



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 2024/026

Région du Québec

Révision et standardisation de l'indice du relevé acoustique pour la série d'automne 2009-2021 du hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*) dans les divisions 4RSw de l'OPANO

Manuelle Beaudry-Sylvestre, Shani Rousseau et Kim Émond

Institut Maurice-Lamontagne
Pêches et Océans Canada
850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

Avant-propos

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

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien des avis scientifiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6
[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](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, 2024

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-71265-9 N° cat. Fs70-5/2024-026F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Beaudry-Sylvestre, M., Rousseau, S., et Émond, K. 2024. Révision et standardisation de l'indice du relevé acoustique pour la série d'automne 2009-2021 du hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*) dans les divisions 4RSw de l'OPANO. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/026. iv + 34 p.

Also available in English:

Beaudry-Sylvestre, M., Rousseau, S. and Émond, K. 2024. Acoustic Survey Index Revision and Standardization for the Atlantic Herring (Clupea harengus) 2009-2021 Fall Series in NAFO Divisions 4RSw. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2024/026. iv + 32 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
1. INTRODUCTION	1
2. MÉTHODES.....	2
2.1. CONCEPTION DU RELEVÉ ET ACQUISITION DES DONNÉES.....	2
2.2. RÉVISION 1 : STANDARDISATION DE L'ANALYSE DES DONNÉES ACOUSTIQUES	3
2.2.1. Paramètres d'étalonnage	4
2.2.2. Classification des données acoustiques	4
2.2.3. Estimation de la zone acoustique aveugle.....	5
2.2.4. Détermination du nombre et de la longueur des transects	6
2.3. RÉVISION 2 : MODIFICATION DE L'ÉQUATION DE FORCE DE CIBLE	6
2.4. RÉVISION 3 : STANDARDISATION DES MÉTHODES APPLICABLES AUX SUPERFICIES DES STRATES	8
2.5. ESTIMATION DE LA BIOMASSE MOYENNE PAR GROUPE REPRODUCTEUR ET RELEVÉ	9
3. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	9
3.1. RÉVISION 1 : STANDARDISATION DE L'ANALYSE DES DONNÉES ACOUSTIQUES	9
3.2. RÉVISION 2 : MODIFICATION DE L'ÉQUATION DE FORCE DE CIBLE	10
3.3. RÉVISION 3 : STANDARDISATION DES MÉTHODES APPLICABLES AUX SUPERFICIES DES STRATES	11
4. CONCLUSION	11
REMERCIEMENTS	11
RÉFÉRENCES CITÉES	12
TABLEAUX	15
FIGURES	27
ANNEXE A. RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES SUR LES RELEVÉS ACOUSTIQUES	33

RÉSUMÉ

Depuis 1991, les relevés hydroacoustiques constituent la principale source de données pour l'évaluation du hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*) dans la division 4R de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO). Bien que la série chronologique de 1991 à 2002 ait été jugée acceptable à partir des outils de diagnostic disponibles, le modèle de population pour la série commençant en 2009 a été rejeté en 2020 en raison de plusieurs problèmes méthodologiques. De plus, les résultats préliminaires d'une récente étude de marquage suggèrent que le hareng dans les divisions 4R et 4Sw devrait être évalué selon un indice combiné. C'est ainsi que, en nous basant sur les relevés effectués dans les divisions combinées 4R et 4Sw à l'automne entre 2009 et 2021, nous avons standardisé trois grands aspects des méthodes qui auraient pu influencer sur la comparabilité des estimations au fil du temps et entre les strates. Plus précisément, nous avons (1) traité et analysé les fichiers de données acoustiques brutes plus uniformément, (2) employé une équation de force de cible (TS) jugée plus représentative aux fins du présent relevé et (3) révisé les superficies des strates, un intrant clé dans l'estimation de la biomasse moyenne par contingent reproducteur, strate et relevé. Les écarts les plus importants par rapport aux valeurs initiales (non révisées) découlent du changement d'équation de force de cible; cette révision a abaissé la densité d'une proportion constante de 65 % à travers les strates et les relevés. Les effets de la nouvelle analyse des données acoustiques et de la révision des superficies des strates varient entre les strates et les relevés, mais dans l'ensemble ont produit un effet négligeable sur la variation interannuelle de l'abondance. Bien que les présentes modifications aient permis d'améliorer à maints égards notre compréhension des méthodes, l'impression subsiste que la fenêtre spatiotemporelle « optimale » pour ce relevé – et correspondant à un pic d'abondance du hareng – a été manquée pour plusieurs années de la série d'observations considérée ici. Ainsi, les prochaines étapes de notre travail viseront à identifier un meilleur moment de l'année pour les relevés futurs, ainsi qu'à prédire les observations manquantes et à optimiser l'utilisation des échantillons biologiques dans les diverses strates.

1. INTRODUCTION

Les méthodes hydroacoustiques ont longtemps été appliquées à l'observation de la biomasse des ressources aquatiques. Leur application à l'évaluation des stocks consiste généralement à estimer des indices d'abondance en enregistrant les signaux acoustiques le long de transects qui peuvent eux-mêmes faire partie de polygones préétablis ou de strates, ainsi qu'à déterminer la composition démographique et les caractéristiques de la population étudiée par voie d'échantillonnage biologique. Pour obtenir des indices d'abondance fiables, les méthodes de conception, de récolte et d'analyse de données des relevés doivent être constantes d'une année à l'autre, afin d'éviter l'introduction de biais significatifs dans les paramètres estimés et projetés de population (croissance, recrutement, mortalité naturelle, etc.).

Le relevé acoustique d'automne le long de la côte ouest de Terre-Neuve constitue la principale source de données indépendantes de la pêche aux fins de l'évaluation du hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*) depuis 1991 dans la division 4R de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO). La première série de relevés, qui ont été réalisés l'automne à intervalles de deux ou trois ans jusqu'en 2002 (Beaulieu *et al.* 2010; McQuinn et Lefebvre 1999), a révélé des tendances d'abondance désagrégée à l'âge qui étaient globalement compatibles avec un phénomène d'attrition et de capturabilité stationnaire pour chacune des cohortes. Cependant, les données de la seconde série de relevés, réalisés chaque année ou tous les deux ans à l'automne depuis 2009, indiquent que la capturabilité pourrait avoir changé par rapport à la période 1991-2002 (Chamberland *et al.* 2022). Cette variabilité apparente de la capturabilité du relevé a mené au rejet du cadre d'analyse de la population à la réunion d'examen par les pairs de novembre 2020 et à la recommandation que les intrants et le cadre d'évaluation soient entièrement révisés pour cette période (MPO 2021a).

Divers facteurs ont été avancés pour expliquer les incohérences des courbes de capture qui ressortent dans la division 4R depuis 2009. Premièrement, l'absence de rapports détaillés sur les méthodes, ainsi que les changements fréquents de personnel au fil des ans, ont apporté plusieurs incohérences dans la façon de traiter et d'analyser les données acoustiques. Deuxièmement, en raison de contraintes logistiques ou temporelles, la zone d'étude n'a pas été couverte de manière systématique d'année en année, suscitant donc des questions sur la validité des comparaisons interannuelles. Troisièmement, le nombre et la densité des transects échantillonnés pour les diverses strates et dans l'ensemble ont largement diminué comparativement à la première période du relevé (1991-2002), menant ainsi à une perte nette de l'information disponible pour l'évaluation, tant pour la quantité que pour la qualité (voir la figure A57 dans Chamberland *et al.* 2022). Enfin, d'importants décalages dans le moment et l'emplacement géographique de la pêche se sont opérés au début des années 2000 (voir la figure 56 dans Chamberland *et al.* 2022), l'implication étant que les fenêtres spatiotemporelles « idéales » du relevé (et qui coïncideraient avec le pic d'abondance du hareng, conditionnelle à une couverture d'échantillonnage suffisante pour quantifier cette abondance) pourraient ne plus correspondre au plan de relevé établi pour la période 1991-2002.

Au moment de la publication de ce document, plusieurs initiatives ont déjà été lancées en vue d'améliorer l'indice de biomasse acoustique et de combler les présentes lacunes de nos connaissances :

- L'ajout de deux strates dans le détroit de Belle-Isle en 2019 (sous-division 4Ra de l'OPANO), un endroit où les pêcheurs ont déclaré une très grande abondance du hareng depuis au moins 2017 (Chamberland *et al.* 2022). À noter que les strates en question ont été couvertes de 2019 à 2022 et continueront à l'être dans le programme d'échantillonnage régulier.

-
- La réalisation continue, depuis 2019, d'un relevé acoustique l'été (en août), l'hypothèse étant que la saison estivale coïncide mieux avec le pic d'abondance du hareng dans la zone d'étude (Chamberland *et al.* 2022).
 - Le début d'une expérience de marquage acoustique en 2021 pour déterminer les patrons migratoires de l'espèce dans le nord du golfe du Saint-Laurent, plus particulièrement pour ce qui est de l'inclusion proposée de la sous-division 4Sw de l'OPANO dans l'évaluation de la division 4R (à noter que la combinaison 4R-4Sw a été approuvée en avril 2023, mais que le programme de marquage est toujours en cours au moment de publier ce document).

Ces projets et initiatives visent à améliorer notre compréhension de la répartition spatiale des stocks de hareng et de la période de migration, ainsi qu'à accroître le niveau de confiance envers l'indice du relevé acoustique de l'automne. Les résultats de ces projets seront publiés dans des documents distincts.

Le présent document de recherche est le fruit de l'examen par les pairs du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) du cadre d'évaluation pour les stocks de hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*) de la côte ouest de Terre-Neuve et de la Basse-Côte-Nord du Québec (divisions 4RSw de l'OPANO); cet exercice a eu lieu les 4 et 5 avril 2023. Nous présentons ici les révisions de la série d'automne de 2009-2021, le but étant de standardiser les données d'intrant et les méthodes d'analyse de l'indice de relevé acoustique du hareng dans les divisions 4RSw de l'OPANO (tableau 1).

2. MÉTHODES

2.1. CONCEPTION DU RELEVÉ ET ACQUISITION DES DONNÉES

Le relevé acoustique du hareng est stratifié en 14 polygones, ci-après appelés strates, qui ont été définies de manière à délimiter les principales caractéristiques physiques de l'habitat disponible ainsi que la présence spatiale signalée du hareng dans les relevés scientifiques et les débarquements commerciaux (figure 1). La stratification initiale proposée en 1991 comprenait 10 strates couvrant les isobathes de 20 à 60 mètres (McQuinn et Lefebvre 1999) et des superficies de 58,5 à 1 157 km². Ce schéma a d'abord été modifié en 2010 en vue de réduire la superficie des strates 03 et 10. En 2019, la zone d'étude a été étendue pour inclure le hareng observé sur les côtés sud (BI01, 1 163 km²) et nord (BI02, 626,8 km²) du détroit de Belle-Isle dans la sous-division 4Ra de l'OPANO (Chamberland *et al.* 2022). La stratification de 2019 a été actualisée en 2020 pour une distinction nette entre la baie des Îles (strate 07, 306,2 km²) et le bras nord de la baie des Îles (BN, 32,93 km²), secteurs auparavant réunis dans une grande strate 07 à des fins d'analyse (à noter que, s'il avait été couvert, le bras nord n'avait pas été désigné comme strate dans la période 1991-2002). À la suite de l'étude de télémétrie acoustique du hareng (MPO 2024), la superficie du relevé a été étendue à l'extrémité est de la Basse-Côte-Nord du Québec dans la sous-division adjacente 4Sw de l'OPANO (strate 4Sw, 2 195 km²), laquelle a été évaluée comme partie de la division 4S depuis 2009 (MPO 2021b). La stratification à jour comprend 14 strates couvrant les isobathes de 20 à 250 mètres.

Les neuf relevés acoustiques retenus dans la révision ont eu lieu à l'automne entre 2009 et 2021 sur des périodes d'une à trois semaines chacune (tableau 2). Bien qu'il y ait aussi eu des relevés dans la sous-division 4Sw de l'OPANO en 2016 et 2018, comme dans le reste de la division 4S (MPO 2019), ces deux derniers relevés n'ont pas été inclus dans la présente étude, puisqu'il n'y avait pas de données correspondantes pour la division 4R (et donc aucune possibilité d'estimer un indice total pour les divisions combinées 4RSw). Les révisions ont aussi exclu les relevés de 1991 à 2002, parce que la plupart de leurs données d'entrée (fichiers acoustiques, échantillons biologiques sélectionnés, etc.) ne pouvaient être évaluées à partir des

outils disponibles aujourd'hui; à noter, cependant, que leurs courbes de capture ont été jugées acceptables dans l'examen par les pairs (Chamberland *et al.* 2022).

Tous les relevés ont eu lieu la nuit (de 17 h à 7 h, heure de l'Atlantique) en fonction du comportement alimentaire nocturne connu de l'espèce (McQuinn et Lefebvre 1999), afin de réduire au minimum l'incertitude liée à la zone acoustique aveugle (Mitson 1983; voir aussi la section 2.2.3 pour une définition de ce terme). Dans chaque strate, les transects étaient parallèles et perpendiculaires au trait de côte. Le premier transect était disposé au hasard à l'une ou l'autre extrémité de la strate et les transects suivants l'étaient à égale distance les uns des autres selon le temps d'échantillonnage alloué à cette strate. Au début de chaque relevé, le nombre total de transects et la distance les séparant ont été calculés en fonction du temps de navigation alloué moins 30 %, correspondant à la marge établie pour des problèmes logistiques de terrain comme les intempéries et les pannes mécaniques.

Les navires employés dans les divers relevés étaient munis d'un échosondeur SIMRAD EK60 (années de relevé 2009 à 2020) ou EK80 (année de relevé 2021) à faisceau divisé; l'appareil monté sur coque fonctionnait à cinq fréquences (38, 70, 120, 200 et 333 kHz) au maximum et était étalonné suivant les méthodes normalisées du CIEM (2015) pour l'enregistrement en temps réel des données. À noter que seules les fréquences de 38, 120 et 200 kHz ont été utilisées. Par un traitement décrit dans McQuinn *et al.* (2005), les valeurs brutes de l'intensité de rétrodiffusion volumétrique (S_v ; dB re 1 m⁻¹) ont été mises en format standard HydroAcoustics (HAC) et modifiées manuellement de manière à exclure le signal près de la surface et sous le fond marin, tout comme le bruit externe et les artéfacts. Ces fichiers remaniés ont été intégrés sur des cellules de 2 mètres (profondeur) par 25 mètres (distance horizontale) à l'aide du logiciel CH2 mis au point à l'Institut Maurice-Lamontagne, puis archivés sous format de fichier d'écho-intégration hydroacoustique (HEI) pour les analyses subséquentes (Simard *et al.* 2000).

En 2021, le changement de logiciel d'acquisition des données acoustiques de EK60 à EK80 a empêché l'utilisation du logiciel CH2 et du format HAC; les analyses acoustiques du relevé de 2021 ont alors été réalisées avec le logiciel Echoview 12 (Myriax Software Pty Ltd, Hobart, Tasmanie, Australie). Les valeurs S_v correspondant à cette année ont été exportées en format .csv, puis converties au format HEI.

Les plus récentes estimations publiées pour 2009-2021 (voir MPO 2021b et Émond *et al.* 2024) seront qualifiées d'« initiales » dans la suite de ce document et les estimations obtenues suite aux changements relatifs aux intrants et aux méthodes seront désignées comme révisions 1, 2 et 3 (voir le tableau 1). À noter que, pour que la série d'observations soit uniforme de 2009 à 2021, les deux strates récemment créées dans le détroit de Belle-Isle, à savoir BI01 et BI02, seront uniquement présentées dans les comparaisons par strate; leur contribution à l'indice de biomasse total de chaque relevé ne sera pas considérée dans le présent document (car cela pourrait causer une majoration artificielle des estimations de biomasse totale à partir de 2019, étant donné le déplacement apparent du hareng vers l'extrémité nord de la zone d'étude).

2.2. RÉVISION 1 : STANDARDISATION DE L'ANALYSE DES DONNÉES ACOUSTIQUES

Depuis 2009, divers changements de personnel et de méthodes ont contribué à des erreurs et des incohérences dans la série chronologique des données acoustiques des divisions 4RSw de l'OPANO. Afin de résoudre ces problèmes, les données acoustiques recueillies dans les neuf relevés de 2009 à 2021 ont été réanalysées d'une manière plus uniforme et transparente. La révision 1 comporte une standardisation des méthodes pour 1) l'extraction des paramètres

d'étalonnage du système acoustique, 2) la classification des données acoustiques, 3) l'estimation de la zone acoustique aveugle et 4) la détermination du nombre et de la longueur des transects (tableau 1). Toutes les méthodes de calcul ont été appliquées dans le logiciel R de calcul statistique (version 4.1.1, R Core Team 2020) accessible par RStudio (version 1.3.1056, RStudio Team 2020). Il s'agit d'un changement par rapport aux méthodes d'origine qui exploitaient principalement le logiciel Excel de Microsoft.

2.2.1. Paramètres d'étalonnage

Les erreurs de paramètres d'étalonnage peuvent avoir des effets appréciables sur les estimations d'indice de biomasse (ICES 2015). Afin d'assurer une définition uniforme des paramètres d'étalonnage à l'échelle de tous les relevés, leurs valeurs ont été extraites de manière automatisée de la section d'en-tête des fichiers HEI (voir l'annexe 1 dans Simard *et al.* 2000).

2.2.2. Classification des données acoustiques

Le mode de caractérisation des signaux acoustiques n'a pas été uniforme à l'échelle des relevés visés par cette révision. Jusqu'en 2013, les bancs de hareng étaient identifiés manuellement par inspection visuelle des échogrammes, où l'analyste y allait de sa propre interprétation (par la forme et la taille, par exemple, et selon sa connaissance personnelle) pour sélectionner les échos de hareng. À partir de 2015, la caractérisation a fait appel à une méthode plus reproductible, mais tout de même quelque peu subjective, selon laquelle les signaux acoustiques étaient caractérisés en fonction des différences de valeurs S_v entre les fréquences de 38, 120 et 200 kHz et leur correspondance avec ce qui était attendu pour les espèces avec vessie natatoire (hareng, morue de l'Atlantique [*Gadus morhua*], sébaste [*Sebastes* spp., etc.]) et sans vessie natatoire (maquereau bleu [*Scomber scombrus*], lançon [*Ammodytes* spp., etc.]). Avec cette méthode, le poisson à vessie natatoire était sélectionné au moyen d'un polygone de seuil (figure A7) défini dans les années 1990 (I. McQuinn, comm. pers.). La méthode de classification par polygones est semblable à celle qu'emploient McQuinn *et al.* (2013) pour la caractérisation des signaux chez deux espèces de krill (*Thysanoessa raschii* et *Meganyctiphanes norvegica*), mais n'a pas fait l'objet d'un examen par les pairs en vue d'une application aux poissons.

Bien que la majorité des signaux acoustiques classés comme provenant d'espèces à vessie natatoire furent subséquemment attribués au hareng, les échogrammes furent tout de même examinés par l'analyste pour exclure les signaux ne correspondant pas à du hareng, et revoir la présence ou non d'une vessie natatoire, selon ce qui était jugé approprié. Pour obtenir une série chronologique plus cohérente que la version initiale, les données acoustiques des relevés antérieurs à 2015 ont été reclassés selon la dernière, plus récente méthode de classification (celle appliquée de 2015 à 2021). De plus, pour atténuer le biais possible et l'effet de subjectivité du roulement de personnel scientifique au fil des ans, toutes les données acoustiques de 2009 à 2021 ont été réanalysées par les deux mêmes analystes.

Les caractérisations basées sur la présence ou l'absence de vessie natatoire se sont appuyées sur l'observation faite par McQuinn et Lefebvre (1999) que très peu d'espèces à vessie natatoire avaient été présentes avec le hareng de l'Atlantique pendant la période du relevé de 1991 à 2002. Ainsi, la vaste majorité des signaux d'espèces à vessie natatoire enregistrés durant cette période ont pu être attribués au hareng en toute confiance. Toutefois, des changements récents et continus dans la composition des écosystèmes du nord du golfe du Saint-Laurent sont susceptibles de générer d'autres besoins quant à la distinction à établir entre le hareng et les autres espèces à vessie natatoire, notamment en lien avec l'augmentation de l'abondance des espèces de sébastes (Senay *et al.* 2023). Cela justifie, du moins en partie, la

nécessité d'une mise à jour des méthodes de caractérisation à partir de 2022. À la réunion d'examen par les pairs du SCAS, une méthode de classification plus objective permettant d'exclure les poissons sans vessie natatoire et de prendre en compte une présence plus diversifiée des espèces à vessie natatoire a été présentée et approuvée pour les futurs relevés. La méthode actualisée sera publiée dans un document distinct.

Suivant cette classification, les coefficients de rétrodiffusion volumétrique du hareng (s_v , m^{-1}) ont été intégrés sur la colonne d'eau pour chaque segment horizontal de 25 mètres (distance i) afin d'obtenir un coefficient de rétrodiffusion de surface de la zone d'étude :

$$s_{a_i} = \int_{z_1}^{z_2} s_{v_i} dz \quad (1)$$

Les valeurs de s_a ont ensuite fait l'objet d'une moyenne aux niveaux du transect, de la strate et du relevé pour une comparaison avec les estimations des évaluations d'origine (voir les tableaux 7-10 et A20 dans Émond *et al.* 2024). À noter que les symboles et les unités d'analyse acoustique suivent les conventions proposées par MacLennan *et al.* (2002).

2.2.3. Estimation de la zone acoustique aveugle

Dans les évaluations antérieures, les pertes de signal dans la zone acoustique aveugle (partie du faisceau acoustique où le hareng ne peut être détecté près du fond marin) étaient corrigées manuellement, pour chaque transect individuel, dans Microsoft Excel. En raison des contraintes de temps et d'efficacité, ces corrections étaient limitées aux transects perçus ou considérés comme ayant le plus contribué à la biomasse. Dans la présente révision, le calcul de la zone acoustique aveugle a été appliqué à chaque segment horizontal i de 25 mètres ($i = 1 \ 2 \ \dots \ i$) pour toute la série chronologique.

La zone acoustique aveugle est exprimée en équivalent de hauteur perdue (Ona et Mitson 1996) de la manière suivante:

$$h_{eq_{y_i}} = 2404 \cdot \frac{\left(\text{profondeur du fond}_{y_i} - td_y \right) \cdot \tan \left(\frac{\phi_y \cdot \pi}{180} \right)^4}{\phi_y^2} + \frac{(c\tau)_y}{4} + BS \quad (2)$$

où *profondeur du fond* correspond à la profondeur moyenne du fond marin (m) du segment i de 25 mètres, td , ϕ , c et τ sont respectivement la profondeur du transducteur (m), son angle de demi-faisceau à 3 dB à 38 kHz ($^\circ$), la vitesse du son ($m \ s^{-1}$) et la durée de l'impulsion (s) pour le relevé y , et où BS est le réglage arrière (m). Le terme $\frac{c\tau}{4}$ représente l'étendue verticale où un poisson ne peut être distingué du fond marin. La valeur de réglage arrière a été fixée à 0,2 mètre et appliquée uniformément là où le poisson était présent près du fond marin, en contraste avec la méthode d'origine dans laquelle celui-ci prenait une valeur variable selon le transect et son inclusion était laissée à la discrétion de l'analyste. Les paramètres d'étalonnage servant à estimer la hauteur de la zone acoustique aveugle dans chaque relevé figurent au tableau A13.

La valeur de s_v intégrée sur le premier mètre au-dessus de la zone acoustique aveugle, $s_{a_{BD1_{y_i}}}$, est utilisée pour estimer la valeur de s_a à l'intérieur de cette zone ($s_{a_{DZ_{y_i}}}$), de la manière suivante:

$$s_{a_{DZ_{y_i}}} = s_{a_{BD1_{y_i}}} * h_{eq_{y_i}} \quad (3)$$

La valeur s_a totale par transect a ensuite été obtenue en prenant la s_a combinée de la colonne d'eau et de la zone acoustique aveugle pour chaque segment horizontal de 25 mètres et en prenant la moyenne sur la longueur du transect.

2.2.4. Détermination du nombre et de la longueur des transects

Les comparaisons entre les données d'entrée pour les transects utilisés dans les évaluations antérieures (voir Émond *et al.* 2024) et celles de la présente révision font voir plusieurs différences. Ces différences résultent en partie de perceptions variables chez les analystes de ce qui constitue ou ne constitue pas un transect dans le contexte du présent relevé (dans le cas, par exemple, des transects qui s'étendent sur plusieurs fichiers HEI pour l'évitement d'un obstacle) et aussi de l'inclusion par erreur dans les calculs de fichiers de type *intertransect* et *transit*. C'est pour résoudre de tels problèmes que les valeurs de nombre et de longueur des transects ont été extraites à nouveau, dans un traitement standardisé, à partir des fichiers HEI révisés. Nous avons appliqué plus précisément les règles suivantes :

- tous les transects ont été retenus, à moins que le type d'évènement (transect, intertransect ou transit) n'ait été mal spécifié dans les fichiers d'origine (là où, par exemple, des fichiers *intertransect* ou *transit* étaient faussement définis en transects);
- le nombre de transects par strate et relevé a été déterminé de manière automatique en fonction des fichiers HEI révisés – où d'habitude un fichier correspondait à un transect – plutôt que selon les fichiers HEI employés dans l'indice d'origine; les transects qui s'étendent sur plusieurs fichiers HEI ont été désignés comme un même transect en continu, sa longueur totale excluant tout segment hors observation (à cause, par exemple, d'obstacles matériels ou de secteurs peu profonds).

Les résultats de cette standardisation des méthodes acoustiques ont été récapitulés au niveau de la strate en estimant la moyenne de s_a pour chaque combinaison de strate et de relevé (année). Comme dans les évaluations antérieures, la moyenne de s_a par relevé y et strate s , a été estimée sous la forme $\overline{s_{a_{y_s}}}$:

$$\overline{s_{a_{y_s}}} = \frac{\sum_{t=1}^{t=T_{y_s}} (\overline{s_{a_{y_s t}}} \cdot \omega_{y_s t})}{T_{y_s}} \quad (4)$$

où $\omega_{y_s t}$ représente le facteur de pondération de longueur de transect, obtenu par le quotient de la longueur du transect t sur la longueur moyenne des T_{y_s} transects échantillonnés. La variance de cette estimation, $\sigma^2_{\overline{s_{a_{y_s}}}}$, a été définie comme la mesure de la variabilité entre transects de l'abondance du hareng au sein de chaque strate,

$$\sigma^2_{\overline{s_{a_{y_s}}}} = \frac{\sum_{t=1}^{t=T_{y_s}} (\omega_{y_s t}^2 \cdot (\overline{s_{a_{y_s t}}} - \overline{s_{a_{y_s}}})^2)}{T_{y_s}(T_{y_s}-1)} \quad (5)$$

où les données d'entrée sont spécifiées dans les équations antérieures. À noter que la variance définie ici ne mesure pas l'incertitude statistique de $\overline{s_{a_{y_s}}}$, mais plutôt la variabilité de $\overline{s_{a_{y_s}}}$ entre les transects d'une même strate et relevé.

2.3. RÉVISION 2 : MODIFICATION DE L'ÉQUATION DE FORCE DE CIBLE

L'estimation de la biomasse de hareng requiert de spécifier une équation de force de cible (TS) pour la conversion des signaux acoustiques en valeurs de densité du poisson. La révision 2

prévoit une équation de force de cible différente et jugée plus adéquate par rapport à celle de la série initiale (tableau 1).

En prenant l'équation indépendante de la profondeur que propose Ona (2003) pour le hareng de l'Atlantique à 38 kHz, la force de cible (dB re 1 m²) fut estimé comme

$$TS_{L_{y s g}} = 20 \cdot \log_{10}(L_{y s g}) - 67,3 \quad (6)$$

où L représente la longueur moyenne (cm) et l'estimation s'applique par relevé y , strate s et groupe reproducteur g (à noter que les échantillons biologiques employés dans ces calculs sont les mêmes que dans les évaluations antérieures; un document distinct sera publié sur une méthode révisée de sélection d'échantillons).

Le fait de changer l'équation de force de cible abaisse d'une proportion constante les valeurs de densité « perçue » par rapport aux valeurs obtenues par l'équation de Foote (1987) [voir le tableau 3]. Plus précisément, les valeurs de densité ρ du hareng (m⁻² ind.) obtenues par l'équation d'Ona (2003) représentent 35 % des valeurs de densité obtenues par l'équation de Foote (1987) :

$$\frac{\rho_{Ona}}{\rho_{Foote}} = 10^{\frac{TS_{Foote} - TS_{Ona}}{10}} = 0,35 \quad (7)$$

L'équation élaborée par Foote (1987) a servi à estimer la biomasse de hareng dans les évaluations de stocks dans la présente région (divisions 4RSw de l'OPANO; McQuinn et Lefebvre 1999) pendant un certain nombre d'années. Toutefois, des études plus récentes suggèrent des valeurs plus élevées de force de cible dans l'ensemble (tableau 3). Il est observable que la relation de Foote donne le TS le plus bas et que la relation d'Ona (2003) correspond à la moyenne de toutes les relations publiées après 1990, incluant l'étude de Foote (1987). C'est pourquoi l'équation d'Ona (2003) a été retenue pour le présent calcul. La plupart des équations au tableau 3, tout comme les équations élaborées par Foote (1987) et Ona (2003), font appel à des données sur le hareng recueillies dans la mer de Norvège et la mer Baltique. Wheeler (1991) a décrit une relation force de cible-longueur pour le hareng à partir des données recueillies au large des côtes est et sud de Terre-Neuve (divisions 3KLP de l'OPANO). Cette relation sert présentement à l'estimation de la biomasse de hareng dans cette région (Bourne *et al.* 2018). Bien qu'il serait préférable d'utiliser une équation tirée d'une population de harengs plus proche de notre zone d'étude et sans doute d'une morphologie plus ressemblante, nous avons opté pour une équation établie avec des données d'échosondeur à 38 kHz, car le signal acoustique du hareng est plus fort à cette fréquence; il s'agit aussi d'une équation qui est appuyée par d'autres études (Reynisson 1993; Didrikas et Hansson 2004; Fassler *et al.* 2008).

L'équation 6 a été convertie en force de cible par poids unitaire (kg) :

$$TS_{W_{y s g}} = TS_{L_{y s g}} + 10 \cdot \log_{10}(W_{y s g}^{-1}) \quad (8)$$

où W est le poids moyen (kg) du hareng dans les échantillons biologiques attribués pour le relevé y , la strate s et le groupe reproducteur g .

La densité de biomasse moyenne pour le relevé y , la strate s , le transect t et le groupe reproducteur g a été calculée de la manière suivante :

$$\overline{D_{y s t g}} = \frac{\overline{s_{a y s t g}} \cdot P_{y s g}}{\sum_{g=1}^G \left(10^{\frac{T S W_{y s t g}}{10}} \cdot P_{y s g} \right)} \quad (9)$$

où les $P_{y s g}$ sont les proportions basées sur le poids de chaque groupe reproducteur dans les échantillons attribués et où le résultat $\overline{D_{y s t g}}$ est exprimé en kg m^{-2} . Les moyennes de longueur et de poids du hareng par strate et groupe reproducteur, tout comme la proportion au poids de chaque groupe reproducteur, ont été obtenues à partir des échantillons biologiques (voir le tableau 2).

Ces moyennes par transect ont ensuite servi au calcul d'une moyenne par strate à partir des équations décrites dans O'Boyle et Atkinson (1989) pour les relevés dont les transects sont de longueur variable :

$$\overline{D_{y s g}} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{y s}} (\overline{D_{y s t g}} \cdot \omega_{y s t})}{T_{y s}} \quad (10)$$

où la variance entre transects correspond à :

$$\sigma_{\overline{D_{y s g}}} = \frac{\sum_{t=1}^{T_{y s}} ((\omega_{y s t})^2 \cdot (\overline{D_{y s t g}} - \overline{D_{y s g}})^2)}{T_{y s}(T_{y s} - 1)} \quad (11)$$

Comme pour la variance de $\overline{s_{a y s}}$, les valeurs de $\sigma_{\overline{D_{y s g}}}$ représentent une mesure de la variabilité entre transects seulement; celles-ci ne constituent pas une mesure de l'incertitude statistique.

2.4. RÉVISION 3 : STANDARDISATION DES MÉTHODES APPLICABLES AUX SUPERFICIES DES STRATES

La révision 3 visait à remplacer les superficies des strates de la série initiale par des estimations revues et standardisées de ces mêmes superficies (tableau 1).

La superficie des strates ou des polygones couverts, $A_{y s}$, dépend du nombre et de la longueur moyenne des transects observés. Comme pour les données d'entrée par transect présentées aux figures 2 et 3, un examen plus attentif des valeurs $A_{y s}$ initiales a révélé des cas où la valeur ne correspondait pas à la superficie réellement couverte; les écarts pouvaient être attribuables, par exemple, à des différences de traitement des strates partiellement couvertes par les analystes (certains analystes, par exemple, appliquaient la pleine superficie théorique aux strates à demi couvertes) ou à des problèmes de contour effectif de chaque strate (certains analystes retranchaient, par exemple, les petits obstacles physiques de la superficie considérée).

Vu l'incidence éventuellement importante de ces données d'entrée sur la biomasse, la superficie de chaque strate pour chaque année du relevé a été réestimée au sein de la projection NAD83/Québec Lambert (unité : km^2). Comme pour les méthodes d'origine, les fichiers de formes (*shapefiles*) des strates dans chaque relevé ont été reconfigurées à l'aide de l'outil topologique d'édition de sommets dans QGIS (QGIS Development Team 2023) en appliquant les règles suivantes :

1. Les contours de chaque strate ont été placés près des positions de début et de fin de chaque transect relevé de manière à ce que la forme de strate révisée épouse la forme de la superficie couverte;

2. La distance séparant les contours des polygones perpendiculaires au trait de côte et les premier et dernier transects de chaque strate devaient correspondre à environ la moitié de l'intertransect de chaque côté (distance orthogonale entre deux transects parallèles).
3. Les espaces vides occasionnels n'ont pas été retranchés de la superficie des strates ayant des distances inégales entre les transects (cas de la strate 02 en 2009, par exemple).

2.5. ESTIMATION DE LA BIOMASSE MOYENNE PAR GROUPE REPRODUCTEUR ET RELEVÉ

La biomasse (en tonnes) du hareng pour le relevé y , la strate s et le groupe reproducteur g , $\overline{B}_{y s g}$, a été estimée comme le produit des valeurs moyennes de densité $D_{y s g}$ (exprimées en kg m^{-2}) et des superficies des strates $A_{y s}$ (en km^2 ; voir la figure 4) [O'Boyle et Atkinson 1989] :

$$\overline{B}_{y s g} = \overline{D}_{y s g} \cdot A_{y s} \cdot 1000 \quad (12)$$

où la variance entre les transects d'une strate était donnée par :

$$\sigma^2_{\overline{B}_{y s g}} = \frac{(1000 \cdot A_{y s})^2 \sum_{t=1}^{T_{y s}} (\omega_{y s t} \cdot (D_{y s t g} - \overline{D}_{y s g})^2)}{T_{y s} (T_{y s} - 1)} \quad (13)$$

Cette méthode est identique à celle qui a été utilisée pour générer la série chronologique initiale. Les moyennes et les variances des divers groupes reproducteurs ont ensuite été additionnées à l'échelle des strates dans chaque relevé - à l'exclusion des strates BI01 et BI02 du détroit de Belle-Isle – pour une estimation de la biomasse totale au niveau du relevé (tableaux 4 à 12). Les estimations totales incluant les strates BI01 et BI02 ont aussi été calculées, mais uniquement à des fins exploratoires (sans considérer ces estimations totales comme intrants de l'avis scientifique).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le réexamen des données d'intrant et des méthodes analytiques des relevés acoustiques antérieurs a fourni de l'information pertinente quant aux modifications à prévoir pour les évaluations futures dans les divisions 4R (en 2024) et 4S (en 2025). Nous présenterons ici nos révisions et analyserons leurs conséquences sur le cadre d'évaluation.

3.1. RÉVISION 1 : STANDARDISATION DE L'ANALYSE DES DONNÉES ACOUSTIQUES

Tel qu'attendu, les effets du réexamen des données acoustiques dans la révision 1 étaient plus importants pour les relevés de 2009 à 2019 par rapport aux relevés de 2020 et 2021. Cela pourrait sans doute s'expliquer par les révisions plus importantes apportées aux fichiers HEI correspondants (nombre et longueur des transects, par exemple; voir les figures 2 et 3) comparé aux révisions plus légères de 2020-2021 (pour les paramètres d'étalonnage, par exemple; voir le tableau A13), bien que nous ne disposions pas de données directes à l'appui de cette affirmation.

Les changements apportés aux nombres totaux de transects ont été plus importants pour la période de 2009 à 2017 (figure 2). La mise à jour la plus systématique pour cette même période a été la réattribution de jusqu'à la moitié du nombre de transects relevés dans la strate 07 à la strate BN, située plus au nord. Le caractère distinct de la strate BN dans le plan de relevé a été confirmé par les journaux de bord révisés pour chaque relevé qui, sans ambiguïté, ont attribué des transects à l'une ou l'autre des deux strates de cette région (strates qui étaient auparavant

combinées au stade de l'estimation de biomasse). Dans le cas de la strate 4Sw, la principale modification depuis la dernière évaluation (MPO 2021b) a été l'inclusion de 5 transects qui avaient été relevés, mais non analysés, en 2017, ainsi que de 18 transects à l'automne de 2021.

Les différences illustrées à la figure 2 étaient très spécifiques, mais leurs effets sur la couverture perçue des relevés pouvaient être appréciables. Dans le relevé de 2011, par exemple, le nombre de transects analysés dans la strate 09 a été spécifié à 6 dans l'évaluation d'Émond *et al.* (2024) et établi à 12 dans la révision 1, ce qui est le double par rapport aux perceptions initiales. La situation inverse s'est présentée avec le relevé de 2009 où un transect a été retranché dans la strate 02 parce qu'il avait été échantillonné dans les deux sens (pseudoréplication). Des écarts de cette nature ont été moins fréquents en 2015 et 2017 et n'ont pas eu lieu lors des relevés de 2019 à 2021.

La standardisation des intrants liés aux transects dans la révision 1 a eu des conséquences semblables sur la longueur moyenne perçue des transects échantillonnés (figure 3). Tel qu'attendu, la réattribution de transects de la strate 07 à la strate BN a mené à une augmentation de la longueur moyenne des transects de la strate 07 et apporté de nouvelles estimations pour BN. Des changements ont également été observés aux strates des extrémités nord et sud du plan de relevé, où les problèmes de discontinuité de transects étaient généralement plus fréquents, mais sans toutefois que des erreurs systématiques n'aient eu lieu.

Des comparaisons ont été faites entre la série initiale de 2009 à 2021 (tableaux 7 à 10 et tableau supplémentaire A20 dans Émond *et al.* 2024) et les observations présentées dans la révision 1 (classification des données acoustiques, zone acoustique aveugle et informations sur les transects) par strate et relevé à partir de la figure 5. Les changements les plus discernables entre les estimations de la série initiale et de la révision 1 concernent les relevés de 2009 à 2019. En effet, les mesures combinées de standardisation de la classification acoustique, du calcul de la zone acoustique aveugle et des informations sur les transects ont eu pour résultat une augmentation de $\overline{s_{a_{y_s}}}$ pour les relevés de 2010, 2015, 2017 et 2019 et une diminution pour les relevés de 2009 et 2013. Des révisions de plus petite envergure ont également eu lieu pour la période 2020-2021 depuis la dernière évaluation en vue de corriger de petites erreurs qui s'étaient glissées dans les paramètres d'étalonnage acoustique.

3.2. RÉVISION 2 : MODIFICATION DE L'ÉQUATION DE FORCE DE CIBLE

Le remplacement de l'équation de force de cible de Foote (1987) par celle d'Ona (2003), une modification proposée dans la révision 2, a eu un impact important (figure 6). Plus précisément, les valeurs de densité estimées par Ona (2003) ont représenté seulement 35 % des valeurs estimées par Foote (1987), et ce, indépendamment de la strate ou du relevé. Cela suggère que l'indice acoustique devrait être considéré comme un indice d'abondance relative jusqu'à ce qu'un consensus soit établi quant à l'équation de force de cible approprié pour le hareng de l'Atlantique Nord-Ouest. Il convient de noter que les méthodes et les équations d'estimation de la biomasse dans les évaluations des stocks de hareng varient selon les régions du MPO (voir, par exemple, Bourne *et al.* 2018, LeBlanc *et al.* 1993, LeBlanc et Dale 1996, Power *et al.* 2006), et que ces estimations « absolues » de la biomasse ne sont donc pas comparables.

Étant donné la cohérence de ce résultat entre les observations, nous proposons que la modification d'équation de force de cible s'applique aussi à la série chronologique acoustique antérieure de 1991-2002 par souci de comparabilité des observations entre les deux périodes.

3.3. RÉVISION 3 : STANDARDISATION DES MÉTHODES APPLICABLES AUX SUPERFICIES DES STRATES

Les superficies révisées des strates (révision 3) étaient généralement inférieures à celles qui avaient été employées dans les évaluations antérieures, en partie parce que le contour des polygones représentant les diverses strates épousait plus généralement les transects correspondants (figure 4). En plus de la réattribution de superficie entre la strate 07 et la strate BN pour la période 2009-2019, les écarts les plus marqués par rapport aux superficies $A_{y,s}$ d'origine se sont présentés pour la strate 03 en 2009 et la strate 10 en 2013. Ces deux cas mis à part, les changements se sont généralement limités au remplacement d'estimations du plan théorique (voir la légende de la figure 1) par les valeurs obtenues de manière plus uniforme par le logiciel QGIS.

4. CONCLUSION

Dans l'ensemble, les résultats présentés dans ce document suggèrent qu'il n'y a pas eu de grands changements de perception de la variabilité interannuelle entre les valeurs initiales présentées dans Émond *et al.* (2024) et les révisions que nous décrivons ici. Les présentes révisions n'auraient donc qu'en partie résolu les problèmes méthodologiques reconnus à la réunion d'examen par les pairs et ayant mené au rejet de l'indice acoustique (Chamberland *et al.* 2022).

Le plus important résultat des présentes révisions est une meilleure compréhension des éléments d'incertitude liés au relevé acoustique (ce qui nous aura permis en partie de sortir d'une « boîte noire méthodologique »). Nous avons remédié partiellement à la difficulté de trouver un temps et un lieu idéaux de relevé (fenêtre qui correspondrait au pic de la biomasse de hareng dans la zone et l'année d'étude) par le biais de l'inclusion proposée de la strate 4Sw dans les présentes analyses et des strates BI01 et BI02 dans les futures analyses. Cette inclusion devrait aider à tenir compte des harengs ayant émigré des dix strates d'origine dans le plan de relevé de la période 1991-2002.

La qualité des intrants acoustiques dépendent largement de la correspondance entre le moment et le lieu du relevé et le pic d'abondance du hareng (il s'agit de réaliser le relevé au bon lieu et au bon moment). La perception que la fenêtre idéale a été manquée dans un grand nombre de relevés d'automne de la période 2009-2021 nous renvoie à la principale source d'incertitude, que le présent document n'a pu que partiellement résoudre.

Les travaux exposés ici s'inscrivent dans un projet plus général visant à élaborer un nouveau modèle analytique de population et des points de référence biologiques pour le hareng dans les divisions combinées de 4RSw. Ces prochaines années, nous redoublerons d'efforts pour mieux cerner l'incertitude liée aux années et aux strates manquantes et, dans la mesure du possible, pour prédire de manière statistique les valeurs acoustiques de ces observations qui manquent. Nous nous efforcerons aussi de réviser la manière de sélectionner les échantillons biologiques et de les adjoindre aux diverses valeurs acoustiques, ce qui a représenté un autre facteur clé de subjectivité pour cet indice. Enfin, nous poursuivrons nos efforts en vue de documenter la répartition spatiotemporelle des stocks par le programme de marquage.

REMERCIEMENTS

La présente étude aurait été impossible sans la participation d'un grand nombre de scientifiques, de contributeurs sur le terrain et de coordonnateurs de l'industrie des pêches s'occupant de la récolte de données acoustiques et biologiques sur le hareng depuis 2009. Les analyses présentées ici ont énormément bénéficié des travaux réalisés par Frédéric Paquet et

Nancy Otis (révision de fichiers HEI), Hélène Dionne (analyse d'échantillons biologiques et gestion de bases de données), Pedro Nilo (analyse d'échantillons biologiques) et Jean-Martin Chamberland (création de plusieurs scripts et fonctions dans le langage d'exploitation R) avant et pendant le projet. Les auteurs remercient également Elisabeth Van Beveren, Hugues Benoît et Stéphane Plourde de leurs conseils et de leur appui en matière d'analyse, tout comme Ian McQuinn pour avoir clarifié les méthodes initiales d'analyse acoustique.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Beaulieu, J.-L., I. H. McQuinn, et F. Grégoire. 2010. [Atlantic herring \(*Clupea harengus harengus* L.\) on the West coast of Newfoundland \(NAFO Division 4R\) in 2009](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/049. vi + 42 p.
- Bourne, C., Mowbray, F., Squires, B., et Koen-Alonso, M. 2018. [2017 Assessment of Newfoundland east and south coast Atlantic herring \(*Clupea harengus*\) stock complexes](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/026. v + 45 p.
- Chamberland, J.-M., Lehoux, C., Émond, K., Vanier, C., Paquet, F., Lacroix-Lepage, C., Benoît, H.P., Van Beveren, E. et Plourde, S. 2022. [Les stocks de hareng Atlantique \(*Clupea harengus*\) sur la côte ouest de Terre-Neuve \(Division 4R de l'OPANO\) en 2019](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/076. v + 116 p.
- Didrikas, T., et Hansson, S. 2004. *In situ* target strength of the Baltic Sea herring and sprat. ICES J. Mar. Sci. 61: 378–382.
- Émond, K., Dionne, H., Beaudry-Sylvestre, M., Paquet, F., Rousseau, S., Lehoux, C., et Nilo, P. 2024. [Évaluation des stocks de hareng \(*Clupea harengus*\) de la côte ouest de Terre-Neuve \(Division OPANO 4R\) en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2024/004. xi + 97 p.
- Fassler, S. M. M., Gorska, N., Ona, E., et Fernandes, P. G. 2008. Differences in swimbladder volume between Baltic and Norwegian spring-spawning herring: Consequences for mean target strength. Fish. Res. 92: 314–321.
- Foote, K. G. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. J. Acoust. Soc. Am. 82: 981–987.
- ICES. 2015. [Calibration of acoustic instruments](#). ICES Coop. Res. Rep. Vol. 326, 136 pp.
- LeBlanc, C., St.-Hilaire, A., et Dale J. 1993. [Distribution and acoustic backscatter of herring in NAFO divisions 4T and 4Vn, fall 1990-1992](#). DFO Atl. Fish. Res. Doc. 93/55. 54 p.
- LeBlanc, C., et Dale, J. 1996. [Distribution and acoustic backscatter of Herring in NAFO Divisions 4T and 4Vn, Sept. 23 - Oct. 08, 1995](#). DFO Atlantic Fisheries Res. Doc. 96/125. 28 p.
- MacLennan, D. N., Fernandes, P. G., et Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. ICES J. Mar. Sci. 59: 365–369.
- McQuinn, I. H., et Lefebvre, L. 1999. [An evaluation of the western Newfoundland herring acoustic abundance index from 1989-1997](#). Can. Stock. Assess. Sec. Res. Doc. 99/120. 20 p.
- McQuinn, I. H., Reid, D., Berger, L., Diner, N., Heatley, D., Higginbottom, I., Andersen, L. N., Langeland, O., et Lapierre, J. P. 2005. [Description of the ICES HAC standard data exchange format, version 1.60](#). ICES Coop. Res. Rep. Vol. 278. 88 pp. URL.

-
- McQuinn, I. H., Dion, M., et St. Pierre, J.-F. 2013. The acoustic multifrequency classification of two sympatric euphausiid species (*Meganyctiphanes norvegica* and *Thysanoessa raschii*), with empirical and SDWBA model validation. ICES J. Mar. Sci. 70: 636–649.
- Misund, O. A., et Beltestad, A. K. 1996. Target-strength estimates of schooling herring and mackerel using the comparison method. ICES J. Mar. Sci. 53: 281–284.
- Mitson, R. B. 1983. Acoustic detection and estimation of fish near the sea-bed and surface. FAO Fish. Rep. 300: 27–34.
- MPO. 2019. [Évaluation des stocks de hareng de la Côte-Nord du Québec \(division 4S\) en 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/037.
- MPO. 2021a. [Compte rendu de l'examen régional par des pairs sur l'évaluation du stock de hareng de l'Atlantique \(*Clupea harengus*\) de la côte ouest de Terre-Neuve \(division 4R de l'OPANO\) en 2020: du 18 au 20 novembre 2020](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Compte rendu 2021/009.
- MPO. 2021b. [Évaluation des stocks de hareng de la Côte-Nord du Québec \(division 4S\) en 2020](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/037.
- MPO. 2024. [Compte rendu de l'examen par les pairs régional sur le cadre d'évaluation pour les stocks de hareng de l'Atlantique \(*Clupea harengus*\) de la côte ouest de Terre-Neuve et de la Basse-Côte-Nord du Québec \(divisions OPANO 4RSw\) : Partie 1 - Révision des données disponibles pour la modélisation, 4-5 avril 2023](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Compte rendu 2024/006.
- O'Boyle, R. N., et Atkinson, D. B. 1989. [Hydroacoustic survey methodologies for pelagic fish as recommended by CAFSAC](#). CAFSAC Res. Doc. 89/72. 12 p.
- Ona, E. 2003. An expanded target-strength relationship for herring. ICES J. Mar. Sci. 60: 493–499.
- Ona, E., et Mitson, R. B. 1996. Acoustic sampling and signal processing near the seabed: the deadzone revisited. ICES J. Mar. Sci. 53: 677–690.
- Peltonen, H., et Balk, H. 2005. The acoustic target strength of herring (*Clupea harengus* L.) in the northern Baltic sea. ICES J. Mar. Sci. 62: 803–808.
- Power, M. J., Melvin, G. D., Fife, F. J., Knox, D., et Annis, L. M. 2006. [Summary of the 2005 Herring Acoustic Surveys in NAFO Divisions 4VWX](#). Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2006/048. iv + 89 p.
- QGIS Development Team. 2023. [QGIS Geographic Information System](#). Open Source Geospatial Foundation Project.
- R Core Team. 2020. [R: A Language and Environment for Statistical Computing](#). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reynisson, P. 1993. *In situ* target strength measurements of Icelandic summer spawning herring in the period 1985-1992. CM Documents - ICES, C.M. 1993/B:40.
- RStudio Team. 2020. [RStudio: Integrated Development Environment for R](#). RStudio, PBC, Boston, MA.
- Senay, C., Rousseau, S., Brûlé, C., Chavarria, C., Isabel, L., Parent, G.J., Chabot, D., et Duplisea, D. 2023. [État des stocks des sébastes \(*Sebastes mentella* et *S. fasciatus*\) de l'unité 1 en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/036. xii + 130 p.
-

Simard, Y., McQuinn, I. H., Montminy, M., Lang, C., Stevens, C., Goulet, F., Lapierre, J.-F., Beaulieu, J.-L., Landry, J., Samson, Y., et Gagné, M. 2000. **CH2**, Canadian Hydroacoustic Data Analysis Tool 2 User's Manual (version 2.0). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2332. vii + 123 p.

Wheeler, J. 1991. [Newfoundland East Coast Herring – 1990 Acoustic Survey Results](#). CAFSAC Res. Doc. 91/1. 43 p.

TABLEAUX

Tableau 1. Description des principales révisions méthodologiques appliquées à l'indice de relevé acoustique pour la série d'automne 2009-2021. Les révisions apportées aux estimations initiales ont été appliquées progressivement et cumulativement.

Révision	Description
Série initiale	Estimations présentées dans les dernières évaluations publiées pour la division 4R (Émond <i>et al.</i> 2024) et la sous-division 4Sw (MPO 2021b).
1	Standardisation des méthodes d'analyse acoustique : paramètres d'étalonnage, classification des espèces, estimation de la zone acoustique aveugle et longueur des transects
2	Changement de relation de force de cible de Foote (1987) à Ona (2003)
3	Standardisation des superficies des strates

Tableau 2. Tableau sommaire des navires hydroacoustiques utilisés, des dates des relevés, du nombre d'échantillons par type d'engin ayant servi à l'estimation de biomasse (nombre total de harengs entre parenthèses), et des divers navires d'échantillonnage biologique pour les neuf relevés hydroacoustiques visés par la révision. Pour les relevés de 2009 à 2017 (sauf en 2015), un ou plusieurs senneurs commerciaux ont été affrétés pour la récolte d'échantillons biologiques. Dans le cas des relevés de 2019 à 2021, le navire affrété était un chalutier pélagique mieux équipé pour les besoins du relevé. À noter que tous les navires d'échantillonnage hydroacoustique et d'échantillonnage biologique non-commercial étaient des navires de la Garde côtière canadienne (NGCC), à l'exception du navire de recherche (NR) *Novus* affrété à LeeWay Marine en 2021. Pour certaines années, des échantillons biologiques issus de la pêche commerciale ont servi à combler les lacunes de l'échantillonnage.

Relevé	Navire de relevés acoustiques (plage de dates)	Engins de pêche						Navires d'échantillonnage biologique
		Grande senne	Petite senne	Senne tuck	Chalut pélagique	Filet maillant	Trappe	
2009	NGCC <i>F. G. Creed</i> (21 oct. – 06 nov.)	8 (1 743)	0	0	0	0	1 (50)	Bateau de pêche affrété, échantillons commerciaux
2010	NGCC <i>F. G. Creed</i> (21 oct. – 02 nov.)	3 (625)	0	0	0	1 (400)	0	Bateau de pêche affrété
2011	NGCC <i>F. G. Creed</i> (20 oct. – 01 nov.)	2 (497)	0	0	3 (633)	0	0	NGCC <i>Calanus II</i> , Bateau de pêche affrété
2013	NGCC <i>F. G. Creed</i> (13 oct. – 22 oct.)	4 (566)	4 (324)	0	1 (92)	0	0	NGCC <i>Leim</i> , bateau de pêche affrété, échantillons commerciaux
2015	NGCC <i>Vladykov</i> (15 oct. – 25 oct.)	8 (442)	8 (441)	2 (110)	0	1 (48)	0	Échantillons commerciaux
2017	NGCC <i>F. G. Creed</i> (21 oct. – 06 nov.)	3 (166)	3 (255)	0	1 (93)	0	0	NGCC <i>Leim</i> , Bateau de pêche affrété, échantillons commerciaux
2019	NGCC <i>Leim</i> (27 oct. – 11 nov.)	0	1 (122)	0	15 (1 109)	0	0	Bateau de pêche affrété
2020	NGCC <i>Leim</i> (19 oct. – 07 nov.)	0	2 (104)	0	12 (851)	0	0	Bateau de pêche affrété, échantillons commerciaux
2021	NR <i>Novus</i> (13 oct. – 29 oct.)	0	0	0	19 (1 557)	0	0	Bateau de pêche affrété

Tableau 3. Les relations de force de cible du hareng de l'Atlantique (TS, dB) par rapport à la longueur (L, cm) figurant dans les études publiées depuis 1990 et dans l'étude parue par Foote (1987). La plage des longueurs concerne les individus présents dans les échantillons biologiques des diverses études. La méthode *in situ* consiste à utiliser les données acoustiques et les échantillons biologiques prélevés en mer, alors que les expériences *ex situ* portent individuellement sur des poissons dans des cages submergées.

Relation force de cible-longueur	Référence	Méthode	Plage des longueurs (cm)	Lieu	Fréquence (kHz)
$20\log_{10}(L) - 71,9$	Foote (1987)	<i>In situ/ex situ</i>	14,6-28,5	Mer du Nord, mer Baltique	38
$20\log_{10}(L) - 65,5$	Wheeler (1991)	<i>Ex situ</i>	25-37	Baie Trinité Terre-Neuve	120
$20\log_{10}(L) - 67,1$	Reynisson (1993)	<i>In situ</i>	7-34	Fjords d'Islande	38
$20\log_{10}(L) - 71,1$	Misund et Beltestad (1996)	<i>In situ</i>	33	Mer de Norvège	38
$20\log_{10}(L) - 67,3$	Ona (2003)	<i>In situ/ex situ</i>	25-37	Mer de Norvège	38
$20\log_{10}(L) - 67,8$	Didrikas et Hansson (2004)	<i>In situ</i>	4,5-28,5	Mer Baltique	38/70
$20\log_{10}(L) - 63,9$	Peltonen et Balk (2005)	<i>In situ</i>	10-26,5	Mer Baltique	38
$20\log_{10}(L) - 67,1$	Fassler <i>et al.</i> (2008)	Modèle	16-40	Mer de Norvège	38
$20\log_{10}(L) - 64,8$	Fassler <i>et al.</i> (2008)	Modèle	9-25	Mer Baltique	38

Tableau 4. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2009 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec les erreurs-types (e.-t.) et les coefficients de variation (c.v.). Les strates 04 et 08 n'ont pas été couvertes.

2009	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps				
	Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
								Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	407,7	15	4 068	1,497e-01	4 437,6	1,088e-05	5,247e-06	48,2	0,0126	5 117,9	2 467,47	48,2	0,00116	471,8	227,45	48,2	
St. Georges N.	02	187,7	8	4 124	1,757e-01	9 481,1	5,050e-05	3,671e-05	72,7	0,0582	10 934,6	7 948,59	72,7	0,00537	1 007,9	732,70	72,7	
Port-au-port G.	03	1 983,0	17	18 865	1,617e-01	7 839,8	3,954e-06	1,412e-06	35,7	0,00456	9 041,6	3 229,60	35,7	0,00042	833,5	297,70	35,7	
Port-au-port	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie des Îles G.	05	474,5	9	13 721	2,603e-01	10,5	2,211e-08	8,323e-09	37,6	2,55e-05	12,1	4,55	37,6	2,35e-06	1,1	0,42	37,6	
Banque de la baie Bonne	06	1 080,7	20	10 746	1,989e-01	2 035,9	1,884e-06	7,048e-07	37,4	0,00217	2 348,0	878,51	37,4	0,0002	216,4	80,98	37,4	
Baie des Îles	07	206,4	6	7 828	2,275e-01	181,2	8,778e-07	7,002e-07	79,8	0,00101	209,0	166,71	79,8	9,33e-05	19,3	15,37	79,8	
Bras nord	BN	31,1	2	2 823	1,816e-01	580,0	1,865e-05	2,236e-05	119,8	0,0216	672,1	805,49	119,8	0,00191	59,4	71,16	119,8	
Baie Bonne	08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie Hawk's	09	499,8	4	8 261	6,611e-02	185,9	3,719e-07	1,248e-07	33,6	0,000437	218,3	73,24	33,6	3,75e-05	18,8	6,30	33,6	
Baie St. John	10	1 437,0	14	19 628	1,912e-01	131,6	9,157e-08	7,622e-08	83,2	0,000106	151,8	126,32	83,2	9,73e-06	14,0	11,64	83,2	
Basse-Côte-Nord	4Sw	2 741,3	23	15 515	1,302e-01	3 930,2	1,434e-06	5,449e-07	38,0	0,00145	3 971,6	1 509,40	38,0	0,000349	957,7	363,98	38,0	
Moyenne/total	-	9 049,3	118	12 461	1,625e-01	28 813,9	8,867e-05	4,334e-05	48,9	0,00361	32 675,2	9 134,39	28,0	0,000398	3 598,2	906,07	25,2	

Tableau 5. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2010 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec leurs erreurs-types (e.-t.) et leurs coefficients de variation (c.v.). La strate 04 n'a pas été couverte.

2010	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps				
	Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
								Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	407,7	13	4 442	1,416e-01	3 438,0	8,432e-06	6,188e-06	73,4	0,00947	3 863,3	2 835,2	73,4	0,00147	597,8	438,73	73,4	
St. Georges N.	02	302,7	15	5 052	2,503e-01	4 074,3	1,346e-05	6,703e-06	49,8	0,0151	4 578,2	2 280,4	49,8	0,00234	708,5	352,88	49,8	
Port-au-port G.	03	55,1	2	1739	6,317e-02	553,6	1,005e-05	3,426e-06	34,1	0,0113	622,0	211,9	34,1	0,00155	85,1	29,001	34,1	
Port-au-port	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie des Îles G.	05	474,5	8	14 602	2,462e-01	7 106,7	1,498e-05	2,730e-06	18,2	0,0168	7 985,7	1 455,6	18,2	0,0026	1 235,7	225,25	18,2	
Banc de la baie Bonne	06	638,3	10	8 410	1,318e-01	6 899,5	1,081e-05	2,318e-06	21,4	0,0121	7 752,8	1 663,0	21,4	0,00188	1 199,7	257,34	21,4	
Baie des Îles	07	245,4	3	15 221	1,861e-01	2 075,8	8,459e-06	3,498e-06	41,4	0,0095	2 332,5	964,6	41,4	0,00147	361,0	149,26	41,4	
Bras nord	BN	31,0	3	2991	2,895e-01	14,9	4,821e-07	8,318e-08	17,3	0,000542	16,8	2,9	17,3	7,41e-05	2,3	0,396	17,3	
Baie Bonne	08	35,3	3	3 470	2,948e-01	31,6	8,949e-07	2,656e-07	29,7	0,00101	35,5	10,5	29,7	0,000156	5,5	1,63	29,7	
Baie Hawk's	09	412,8	10	8 268	2,003e-01	1 945,9	4,713e-06	4,450e-06	94,4	0,0053	2 186,5	2 064,3	94,4	0,00082	338,4	319,44	94,4	
Baie St. John	10	945,3	12	13 177	1,673e-01	27 229,6	2,880e-05	8,404e-06	29,2	0,0324	30 597,5	8 927,1	29,2	0,00501	4 734,8	1 381,43	29,2	
Basse-Côte-Nord	4Sw	625,5	11	7 447	1,310e-01	6 482,1	1,036e-05	4,449e-06	42,9	0,0128	7 989,7	3 430,0	42,9	0,000714	446,6	191,71	42,9	
Moyenne/total		4 173,8	90	8 063	1,739e-01	59 852,0	1,114e-04	1,518e-05	13,6	0,0163	67 909,6	10 707,2	15,8	0,00233	9 711,4	1 581,84	16,3	

Tableau 6. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2011 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec leurs erreurs-types (e.-t.) et leurs coefficients de variation (c.v.). La strate 04 n'a pas été couverte.

2011	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps			
Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
							Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	386,5	17	3 856	1,696e-01	617,6	1,598e-06	4,522e-07	28,3	0,00183	708,3	200,4	28,3	0,000159	61,5	17,41	28,3
St. Georges N.	02	299,4	14	5 744	2,686e-01	929,8	3,105e-06	1,897e-06	61,1	0,00356	1 066,2	651,3	61,1	0,000309	92,6	56,59	61,1
Port-au-port G.	03	802,9	16	8 060	1,606e-01	2 805,1	3,494e-06	8,264e-07	23,7	0,00401	3 216,8	760,9	23,7	0,000348	279,5	66,11	23,7
Port-au-port	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baie des Îles G.	05	474,5	8	14 223	2,398e-01	944,5	1,991e-06	5,659e-07	28,4	0,00234	1 110,4	315,6	28,4	0,000112	53,1	15,10	28,4
Banc de la baie Bonne	06	1 148,1	23	11 184	2,241e-01	6 368,1	5,547e-06	2,521e-06	45,4	0,00652	7 486,3	3 402,4	45,4	0,000312	358,2	162,79	45,4
Baie des Îles	07	198,2	3	13 081	1,980e-01	101,4	5,114e-07	5,617e-08	11,0	0,000601	119,2	13,1	11,0	2,88e-05	5,7	0,63	11,0
Bras nord	BN	31,0	3	3329	3,222e-01	25,1	8,108e-07	2,865e-07	35,3	0,000934	29,0	10,2	35,3	7,32e-05	2,3	0,802	35,3
Baie Bonne	08	54,5	3	3 750	2,063e-01	98,9	1,814e-06	1,231e-06	67,9	0,00213	116,3	78,9	67,9	0,000102	5,6	3,78	67,9
Baie Hawk's	09	499,8	12	8 543	2,051e-01	546,7	1,094e-06	2,672e-07	24,4	0,00113	563,4	137,7	24,4	0,000125	62,6	15,31	24,4
Baie St. John	10	728,1	14	12 619	2,427e-01	17 100,3	2,349e-05	7,050e-06	30,0	0,0242	17 624,4	5 290,1	30,0	0,00269	1 959,4	588,15	30,0
Basse-Côte-Nord	4Sw	1 601,7	24	9 861	1,478e-01	3 277,8	2,047e-06	7,920e-07	38,7	0,00209	3 353,5	1 297,8	38,7	0,000164	263,1	101,82	38,7
Moyenne/total	-	6 224,7	137	8 922	1,964e-01	32 815,4	4,550e-05	7,947e-06	17,5	0,00568	35 358,0	6 505,9	18,4	0,000504	3 136,2	623,89	19,9

Tableau 7. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2013 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec leurs erreurs-types (e.-t.) et leurs coefficients de variation (c.v.). La strate 04 n'a pas été couverte.

2013	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps			
Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
							Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	407,7	17	3 995	1,666e-01	1 473,06	3,613e-06	3,253e-06	90,0	0,00453	1 848,0	1 663,96	90,0	3,9e-05	15,9	14,33	90,0
St. Georges N.	02	302,7	15	5 391	2,672e-01	1 282,39	4,236e-06	2,082e-06	49,1	0,00531	1 608,8	790,62	49,1	4,58e-05	13,9	6,81	49,1
Port-au-port G.	03	802,9	17	8 863	1,877e-01	536,38	6,681e-07	5,709e-07	85,5	0,000807	648,3	554,02	85,5	6,52e-06	5,2	4,47	85,5
Port-au-port	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baie des Îles G.	05	474,5	9	13 382	2,538e-01	739,78	1,559e-06	7,757e-07	49,8	0,00188	894,2	444,88	49,8	1,52e-05	7,2	3,59	49,8
Banc de la baie Bonne	06	1 148,1	23	11 322	2,268e-01	36 658,02	3,193e-05	1,741e-05	54,5	0,0387	44 407,7	24 218,84	54,5	0,000194	222,6	121,40	54,5
Baie des Îles	07	281,5	4	14 508	2,061e-01	959,02	3,406e-06	2,212e-06	64,9	0,00412	1 159,2	752,67	64,9	3,32e-05	9,4	6,07	64,9
Bras nord	BN	31,0	3	2 897	2,803e-01	8,05	2,597e-07	1,730e-07	66,6	0,000314	9,7	6,49	66,6	2,54e-06	0,1	0,0526	66,6
Baie Bonne	08	35,4	3	3 123	2,647e-01	3,98	1,123e-07	1,839e-08	16,4	0,000136	4,8	0,79	16,4	6,82e-07	0,0	0,004	16,4
Baie Hawk's	09	499,8	12	8 752	2,101e-01	700,93	1,402e-06	4,890e-07	34,9	0,0017	849,1	296,07	34,9	8,51e-06	4,3	1,48	34,9
Baie St. John	10	799,5	17	11 103	2,361e-01	3 661,84	4,580e-06	4,275e-06	93,3	0,00555	4 436,0	4 140,12	93,3	2,78e-05	22,2	20,75	93,3
Basse-Côte-Nord	4Sw	1 601,7	24	9 885	1,481e-01	883,93	5,519e-07	1,551e-07	28,1	0,00064	1 024,5	288,0	28,1	0	-	-	-
Moyenne/total	-	6 384,9	144	8 940	2,016e-01	46 907,36	5,232e-05	1,851e-05	35,4	0,00892	56 948,0	24 689,29	43,4	4,74e-05	302,4	125,22	41,4

Tableau 8. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2015 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec leurs erreurs-types (e.-t.) et leurs coefficients de variation (c.v.). Les strates 03, 04, 07, BN, 08, 09 et 4Sw n'ont pas été couvertes.

2015	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps				
	Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
								Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	407,7	17	4 283	1,786e-01	284	6,957e-07	5,542e-07	79,7	0,000833	339,7	270,60	79,7	3,4e-05	13,9	11,05	79,7	
St. Georges N.	02	299,0	14	6 036	2,826e-01	482	1,613e-06	1,384e-06	85,8	0,00193	577,6	495,50	85,8	7,89e-05	23,6	20,23	85,8	
Port-au-port G.	03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Port-au-port	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie des Îles G.	05	464,5	8	14 424	2,484e-01	13 427	2,890e-05	8,305e-06	28,7	0,0356	16 558,6	4 758,27	28,7	0,000581	270,0	77,60	28,7	
Banc de la baie Bonne	06	1 132,5	11	11 324	1,100e-01	10 556	9,321e-06	2,877e-06	30,9	0,0115	13 018,4	4 018,17	30,9	0,000187	212,3	65,53	30,9	
Baie des Îles	07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bras nord	BN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie Bonne	08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie Hawk's	09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie St. John	10	876,7	7	15 575	1,244e-01	1 967	2,244e-06	9,578e-07	42,7	0,00259	2 266,5	967,32	42,7	8,96e-05	78,6	33,53	42,7	
Basse-Côte-Nord	4Sw	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Moyenne/total	-	3 180,5	57	8 882	1,592e-01	26 716	4,278e-05	8,966e-06	21,0	0,0103	32 760,8	6 327,82	19,3	0,000188	598,4	109,41	18,3	

Tableau 9. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2017 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec leurs erreurs-types (e.-t.) et leurs coefficients de variation (c.v.). La strate 04 n'a pas été couverte.

2017	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps				
	Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
								Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	126,6	4	5 623	1,777e-01	43,8	3,461e-07	7,777e-08	22,5	0,000355	45,0	10,1	22,5	4,98e-05	6,3	1,42	22,5	
St. Georges N.	02	303,7	15	5 280	2,608e-01	1 763,9	5,808e-06	4,821e-06	83,0	0,00596	1 810,9	1 503,1	83,0	0,000836	253,9	210,71	83,0	
Port-au-port G.	03	802,9	17	8 261	1,749e-01	2 799,1	3,486e-06	1,369e-06	39,3	0,00358	2 873,8	1 128,4	39,3	0,000502	402,9	158,19	39,3	
Port-au-port	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie des Îles G.	05	474,5	9	13 294	2,522e-01	381,7	8,044e-07	2,758e-07	34,3	0,000919	436,1	149,5	34,3	4,47e-05	21,2	7,28	34,3	
Banc de la baie Bonne	06	1 148,1	23	10 915	2,187e-01	3 353,5	2,921e-06	7,499e-07	25,7	0,00334	3 832,1	983,8	25,7	0,000162	186,5	47,89	25,7	
Baie des Îles	07	192,7	3	12 026	1,873e-01	144,4	7,496e-07	6,336e-07	84,5	0,000857	165,0	139,5	84,5	4,17e-05	8,0	6,79	84,5	
Bras nord	BN	31,0	3	2 978	2,882e-01	2,05	6,609e-08	2,803e-08	42,4	5,01e-05	1,6	0,659	42,4	2,26e-05	0,7	0,30	42,4	
Baie Bonne	08	54,5	3	2 930	1,612e-01	27,5	5,050e-07	1,694e-07	33,5	0,000577	31,5	10,6	33,5	2,81e-05	1,5	0,51	33,5	
Baie Hawk's	09	499,8	11	9 055	1,993e-01	719,5	1,439e-06	1,244e-06	86,4	0,00164	822,2	710,3	86,4	8,01e-05	40,0	34,57	86,4	
Baie St. John	10	743,2	16	10 331	2,224e-01	6 956,4	9,360e-06	3,540e-06	37,8	0,0101	7 470,4	2 825,5	37,8	0,00139	1 033,8	391,03	37,8	
Basse-Côte-Nord	4Sw	297,4	5	9 741	1,638e-01	46,85	1,575e-07	2,197e-08	14,0	0,000168	50,1	6,99	14,0	1,36e-05	4,0	0,564	14,0	
Moyenne/total	-	4 674,4	109	8 993	2,097e-01	16 238,7	2,564e-05	6,346e-06	24,7	0,00376	17 588,8	3 620,64	20,6	0,000416	1 943,3	471,20	24,2	

Tableau 10. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2019 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec leurs erreurs-types (e.-t.) et leurs coefficients de variation (c.v.). Les strates 01, 02, 04, BN, BI01 et BI02 n'ont pas été couvertes.

2019	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps				
	Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
								Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
St. Georges N.	02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Port-au-port G.	03	730,0	3	11 034	4,535e-02	3 185	4,363e-06	1,716e-06	39,3	0,00413	3 013,8	1 185,4	39,3	0,00145	1 059,8	416,8	39,3	
Port-au-port	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baie des Îles G.	05	474,5	1	1780	3,753e-03	35,5	7,485e-08	0	0	5,31e-05	25,2	0	0	2,7e-05	12,8	0	0	
Banc de la baie Bonne	06	972,8	7	11 044	7,947e-02	13 827	1,421e-05	3,746e-06	26,4	0,00962	9 353,7	2 464,7	26,4	0,00534	5 195,7	1 369,1	26,4	
Baie des Îles	07	299,9	3	16 569	1,658e-01	694	2,316e-06	6,125e-07	26,5	0,00164	492,9	130,4	26,5	0,000838	251,2	66,5	26,5	
Bras nord	BN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baie Bonne	08	58,5	4	2 677	1,831e-01	164	2,795e-06	7,699e-07	27,5	0,00189	110,6	30,5	27,5	0,00105	61,4	16,9	27,5	
Baie Hawk's	09	499,8	5	9 878	9,882e-02	4 167	8,337e-06	4,638e-06	55,6	0,00301	1 503,3	836,3	55,6	0,00436	2 181,5	1 213,5	55,6	
Baie St. John	10	996,9	6	15 033	9,048e-02	24 018	2,409e-05	3,356e-06	13,9	0,0122	12 123,6	1 689,0	13,9	0,00964	9 610,4	1 338,9	13,9	
Basse-Côte-Nord	4Sw	2 194,9	13	12 821	7,594e-02	2 593	1,181e-06	5,561e-07	47,1	0,000596	1 308,7	616,1	47,1	0,000473	1 037,4	488,4	47,1	
Belle Isle S.	BI01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Belle Isle N.	BI02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moyenne/total	-	6 227,3	42	11 401	7,690e-02	48 684,0	5,737e-05	7,143e-06	12,5	0,00448	27 890,6	3 378,2	12,1	0,00311	19 342,6	2 349,3	12,1	

Tableau 11. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2020 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec leurs erreurs-types (e.-t.) et leurs coefficients de variation (c.v.). Les strates 04, BN, 08, BI01 et BI02 n'ont pas été couvertes.

2020	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps				
	Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
								Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	407,7	7	4 556	7,822e-02	138	3,390e-07	1,583e-07	46,7	0,000288	117,4	54,8	46,7	8,07e-05	32,9	15,4	46,7	
St. Georges N.	02	302,7	4	7 026	9,283e-02	509	1,681e-06	7,636e-07	45,4	0,00143	432,3	196,4	45,4	0,0004	121,1	55,0	45,4	
Port-au-port G.	03	802,9	7	9 270	8,083e-02	1 205	1,501e-06	5,433e-07	36,2	0,000877	704,0	254,8	36,2	0,000517	415,1	150,3	36,2	
Port-au-port	04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie des Îles G.	05	474,5	3	14 772	9,340e-02	291	6,143e-07	2,521e-07	41,0	0,000379	179,7	73,7	41,0	0,000199	94,2	38,7	41,0	
Banc de la baie Bonne	06	1 148,1	7	12 089	7,371e-02	1 700	1,481e-06	4,103e-07	27,7	0,000965	1 107,4	306,8	27,7	0,000523	600,9	166,5	27,7	
Baie des Îles	07	286,2	4	17 867	2,497e-01	1 523	5,321e-06	9,215e-07	17,3	0,00323	925,4	160,3	17,3	0,00187	536,0	92,8	17,3	
Bras nord	BN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie Bonne	08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie Hawk's	09	499,8	4	7 794	6,238e-02	373	7,465e-07	2,756e-07	36,9	0,000468	233,9	86,3	36,9	0,000271	135,5	50,0	36,9	
Baie St. John	10	967,8	8	13 288	1,098e-01	2 557	2,642e-06	9,835e-07	37,2	0,00198	1 920,1	714,8	37,2	0,00081	783,6	291,7	37,2	
Basse-Côte-Nord	4Sw	2 169,6	10	11 956	5,511e-02	17 664	8,142e-06	4,622e-06	56,8	0,00611	13 265,7	7 530,0	56,8	0,0025	5 413,8	3 073,0	56,8	
Belle Isle S.	BI01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Belle Isle N.	BI02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Moyenne/total	-	7 059,3	54	10 784	8,250e-02	25 961	2,247e-05	4,938e-06	22,0	0,00268	18 885,7	7 579,7	40,1	0,00115	8 133,1	3 097,5	38,1	

Tableau 12. Tableau sommaire des données d'entrée et des résultats du relevé acoustique de 2021 selon les méthodes révisées (tableau 1), avec leurs erreurs-types (e.-t.) et leurs coefficients de variation (c.v.). Les strates 07, BN et 08 n'ont pas été couvertes.

2021	Strate				Ensemble des coefficients de rétrodiffusion de surface pour le hareng (s_a)					Reproducteurs d'automne				Reproducteurs de printemps				
	Nom	Strate	Superficie (km ²)	Nombre de transects	Longueur moyenne de transect (m)	Densité d'échantillonnage (km · km ⁻²)	Total s_a (m ²)	Moyenne pondérée s_a			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse			Densité de biomasse (kg · m ⁻²)	Biomasse		
								Moyenne (m ² · m ⁻²)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.		Total (t)	E.-t.	C.v.
St. Georges S.	01	407,7	10	4 188	1,027e-01	729	1,788e-06	6,358e-07	35,6	0,000391	159,6	56,8	35,6	0,00133	540,4	192,2	35,6	
St. Georges N.	02	302,7	6	6 283	1,245e-01	489	1,616e-06	6,106e-07	37,8	0,000471	142,7	53,9	37,8	0,00108	328,0	123,9	37,8	
Port-au-port G.	03	796,3	9	9 232	1,043e-01	1 909	2,398e-06	9,388e-07	39,2	0,000474	377,4	147,7	39,2	0,00181	1 441,5	564,4	39,2	
Port-au-port	04	352,5	6	10 015	1,705e-01	1 469	4,168e-06	2,248e-06	53,9	0,00131	461,7	249,0	53,9	0,00268	943,2	508,8	53,9	
Baie des Îles G.	05	477,9	4	14 650	1,226e-01	1 195	2,500e-06	5,473e-07	21,9	0,000938	448,1	98,1	21,9	0,00156	743,9	162,8	21,9	
Banc de la baie Bonne	06	1 157,3	11	12 061	1,146e-01	3 187	2,754e-06	8,738e-07	31,7	0,00224	2 593,8	823,0	31,7	0,000994	1 150,9	365,2	31,7	
Baie des Îles	07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bras nord	BN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie Bonne	08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Baie Hawk's	09	499,7	7	8 158	1,143e-01	695	1,392e-06	1,014e-06	72,9	0,00113	566,0	412,5	72,9	0,000503	251,1	183,0	72,9	
Baie St. John	10	983,3	8	11 935	9,710e-02	1 318	1,341e-06	4,848e-07	36,2	0,000885	869,8	314,5	36,2	0,000569	559,6	202,4	36,2	
Basse-Côte-Nord	4Sw	2 194,9	18	12 330	1,011e-01	6 843	3,118e-06	8,113e-07	26,0	0,00116	2 538,0	660,4	26,0	0,00166	3 649,1	949,5	26,0	
Belle Isle S.	BI01	1 092,2	12	9 123	1,002e-01	31 796	2,911e-05	1,135e-05	39,0	0,00607	6 634,3	2 586,5	39,0	0,022	24 073,9	9 385,6	39,0	
Belle Isle N.	BI02	626,8	9	7 550	1,084e-01	14 064	2,244e-05	9,737e-06	43,4	0,00396	2 479,5	1 076,0	43,4	0,013	8 139,7	3 532,2	43,4	
Moyenne/total (sans BI)	-	7 172,6	79	9 982	1,099e-01	17 836	2,107e-05	3,114e-06	14,8	0,00114	8 156,9	1 217,4	14,9	0,00134	9 607,8	1 328,7	13,8	
Moyenne/total (avec BI)	-	8 891,6	100	9 660	1,086e-01	63 696	7,262e-05	1,527e-05	21,0	0,00194	17 270,8	3 054,5	17,7	0,0047	41 821,3	10 116,2	24,2	

FIGURES

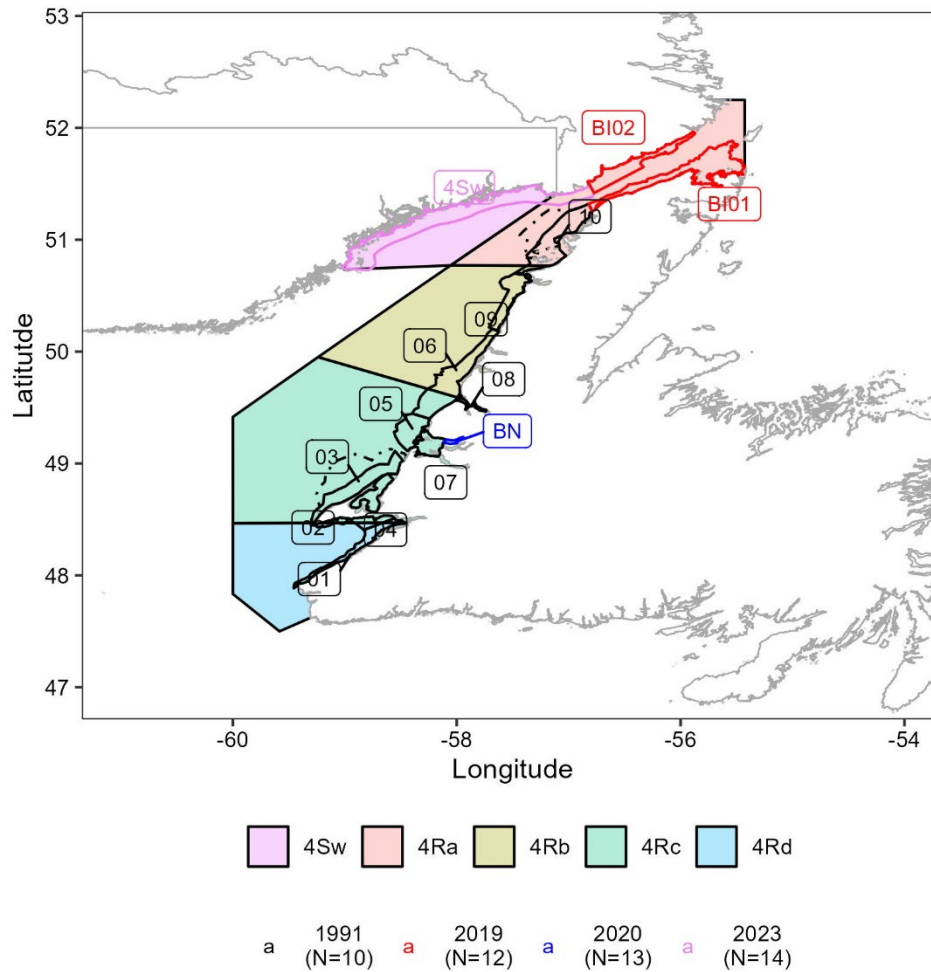


Figure 1. Évolution du nombre et de l'identité des strates du relevé acoustique entre le plan de relevé initial proposé en 1991 (superficies en km² : 01 = 407,7, 02 = 302,7, 03 = 796,3, 04 = 352,5, 05 = 477,9, 06 = 1 157,3, 07 = 306,2, 08 = 58,5, 09 = 499,7, 10 = 983,3) et les versions présentées en 2019 (version de 1991 plus BI01 = 1 163 et BI02 = 626,8), 2020 (version de 2019 plus BN = 32,90 km²) et 2023 (version de 2020 plus 4Sw = 2 194,9 km²). Les strates 03 et 10 avant réduction de la superficie en 2010 sont représentées par un tireté noir. À noter que les strates BN et 4Sw ont été échantillonnées à partir de 2009 et les strates BI01 et BI02, à compter de 2019 seulement.

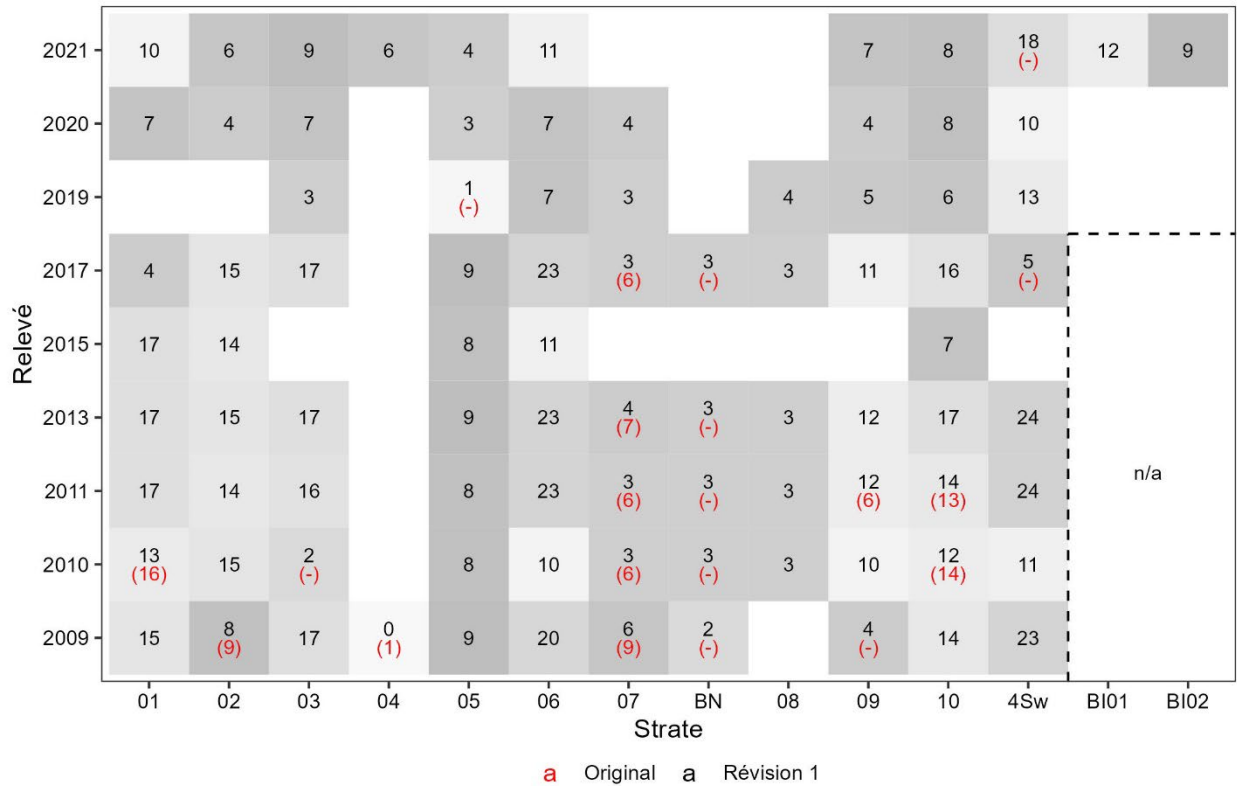


Figure 2. Nombre de transects échantillonnés par strate et relevé dans la révision 1 et, en cas de différence, selon les méthodes d'origine. Les cellules vides correspondent aux strates qui n'ont pas été couvertes (aucun transect), alors que le tireté correspond aux strates qui ont été couvertes, mais pour lesquelles les résultats ne figurent pas dans le rapport d'évaluation pour la division 4R (Émond et al. 2024) ou 4Sw (MPO 2021b). Le rectangle vide « n/a » indique que les strates BI01 et BI02 ne s'inscrivaient pas dans le plan théorique de relevé avant 2019.

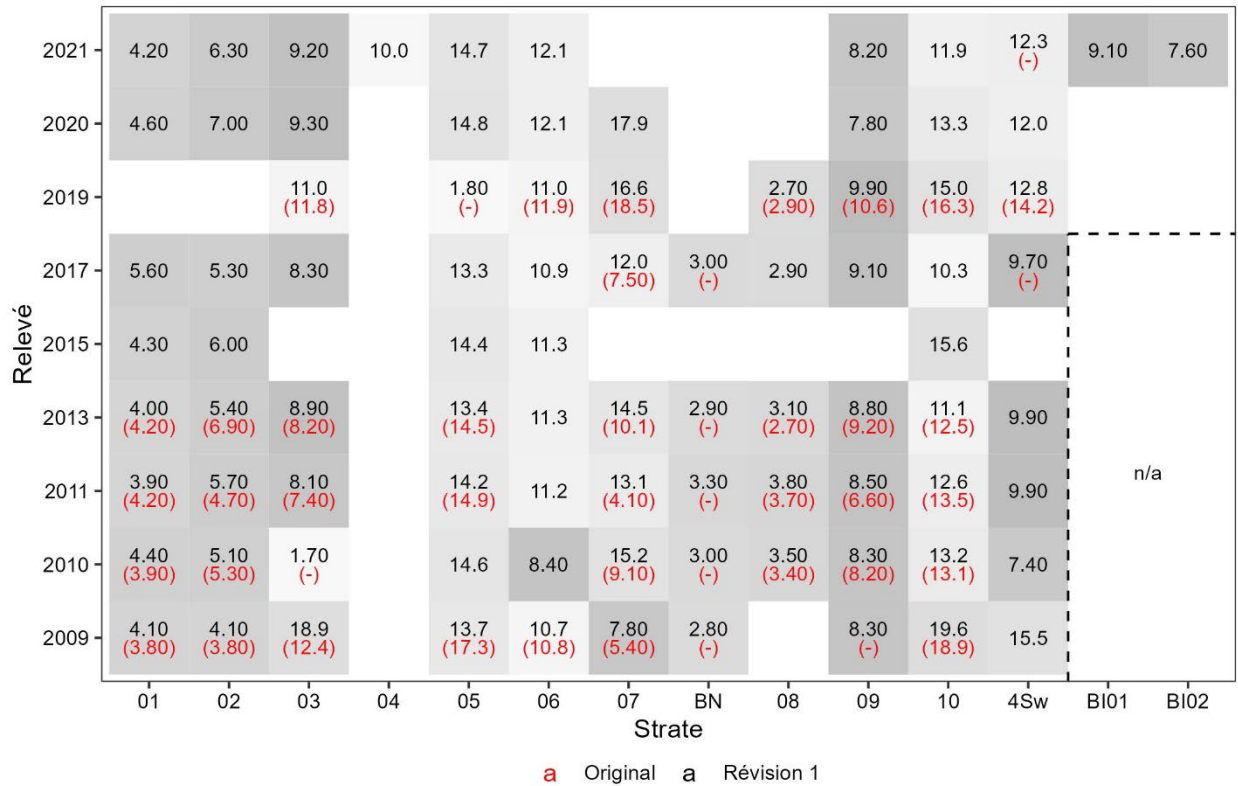


Figure 3. Longueur moyenne des transects échantillonnés par strate et relevé (unité : km) dans la révision 1 et, en cas de différence, selon les méthodes d'origine. Les cellules vides correspondent aux strates qui n'ont pas été couvertes (aucun transect), alors que le tireté correspond aux strates qui ont été couvertes, mais pour lesquelles les résultats ne figurent pas dans le rapport d'évaluation pour la division 4R (Émond et al. 2024) ou 4Sw (MPO 2021b). Le rectangle vide « n/a » indique que les strates BI01 et BI02 ne s'inscrivaient pas dans le plan théorique de relevé avant 2019.

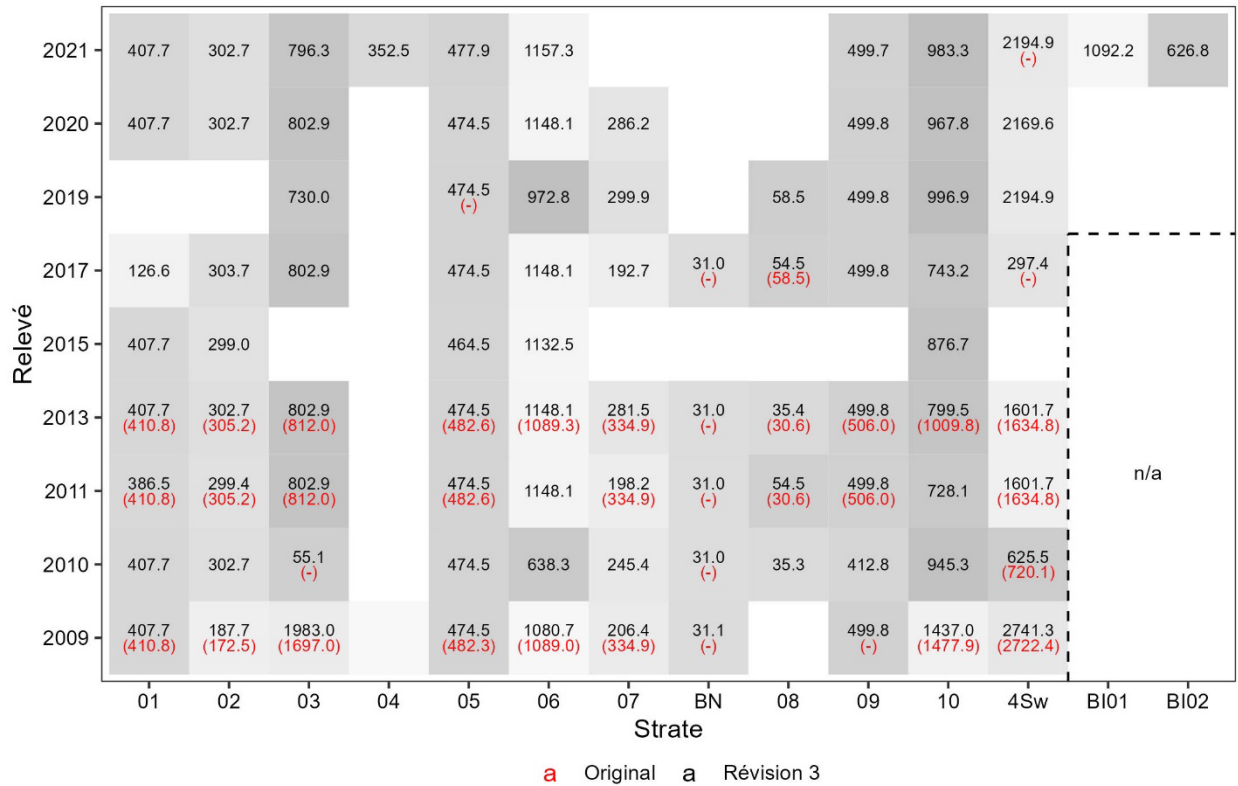


Figure 4. Superficie estimée des strates couvertes en km² dans chaque strate et relevé selon les méthodes révisées (révision 3) et, en cas de différence, selon les valeurs des évaluations initiales. Les cellules vides correspondent aux strates qui n'ont pas été relevées (aucun transect), alors que le tiret correspond aux strates qui ont été relevées, mais pour lesquelles les résultats ne figurent pas dans le rapport d'évaluation pour la division 4R (Émond et al. 2024) ou 4Sw (MPO 2021b). Le rectangle vide « n/a » indique que les strates BI01 et BI02 ne s'inscrivaient pas dans le plan théorique de relevé avant 2019.

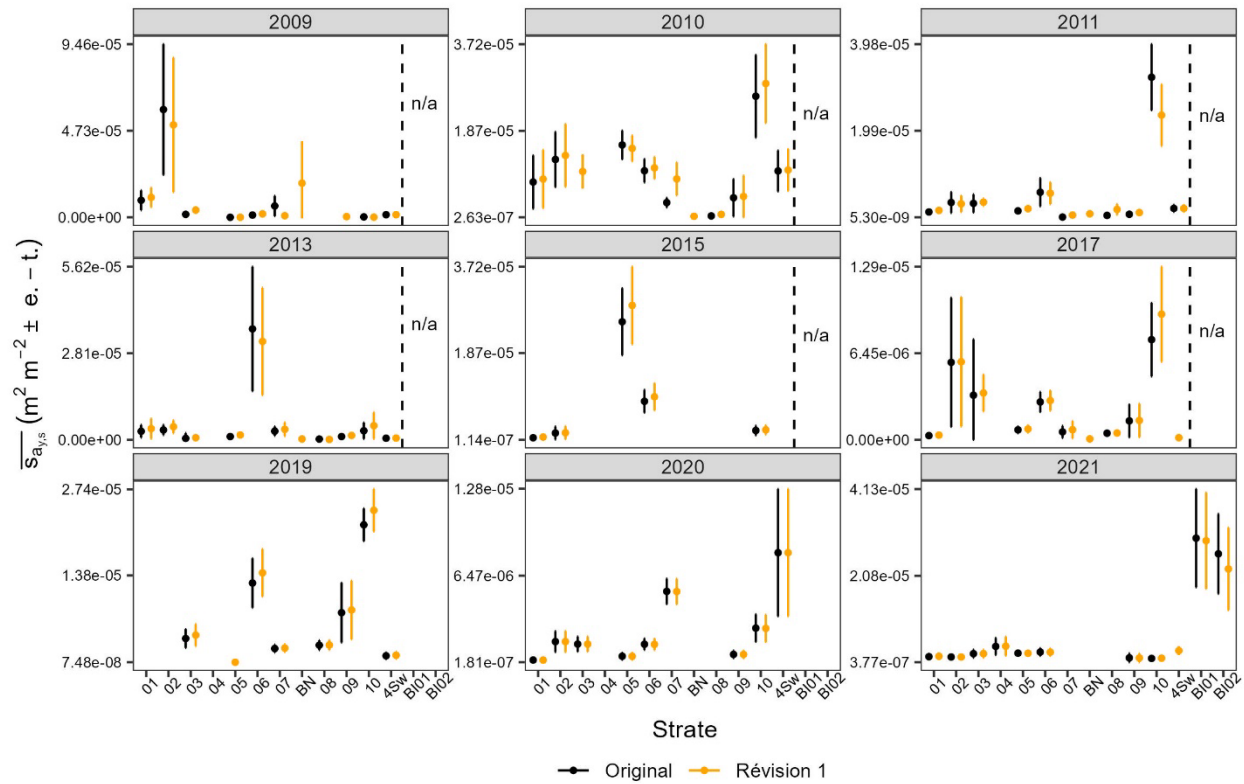


Figure 5. Comparaison entre les $\overline{s_{a_{y_s}}}$ et les erreurs-types (e.-t., $\sqrt{\sigma^2_{\overline{s_{a_{y_s}}}}$) dans la dernière évaluation publiée (série initiale) et les estimations tenant compte des données d'entrée acoustiques et des méthodes standardisées (révision 1). Les rectangles vides « n/a » indiquent que les strates BI01 et BI02 ne s'inscrivaient pas dans le plan théorique de relevé avant 2019.

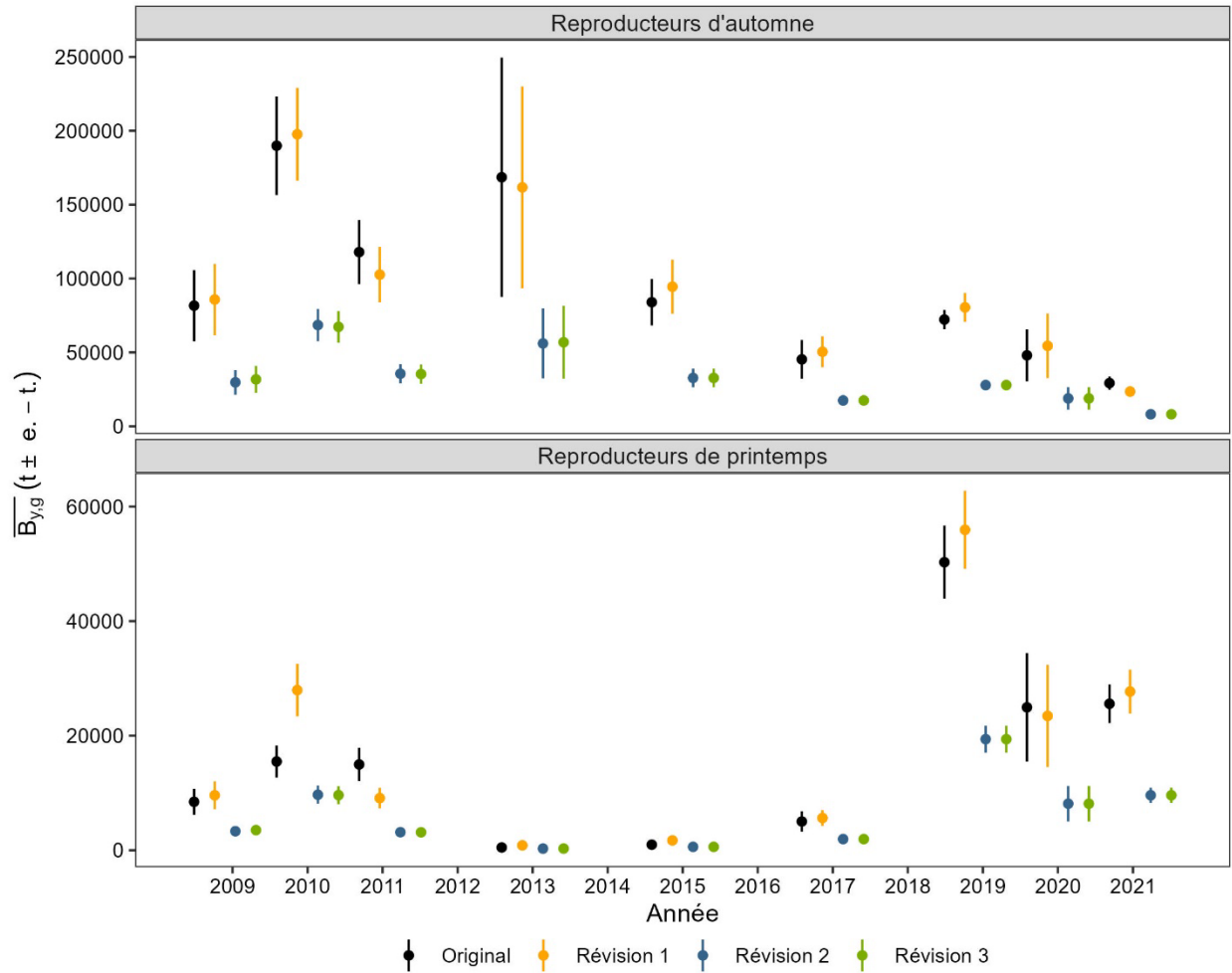


Figure 6. Évolution des $\overline{B}_{y,g}$ et de leurs erreurs-types (e.-t., $\sqrt{\sigma^2_{\overline{B}_{y,g}}}$) dans la dernière évaluation publiée (série initiale) et les révisions tenant compte, étape par étape, des données d'entrée acoustiques standardisées (révision 1), de la modification de la force de cible (révision 2) et des superficies des strates révisées (révision 3).

ANNEXE A. RENSEIGNEMENTS SUPPLÉMENTAIRES SUR LES RELEVÉS ACOUSTIQUES

Tableau A13. Navires hydroacoustiques ayant servi à l'estimation de la biomasse de harengs de 2009 à 2021 (NGCC : navire de la Garde côtière canadienne; NR : navire de recherche) avec les paramètres d'étalonnage correspondants. Les valeurs de profondeur de transducteur et d'angle de demi-faisceau s'appliquent au transducteur à 38 kHz. Les valeurs en noir indiquent les paramètres extraits de la section d'en-tête des fichiers HEI révisés et les chiffres en rouge, les valeurs appliquées dans les évaluations initiales (en cas de différence).

Relevé	Navire	Profondeur du transducteur (td; m)	Angle de demi-faisceau (θ ; °)
2009	NGCC <i>F. G. Creed</i>	2,400 (3,000)	3,450
2010	NGCC <i>F. G. Creed</i>	2,400 (3,000)	3,450
2011	NGCC <i>F. G. Creed</i>	2,400	3,450
2013	NGCC <i>F. G. Creed</i>	2,400	3,450
2015	NGCC <i>Vladykov</i>	3,500 (2,400)	3,475 (3,450)
2017	NGCC <i>F. G. Creed</i>	2,400	3,550 (3,450)
2019	NGCC <i>Leim</i>	3,000	3,450
2020	NGCC <i>Leim</i>	3,000	3,475
2021	NR <i>Novus</i> (LeeWay Marine)	2,700 (2,400)	3,310 (3,500)

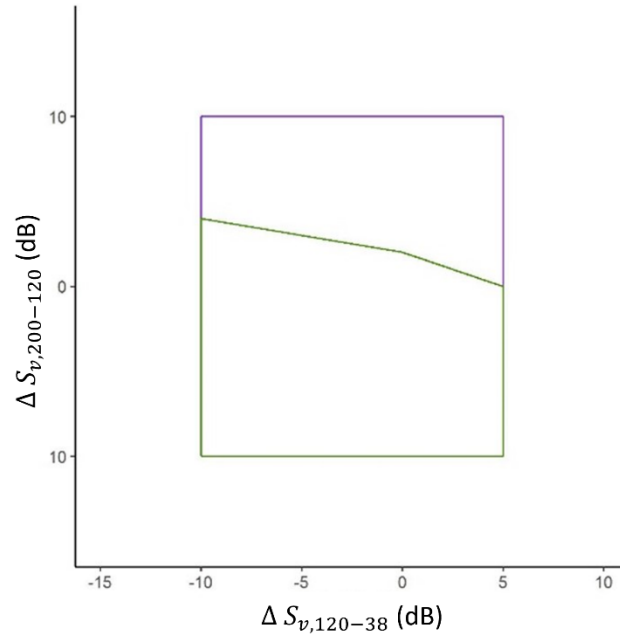


Figure A7. Polygones utilisés dans la caractérisation multifréquence des poissons ayant (en vert) et n'ayant pas (en violet) de vessie natatoire, d'après McQuinn (comm. pers.). Les deux axes représentent par paires les différences entre fréquences de la force de rétrodiffusion volumétrique S_v (dB re 1 m^{-1}), c'est-à-dire $\Delta S_{v i-j} = S_{v i} - S_{v j}$, où i et j sont les indices pour les fréquences en kHz.