (64 à 128 kHz; habituellement 14 min) et une fréquence plus élevée (512 kHz; habituellement 1 min) les pendant un cycle de 60 minutes. Les enregistreurs AMAR étaient équipés d'hydrophones omnidirectionnels GTI M36-V35-100 (GeoSpectrum Inc., d'une 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 avait une résolution de 16 bits avec un plafond nominal de 171 dB re 1 μ Pa.

SoundTrap

Les enregistreurs SoundTrap ont été déployés à des profondeurs variant entre 79 et 129 m selon l'hydrophone (tableau 1), au moyen d'ancres au fond d'où l'enregistreur était suspendu dans la colonne d'eau. Les enregistreurs SoundTrap étaient équipés d'hydrophones omnidirectionnels GTI M36-V35-100 (GeoSpectrum Inc., d'une 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 avait une résolution de 16 bits avec un plafond nominal de 171 dB re 1 μ Pa. Les premiers déploiements de SoundTrap enregistraient en continu, à un taux d'échantillonnage fixe compris

entre 64 et 128 kHz. À compter de 2022, afin de prolonger la durée d'enregistrement à un seul amarrage, nous avons déployé des SoundTrap jumelés, l'un enregistrant en continu pendant la première moitié du déploiement, et le second commençant son enregistrement lorsque le premier était terminé. À partir du printemps 2023, nous avons déployé des amarrages où chacun des deux enregistreurs SoundTrap était réglé pour enregistrer au cours de différentes demi-heures; par exemple, SoundTrap 1 enregistrait à l'heure juste (12:00) pendant 30 min et SoundTrap 2 enregistrait à la demi-heure (12:30) pendant 30 min. Ce faisant, nous avons cherché à obtenir un enregistrement continu pour le déploiement (c.-à-d. que si un enregistreur échouait, nous avions toujours des échantillons de données pour toutes les heures du déploiement).

EFFORT D'ÉCHANTILLONNAGE ACOUSTIQUE

Aux fins du présent rapport, les enregistrements acoustiques recueillis entre août 2009 et novembre 2023 à partir de 69 déploiements d'enregistreurs acoustiques passifs (tableau 1; figures A1 à A5) ont été analysés afin de détecter la présence de vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord. La durée de collecte des données de l'enregistreur variait entre 2 et 580 jours (tableau 1). La plupart des enregistreurs fonctionnaient selon un cycle de service, et les enregistrements variaient de 10 min/h à 34 min/h, tandis que certains d'entre eux, seuls ou jumelés, recueillaient continuellement des données.

Des enregistreurs acoustiques passifs ont été déployés sur le plateau continental du Labrador (LAB; 2013-2014, 2020 à 2023) et le long de la marge nord du chenal Laurentien (NLLC; 2014 à 2023) à l'appui de zones de protection marine éventuelle (LAB) et actuelle (NLLC) [figure 1, figures A1 et A3]. Sur la côte sud de T.-N.-L., les efforts de déploiement ont été concentrés dans la baie Placentia (PNSL), dont un effort accru à partir de 2017 pour appuyer le programme du MPO intitulé Plan de protection des océans – Qualité du milieu marin (PPO-QMM) [figure 1, figure A5]. Le nombre de déploiements extracôtiers en eaux profondes au large de la bordure de la plate-forme de Terre-Neuve (NLO) a augmenté à partir de 2018, avec des déploiements à long terme à l'extrémité nord de la passe Flamande (NLO03), à la queue des Grands Bancs (NLO04) et à l'est de la baie de Bonavista (NLO05) [figure 1, figure A4], car il s'agissait de zones connues pour leur taux d'occupation élevé par diverses espèces de cétacés. Le nombre de lieux de déploiement sur la côte nord-est de T.-N.-L. (NLE) est passé d'un à quatre en 2022 (figure 1, figure A2) à l'appui de la surveillance à long terme et d'une éventuelle zone de protection marine (ZPM) dans le cadre du programme de l'objectif de conservation marine (OCM).

DÉTECTION AUTOMATISÉE DES VOCALISES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD À L'AIDE DU LFDCS

Nous avons mis en œuvre le système LFDCS de Baumgartner (Baumgartner et Mussoline 2011) afin d'accélérer le traitement des données acoustiques pour la détection des vocalises de grands cétacés à fanons dans les enregistrements récupérés lors de nos déploiements. Le détecteur-classificateur automatisé de cétacés à fanons du LFDCS (Baumgartner et Mussoline 2011) classe les sons de ces grandes espèces en fonction de mesures dérivées des caractéristiques des signaux de base, comme la pente de fréquence du glissement vers le haut de la vocalise (pour plus de détails, voir Baumgartner et Mussoline 2011; Davis *et al.* 2017). La suite logicielle a été exécutée dans le système d'exploitation UNIX d'Apple et ses scripts ont été liés au logiciel IDL (Harris Geospatial Solutions, Inc., Broomfield, Colo.) et à une bibliothèque personnalisée de caractéristiques des vocalises (soit la bibliothèque Gom9 ou notre bibliothèque NL23, voir ci-dessous).

Les enregistrements audio en format .wav ont d'abord été filtrés à 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 pertinente pour les vocalises de la baleine noire de l'Atlantique Nord (et d'autres cétacés à fanons).

Le LFDCS a ensuite créé 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 (Baumgartner et Mussoline 2011). Après avoir tracé des courbes de niveau, ou « pistes de hauteur de son », à l'aide des sons tonaux, le programme utilise une analyse discriminante multivariée pour classer les pistes de hauteur de son en types de vocalises. Auparavant, les vocalises étaient classifiées par le LFDCS en fonction d'une bibliothèque de vocalises sous-jacente par défaut. La bibliothèque de vocalises par défaut du LFDCS (Gom09) comprenait des vocalises de cinq espèces de cétacés à fanons de l'Atlantique Nord : la baleine noire de l'Atlantique Nord, le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus*), le rorqual commun (*B. physalus*), le rorqual boréal (*B. borealis*) et le rorqual à bosse (*Megaptera novaeangliae*), principalement à partir de vocalises enregistrées au nord-est des États-Unis et dans l'est de la plate-forme néo-écossaise. Dans la présente étude, nous nous sommes concentrés sur les détections classifiées comme étant des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord; nous avons cherché le glissement vers le haut modulé à faible fréquence connu sous le nom de vocalise à modulation ascendante. Étant donné que le LFDCS n'est pas conçu pour détecter les sons à large bande comme les vocalises de type « coup de feu » des baleines noires de l'Atlantique Nord, les quelques vocalises de ce type trouvées sur les enregistrements des déploiements dans cette étude ont été repérées pendant le processus de validation manuelle des données.

Dans le but d'accroître la probabilité de détection, nous avons modifié la bibliothèque par défaut Gom09 du LFDCS pour y inclure une plus grande variété d'exemples de vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord provenant du Canada atlantique, et elle a été renommée la bibliothèque « NL23 ». Pour améliorer la diversité dans la bibliothèque NL23, nous avons ajouté 53 nouveaux échantillons de ces vocalises provenant des eaux de T.-N.-L. De plus, nous avons éliminé de la bibliothèque 13 des vocalises provenant de la Nouvelle-Angleterre, en tant qu'observations aberrantes (voir ci-dessous). Les vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord ajoutées à la bibliothèque comprenaient des glissements vers le haut longs, courts, abrupts et discontinus (voir, par exemple, Matthews et Parks 2021; Parks *et al.* 2011). Les exemples de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord provenant des eaux de T.-N.-L. ont été ajoutés à partir d'enregistrements effectués à des endroits situés sur la marge nord du chenal Laurentien (NLLC05, NLC06), sur la côte sud (NLSP03) dans la baie Placentia et au large (NLO 03, NLO 05) [figure 1]. Chaque détection de baleines noires de l'Atlantique Nord s'est vue attribuer une valeur de distance de Mahalanobis (DM), 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 valeur de DM inférieure indique une correspondance plus étroite avec le type de vocalise assignée. Si les caractéristiques de la vocalise sont trop différentes de l'archétype moyen dans la bibliothèque du LFDCS, elles seront signalées comme des observations aberrantes et pourront ensuite être sélectionnées pour être éliminées de l'ensemble de données afin d'améliorer la précision de la bibliothèque du LFDCS pour chaque type de vocalise particulier (voir le guide de référence du LFDCS du Technical Memorandum NMFS-NE-295 de la NOAA pour plus d'explications sur les observations aberrantes). Cela s'est produit lors de l'ajout des 53 vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord en provenance des eaux de T.-N.-L. où certaines vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord de la Nouvelle-Angleterre ont été considérées par le LFDCS comme des observations aberrantes par rapport aux vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord de T.-N.-L., parce qu'elles étaient trop différentes de l'archétype de vocalise moyen, tel qu'il est défini par sept caractéristiques décrites dans le manuel de référence du LFDCS (Baumgartner et Mussoline 2011). De plus, en raison de

l'environnement sonore sous-marin relativement bruyant de T.-N.-L. pendant l'été et des multiples programmes de prospection sismique en cours, la bibliothèque Gom09 du LFDSC a faussement classifié un grand nombre de bruits de tirs de canons à air de prospection sismique diffus dans le temps comme des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord (c.-à-d. des faux positifs). Nous avons intégré un nouveau type de vocalise, en utilisant 122 exemples de bruits diffus¹ de tirs de canons à air de prospection sismique dans la bibliothèque NL23 afin de réduire la fréquence de ces fausses classifications. Après avoir exécuté de nouveau les analyses du LFDSC à l'aide de la bibliothèque NL23 sur six de nos enregistrements d'amarrages acoustiques qui contenaient des bruits sismiques de fond, il y a eu en moyenne une réduction de 50 % du nombre de faux positifs. Cela n'a pas réduit le rappel du système (voir le tableau 4), mais a considérablement réduit le temps de traitement des données.

Les détections automatiques de baleines noires de l'Atlantique Nord variaient entre 0 et 34 000 par déploiement, et toutes les détections automatiques ont été validées avec la bibliothèque Gom9, à l'exception d'un déploiement en mer (NLO03d; passe Flamande) qui a été validé avec la bibliothèque de vocalises NL23. Les vocalises pour le NLO03d ont été validées manuellement pour la période d'avril à la mi-juillet 2019 avec la bibliothèque Gom9; après cette date, l'interférence sismique est devenue trop importante et a causé trop de fausses détections pour permettre une validation efficace. Une fois notre nouvelle bibliothèque NL23 développée, nous avons validé manuellement l'ensemble de l'enregistrement du déploiement pour NLO03d, car il y avait une réduction importante des détections automatiques de baleines noires de l'Atlantique Nord lors de l'utilisation de la bibliothèque NL23 (voir ci-dessous).

VALIDATION MANUELLE DES DÉTECTIONS AUTOMATISÉES

Validation des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord

Comme dans les études précédentes (p. ex. Davis *et al.* 2017, Durette-Morin *et al.* 2022), toutes les détections vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord avec une DM inférieure ou égale à 3,0 ont été inspectées visuellement et auditivement par des analystes expérimentés afin de déterminer lesquelles étaient correctement classifiées (voir ci-dessous). Nous avons choisi les valeurs de DM de 3,0 pour la baleine noire de l'Atlantique Nord afin de correspondre à d'autres études comme celles de Davis *et al.* (2017) et de Durette-Morin *et al.* (2022). Les signaux détectés qui dépassaient ce seuil de DM avaient une probabilité beaucoup plus grande d'être incorrects, car ces vocalises s'écartaient davantage du type de vocalise archétypique.

Le degré élevé de variabilité des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord et le chevauchement avec les vocalises d'autres espèces, comme les glissements vers le haut produits par les rorquals à bosse, ont nécessité une validation manuelle supplémentaire des détections du LFDSC. Le processus de validation manuelle exigeait que l'analyste classifie chaque piste de hauteur de son détectée par le LFDSC comme étant « correcte », « incorrecte » ou « inconnue ». Si le LFDSC avait détecté automatiquement les pistes de hauteur de son comme correspondant à des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord qui avaient été en réalité produites par des sources non biologiques, comme

¹ Dans ce contexte, la durée de l'impulsion sismique augmente alors qu'elle se propage sur une distance de dizaines de kilomètres, ce qui se traduit par un signal dont l'amplitude augmente et diminue d'une manière qui ressemble aux glissements vers le haut et vers le bas plus fluides des vocalises de BNAN, plutôt qu'à la forme originale du pic du signal bref près de la source sismique.

des navires ou des impulsions sismiques, ou si elles avaient été déterminées comme étant des vocalises effectuées par une autre espèce de baleine, les détections de baleines noires de l'Atlantique Nord ont été classifiées comme étant « incorrectes ». Les vocalises marquées comme « inconnues » indiquaient qu'il y avait une source biologique, et possiblement une baleine noire de l'Atlantique Nord, produisant un son avec la possibilité d'une vocalise à modulation ascendante de baleine noire de l'Atlantique Nord. Les détections classifiées comme « inconnues » ont été examinées une deuxième fois dans le logiciel *Raven Pro* 1.6 afin d'exclure davantage de faux positifs (comme un autre type de bruit biologique ou anthropique). Cela a permis davantage de manipulations du fichier .wav, comme le changement des paramètres du spectrogramme, l'augmentation de la vitesse et l'examen visuel de l'environnement acoustique. Après le deuxième examen, les détections « inconnues » restantes ont été considérées comme des « vocalises possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord » et des copies ont été envoyées à des acousticiens hautement expérimentés (G. Davis ou J. Wilder) de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) pour un examen plus approfondi. Ces derniers les ont classifiées comme étant « correctes », « possibles » ou « incorrectes ». Les vocalises qui ont été jugées « possibles » par tous les analystes ont été consignées comme étant « possibles » dans notre ensemble de données (voir les figures A1 à A5), mais elles n'ont pas été incluses dans d'autres analyses. Les vocalises initialement classifiées « possible » ou « inconnues », mais jugées « inexactes » par au moins un analyste, ont été réassignées comme étant « incorrectes ».

Analyse des faux négatifs

Afin de tester l'efficacité de la bibliothèque de vocalises Gom9 du LFDCS pour la détection des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de T.-N.-L., nous avons effectué une analyse des faux négatifs sur environ 1 % des 35 000 heures de données audio enregistrées à partir d'un sous-ensemble de 20 amarrages déployés dans les environs de T.-N.-L. pendant toute la période de l'étude (tableau 3). Cette analyse permet de mieux comprendre la performance du LFDCS pour ce qui est de la détection de baleines noires de l'Atlantique Nord, l'une des mesures étant la proportion de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord manquées. Un pour cent des données audio ont été choisies pour cette analyse conformément aux protocoles de faux négatifs d'études semblables telles que celle de Buchan *et al.* (2010), et compte tenu des contraintes de temps liées à notre étude. Pour chaque déploiement, au moins une heure de contenu audio brut par semaine a été sélectionnée au hasard afin d'être examinée plus en détail. Chaque heure d'enregistrement audio sélectionnée a été téléchargée dans *Raven Pro* et numérisée visuellement et acoustiquement pour repérer les vocalises manquées. Lorsque l'analyste découvrait une vocalise possible, il faisait des recoupements avec les données de validation manuelle pour vérifier si elle avait également été détectée par le LFDCS, et si elle avait été détectée automatiquement par la bibliothèque Gom9 du LFDCS. Pour les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord, 347 heures de données audio brutes ont été passées en revue afin d'y déceler la présence de faux négatifs (tableau 3). En raison du faible nombre de détections correctes de baleines noires de l'Atlantique Nord dans certains contextes, pour chaque détection positive de baleines noires de l'Atlantique Nord classifiée comme étant « correcte », on a également analysé manuellement l'heure avant et l'heure après chaque vocalise confirmée dans *Raven Pro* afin de chercher d'éventuelles vocalises manquées. Ces analyses se sont traduites par 11 heures d'analyse des faux négatifs supplémentaires, ce qui porte à 358 le total des heures de contenu audio examinées pour y déceler d'éventuelles vocalises manquées dans un sous-ensemble de 20 amarrages acoustiques.

Afin de vérifier si notre bibliothèque NL23 (1) manquait certaines vocalises à modulation ascendante et (2) saisissait un niveau de vocalises similaire à celui de la bibliothèque Gom9,

nous avons numérisé manuellement les enregistrements audio pour voir s'il y avait eu des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord manquées (« faux négatifs ») sur une durée d'enregistrement d'environ un mois pour chacun des six amarrages acoustiques présentant des niveaux élevés d'interférence sonore causée par les canons à air de la prospection sismique. Pour ce faire, nous avons numérisé environ cinq minutes avant et après chaque détection de baleines noires de l'Atlantique Nord par la bibliothèque NL23 faite au cours du mois où nous avons le plus de détections pour chacun des six amarrages avec interférence sismique. Nous avons ensuite numérisé une durée précédente et suivante pour le même mois pour chaque amarrage pour les détections de baleines noires de l'Atlantique Nord faites par la bibliothèque Gom9 afin de voir si la bibliothèque NL23 détectait les mêmes ou plus de baleines noires de l'Atlantique Nord par rapport à la Gom9. Si des vocalises à modulation ascendante supplémentaires potentielles étaient découvertes, les feuilles de validation manuelle des bibliothèques NL23 et Gom9 étaient comparées pour voir si les vocalises avaient été détectées par l'une ou l'autre et dans quelle catégorie elles étaient classifiées. Nous avons constaté que (1) la bibliothèque NL23 ne manquait aucune des vocalises que la bibliothèque Gom9 détectait et (2) que la bibliothèque NL23 présentait beaucoup moins de faux positifs que la bibliothèque Gom9 en raison de l'ajout d'exemples de bruits sismiques à la bibliothèque NL23 (tableau 4).

Mis à part la réduction importante du nombre de faux positifs de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord signalés par le LFDCS grâce à l'utilisation de la bibliothèque NL23 mise à jour, et la diminution des efforts de validation manuelle qui en a découlé, les différences de précision et de mesure F1 étaient marginales dans les tests limités que nous avons menés après avoir créé la bibliothèque NL23 (tableau 4). Ces deux mesures sont plus faibles pour les bibliothèques Gom9 (précision = 0,00064) et NL23 (précision = 0,00034) que celles qui ont été signalées pour les tests du LFDCS à l'aide des données des bassins Roseway et d'Émeraude (voir les tableaux 2 et 3 dans Lawson *et al.* 2025), où il n'y a pas eu de contamination acoustique par la prospection sismique. Nous prévoyons une analyse plus structurée des faux négatifs liés à la performance du LFDCS avec les bibliothèques Gom9 et NL23 afin de déterminer si la performance de cette dernière est semblable à celle de la Gom9 dans un plus vaste éventail de contextes, limitant ainsi l'avantage de la bibliothèque NL23 pour réduire le temps de traitement des données.

OBSERVATIONS OPPORTUNISTES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD

Les observations opportunistes de baleines noires de l'Atlantique Nord vivante et en nage libre dans les eaux de T.-N.-L. entre 2002 et 2023 ont été extraites de la base de données des observations opportunistes de cétacés du MPO à T.-N.-L. Elles provenaient des plates-formes du MPO, des navires commerciaux et récréatifs et du grand public à partir d'emplacements côtiers. Seules les mentions d'observation confirmées (à l'aide d'images ou d'observateurs expérimentés) ou très probables (à l'aide d'observateurs crédibles ou multiples dans de bonnes conditions d'observation) ont été extraites.

RÉSULTATS

EFFORT D'ENREGISTREMENT ACOUSTIQUE

Entre août 2009 et novembre 2023, 82 enregistreurs acoustiques passifs ont été déployés dans les environs de T.-N.-L. (figures A1 à A5). Les données de 13 amarrages acoustiques ont été perdues en raison des activités de pêche, des défaillances de largage ou du mauvais fonctionnement des enregistreurs (figures A1 à A5). Au total, 69 déploiements et récupérations

d'enregistreurs ont été effectués avec succès pour un total de 11 891 jours d'enregistrement (figure 1, tableau 1).

Les données provenant de 92 % des 69 amarrages acoustiques ont été transmises au LFDSCS et validées manuellement pour la présence de baleines noires de l'Atlantique Nord, à l'exclusion de certains déploiements plus anciens de l'AURAL et du μ AURAL. Onze pour cent des déploiements antérieurs de 2009 à 2014 ont été traités à l'aide du logiciel de SDC exclusif de JASCO et validés manuellement par un acousticien contractuel.

DÉTECTIONS ACOUSTIQUES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD

La bibliothèque Gom9 des systèmes du LFDSCS a permis d'effectuer un grand nombre de détections automatiques de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord, en particulier pour le site NLO03 (passe Flamande), où le LFDSCS a marqué plus de 34 000 événements comme étant des vocalises à modulation ascendante possibles. Cependant, après la création de la bibliothèque NL23, il y a eu une réduction de 50 % du nombre d'événements possibles pour cet emplacement d'amarrage, ce qui nous a permis de valider manuellement les données. Au total, 100 vocalises supplémentaires dans 13 emplacements d'amarrage ont été confirmées (figure 1, tableau 1, tableau 5, figures A1 à A5). Pour tous les déploiements, le nombre de jours au cours d'une période d'enregistrement où des vocalises ont été confirmées variait entre 0 et 2 (tableau 1). Dans le cas des déploiements pour lesquels des vocalises ont été confirmées, le pourcentage de jours au cours de la période d'enregistrement qui en comportaient variait entre 0,44 % et 2,70 % (tableau 1). Un total de 18 jours de vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées ont été recensés pour toutes les saisons (tableau 5), bien que les jours de détection aient été plus fréquents en été (6) et à l'automne (8). De plus, il y a eu 17 jours où des vocalises « possibles » ont été repérées dans 12 emplacements d'amarrage, également principalement en été et à l'automne (figures A1 à A5).

PERFORMANCE DU LFDSCS AVEC LES VOCALISES À MODULATION ASCENDANTE DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD

L'analyse de 358 heures d'enregistrement audio et d'un échantillon aléatoire d'enregistrement audio brut provenant de 1 % de tous les enregistrements audio d'un sous-ensemble de 20 amarrages acoustiques n'a révélé aucun faux négatif pour les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord lors de l'utilisation de la bibliothèque Gom9. Cela indique que le LFDSCS détecte la majorité des véritables vocalises provenant de nos déploiements acoustiques. Cependant, le LFDSCS a produit un nombre important de faux positifs avant l'examen manuel. Par exemple, l'utilisation du LFDSCS avec la bibliothèque de vocalises Gom9 à une DM de 3,0 dans le cadre d'un des déploiements du canal Laurentien (NLLC01b, banc Burgeo) a donné lieu à 5 012 détections automatiques de vocalises; cependant, après examen manuel de toutes les détections, seules trois d'entre elles ont été confirmées. Les autres ont été éliminées comme étant du bruit anthropique ou du bruit biologique provenant d'une autre espèce. Des résultats semblables ont été obtenus pour d'autres amarrages, les emplacements d'amarrage les plus bruyants entraînant davantage de fausses détections automatiques par le LFDSCS que ceux qui étaient plus silencieux.

Toutes les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord détectées par la bibliothèque Gom9 ont également été positivement détectées par la bibliothèque NL23; cependant, nos bibliothèques NL23 et Gom9 ont manqué un petit nombre de vocalises irrégulières ayant une DM supérieure à 3,0. Ces vocalises supplémentaires ont été découvertes pendant l'analyse des faux négatifs de la bibliothèque NL23 en numérisant les données adjacentes aux détections automatiques et en les comparant aux feuilles de validation manuelle

de la bibliothèque Gom9. Dans l'ensemble, l'utilisation de notre bibliothèque NL23 a permis de réduire la quantité de faux positifs de 50 % en moyenne et donc le temps de traitement, probablement en raison de l'ajout d'exemples de bruits de tirs de canons à air de prospection sismique diffus dans le temps à la bibliothèque de vocalises. Le nombre d'identifications de faux positifs pourrait être encore réduit par l'ajout d'un plus grand nombre de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord enregistrées dans les eaux de T.-N.-L. (comme les vocalises manquées indiquées ici).

Le plus grand effet de l'utilisation de la bibliothèque de vocalises NL23 a été la réduction du nombre de fausses détections dans les amarrages acoustiques sujets à divers niveaux d'interférence sismique. Pour l'un des déploiements dans la passe Flamande (NLO03d), le nombre total de détections automatiques du LFDCS est passé de 34 781 à 16 574 lorsqu'on utilisait la bibliothèque NL23. En ce qui concerne les autres amarrages acoustiques soumis à l'interférence des levés sismiques, nous avons constaté une réduction similaire d'environ 50 % des détections automatiques. Pour vérifier que la nouvelle bibliothèque NL23 ne causait pas d'erreurs de classification, nous avons effectué une analyse des faux négatifs et avons fait des recoupements là où la bibliothèque Gom9 avait relevé des vocalises correctes et vérifié si la bibliothèque NL23 les avait également détectées. Nous avons constaté qu'aucune vocalise à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord détectée par la bibliothèque Gom9 (tableau 4) ne manquait dans la bibliothèque NL23.

Nous avons trouvé deux vocalises dans l'un de nos déploiements extracôtiers à Bonavista (NLO05b) qui ont été manqués par les deux bibliothèques du LFDCS, mais elles étaient de forme irrégulière, avaient des valeurs de DM supérieures à 3,0 et auraient été saisies si la DM avait été réglée à 5,0 sur le détecteur du LFDCS. En raison de la proximité d'autres vocalises à modulation ascendante qui ont été saisies par les deux bibliothèques, ces vocalises inhabituelles ont rapidement été repérées pendant la validation manuelle. Dans l'ensemble, l'ajout à la bibliothèque des 122 exemples de bruits de tirs de canons à air de la prospection sismique diffus dans le temps a permis la plus grande amélioration de la vitesse de nos analyses acoustiques en réduisant les fausses détections d'environ 50 % dans les zones d'amarrage sujettes à des niveaux plus élevés d'interférence sismique. L'ajout de 53 nouveaux échantillons de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord enregistrées dans les eaux de T.-N.-L. pourrait également avoir contribué à l'amélioration de la performance de la bibliothèque, mais des tests avec plus d'exemples enregistrés dans ces eaux (comme les vocalises avec $DM > 3,0$ repérées manuellement ci-dessus) sont nécessaires pour mieux comparer les bibliothèques Gom9 et NL23 en fonction des différentes caractéristiques géographiques possibles des vocalises à modulation ascendante.

OBSERVATIONS OPPORTUNISTES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD

Entre août 2002 et novembre 2023, il y a eu 29 mentions d'observation de baleines noires de l'Atlantique Nord (44 baleines au total) dans les eaux de T.-N.-L., la présence de baleines noires de l'Atlantique Nord ayant été observée presque toutes les années depuis 2002 (figure 2, tableau 6). La majorité (17) des observations opportunistes ont eu lieu au cours des mois d'automne (tableau 6). Comme c'est souvent le cas pour ce type d'observations, leur répartition principalement littorale dans les eaux de T.-N.-L. (figure 2) reflète probablement une présence accrue d'observateurs dans les eaux côtières.

Il n'y a eu aucune observation de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de T.-N.-L. au cours des activités de relevé aérien à grande échelle du MPO (2002–2003, 2007, 2016, 2018–2019, 2021 et 2023).

Seule une petite proportion des baleines noires de l'Atlantique Nord aperçues de façon opportuniste dans les eaux de T.-N.-L. ont été photographiées, ce qui a permis de les apparier à des individus figurant dans le catalogue d'identification photographique tenu par le *New England Aquarium* (tableau 6). En septembre 2019, EgNo 3845 (« Mogul ») a été observée se nourrissant en surface très près du rivage dans 12 m d'eau sur la côte est de T.-N.-L. après avoir été aperçue au large de l'ouest de la France en juillet 2019, et en Islande à l'été 2018. En juin 2022, le baleineau d'EgNo 1145 de 2021 a été observé parmi un troupeau de globicéphales au large de la côte sud de T.-N.-L. En novembre 2022, EgNo 3545 (le frère de « Mogul ») a été photographié nageant très près du rivage, près de St. John's, T.-N.-L. En novembre 2023, EgNo 4308 (« Freckles »), observé pour la dernière fois en 2022 dans le nord-est des États-Unis et jamais identifié auparavant dans les eaux canadiennes, a été vu se nourrissant à quelques centaines de mètres du rivage sur la côte est de T.-N.-L.

DISCUSSION

EFFORT

En raison de la perte de données de 13 déploiements et des changements apportés aux emplacements de déploiement au cours de la période d'étude (figure 1, tableau 1), peu d'emplacements ont fait l'objet d'une surveillance constante au cours de la période d'étude de 15 ans (tableau 1, figures A1 à A5). En outre, étant donné que la portée de détection efficace des enregistreurs acoustiques pour les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord est estimée entre 5 et 15 km (Davis *et al.* 2017), le volume des eaux de Terre-Neuve surveillé acoustiquement pour la présence de baleines noires de l'Atlantique Nord est relativement faible.

Compte tenu des détections acoustiques et visuelles de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux du large et le long de la côte nord (tableaux 1 et 2, figures 1 et 2), nous avons déployé des amarrages acoustiques supplémentaires à la queue des Grands Bancs et dans les zones extracôtières au nord de Terre-Neuve et au sud du Labrador au cours des dernières années. Bien que, sur le plan logistique, ils soient beaucoup plus difficiles à déployer et à récupérer, les amarrages acoustiques en eau profonde de cette étude ont fourni et continueront probablement de fournir des données pour détecter la présence de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux du large, où l'on a postulé qu'une partie de la population de baleines noires de l'Atlantique Nord résidait pendant l'hiver (Davis *et al.* 2017; Kraus et Rolland 2007; Silber *et al.* 2023).

DÉTECTIONS ACOUSTIQUES DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD

Les détections de baleines noires de l'Atlantique Nord étaient peu fréquentes dans tous les sites d'amarrage acoustique des eaux de T.-N.-L. (tableau 1), ce qui est probablement lié à plusieurs facteurs. Nos détections acoustiques confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord sont une indication d'une présence minimale de baleines noires de l'Atlantique Nord; cependant, il y a plusieurs raisons pour lesquelles nous pouvons sous-estimer la présence globale de baleines noires de l'Atlantique Nord au moyen de la surveillance acoustique. Par exemple, étant donné les niveaux de bruit sous-marin ambiant relativement élevés associés à presque tous les sites de T.-N.-L., la portée de détection des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord pourrait être inférieure aux 5 à 15 km estimés par Davies *et al.* (2017) [voir Recherches futures, ci-dessous]. Ce point, combiné à la rareté générale de cette espèce et à notre connaissance limitée de son comportement de vocalise 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 dans les environs de T.-N.-L. Une preuve corroborante de leur présence inhabituelle est que, depuis 2002, il n'y a eu que 29 observations de 44 baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux aux alentours de T.-N.-L. (figure 2, tableau 6). Et ce, malgré des relevés aériens stratifiés à grande échelle qui comprenaient les eaux de T.-N.-L. en 2002-2003, 2007, 2016, 2018-2019, 2021 et 2023 (voir St-Pierre *et al.* 2024). Nous pourrions ne pas voir de baleines noires de l'Atlantique Nord dans ces relevés à grande échelle si, par exemple, il est plus difficile de détecter des individus isolés, comme ceux qui sont habituellement signalés dans les eaux de T.-N.-L. Il est également possible que le taux de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord isolées soit plus faible et donc moins susceptible d'être enregistré.

Le nombre relativement plus élevé de détections de baleines noires de l'Atlantique Nord au cours des dernières années est probablement attribuable à un effort accru de surveillance acoustique et visuelle, à la sensibilisation du public et à la mise en œuvre d'une technologie acoustique plus performante pour détecter ces baleines. De plus, cette augmentation coïncide avec le déplacement d'un plus grand nombre de baleines noires de l'Atlantique Nord dans le golfe du Saint-Laurent pour se nourrir au cours de la dernière décennie et indique une utilisation plus fréquente possible des zones d'habitat nordiques.

Compte tenu du petit nombre de jours pendant lesquels des détections de baleines noires de l'Atlantique Nord ont été confirmées (tableau 1, tableau 5), il n'est pas possible d'établir des tendances spatiales ou saisonnières des baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de T.-N.-L. La baie Placentia sur la côte sud (PNLS) constituait un point de régularité. Des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord ont été détectées à plusieurs endroits dans la baie, notamment à St. Brides (NLSP01), à l'anse Arnold's (NLSP02) et à l'île Red (NLSP03; figure 1, tableau 5). Des détections « possibles » supplémentaires de baleines noires de l'Atlantique Nord ont eu lieu aux emplacements d'amarrage de l'île Merasheen (NLSP04), de Burin (NLSP05) et de Ship Cove (figure A5).

Les vocalises à modulation ascendante confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord détectées en décembre au large de Port Aux Basques (NLLC06), à la fin d'octobre au large du nord du Labrador (banc Saglek, LAB05) et le long de la côte est de T.-N.-L. en novembre (NLE 03, NLE 04), ainsi que les observations opportunistes le long de la côte nord-est en novembre (figure 2, tableau 6), concordent avec la littérature selon laquelle la baleine noire de l'Atlantique Nord a une vaste répartition en hiver et que ce ne sont pas tous les individus qui se déplacent vers les aires de mise bas du sud (voir Davis *et al.* 2017; Durette-Morin *et al.* 2022).

Une étude de surveillance acoustique passive menée en 2007-2008 a permis de détecter plus de 2 000 vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord, provenant de plusieurs baleines, entre juillet et novembre dans une zone au large du sud-est du Groenland où l'on chassait auparavant la baleine noire de l'Atlantique Nord (Mellinger *et al.* 2011). Compte tenu de ces données, il n'est pas surprenant que nous en ayons détecté dans les amarrages au large du nord du Labrador, car ces baleines pourraient migrer vers le nord en traversant les eaux du Labrador chaque printemps, puis vers le sud à l'automne. On ne sait pas si les baleines noires de l'Atlantique Nord détectées dans le sud-est du Groenland passent près du nord du Labrador, ou si les baleines noires de l'Atlantique Nord détectées dans le nord du Labrador sont des baleines différentes. Malgré des efforts considérables de relevé dans le golfe du Saint-Laurent et plus au sud, on ne voit pas souvent de baleines noires de l'Atlantique Nord en été, et la répartition hivernale d'une grande partie de la population de baleines noires de l'Atlantique Nord est inconnue (Hayes *et al.* 2023; Meyer-Gutbrod *et al.* 2022).

La répartition des baleines noires de l'Atlantique Nord est en train de changer. 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 depuis 2015 (comme avec l'acoustique, voir

Simard *et al.* 2019). Dans la région de T.-N.-L., nous avons recueilli des enregistrements visuels de baleines noires de l'Atlantique Nord connues selon le catalogue du *New England Aquarium*, qui n'avait pas été identifiées dans la région auparavant (tableau 6).

Les détections acoustiques confirmées (figure 1, tableau 5) et possibles (figures A1 à A5) de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les environs de Terre-Neuve-et-Labrador depuis au moins 2009, ainsi que les rares observations visuelles de cette espèce dans la région (figure 2, tableau 6), corroborent la conclusion selon laquelle la baleine noire de l'Atlantique Nord est une composante occasionnelle de la mégafaune marine dans les eaux de T.-N.-L. En raison des changements apportés à nos emplacements de surveillance acoustique, nous prévoyons découvrir une présence occasionnelle semblable de baleines noires de l'Atlantique Nord dans d'autres zones de la région.

PERFORMANCE DU LFDCS AVEC LES VOCALISES À MODULATION ASCENDANTE DE BALEINES NOIRES DE L'ATLANTIQUE NORD

Bien que le LFDCS ait obtenu de bons résultats en ce sens qu'il a traité nos ensembles de données acoustiques sous-marines beaucoup plus rapidement que par la validation manuelle, sa performance a été compromise par le faible rapport signal-bruit à certains de nos sites d'enregistrement et, dans le cas des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord, par leur ressemblance aux chants tonaux courants du rorqual à bosse et au bruit diffus dans le temps des tirs de canons à air de la prospection sismique.

Davis *et al.* (2017) ont déterminé que le taux de jours ratés de détections de vocalises à modulation ascendante 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 analyses appuient cette conclusion d'un détecteur prudent avec les paramètres que nous avons utilisés. Notre analyse des faux négatifs de la bibliothèque Gom9, au cours de laquelle nous avons examiné 358 heures de données audio brutes (environ 1 % de tous les enregistrements audio sur un sous-ensemble de 20 amarrages), n'a révélé aucune vocalise manquée. Même dans l'examen des 11 heures d'enregistrement audio qui consistaient en des échantillons d'une heure avant et après chaque vocalise confirmée, nous n'avons pas trouvé de vocalise manquée, comme c'était le cas pour Davis *et al.* (2017). Dans notre zone d'étude, la bibliothèque Gom9 du LFDCS a produit un grand nombre de faux positifs qui nécessiteraient une validation manuelle importante. Cette situation a été quelque peu corrigée en modifiant davantage la bibliothèque de vocalises du LFDCS (maintenant appelée « NL23 ») afin qu'elle soit mieux adaptée pour fonctionner dans le contexte des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux au large de T.-N.-L. (p. ex. tableau 4), ainsi que les sources sonores anthropiques courantes à cet endroit, comme la prospection sismique et le passage des navires.

RECHERCHES FUTURES

Les plages de détection maximales pour les vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord peuvent varier considérablement selon l'équipement d'enregistrement, le lieu d'amarrage, le bruit ambiant, les conditions environnementales (p. ex. présence saisonnière de la thermocline) et le comportement de vocalise des animaux (y compris la variabilité des niveaux de sources des vocalises, les types de vocalises produits et le contexte comportemental). Davies *et al.* (2017) ont estimé une portée de détection de 5 à 15 km pour la baleine noire de l'Atlantique Nord, tandis que Gervais *et al.* (2019) ont estimé une plage de détection médiane, dans le détroit de Cabot, d'environ 10 km. 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

du passage des navires et de programmes sismiques variés et simultanés (voir Delarue *et al.* 2018, et une liste d'activités sismiques dans les eaux de T.-N.-L. à [Canada-Terre Neuve et Labrador l'Office des Hydrocarbures Extracôtiers](#)); par conséquent, la plage de détection des vocalises dans ces régions pourrait être encore inférieure à celles estimées dans les études susmentionnées. En déployant plus d'amarrages acoustiques dans la région de T.-N.-L., nous augmentons nos chances de détecter les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord.

Cependant, les nombreuses détections automatiques faussement positives du LFDCS dans les régimes de faible rapport signal-bruit dans des régions comme la zone au large de T.-N.-L. (passe Flamande, queue des Grands bancs), la baie Placentia et le détroit de Cabot ne peuvent probablement pas être réduites par des changements à la configuration ou au placement de l'amarrage. Il 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 émettre de vocalises lorsqu'elles migrent dans cette zone ou que leurs vocalises puissent être considérablement masquées par le bruit du passage des navires (Cominelli *et al.* 2020). Étant donné que l'ajout d'exemples de vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées provenant des eaux de T.-N.-L. et de bruits diffus de tirs de canons à air de prospection sismique à la bibliothèque de vocalises a facilité une réduction du nombre de fausses détections par rapport à la bibliothèque Gom9 par défaut, nous avons l'intention d'essayer d'améliorer davantage la bibliothèque en ajoutant d'autres exemples de vocalises et de bruits d'impulsions sismiques provenant des eaux de T.-N.-L. et en effectuant d'autres tests de la bibliothèque NL23. Selon toute vraisemblance, nous devrons 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 roqual à bosse et les bruits sismiques, de sorte que le temps de traitement sera plus long que pour les sites moins bruyants comme ceux de l'est du Groenland (Mellinger *et al.* 2011). Nous avons également l'intention de continuer à déployer des amarrages dans la baie Placentia afin de mieux comprendre pourquoi nous recueillons des détections acoustiques récurrentes là-bas, malgré le peu de détections visuelles. De plus, nous déploierons davantage d'amarrages dans d'autres habitats préférés théoriques pour la baleine noire de l'Atlantique Nord aux alentours de T.-N.-L. Une étude planifiée sur la propagation du son sera entreprise dans le but de modéliser et de mesurer la plage de détection des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord à bon nombre de ces sites.

Un effort accru de surveillance visuelle, par l'entremise de plates-formes systématiques ou opportunistes, serait bénéfique dans les zones où ces baleines ont été observées récemment à T.-N.-L. De plus, la sensibilisation du public devrait se poursuivre dans le but d'accroître le nombre d'observations de baleines noires de l'Atlantique Nord et la collecte d'images convenable pour l'identification des individus.

CONCLUSIONS

- La mise à jour de la bibliothèque du LFDCS avec des exemples de vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord enregistrées dans les eaux de T.-N.-L. et de bruits diffus de tirs de canons à air de la prospection sismique a considérablement amélioré sa performance, avec moins de faux positifs et un temps de traitement beaucoup plus court.
- Les vocalises confirmées de baleines noires de l'Atlantique Nord ont rarement été détectées près de la côte sud de T.-N.-L., dans la baie Placentia, près de la côte sud-ouest de T.-N.-L.

et au large dans le nord de la passe Flamande et à la queue des Grands Bancs, ainsi qu'au large de la côte du Labrador.

- Le plus grand nombre de vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées en une journée s'est produit à l'île Red, dans la baie Placentia (NLSP03). De nombreux événements ont été documentés à cet endroit au cours d'années différentes, malgré le fait que les détections visuelles de baleines noires de l'Atlantique Nord n'y étaient pas plus probables qu'ailleurs autour de l'île.
- La base de données des observations opportunistes du MPO à T.-N.-L. contient 29 mentions (totalisant 44 baleines) de baleines noires de l'Atlantique Nord entre 2002 et 2023, des observations ayant été effectuées lors de presque toutes les années. Parmi les observations récentes, on a vu quelques baleines qui se nourrissaient dans des eaux relativement peu profondes non loin du rivage.
- La répartition littorale des observations de baleines noires de l'Atlantique Nord dans cette région est probablement due à une plus grande présence d'observateurs dans les zones littorales, bien que plusieurs baleines noires de l'Atlantique Nord aient été observées loin au large ces dernières années.
- Les détections acoustiques confirmées et possibles de baleines noires de l'Atlantique Nord aux alentours de T.-N.-L. depuis au moins 2009, ainsi que les observations de cette espèce dans la région (particulièrement au cours des dernières années), corroborent le fait que la baleine noire de l'Atlantique Nord est une composante occasionnelle de la mégafaune marine dans ces eaux.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. Baumgartner (département de biologie, *Woods Hole Oceanographic Institution*), ainsi que G. Davis et J. Wilder (NOAA) d'avoir fourni des renseignements importants et une aide utile pour améliorer la performance du système de détection automatique du LFDSC du MPO à Terre-Neuve-et-Labrador. G. Renaud a effectué des validations manuelles antérieures des vocalises de baleines noires pendant qu'il était sous contrat avec le MPO. C. Evers (MPO, Maritimes) et D. Durette-Morin (Université Dalhousie) ont également examiné certaines détections automatiques. M. D. Côté (MPO, T.-N.-L.) a fourni des données acoustiques provenant d'enregistreurs déployés près de la partie supérieure du plateau continental du Labrador. Nous remercions S. Lang pour les améliorations apportées à la rédaction du document et P. Goulet pour avoir produit des cartes mises à jour. Enfin, nous remercions les équipages des navires, exploités à la fois par le secteur public et par le secteur privé, pour les efforts considérables qu'ils ont déployés et l'aide qu'ils ont apportée au déploiement et à la récupération de nos amarrages dans les eaux littorales et extracôtières, pendant toutes les saisons et au fil des ans.

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. pp. 203-226 *In* *Observing the Oceans in Real Time. Edited by R. Venkatesan and A. Tandon and E. D'Asaro and M.A. Atmanand.* Springer International Publishing, Cham.

-
- Buchan, S.J., Rendell, L.E., and Huckle-Gaete, R. 2010. Preliminary recordings of blue whale (*Balaenoptera musculus*) vocalizations in the Gulf of Corcovado, northern Patagonia, Chile. *Mar. Mamm. Sci.* 26(2): 451-459.
- 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., Nieu Kirk, 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., MacDonald, J., and Martin, B. 2018. Acoustic monitoring along Canada's east coast: August 2015 to July 2017. Technical report 01279 by JASCO Applied Sciences for Environmental Studies Research Fund, Ottawa, ON. 199 p. 199 p.
- 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 p.
- Hayes, S.A., Josephson, E., Maze-Foley, K., Rosel, P.E., McCordic, J., and Wallance, J. 2023. U.S. Atlantic and Gulf of Mexico marine mammal stock assessments 2022. NOAA Technical Memorandum NMFS-NE-304, 31-42, Northeast Fisheries Science Center.
- Kowarski, K.A., and Moors-Murphy, H. 2020. A review of big data analysis methods for baleen whale passive acoustic monitoring. *Mar. Mamm. Sci.* 37(2): 652-673.
- Kraus, S.D., and Rolland, R.M. 2007. Right whales in the urban ocean. pp. 1-39 *In* The Urban Whale. Edited by S.D. Kraus and R.M. Rolland. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- 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.
- Macklin, G.F., Moors-Murphy, H.B., and Leonard, M.L. 2024. Characteristics and spatiotemporal variation of sei whale (*Balaenoptera borealis*) downsweeps recorded in Atlantic Canada. *J. Acoust. Soc. Amer.* 155(1): 145-155.
- Matthews, L.P., and Parks, S.E. 2021. An overview of North Atlantic right whale acoustic behavior, hearing capabilities, and responses to sound. *Mar. Pol. Bull.* 173(Pt B): 113043.
- 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., Nieuwirth, 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., Nieuwirth, 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.
- Meyer-Gutbrod, E.L., Davies, K.T., Johnson, C.L., Plourde, S., Sorochan, K., Kenney, R.D., Ramp, C., Gosselin, J.-F., Lawson, J.W., and Greene, C.H. 2022. Redefining North Atlantic right whale habitat use patterns under climate change. *Limnol. Oceanogr.* 68(S1): 1–16.
- Parks, S.E., Hamilton, P.K., Kraus, S.D., and Tyack, P.L. 2005. The gunshot sound produced by male north Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*) and its potential function in reproductive advertisement. *Mar. Mamm. Sci.* 21(3): 458–475.
- Parks, S.E., Searby, A., Celerier, A., Johnson, M.P., Nowacek, D.P., and Tyack, P.L. 2011. Sound production behavior of individual North Atlantic right whales: implications for passive acoustic monitoring. *Endang. Species Res.* 15(1): 63–76.
- Root-Gutteridge, H., Cusano, D.A., Shiu, Y., Nowacek, D.P., Van Parijs, S.M., and Parks, S.E. 2018. A lifetime of changing calls: North Atlantic right whales, *Eubalaena glacialis*, refine call production as they age. *Anim. Behav.* 137: 21–34.
- Silber, G.K., Dangerfield, A., Smith, J., Reeb, D., and Levenson, J.J. 2023. Offshore wind energy development and North Atlantic right whales. *Sterling, VI.* 99 p.
- Simard, Y., Roy, N., Giard, S., and Aulancier, F. 2019. North Atlantic right whale shift to the Gulf of St. Lawrence in 2015 as monitored by long-term passive acoustics. *Endang. Species Res.* 40: 271–284.
- St-Pierre, A.P., Koll-Egyed, T., Harvey, V., Lawson, J.W., Sauvé, C., Ollier, A., Goulet, P.J., Hammill, M.O., Gosselin, J.F. 2024. [Distribution de la baleine noire de l'Atlantique Nord, *Eubalaena glacialis*, dans l'est du Canada basé sur des relevés aériens par transects effectués entre 2017 et 2022](#). *Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.* 2024/059. iv + 70 p.
- 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. *Marine Ecology Progress Series* 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.

TABLEAUX

Tableau 1. Détails des déploiements d'enregistreurs acoustiques passifs dans les eaux au large de Terre-Neuve-et-Labrador entre mai 2009 et décembre 2023. Le début et la fin indiquent respectivement le début et la fin de l'enregistrement acoustique pour chaque déploiement. Les jours, le nombre de jours d'enregistrement. C, le nombre de vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées, détectées sur chaque enregistrement. NJ, le nombre de jours dans la période d'enregistrement présentant des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées PJ, le pourcentage de jours dans la période d'enregistrement qui présentait des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord.

Labrador (LAB)

Code d'emplacement	Nom du site	Code de déploiement	Type d'enregistreur	Lat.	Long.	Profondeur (m)	Début	Fin	Jours	C	NJ	PJ
LAB01	Nain	LAB 01	AURAL M2	56,27576	-59,08252	64	1 ^{er} août 2014	28 nov. 2014	119	–	0	–
LAB02	Emily Harbour	LAB02a	AURAL M2	54,82900	-56,40090	42	19 oct. 2013	1 ^{er} mars 2014	133	–	0	–
		LAB02b	AURAL M2	54,82897	-56,40162	72	1 ^{er} août 2014	4 déc. 2014	125	–	0	–
LAB03	Bassin Hatton	LAB03a	AMAR UD G4	60,46056	-61,26194	508	1 ^{er} oct. 2017	30 août 2018	333	–	0	–
		LAB03b	AMAR UD G4	60,47298	-61,26753	487	1 ^{er} sept. 2020	7 août 2021	340	–	0	–
		LAB03c	SoundTrap	60,47230	-61,25993	514	20 sept. 2022	26 juill. 2023	309	–	0	–
LAB04	Makkovik	LAB04	SoundTrap	55,41948	-58,81792	447	25 août 2020	16 juin 2021	295	–	0	–
LAB05	Banc Saglek	LAB 05	AMAR UD G4	59,37490	-60,30957	450	23 juill. 2021	20 sept. 2022	424	1	1	0,24

T.-N.-L. – côte est (NLE)

Code d'emplacement	Nom du site	Code de déploiement	Type d'enregistreur	Lat.	Long.	Profondeur (m)	Début	Fin	Jours	C	NJ	PJ
NLE01	Baie Witless	NLE01a	AURAL M2	47,18065	-52,78083	89	29 mai 2019	1 ^{er} sept. 2019	95	–	0	–
		NLE01b	AURAL M2	47,18025	-52,78032	84	27 nov. 2019	16 déc. 2019	19	–	0	–
		NLE01c	AURAL M2	47,17930	-52,78182	85	20 juill. 2020	4 nov. 2020	107	–	0	–
		NLE01d	AURAL M3	47,16418	-52,80800	91	7 déc. 2022	24 juill. 2023	229	–	0	–

NLE02	Zone côtière de Bonavista	NLE02a	SoundTrap ST D500	48,64300	-52,85533	88	28 avr. 2022	31 déc. 2022	247	–	0	–
		NLE02b	AURAL M3	48,64015	-52,85968	108	7 déc. 2022	4 juill. 2023	209	1	1	0,48
NLE03	Eastport Îles Duck	NLE03	SoundTrap ST 600HF	48,76341	-53,59093	126	30 juin 2023	17 nov. 2023	140	18	1	0,71
NLE04	Eastport Île Round	NLE04	SoundTrap ST 600HF	48,61628	-53,57873	115	30 juin 2023	17 nov. 2023	140	2	2	1,43

T.-N.-L. – chenal Laurentien (NLLC)

Code d'emplacement	Nom du site	Code de déploiement	Type d'enregistreur	Lat.	Long.	Profondeur (m)	Début	Fin	Jours	C	NJ	PJ
NLLC01	Banc Burgeo	NLLC01a	AURAL M2	46,96967	-57,97250	50	9 sept. 2014	27 mai 2015	260	–	0	–
		NLLC01b	AURAL M2	46,96967	-57,97250	59	12 août 2015	11 avr. 2016	243	3	2	0,82
		NLLC01c	AURAL M2	46,97480	-57,95900	91	21 août 2017	3 avr. 2018	225	–	0	–
		NLLC01d	AURAL M2	46,97965	-57,96585	98	15 juill. 2019	1 ^{er} août 2019	17	–	0	–
		NLLC01e	AURAL M3	46,98035	-57,96418	10	25 juill. 2020	23 nov. 2020	121	–	0	–
NLLC02	Banc de la Rose Blanche – zone extracôtière	NLLC02a	AURAL M2	47,47233	-58,77567	128	15 nov. 2016	21 août 2017	279	–	0	–
		NLLC02b	AURAL M2	47,44933	-58,82800	126	1 ^{er} déc. 2017	18 juin 2018	199	–	0	–
NLLC03	Banc de Saint-Pierre – profond	NLLC03	AURAL M2	45,88083	-56,99800	50	27 janv. 2016	29 janv. 2016	2	–	0	–
NLLC04	Banc de Saint-Pierre – peu profond	NLLC04a	AURAL M2	46,48217	-57,37833	60	12 août 2015	14 juill. 2016	337	–	0	–
		NLLC04b	AURAL M2	46,49055	-57,37147	93	20 juill. 2018	9 déc. 2018 ¹	32	–	0	–
		NLLC04c	AURAL M2	46,49182	-57,37003	88	15 juill. 2019	29 nov. 2019 ²	20	–	0	–
		NLLC04d	AURAL M3	46,48998	-57,36895	88	25 juill. 2020	28 mars 2021	246	–	0	–
NLLC05	Banc de la Rose Blanche	NLLC05a	AURAL M2	47,57100	-58,77767	72	15 nov. 2016	11 juin 2017	208	–	0	–
		NLLC05b	AURAL M2 µAURAL	47,57100	-58,77767	72	21 août 2017	1 ^{er} déc. 2017	102	–	0	–

Code d'emplacement	Nom du site	Code de déploiement	Type d'enregistreur	Lat.	Long.	Profondeur (m)	Début	Fin	Jours	C	NJ	PJ
NLLC06	Port aux Basques	NLLC05c	AMAR PVC G4	47,56668	-58,76953	91	27 juill. 2020	23 juill. 2021	361	4	1	0,28
		NLLC06a	AURAL M2 µAURAL	47,52010	-59,02495	124	20 août 2017	1 ^{er} déc. 2017	103	–	0	–
		NLLC06b	AURAL M2	47,52013	-59,02500	121	1 ^{er} déc. 2017	11 janv. 2018	41	4	1	2,44
		NLLC06c	AURAL M2	47,52010	-59,02523	128	20 juill. 2018	7 mars 2019	230	–	0	–

¹ L'enregistrement n'a pas eu lieu en continu au cours de cette période, car aucune donnée acoustique n'a été recueillie entre le 1^{er} août 2018 et le 19 nov. 2018.

² L'enregistrement n'a pas eu lieu en continu au cours de cette période, car aucune donnée acoustique n'a été recueillie entre le 1^{er} août 2019 et le 29 nov. 2019.

T.-N.-L. – zone extracôtière (NLO)

Code d'emplacement	Nom du site	Code de déploiement	Type d'enregistreur	Lat.	Long.	Profondeur (m)	Début	Fin	Jours	C	NJ	PJ
NLO01	Canyon Carson	NLO 01	AURAL M2	45,57040	-48,70830	81	5 août 2009	11 févr. 2010	190	–	0	–
NLO02	Canyon Lilly	NLO02	AURAL M2	44,50250	-49,07380	76	5 août 2009	11 févr. 2010	190	–	0	–
NLO03	Passe Flamande	NLO03a	AMAR UD G4	46,99730	-47,05762	1 060	20 avr. 2018	6 juill. 2018	77	–	0	–
		NLO03b	AMAR UD G4	46,99820	47,05850	1 068	19 juill. 2018	6 déc. 2018	140	–	0	–
		NLO03c	AMAR UD G4	47,00017	-47,05150	1 083	14 avr. 2019	11 déc. 2019	241	–	0	–
		NLO03d	AMAR UD G4	46,99940	-47,05669	1 118	6 déc. 2019	16 juill. 2020	223	–	0	–
		NLO03e	AMAR UD G4	46,99800	-47,05833	1 078	17 juill. 2020	2 juin 2021	320	1	1	0,31
NLO04	Queue des Grands Bancs	NLO04a	AMAR UD G4	42,75425	-49,81192	1 664	25 nov. 2019	18 janv. 2020	54	–	0	–
		NLO04b	AMAR UD G4	42,75437	-49,81307	1 657	11 sept. 2020	14 avr. 2022	580	1	1	0,17
NLO05	Bonavista	NLO05a	AMAR UD G4	49,76604	-49,63970	1 100	29 nov. 2020	5 juill. 2021	218	–	0	–
		NLO05b	AMAR UD G4	49,79801	-49,66153	1 125	29 avr. 2022	28 oct. 2022	182	2	1	0,55
		NLO05c	AMAR UD G4	49,79846	-49,66210	1 109	28 oct. 2022	23 juill. 2023	268	–	0	–

T.-N.-L. – côte sud – baie Placentia (NLSP)

Code d'emplacement	Nom du site	Code de déploiement	Type d'enregistreur	Lat.	Long.	Profondeur (m)	Début	Fin	Jours	C	NJ	PJ
NLSP01	St. Bride's	NLSP01a	AURAL M2	46,98100	-54,28400	63	13 août 2009	30 nov. 2009	109	–	0	-
		NLSP01b	AMAR PVC G4	46,95737	-54,28809	80	8 mai 2021	2 févr. 2022	270	1	1	0,37
NLSP02	Arnold's Cove	NLSP02	AURAL M2 μAURAL	47,77124	-54,04253	96	26 juin 2017	2 août 2017	37	5	1	2,70
NLSP03	Île Rouge	NLSP03a	AURAL M2 μAURAL	47,34244	-54,16725	96	26 juin 2017	2 août 2017	37	28	1	2,70
		NLSP03b	AURAL M2	47,34330	-54,18382	57	23 juin 2018	11 nov. 2018	141	–	0	-
		NLSP03c	AMAR PVC G4	47,34128	-54,16820	100	10 nov. 2018	11 juin 2019	213	1	1	0,47
		NLSP03d	AMAR PVC G4	47,34182	-54,17613	100	12 juin 2019	4 nov. 2019	145	–	0	-
		NLSP03e	AMAR PVC G4	47,34105	-54,17262	100	4 nov. 2019	1 ^{er} avr. 2020	149	28	2	1,34
		NLSP03f	AMAR PVC G4	47,33978	-54,17178	100	22 juill. 2020	9 nov. 2020	110	–	0	-
		NLSP03g	AMAR PVC G4	47,33787	-54,16817	100	23 nov. 2021	6 mai 2022	164	–	0	-
		NLSP03h	AMAR PVC G4	47,33857	-54,16562	97	6 mai 2022	7 oct. 2022	154	–	0	-
NLSP04	Île Merasheen	NLSP04a	AURAL M2	47,65120	-54,22010	120	1 ^{er} sept. 2017	13 nov. 2017	73	–	0	-
		NLSP04b	AMAR PVC G4	47,58828	-54,34967	100	8 août 2018	8 nov. 2018	92	–	0	-
		NLSP04c	AURAL M2	47,58833	-54,34758	110	13 juin 2019	15 oct. 2019	124	–	0	-
NLSP05	Burin	NLSP05a	AMAR PVC G4	47,09283	-55,03005	120	6 août 2018	8 nov. 2018	94	–	0	-
		NLSP05b	AMAR PVC G4	46,93156	-55,19415	65	15 juin 2019	1 ^{er} nov. 2019	139	–	0	-
		NLSP05c	AURAL M2	46,93176	-55,19588	73	11 mai 2021	3 sept. 2021	115	–	0	-
NLSP06	Ship Cove	NLSP06a	AMAR PVC G4	47,07903	-54,14082	38	25 nov. 2019	3 juin 2020	191	–	0	-
		NLSP06b	AMAR PVC G4	47,08001	-54,14397	40	1 ^{er} août 2020	8 nov. 2020	99	–	0	-
NLSP07	Île Hollets	NLSP07	AURAL M2	47,65448	-54,16913	40	23 juill. 2020	10 nov. 2020	110	–	0	-

Code d'emplacement	Nom du site	Code de déploiement	Type d'enregistreur	Lat.	Long.	Profondeur (m)	Début	Fin	Jours	C	NJ	PJ
NLSP08	Île Jude	NLSP08	AURAL M2	47,17602	-54,74792	100	23 juill. 2020	24 août 2020	32	–	0	-
NLSP09	Embouchure de la baie Placentia	NLSP09a	AMAR UD G4	46,91350	-54,67530	200	22 nov. 2021	8 mai 2022	167	–	0	-
		NLSP09b	AMAR UD G4	46,91325	-54,67539	200	8 mai 2022	7 oct. 2022	152	–	0	-

Tableau 2. Spécifications des différents types d'enregistreurs acoustiques passifs déployés dans les eaux au large de Terre-Neuve-et-Labrador entre mai 2009 et nov. 2023.

Type de récepteur	Évaluation de la prof. max. (m)	Durée max. d'enregistrement	Volume de stockage	Fréquence utilisable Plage (kHz)
μAURAL	100	70 h et plus	64 Go	0,1 à 48,0
AURAL M2	300	1 an et plus	1 To	0,1 à 16,4
AURAL M3	1 200	1 an et plus	5 To	0,1 à 32,0
AMAR PVC G4	250	330 jours	10 To	0,1 à 256,0
AMAR UD G4	6 700	330 jours	10 To	0,1 à 256,0
SoundTrap STD500	500	180 jours	1 To	0,1 à 150,0
SoundTrap ST600 HF	500	150 jours	2 TO	0,2 à 192,0

Tableau 3. Déploiements d'enregistreurs acoustiques passifs (n = 20) utilisés pour les analyses de faux négatifs. Une heure par semaine de chaque déploiement a été échantillonnée au hasard et analysée manuellement pour détecter les faux négatifs de baleines noires de l'Atlantique Nord.

Code d'emplacement	Nom du site	Code de déploiement	Début de l'enregistrement audio	Fin de l'enregistrement audio	Durée totale (h:m) de l'analyse des faux négatifs
NLLC01	Banc Burgeo	NLLC01d	15 juill. 2019	1 ^{er} août 2019	07:12
NLLC02	Banc de la Rose Blanche – zone extracôtière	NLLC02a	15 nov. 2016	21 août 2017	33:00
		NLLC02b	1 ^{er} déc. 2017	18 juin 2018	32:52
NLLC04	Banc de Saint-Pierre – peu profond	NLLC04b	20 juill. 2018	1 ^{er} août 2018	09:32
		NLLC04c	15 juill. 2019	1 ^{er} août 2019	18:40
NLLC06	Port aux Basques	NLLC06a	20 août 2017	1 ^{er} déc. 2017	13:00
		NLLC06b	1 ^{er} déc. 2017	11 janv. 2018	07:00
		NLLC06c	20 juill. 2018	7 mars 2019	28:36
NLO03	Passe Flamande	NLO03a	20 avr. 2018	6 juill. 2018	09:00
		NLO03b	19 juill. 2018	6 déc. 2018	19:36
		NLO03c	14 avr. 2019	11 déc. 2019	32:54
NLSP03	Île Red	NLSP03a	26 juin 2017	2 août 2017	05:00
		NLSP03b	23 juin 2018	11 nov. 2018	23:48
		NLSP03c	10 nov. 2018	11 juin 2019	27:46
		NLSP03d	12 juin 2019	4 nov. 2019	19:10
NLSP04	Île Merasheen	NLSP04a	1 ^{er} sept. 2017	13 nov. 2017	10:00
		NLSP04b	8 août 2018	8 nov. 2018	13:04
		NLSP04c	13 juin 2019	15 oct. 2019	16:00
NLSP05	Burin	NLSP05a	6 août 2018	8 nov. 2018	13:04
		NLSP05b	15 juin 2019	1 ^{er} nov. 2019	19:10

Tableau 4. Statistiques comparatives sur la performance des bibliothèques « Gom9 » (évaluées pour 20 et 18 amarrages) et « NL23 » (évaluées pour six amarrages) du LFDCS utilisées dans la présente étude.

Bibliothèque du LFDCS utilisée pour traiter les données	Faux négatifs des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord	Vrais positifs des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord	Faux positifs des vocalises de baleines noires de l'Atlantique Nord	Rappel	Précision	F1
Gom9 (20 amarrages contaminés par des secousses sismiques)	0	36	55 996	1,0	0,00064	0,0013
Gom9 (18 amarrages sans secousses sismiques)	0	36	19 778	1,0	0,0018	0,0036
NL23 (6 amarrages contaminés par des secousses sismiques)	0	11	32 263	1,0	0,00034	0,00068

Tableau 5. Emplacements et dates des détections confirmées de vocalise à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux au large de Terre-Neuve-et-Labrador entre mai 2009 et décembre 2023. N^{bre} de vocalises, nombre de vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées, détectées pour chaque emplacement et date. Saisons : printemps (mars/avr./mai), été (juin/juill./août), automne (sept./oct./nov.), hiver (déc./janv./févr.).

Zone	Code d'emplacement	Nom du site	Date	N ^b re de vocalises	Saison
Labrador (LAB)	LAB05	Banc Saglek	15 oct. 2021	1	Automne
Côte est (NLE)	NLE 02	Zone côtière de Bonavista	5 avr. 2023	1	Printemps
	NLE03	Eastport – îles Duck	10 nov. 2023	18	Automne
	NLE04	Eastport – île Round	21 sept. 2023	1	Automne
			14 nov. 2023	1	Automne
Côte sud Baie Placentia (PNGA)	NLSP01	St. Bride's	12 juill. 2021	1	Été
	NLSP02	Arnold's Cove	14 juill. 2017	5	Été
	NLSP03	Île Red	14 juill. 2017	28	Été
			6 juin 2019	1	Été
			31 déc. 2019	12	Hiver
			6 janv. 2020	16	Hiver
Chenal Laurentien (NLLC)	NLLC01	Banc Burgeo	16 août 2015	1	Été
			23 sept. 2015	2	Automne
	NLLC05	Banc de la Rose Blanche – zone littorale	11 août 2020	4	Été
	NLLC06	Port aux Basques	12 déc. 2017	4	Hiver
Zone extracôtière	NLO 03	Passe Flamande	23 oct. 2020	1	Automne

Zone	Code d'emplacement	Nom du site	Date	N ^{bre} de vocalises	Saison
(NLO)	NLO04	Queue des Grands Bancs	4 nov. 2020	1	Automne
	NLO05	Bonavista	4 sept. 2020	2	Automne

Tableau 6. Observations opportunistes de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux au large de Terre-Neuve-et-Labrador entre août 2002 et novembre 2023 (29 observations, 44 individus). Saisons : printemps (mars/avr./mai), été (juin/juill./août), automne (sept./oct./nov.), hiver (déc./janv./févr.).

Année	Mois	Saison	Confiance de l'observation	Nombre d'individus	Commentaires
2002	2	Hiver	Confirmée	3	-
2003	6	Printemps	Confirmée	2	-
2005	8	Été	Confirmée	1	-
2006	9	Automne	Confirmée	1	-
2010	9	Automne	Confirmée	1	-
2012	10	Automne	Confirmée	1	-
2012	11	Automne	Confirmée	1	-
2014	8	Été	Probable	1	-
2015	8	Été	Confirmée	2	-
2017	9	Automne	Confirmée	1	-
2019	9	Automne	Confirmée	1	EgNo 3845 (« Mogul »)
2020	6	Printemps	Probable	2	-
2020	6	Printemps	Probable	5	-
2020	8	Été	Probable	2	-
2020	8	Été	Probable	2	-
2020	9	Automne	Confirmée	1	-
2021	11	Automne	Probable	2	-
2021	11	Automne	Confirmée	1	-
2021	11	Automne	Confirmée	1	-
2021	11	Automne	Confirmée	1	-
2022	5	Printemps	Confirmée	2	-
2022	6	Printemps	Confirmée	2	Baleineau d'EgNo 1145 de 2021
2022	11	Automne	Confirmée	1	-
2022	11	Automne	Confirmée	1	EgNo 3545
2022	11	Automne	Confirmée	1	-
2022	11	Automne	Probable	1	-
2023	11	Automne	Confirmée	1	EgNo 4308 (« Freckles »)
2023	11	Automne	Confirmée	1	-
2023	11	Automne	Possible	2	-

FIGURES

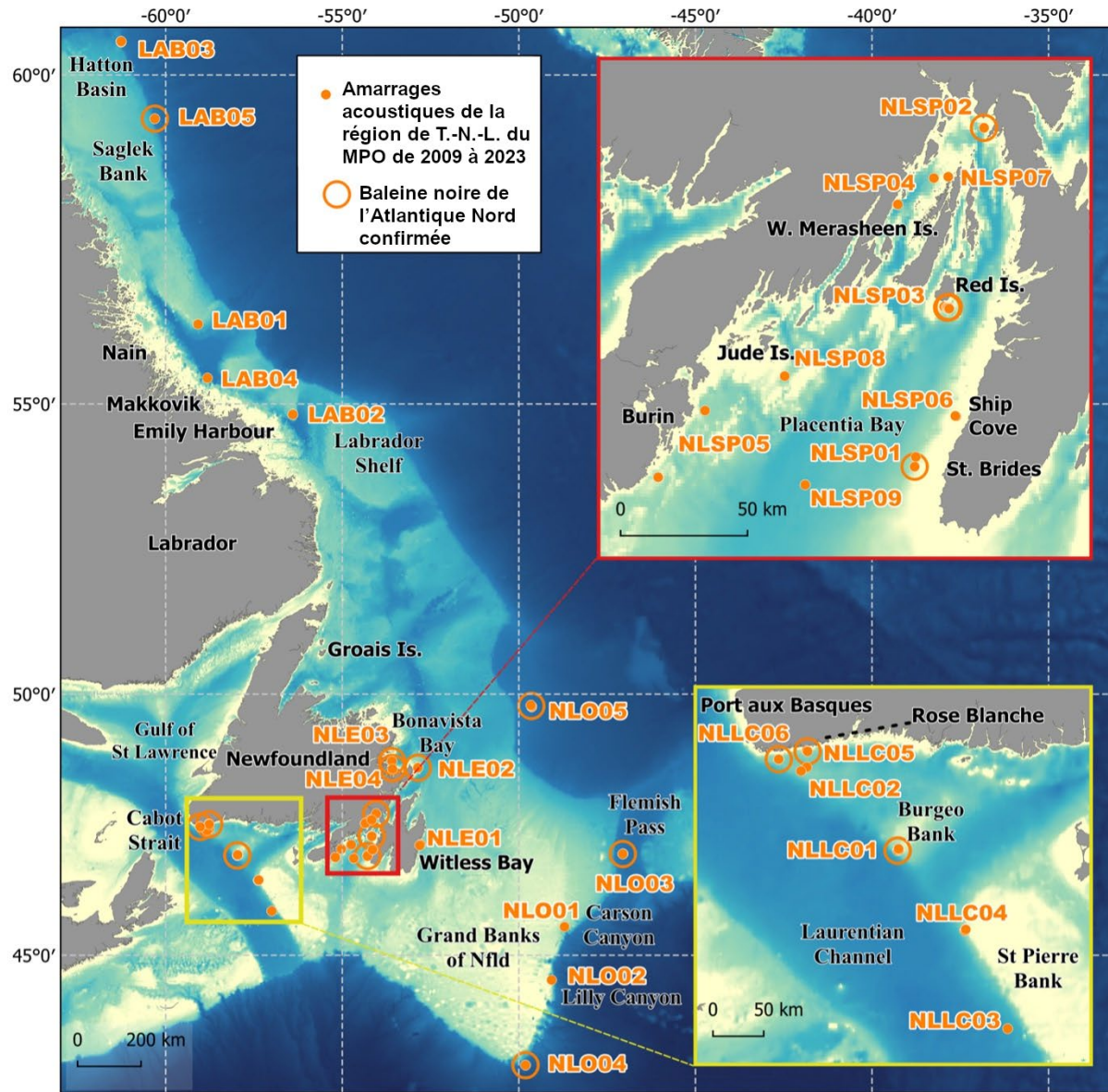


Figure 1. Emplacements des déploiements d'enregistreurs acoustiques passifs dans les eaux au large de Terre-Neuve-et-Labrador entre mai 2009 et décembre 2023. Les emplacements encadrés indiquent la détection confirmée d'une vocalise de baleines noires de l'Atlantique Nord. Pour plus de détails sur le déploiement, voir le tableau 1.

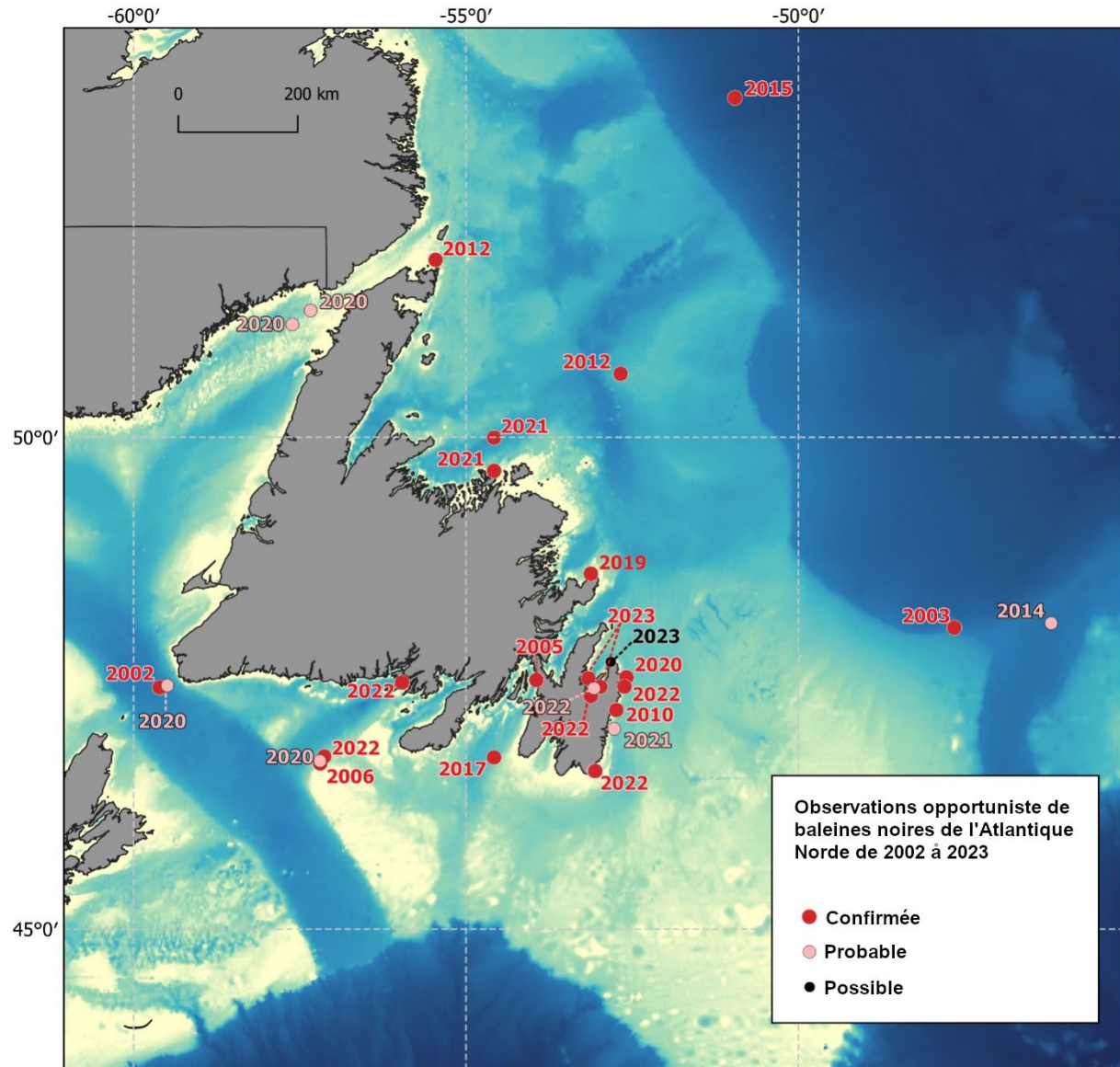


Figure 2. Emplacements des observations opportunistes de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux au large de Terre-Neuve-et-Labrador entre août 2002 et novembre 2023.

ANNEXE

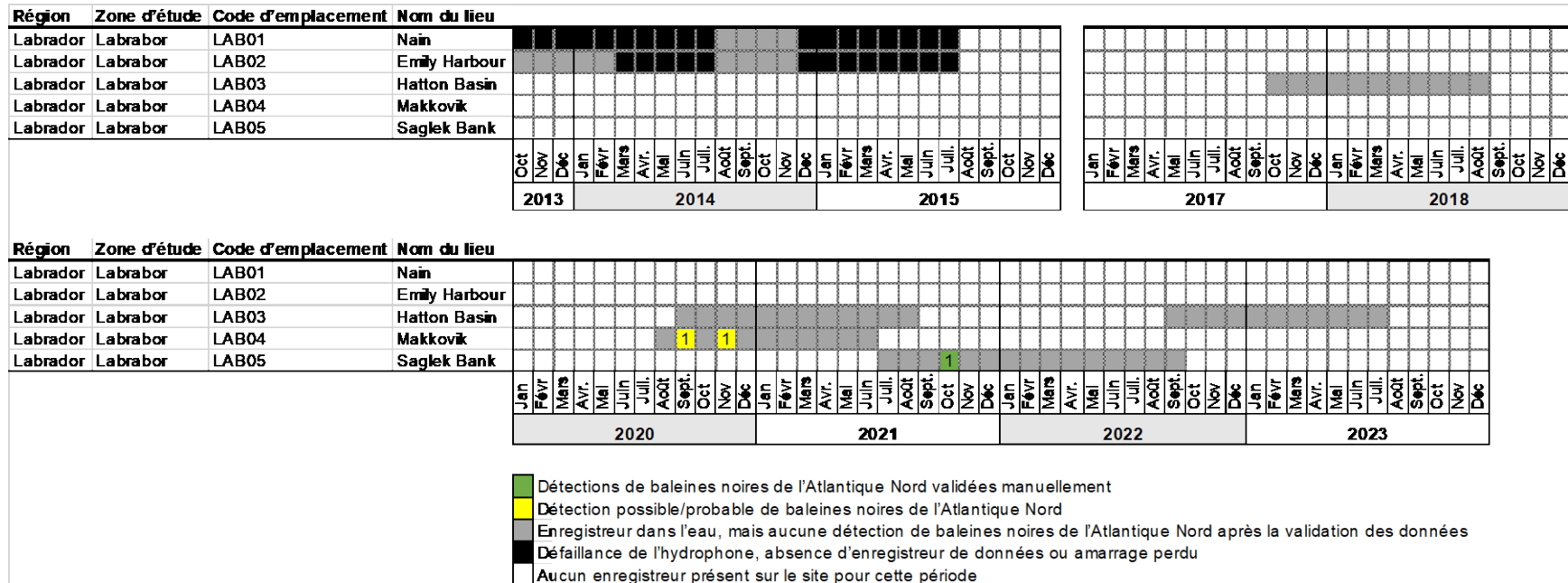


Figure A1. Effort des enregistreurs acoustiques passifs pour détecter les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord au large des côtes du Labrador (LAB) de 2013 à 2023. Les chiffres dans les cellules vertes et jaunes indiquent le nombre de jours au cours de la période pendant laquelle des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées (en vert) ou possibles (en jaune) ont été détectées pour cet emplacement. Aucun effort n'a été déployé dans cette région de 2015 à 2017.

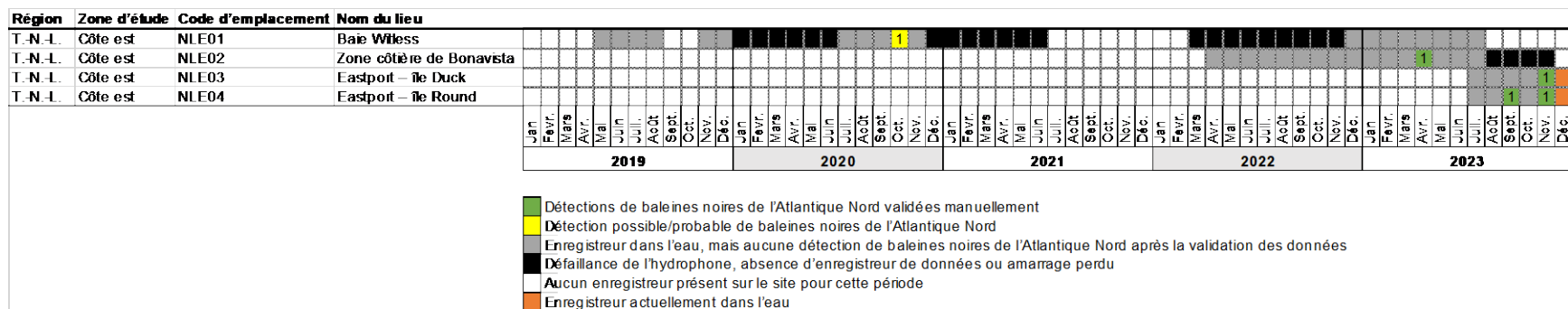


Figure A2. Effort des enregistreurs acoustiques passifs pour détecter les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord au large des côtes de Terre-Neuve (NLE) de 2019 à 2023. Les chiffres dans les cellules vertes et jaunes indiquent le nombre de jours au cours de la période pendant laquelle des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées (en vert) ou possibles (en jaune) ont été détectées pour cet emplacement.

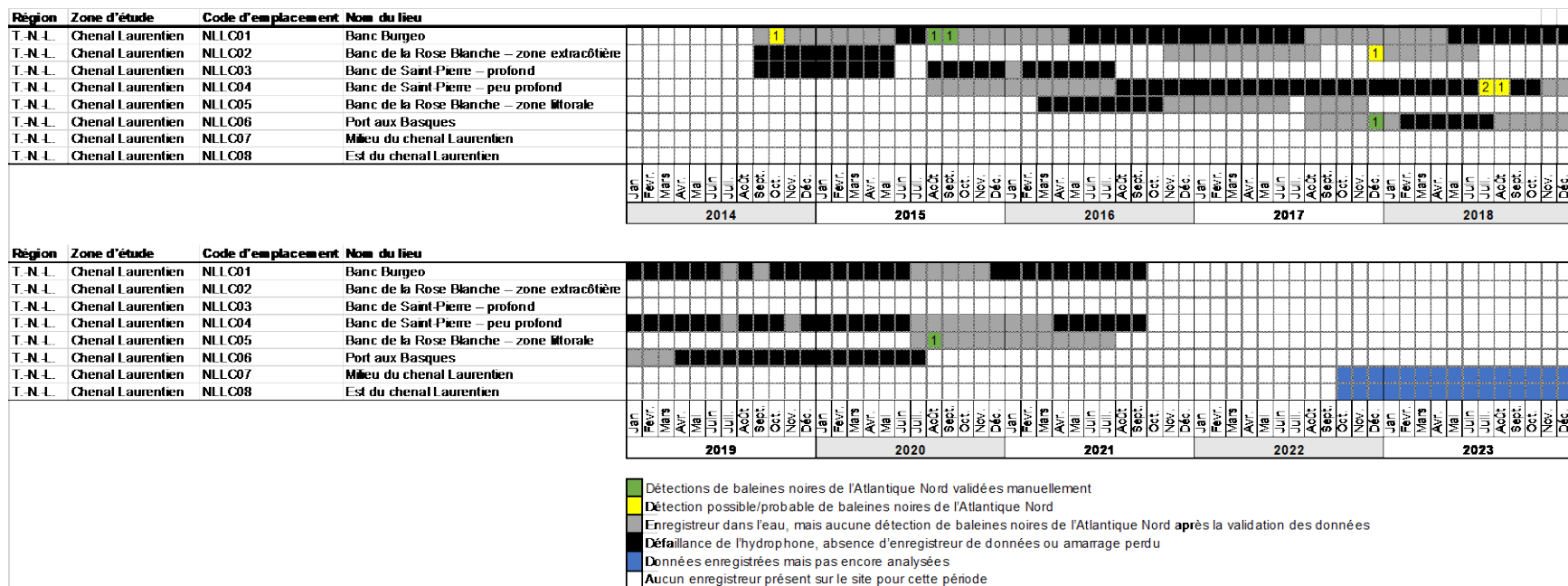


Figure A3. Effort des enregistreurs acoustiques passifs pour détecter les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les eaux de Terre-Neuve le long de la marge du chenal Laurentien (NLLC) de 2014 à 2023. Les chiffres dans les cellules vertes et jaunes indiquent le nombre de jours au cours de la période pendant laquelle des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées (en vert) ou possibles (en jaune) ont été détectées pour cet emplacement.

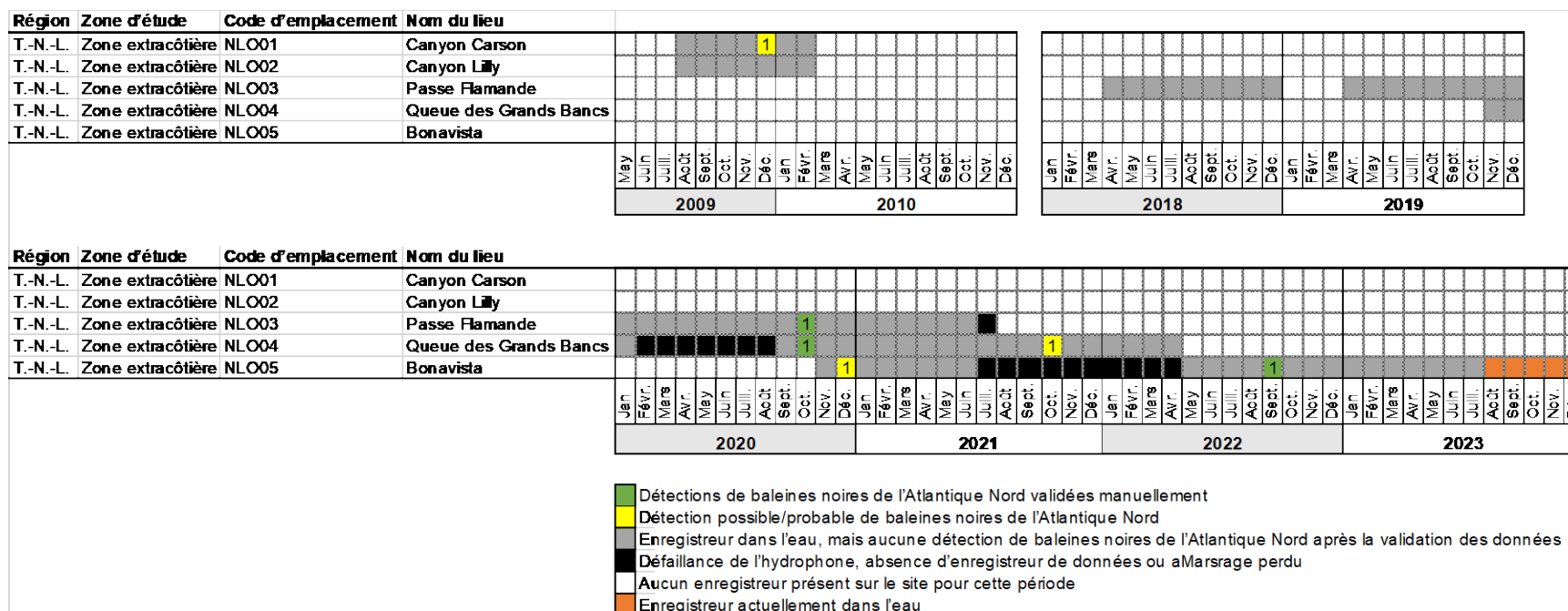


Figure A4. Effort des enregistreurs acoustiques passifs pour détecter les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord dans les emplacements extracôtiers aux alentours de Terre-Neuve (NLO) de 2009 à 2023. Les chiffres dans les cellules vertes et jaunes indiquent le nombre de jours au cours de la période pendant laquelle des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées (en vert) ou possibles (en jaune) ont été détectées pour cet emplacement. Aucun effort n'a été déployé dans les zones extracôtiers pour la période de 2011 à 2017.

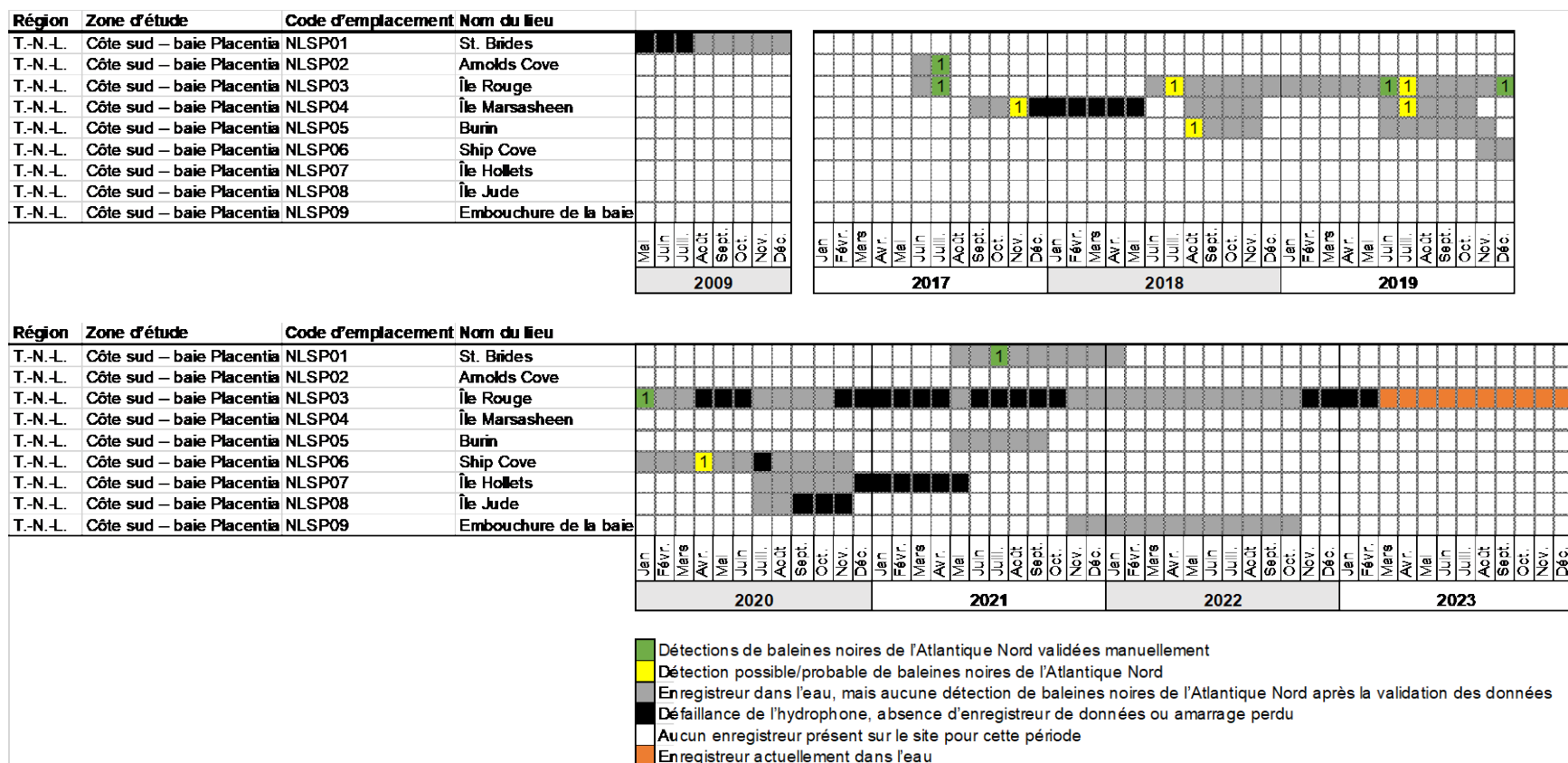


Figure A5. Effort des enregistreurs acoustiques passifs pour détecter les vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord le long de la côte sud de Terre-Neuve dans la baie Placentia de 2009 à 2023. Les chiffres dans les cellules vertes et jaunes indiquent le nombre de jours au cours de la période pendant laquelle des vocalises à modulation ascendante de baleines noires de l'Atlantique Nord confirmées (en vert) ou possibles (en jaune) ont été détectées pour cet emplacement. Aucun effort n'a été déployé dans la baie Placentia pour la période de 2009 à 2017.