



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 2025/029

Région du Québec

Résultats préliminaires d'une étude de télémétrie acoustique sur le hareng de l'Atlantique dans le nord du golfe du Saint-Laurent

Kim Émond et Pedro Nilo

Institut Maurice-Lamontagne
Pêches et Océans Canada
850, Route de la Mer
Mont-Joli, Québec, G5Z 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/
DFO.CSAS-SCAS.MPO@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/DFO.CSAS-SCAS.MPO@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 978-0-660-76914-1 N° cat. Fs70-5/2025-029F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Émond, K. et Nilo, P. 2025. Résultats préliminaires d'une étude de télémétrie acoustique sur le hareng de l'Atlantique dans le nord du golfe du Saint-Laurent. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/029. iv + 26 p.

Also available in English :

Émond, K., and Nilo, P. 2025. *Preliminary Results from an Acoustic Telemetry Study on Atlantic Herring in the Northern Gulf of St. Lawrence*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2025/029. iv + 24 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iv
1. INTRODUCTION.....	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	2
2.1. CAPTURE ET MARQUAGE DES POISSONS.....	2
2.2. PROCÉDURES DE SUIVI	4
2.3. ANALYSE DES DONNÉES	5
3. RÉSULTATS	6
3.1. CAPTURE ET MARQUAGE	6
3.2. SYNTHÈSE DES DÉTECTIONS DE TÉLÉMÉTRIE ACOUSTIQUE	6
3.3. PATRONS MIGRATOIRES.....	7
4. DISCUSSION.....	8
5. REMERCIEMENTS.....	10
6. RÉFÉRENCES CITÉES	10
7. TABLEAUX	13
8. FIGURES	18
9. ANNEXE	25

RÉSUMÉ

En septembre 2021, 80 harengs de l'Atlantique ont été marqués à l'aide d'émetteurs acoustiques à Blanc-Sablon, au Québec, à la limite des zones unitaires 4Ra et 4Sw de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO). En 2022, 30 harengs supplémentaires ont été marqués au début du mois de mai à Port-au-Port, à Terre-Neuve (zone unitaire 4Rc), suivis de 79 autres marqués à Blanc-Sablon à la mi-septembre. Pour suivre les déplacements de ces poissons marqués, un réseau de 36 récepteurs acoustiques a été déployé le long de la Basse-Côte-Nord du Québec (zones unitaires 4Sv et 4Sw) et sur la côte ouest de Terre-Neuve (division 4R). Les résultats préliminaires obtenus entre septembre 2021 et novembre 2022 fournissent des renseignements clés sur le moment et la dynamique spatiale de la migration du hareng dans le nord-est du golfe du Saint-Laurent, renseignements qui sont cohérents avec les patrons migratoires décrits dans les études antérieures ainsi qu'avec les tendances spatio-temporelles observées dans les débarquements de la pêche commerciale. Les résultats révèlent des migrations saisonnières importantes entre les aires d'alimentation estivales, les frayères et les aires d'hivernage; le hareng utilise la région de Blanc-Sablon et du détroit de Belle Isle à l'été et au début de l'automne, puis migre pendant les mois d'hiver vers des zones le long de la côte ouest de Terre-Neuve, comme la baie Bonne, la baie des Îles et des eaux plus profondes au large, avant de retourner vers le nord au printemps et au début de l'été. Notamment, certains harengs semblent hiverner à l'extérieur du chenal Esquiman, ce qui suggère l'existence de plusieurs aires d'hivernage. Ces résultats initiaux appuient l'hypothèse d'un chevauchement saisonnier des stocks de 4R et 4Sw, ce qui remet en question l'hypothèse de leur distinction et laisse supposer la nécessité de considérer ces stocks comme étant une seule unité dans les évaluations futures. Cette étude met en évidence la valeur de la télémétrie acoustique pour collecter des données détaillées et à haute résolution sur les déplacements, qui peuvent être utilisées pour mieux comprendre l'utilisation de l'habitat et éclairer les décisions de gestion.

1. INTRODUCTION

Le hareng de l'Atlantique (*Clupea harengus*) est un poisson pélagique abondant et hautement migrateur, largement réparti dans l'océan Atlantique Nord, y compris les eaux adjacentes comme la mer Baltique (Brunel et Dickey-Collas 2010). Dans les eaux canadiennes, son aire de répartition s'étend des côtes de la Nouvelle-Écosse au Labrador. La structure des stocks de hareng de l'Atlantique est complexe et est généralement définie en fonction des divisions de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO; Melvin *et al.* 2009). Chaque stock est composé de multiples populations qui frayent dans des zones distinctes, tant sur le plan spatial que temporel, et on présume qu'elles retournent aux mêmes frayères chaque année (McQuinn 1997; Melvin *et al.* 2009; Stephenson *et al.* 2009). Le hareng effectue également des migrations annuelles importantes entre ses aires d'alimentation, de reproduction et d'hivernage. Au cours de ces migrations et durant les périodes d'alimentation et d'hivernage, les populations du même stock ou de stocks adjacents se mélangent, mais se séparent à nouveau pendant la saison de fraie. Les populations de hareng se distinguent également par la présence de deux groupes de reproducteurs : les reproducteurs de printemps, qui fraient généralement d'avril à mai, et les reproducteurs d'automne, qui frayent d'août à septembre.

Les évaluations de stock reposent sur l'hypothèse selon laquelle les unités de stock sont fermées et qu'il n'y a pas de mélange entre elles. Lorsque cette hypothèse est violée, les résultats des évaluations peuvent être inexacts, ce qui peut invalider les stratégies de gestion des pêches. Dans le nord du golfe du Saint-Laurent (nGSL, divisions 4R et 4S de l'OPANO; Figure 1), le hareng est géré et évalué selon deux stocks distincts : un le long de la côte ouest de Terre-Neuve (division 4R de l'OPANO) et un autre le long de la Côte-Nord du Québec (division 4S de l'OPANO). Cependant, des études par capture-marquage-recapture et des données de pêche commerciale suggèrent qu'un mélange se produit entre le stock de hareng de la division 4R et celui de l'est de la division 4S pendant leurs migrations d'alimentation et d'hivernage (Moores et Winters 1984; McQuinn et Lefebvre 1995). Plus précisément, McQuinn et Lefebvre (1995) soupçonnaient que les harengs ayant frayé le long de la Basse-Côte-Nord du Québec (zone unitaire 4Sw de l'OPANO) étaient ensuite capturés le long de la côte ouest de Terre-Neuve pendant la pêche commerciale d'automne, et suggéraient que la définition de la division 4R comme unité de gestion soit révisée pour inclure la zone unitaire 4Sw. Des différences biologiques (p. ex. composition selon la longueur et l'âge) ont également été observées entre les harengs vivant dans les régions est et ouest de la division 4S, ce qui laisse supposer que cette division pourrait comprendre deux stocks distincts (Moores et Lilly 1982; Trudeau et McQuinn 1986).

Ce rapport présente les résultats préliminaires d'une étude de télémétrie acoustique en cours qui vise à suivre les patrons migratoires spatio-temporels des stocks de hareng de l'Atlantique dans le nord du golfe du Saint-Laurent, en relation avec les zones de gestion des pêches (c.-à-d. la division 4R et la zone unitaire 4Sw de l'OPANO). Le principal outil utilisé pour suivre les déplacements du hareng était la télémétrie acoustique passive, et ce document couvre la phase initiale de cette étude qui assurait le suivi des individus de septembre 2021 à novembre 2022. Le succès de cette approche pour le hareng de l'Atlantique a déjà été démontré dans l'estuaire du golfe du Saint-Laurent (Munro *et al.* 1998; Lacoste *et al.* 2001) et pour le hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Alaska (Seitz *et al.* 2010; Eiler et Bishop 2016). À notre connaissance, ce projet est le premier à utiliser la télémétrie acoustique pour déterminer les déplacements continus d'une espèce pélagique de petite taille et hautement migratoire sur une période couvrant un cycle annuel complet et sur de longues distances. Les études antérieures sur les déplacements du hareng de l'Atlantique dans le nord-ouest de l'Atlantique, basées sur des techniques traditionnelles de capture-marquage-recapture, ne permettaient de recueillir des

données qu'aux positions de marquage et de recapture. Ces approches présentaient une faible résolution spatio-temporelle et des taux de recapture généralement faibles (p. ex., moins de 1 %). La télémétrie acoustique, en revanche, fournit des informations à haute résolution sur la répartition et les patrons migratoires des harengs individuels, sans nécessiter une recapture « classique ».

Ce projet est enregistré auprès de l'Ocean Tracking Network (OTN), un programme de suivi et de gestion des données sur les animaux aquatiques établi à l'Université Dalhousie à Halifax (Nouvelle-Écosse), au Canada (code du projet : [GSLHER](#)). L'OTN se consacre à améliorer l'échange international d'informations télémétriques et à accroître la couverture spatiale des études individuelles en offrant une plateforme collaborative qui facilite le partage des données de marquage et de détection entre les membres du réseau.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. CAPTURE ET MARQUAGE DES POISSONS

Les harengs ont été capturés à l'aide d'une senne bourse lors de quatre événements de pêche distincts entre septembre 2021 et septembre 2022. La description fournie dans cette section suit un protocole de soins aux animaux approuvé (Pêches et Océans Canada, n° 21-1). Les deux premières et la dernière séries de marquage ont eu lieu près de Blanc-Sablon, à la limite des zones unitaires 4Sw et 4Ra de l'OPANO, à bord du navire de pêche commerciale *Last Quarter* les 5 et 6 septembre 2021 et le 10 septembre 2022 (Tableau 1, Figure 2A). La troisième série de marquage a eu lieu le 4 mai 2022 à l'embouchure de la baie de Port-au-Port dans la zone unitaire 4Rc de l'OPANO, à bord du bateau de pêche *Nancy Jillian* (Figure 2A). Une fois qu'un banc de harengs était encerclé par la senne, les poissons étaient concentrés près du navire sans trop les coincer afin de réduire au minimum la perte d'écaillés et la mortalité. Les poissons étaient ensuite pêchés à l'aide d'une épuisette à mailles en silicone et placés dans un réservoir Xactics^{MC} (capacité de 800 L) rempli d'eau de mer fraîche qui circule. Pour chaque série, environ 200 à 300 spécimens ont été capturés et le reste du banc a été relâché sur le site de capture. Une « série » est considérée comme un cycle complet de capture-marquage-remise à l'eau pour un lot donné de poissons.

Les poissons individuels ont été retirés du réservoir à l'aide de l'épuisette en silicone et transférés dans une glacière remplie d'une solution anesthésiante composée de méthanesulfonate de tricaïne (TMS). Il existe peu d'informations publiées sur le dosage d'anesthésiques pour la sédation d'individus du genre *Clupea*, et afin d'établir le bon dosage pour *Clupea harengus*, nous avons d'abord anesthésié quelques poissons en commençant par une solution à une concentration de 53,4 mg/L d'eau de mer (Seitz *et al.* 2010 mentionnaient 60 mg/L comme étant efficace). Ces essais n'ont pas permis d'atteindre un niveau suffisant d'anesthésie; certains poissons ont commencé à perdre l'équilibre après 3 min et d'autres après 10 min, et aucun individu n'a présenté de réflexe pharyngé. L'augmentation de la concentration de TMS à 71,2 mg/L d'eau de mer a donné de bien meilleurs résultats; les individus ont commencé à perdre l'équilibre après environ 1 min, n'ont montré aucune réponse aux stimuli (c.-à-d. pincement de la queue) après environ 4 min, et la récupération dans le réservoir de rétablissement a pris moins de 2 min (parfois seulement 1 min). Étant donné que cette concentration a permis d'atteindre la sédation souhaitée dans un délai maximal de 5 min, elle a été retenue comme concentration d'induction pour la glacière d'anesthésie. Lorsque le temps nécessaire pour sédaté correctement un individu dépassait 5 min, la solution d'induction était renouvelée en y ajoutant 0,7 g de TMS, ce qui donnait une solution « renouvelée » avec une concentration maximale de 89,0 mg/L. Des aérateurs poussaient de l'air comprimé dans la glacière de sédation afin de maintenir une oxygénation adéquate.

Une fois le poisson complètement immobilisé et non réactif, sa longueur totale était mesurée au millimètre près et son poids au gramme près. En raison de la petite taille des incisions réalisées pour l'insertion des émetteurs, il n'a pas été possible de distinguer les reproducteurs de printemps de ceux d'automne sauf pendant la série de marquage à Port-au-Port, où la cavité corporelle de presque tous les poissons était remplie de gonades matures. Le poisson était ensuite placé face ventrale vers le haut dans un support chirurgical composé d'une éponge sculptée en forme de V recouverte d'un chamois naturel humide. Pour garder les branchies oxygénées et humides tout en maintenant une sédation adéquate pendant l'opération, une solution anesthésique de TMS à 53,4 mg/L a été administré à l'aide d'une petite pompe et d'un tube en vinyle inséré dans la bouche du poisson.

Les harengs ont été marqués avec des émetteurs acoustiques Innovasea (Halifax [Nouvelle-Écosse], Canada) V9-2L fonctionnant à une fréquence de 69 kHz et dont la puissance de sortie équivalait à 146 dB par rapport à 1 μ Pa à 1 m de distance de l'émetteur (considérée comme une puissance faible). Ces émetteurs ont un diamètre de 9 mm, une longueur de 27,5 mm et un poids de 4,5 g dans l'air et de 2,7 g dans l'eau. Afin de maximiser leur durée de vie (912 jours) et permettre un suivi à long terme, les émetteurs ont été programmés pour émettre un signal de façon aléatoire à des intervalles variant entre 130 et 230 s (intervalle moyen entre l'émission de signaux : 180 s). L'étiquette en vinyle, incluant le code à barres et l'identifiant, fixée à chaque unité, a été retirée avant l'implantation puisque ce matériau n'était pas biocompatible (Innovasea, communication personnelle). Une attention particulière a été portée au déploiement rapide des émetteurs dans le but d'optimiser la durée de vie maximale de la batterie. Afin d'éviter toute répercussion négative sur la nage, la croissance ou la survie des poissons, nous avons ciblé des individus dont la taille permettait de respecter la limite de charge recommandée (ratio étiquette:poids du corps de 2 %; Brownscombe *et al.* 2019). De plus, pour atténuer la mortalité liée à la taille, seuls les poissons de plus de 250 mm ont été marqués.

Une petite incision juste assez grande (environ 15 mm) pour permettre le passage de l'émetteur a été pratiquée avec un scalpel (lame courbée de taille 10) le long de la ligne médiane sur le ventre du poisson, comme décrit dans Eiler et Bishop (2016). Chaque émetteur a été activé, testé pour vérifier la transmission adéquate du signal dans l'air avec un récepteur acoustique de suivi VR100-300 et un hydrophone à transpondeur VHTx, trempé dans une solution d'alcool isopropylique, rincé dans de l'eau distillée, puis doucement inséré dans la cavité abdominale. L'incision a été refermée avec deux ou trois sutures composées de quatre nœuds chirurgicaux simples à l'aide d'une aiguille à tranchant inversé (taille 4-0, modèle FS-2) et d'un filament Monocryl Plus mesurant 36 po (Johnson & Johnson). En raison de la rareté du matériel médical et des coûts, une seule aiguille a été utilisée pour marquer jusqu'à 6 ou 7 poissons, en trempant l'aiguille et le filament dans l'alcool après chaque spécimen. Tous les instruments chirurgicaux ont également été stérilisés dans une solution d'alcool isopropylique après chaque intervention.

Après la chirurgie, les poissons ont été transférés dans un réservoir de rétablissement (capacité de 800 L) rempli d'eau de mer fraîche en circulation et surveillés en observant leur comportement de nage. La plupart des poissons sont restés en observation pendant des périodes de 4 à 6 h, et au minimum pendant 2 h pour les derniers individus marqués. La température de l'eau dans la glacière d'anesthésie, dans l'air et dans les réservoirs de rétention et de rétablissement a été surveillée tout au long des procédures de marquage afin de maintenir des conditions optimales favorisant le rétablissement des poissons après l'opération. Les poissons marqués ont été remis à l'eau avec ceux qui ne l'étaient pas, formant ainsi un petit banc immédiatement après leur remise à l'eau. Dans la mesure du possible, les poissons ont été relâchés à proximité d'un banc de harengs en liberté.

2.2. PROCÉDURES DE SUIVI

Pour suivre les déplacements des poissons marqués, un total de 39 stations fixes de suivi acoustique ont été déployées sur la Basse-Côte-Nord du Québec (zones unitaires 4sv et 4Sw de l'OPANO) et la côte ouest de Terre-Neuve (division 4R de l'OPANO), y compris le détroit de Belle Isle (Tableau 2, Figure 2). La plupart des stations ont été installées aux sites présentant les plus fortes densités de hareng signalées selon les débarquements de la pêche commerciale, tout en évitant les zones de moins de ~40 m de profondeur (c.-à-d. sujettes au râclage par la glace) ainsi que les secteurs de pêche connus (c.-à-d. pêche à la palangre, à la drague benthique, au filet maillant et au casier). Sur les 39 stations déployées, la majorité (31) étaient situées à des profondeurs de moins de 100 m, tandis que six se trouvaient à une profondeur entre 101 et 200 m et deux entre 201 et 300 m (Tableau 2).

Huit stations (BSA01-BSA08) ont été déployées près de Blanc-Sablon au Québec (zones unitaires 4Ra et 4Sw de l'OPANO), dont sept autour de l'île au Bois et de l'île Verte, et une (BSA01) isolée sur un banc qui pourrait servir de frayère selon des pêcheurs locaux (Figure 2D). Deux stations (RSP01 et RSP02) ont été installées à proximité de l'embouchure de la rivière Saint-Paul, une autre zone importante de concentration du hareng le long de la Basse-Côte-Nord du Québec (Figure 2D). Dans le détroit de Belle Isle, qui est considéré comme une importante aire d'alimentation estivale et automnale pour le hareng (Moore et Winters 1984; McQuinn et Lefebvre 1995), dix récepteurs (SBW01-SBW10) ont été disposés en ligne, espacés d'environ 1 800 m les uns des autres (Figure 2D). Quatre récepteurs ont également été placés près de l'archipel de Ouapitagon (OPT01-OPT04) sur la Côte-Nord du Québec (zone unitaire 4Sv de l'OPANO), un endroit sélectionné pour marquer la limite est-ouest de la division 4S de l'OPANO (Figure 2B).

Treize stations ont été positionnées le long de la côte ouest de Terre-Neuve en fonction des frayères connues (McQuinn 1997), des aires d'hivernage (McQuinn et Lefebvre 1995) et des zones de forte densité de hareng (Tableau 2, Figure 2CD). Parmi celles-ci, du nord au sud, deux ont été déployées près de l'île St. John (SJI01 et SJI02), trois le long de l'embouchure de la baie Bonne (BBA01-BBA03), cinq dans le système de fjords et de baies de la baie des Îles (BOI01-BOI05), et trois à Port-au-Port (PAP01-PAP03), dont une à l'extrémité de la baie (PAP03). De plus, deux stations ont été déployées près de l'île Red à la pointe de la péninsule de Port-au-Port (REDN1 et REDS1; Figure 2C) en mai 2022 dans le cadre d'une initiative de suivi des colonies de phoques, en collaboration avec l'équipe chargée des mammifères marins du Secteur des sciences du MPO de la région du Québec.

Toutes les stations de suivi acoustique étaient équipées de récepteurs Innovasea VR2AR munis d'un mécanisme de déclenchement acoustique. Les récepteurs étaient ancrés au fond marin à l'aide de deux ou trois blocs de béton (16 x 8 x 8 po, poids individuel approximatif de 16 kg hors de l'eau et de 9 kg lorsqu'ils sont immergés dans l'eau salée) et suspendus à environ 1,8 m du substrat à l'aide d'une sangle en nylon de 120 cm (résistance à la traction de 2,2 tonnes). La flottaison était assurée par diverses combinaisons de flotteurs rigides Pesca (3,5 kg et 8 kg), ce qui donnait une flottabilité positive totale de 7 kg, de 8 kg ou de 11,5 kg. La récupération des récepteurs se faisait par communication avec le VR100-300 à bord du navire, qui déclenchait le largage acoustique à l'aide d'une goupille sacrificielle en alliage et de la bouée de flottaison attachée, permettant ainsi au récepteur de remonter à la surface. Toutes les stations ont été déployées pour une durée d'environ un an, variant entre 289 et 441 jours, à l'exception des deux stations près de l'île Red qui n'ont été déployées qu'entre 115 et 180 jours (voir le Tableau 2). Trente-six des trente-neuf récepteurs déployés ont été récupérés avec succès, tandis que ceux des stations OPT1, SJI01 et SBW07 ont été perdus de façon permanente. Au moment de la publication du présent document, la plupart des stations demeurent actives, à l'exception de celles de l'archipel de Ouapitagon (OPT1-OPT4).

Grâce à la collaboration avec l'OTN, nous avons accès aux données d'autres études menées par ses partenaires, ce qui permet d'étendre la couverture à une échelle spatiale plus large (Figure 3). L'OTN maintient une ligne de récepteurs acoustiques traversant le détroit de Cabot ([OTN-Cabot](#)) et a recueilli les données de 113 stations de cette série en 2022. L'OTN exploite aussi une autre série de stations couvrant toute la largeur du plateau continental au large d'Halifax ([OTN-HFX](#)) et a recueilli les données de 234 de ces stations en 2022. Depuis 2017, la région du Québec du MPO gère un réseau de suivi continu dans le golfe du Saint-Laurent ([V2LGSL](#)) qui compte 39 récepteurs. Le MPO a également maintenu un réseau de 78 récepteurs à Godbout (Québec) dans le cadre du projet sur les invertébrés benthiques du Québec ([IBQ](#)) jusqu'à la fin du projet en 2021. La Fédération du saumon atlantique (FSA) gère durant l'été une série linéaire de 55 récepteurs traversant le détroit de Belle Isle ([ASF-SOBI](#)) et une autre à Port Hope/Simpson ([ASF-PHS](#)) comptant 40 récepteurs. En 2021-2022, en collaboration avec le MPO, la FSA a installé une nouvelle série de 20 récepteurs à St. Anthony, à la pointe nord de Terre-Neuve ([ASF-STA](#)), puis y a ajouté 10 récepteurs supplémentaires pour la saison 2022-2023. Enfin, le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs du Québec maintient le réseau du fleuve Saint-Laurent du Québec ([QSLR](#)), qui comprenait 123 stations maritimes côtières en 2022.

2.3. ANALYSE DES DONNÉES

Les données générées par ce projet, y compris l'emplacement des stations de récepteurs, les métadonnées sur le déploiement et la récupération des instruments, les métadonnées sur le marquage, et les données de détection, ont été transmises à l'OTN à la fin de chaque saison de travail sur le terrain (autour du mois de novembre en 2021 et en 2022). L'OTN recueille des données de détection à partir des récepteurs acoustiques déployés par ses chercheurs et ses partenaires, les valide et les met à jour, et produit ensuite un rapport sur les détections environ tous les quatre mois. Les données mises à jour sont par la suite transmises aux utilisateurs autorisés par l'intermédiaire du portail de données de l'OTN.

De fausses détections peuvent survenir lorsque des signaux provenant de plusieurs émetteurs entrent en collision (c.-à-d. des signaux transmis simultanément sur la même fréquence), ce qui fait que le récepteur identifie incorrectement un identifiant qui correspond à l'un de nos émetteurs déployés (Pincock 2012; Simpfendorfer *et al.* 2015). Quatre critères ont permis d'identifier les détections potentiellement fausses :

1. les détections enregistrées avant la date de déploiement de l'émetteur;
2. plusieurs détections par le même récepteur pendant une période plus courte que le délai minimal associé à un émetteur (130 s);
3. les détections solitaires, c'est-à-dire une seule détection dans une période donnée;
4. les détections qui suggèrent des déplacements plus rapides qu'une vitesse de nage réaliste.

En ce qui a trait aux détections solitaires, une ligne directrice courante est d'exclure les détections qui se produisent qu'une seule fois dans une période correspondant à 30 fois le délai moyen de transmission du signal (Pincock 2012). Selon ce principe, toute détection survenant une seule fois dans une période de 5 400 secondes (30×180 s) a été considérée fausse et n'a pas été prise en compte. Les vitesses de nage ont été estimées à l'aide de l'algorithme de Dijkstra (Assis 2018), qui calcule la distance en mer la plus courte entre deux points de détection, divisée par le temps écoulé entre ces détections. Une vitesse de nage maximale théorique de 1,5 m/s a été utilisée comme seuil (Brawn, 1960; Huse et Ona, 1996).

Un ensemble de données de détections a été reçu du European Telemetry Network, un partenaire de l'OTN. Celui-ci comprenait 37 détections provenant de 12 émetteurs, mais toutes

ces détections étaient invalides parce que les dates allaient du 2 avril 2017 au 20 août 2021, soit avant le déploiement initial des émetteurs le 5 septembre 2021. Ces données ne sont pas incluses dans le présent document.

Pour examiner les détections individuelles des émetteurs et déterminer les tendances associées aux déplacements du hareng, nous avons créé des diagrammes en abaque (calendriers de détections). Ces graphiques permettent de visualiser clairement la résidence et le mouvement de chaque animal marqué dans le réseau acoustique. Afin d'affiner l'interprétation des patrons de déplacement, les stations de récepteurs situées dans une même localité ont été regroupées (voir la section 2.2 et le tableau 2 pour une description de chaque site et région).

Par souci de concision et étant donné que cette étude est en cours et se terminera en 2025, les données présentées dans ce rapport préliminaire sont résumées pour la période allant de septembre 2021 à novembre 2022 plutôt que classées par année civile comme le fait l'OTN. La mise à jour la plus récente de l'OTN pour le projet GSLHER, comprise dans la présent document, a été reçue le 17 mars 2023.

3. RÉSULTATS

3.1. CAPTURE ET MARQUAGE

Au total, nous avons marqué et relâché 189 harengs : 80 (en deux séries distinctes) près de Blanc-Sablon les 5 et 6 septembre 2021, 30 à l'embouchure de la baie de Port-au-Port le 4 mai 2022, et 79 autres à Blanc-Sablon le 10 septembre 2022 (Tableau 1). Dans l'ensemble, les harengs ont bien réagi au marquage, avec une faible mortalité immédiate liée à la chirurgie (1,6 %), et la plupart retrouvant leur équilibre vertical et une nage normale en 1 à 2 minutes après avoir été placés dans le réservoir de rétablissement. Les poissons marqués avaient une longueur moyenne de 304 mm (écart-type = 35,9 mm, plage : 250 à 393 mm) et un poids moyen de 214 g (écart-type = 72,9 g, plage : 103 à 464 g). Les poissons de la dernière série de marquage, en septembre 2022 à Blanc-Sablon, étaient significativement plus gros que ceux des trois séries précédentes (analyse de variance, $p < 0,001$; Tableau 1). La charge moyenne des émetteurs (c.-à-d. poids de l'étiquette par rapport au poids du poisson dans l'air) était de 2,35 % (plage : 0,97 à 4,37 %). Bien que nous n'ayons pas été en mesure de déterminer le groupe reproducteur de chaque poisson, la plupart des harengs marqués au cours de la troisième série à Port-au-Port au début du mois de mai semblaient être des reproducteurs de printemps, car leurs cavités corporelles étaient remplies de gonades matures.

3.2. SYNTHÈSE DES DÉTECTIONS DE TÉLÉMÉTRIE ACOUSTIQUE

Après avoir retiré les fausses détections, l'ensemble de données comprenait 39 926 détections valides provenant de 88 harengs, ce qui représente 46,6 % de tous les poissons marqués (Tableau 3). Le processus de filtrage a permis d'éliminer 1,5 % ($n = 585$) des détections totales, soit 125 doublons recueillis au cours d'une période plus courte que le délai d'étiquetage minimal de 130 s (filtre n° 2, voir la section 2.3), 452 détections uniques qui n'ont pas été confirmées par une deuxième détection dans une période de 5 400 s (filtre n° 3), et 8 détections indiquant une vitesse de nage irréaliste (filtre n° 4). Par conséquent, huit harengs marqués d'un émetteur acoustique, chacun ayant été détecté une seule fois peu de temps après le marquage, ont été exclus de l'ensemble de données.

Parmi l'ensemble des réseaux de suivi acoustique, le nombre de détections par poisson variait entre 2 et 4 442, avec une moyenne de $453,7 \pm 756,8$ (Tableau 3, Figure 4). Le réseau associé au projet GSLHER a enregistré 86 émetteurs, représentant presque toutes les détections

(97,6 %) et les émetteurs signalés dans l'ensemble des réseaux (Tableau 3). Ce réseau comptait également la moyenne des détections par émetteur la plus élevée, c'est-à-dire 453,0, soit beaucoup plus que tout autre réseau. En comparaison, l'ASF-SOBI a détecté 13 émetteurs avec une moyenne de 58,2 détections par émetteur, tandis que l'ASF-STA en a enregistré 5, avec une moyenne de 25,6 détections par émetteur. Le programme de suivi acoustique V2LGSL du MPO a permis la détection de 6 poissons marqués, avec une moyenne de 12,3 détections par émetteur, bien qu'un émetteur détecté par ce programme n'ait pas été enregistré par le réseau GSLHER. Les réseaux OTN-Cabot et OTN-HFX ont tous deux enregistré très peu de détections; le réseau OTN-HFX a détecté un seul émetteur non signalé par les autres réseaux.

Le tableau 4 met en évidence des variations notables dans les détections des émetteurs de hareng à travers nos stations de suivi acoustique. Les stations BSA02, BSA03, BSA04 et BSA05, situées près de Blanc-Sablon, présentaient des fréquences de détection exceptionnellement élevées. La station BSA02, en particulier, s'est démarquée avec la détection de 44 émetteurs et à l'enregistrement de 8 039 détections selon un taux moyen de 21,8 détections par jour. De même, les stations BSA03 et BSA05 ont enregistré 5 972 et 4 065 détections, respectivement, selon des taux de détection quotidiens supérieurs à 10. En revanche, les stations telles que PAP01, REDS1 (Port-au-Port) et presque toutes les stations du détroit de Belle Isle ont montré une activité moindre; leur taux étant aussi faible que 0,005 détection par jour. Les stations OPT02, OPT03 et OPT04 n'ont enregistré aucune détection. De plus, les stations le long de l'embouchure de la baie Bonne (BBA01-BBA03) ont présenté des taux de détection modérés à élevés qui variaient entre 2,5 et 9,0 détections par jour, ce qui indique une activité concentrée des poissons marqués dans cette zone.

3.3. PATRONS MIGRATOIRES

Les données les plus pertinentes proviennent des harengs qui ont nagé librement pendant de plus longues périodes, particulièrement ceux marqués lors des séries 1 et 2 (Blanc-Sablon, 5 et 6 septembre 2021; Figure A1). Malgré les préoccupations initiales selon lesquelles le marquage pourrait avoir une incidence sur le comportement et la survie, plus de 90 % des poissons marqués lors de ces séries ont été détectés après leur remise à l'eau (Tableau 5). Comme la probabilité de détection augmente avec la durée de nage en liberté, les résultats des séries 3 (Port-au-Port, 4 mai 2022) et 4 (Blanc-Sablon, 10 septembre 2022) sont également présentés, mais ils demeurent préliminaires.

En septembre 2021, 73 (91 %) des poissons marqués et remis à l'eau pendant les séries 1 et 2 ont été rapidement détectés par des récepteurs près de Blanc-Sablon dans les 5 jours suivant leur libération (Figure 4). La plupart de ces poissons ($n = 67$) ont été détectés autour de Blanc-Sablon, de la rivière Saint-Paul et du détroit de Belle Isle en septembre et en octobre (Figure 5). Cependant, une proportion considérable de ceux-ci ($n = 50$) ne sont pas réapparus à aucune de nos stations de suivi ni dans aucun autre réseau affilié à l'OTN après cette période. Certains individus ($n = 15$) ont été détectés plus tard le long de la côte ouest de Terre-Neuve (île St. John, baie Bonne et baie des Îles) pendant les mois d'hiver, bien que le taux de détection ait diminué de façon marquée entre mars et avril (seulement 747 détections, environ 2 % du total). En juillet 2022, 15 (21 %) des poissons marqués durant les séries 1 et 2 sont retournés à Blanc-Sablon, à la rivière Saint-Paul et au détroit de Belle Isle, ce qui laisse supposer une possible migration de retour vers cette région (Figure 5). Dans l'ensemble, 21 (26 %) des poissons marqués au cours des séries 1 et 2 ont été détectés en 2022 (Figure 4).

Les poissons marqués lors des séries 1 et 2 se sont déplacés de façon marquée entre la zone unitaire 4Sw et la division 4R de l'OPANO; 69 % des poissons de la série 1 et 77 % de ceux de la série 2 ont franchi la limite séparant ces zones au moins une fois (Tableau 5). Des

15 poissons qui sont revenus dans les régions de Blanc-Sablon et du détroit de Belle Isle à l'été 2022, 9 ont été suivis presque en continu de septembre 2021 à septembre 2022 (Figure 6). Les harengs sont initialement restés dans la région de Blanc-Sablon (y compris la rivière Saint-Paul) et du détroit de Belle Isle jusqu'en octobre ou en novembre, et la dernière détection à cet endroit a eu lieu le 12 décembre. Certains individus ont commencé à migrer vers le sud au début de décembre et ont été détectés près de l'île St. John. Cependant, la majorité d'entre eux ont été observés plus au sud, près de l'embouchure de la baie Bonne et de la baie des Îles (Figures 5 et 6).

Les harengs se trouvaient à l'embouchure de la baie Bonne du 22 décembre au 7 février, atteignant un pic en janvier; un seul poisson a été détecté au cours de la dernière semaine de juin dans ce secteur. Dans la baie des Îles, les harengs sont arrivés le 16 décembre et sont restés jusqu'au 20 juillet, avec une présence maximale s'étendant de janvier à mars. Un poisson a été détecté à l'extrémité sud-ouest de Terre-Neuve près du cap Ray (ligne OTN-Cabot) à la fin octobre, est réapparu dans la même région à la fin mai, puis est retourné dans le détroit de Belle Isle à la fin juillet (Figure 6, poisson n° 8).

La station de la baie des Îles W, qui fait partie du réseau de suivi du MPO dans le golfe du Saint-Laurent (V2LGSL) et située près du chenal d'Esquiman au large de la baie des Îles, a fourni des renseignements sur les zones extracôtières plus profondes. Cinq harengs ont été détectés par cette station du 30 novembre au 2 mai, bien qu'aucun pic distinct dans les détections n'ait été observé (Figure 5). La migration de retour a commencé au printemps 2022; des poissons occupaient la zone de l'île St. John de la mi-juin à la mi-juillet et celle de Blanc-Sablon dès le 31 mai. Des harengs se trouvaient dans le détroit de Belle Isle entre juin et septembre, et certains d'entre eux atteignaient St. Anthony en juillet et en août, à la limite entre la zone unitaire 4Ra et la division 3K de l'OPANO.

Au cours la troisième série, le nombre de détections était faible ($n = 1\,418$), probablement en raison du nombre limité de stations de suivi près de Port-au-Port, où seulement 11 des 30 poissons marqués ont été détectés (Tableau 5). Après le marquage, certains de ces poissons ont migré rapidement vers le nord, et ont atteint la baie des Îles en 3 semaines et les régions du détroit de Belle Isle et de St. Anthony en 2 mois (Figure 5). Au cours de la série 4, les détections étaient encore plus faibles ($n = 45$), comme prévu, puisque ces poissons ont été marqués juste avant ou peu après la récupération des stations de suivi (Tableau 2). Seuls 4 des 79 poissons remis à l'eau ont été détectés (Tableau 5 et Figure 4). Notamment, deux poissons ont été détectés dans le secteur de Port-au-Port dans les 10 jours suivant leur marquage à Blanc-Sablon, ce qui indique un patron migratoire qui n'a pas été observé chez les poissons des séries 1 et 2 (Figure 5). De plus, un poisson a été détecté deux fois par la série de récepteurs OTN-Halifax environ 2 mois après sa remise à l'eau.

4. DISCUSSION

Les résultats préliminaires présentés dans ce document fournissent des renseignements précieux sur les tendances temporelles et spatiales associées à la migration du hareng dans le nord-est du golfe du Saint-Laurent, une région pour laquelle nous disposions auparavant de peu d'informations. Il est intéressant de noter que les patrons de migration des harengs suivis pendant la période d'étude (septembre 2021 à novembre 2022) correspondaient étroitement aux modèle migratoire annuel proposé par McQuinn et Lefebvre (1995), basé sur des données de pêche commerciale et de données issues de relevés au chalut de fond (voir la Figure A2). Selon McQuinn et Lefebvre (1995), les bancs de harengs, après avoir hiverné dans les eaux profondes du chenal d'Esquiman, commenceraient leur migration vers le nord et la côte au début du printemps pour frayer (reproducteurs de printemps) ou pour se nourrir (reproducteurs

d'automne). En juillet, les bancs de harengs se déplaceraient vers le nord pour frayer (reproducteurs d'automne) ou pour atteindre les aires d'alimentation estivales (reproducteurs de printemps). À la fin de l'automne, les deux groupes reproducteurs se concentreraient le long de la côte ouest de Terre-Neuve, notamment près de la baie Bonne, où se déroule une importante pêche automnale (Émond *et al.* 2024). À l'approche de l'hiver, les harengs retourneraient dans les eaux profondes du chenal d'Esquiman pour hiverner.

Dans le cadre de la présente étude, on a constaté que les harengs étaient présents dans les zones au nord (c.-à-d. Blanc-Sablon, rivière Saint-Paul et détroit de Belle Isle) tout au long des mois de septembre et d'octobre. À partir de la mi-novembre, ils ont commencé à migrer vers le sud en direction de l'île St. John. À la fin de décembre et en janvier, les harengs ont été détectés près des embouchures de la baie Bonne et de la baie des Îles, et certains individus y sont restés jusqu'en février et en mars, et même jusqu'en juillet. Cinq individus ont été détectés à la fin mars dans les eaux plus profondes au large de la baie des Îles. La plupart des poissons n'ont pas été détectés pendant le reste de l'hiver, le printemps et le début de l'été, et ont été détectés en juin ou en juillet dans les régions de Blanc-Sablon, du détroit de Belle Isle et de St. Anthony.

Les tendances spatiales et temporelles associées aux détections acoustiques correspondaient étroitement à celles observées dans les débarquements de la pêche commerciale tout au long de la période d'étude (Figure 7). En septembre et en octobre, les débarquements étaient principalement concentrés dans la région de Blanc-Sablon et du détroit de Belle Isle. À partir de novembre, les débarquements se sont déplacés vers le sud et se sont concentrés dans la baie Bonne et la baie des Îles en décembre et en janvier. Les débarquements dans la région de Blanc-Sablon ont repris en juin et sont restés concentrés à cet endroit et dans le détroit de Belle Isle pendant juillet et août, ce qui correspond aux tendances observées dans les détections acoustiques.

Les résultats présentés ici mettent également en lumière les aires potentielles de fraie, d'alimentation et d'hivernage du hareng. La région au nord, en particulier la région de Blanc-Sablon et du détroit de Belle Isle, semble être une aire d'alimentation pour les reproducteurs de printemps pendant l'été et au début de l'automne, ce qui appuie l'hypothèse de Moores et Winter (1984). De plus, cette région pourrait également être un site de fraie pour les reproducteurs d'automne (McQuinn 1997). Les observations sur le terrain ont corroboré que la baie de Port-au-Port pourrait être une zone de fraie importante pour les reproducteurs de printemps (MPO 1999), car presque tous les harengs marqués à Port-au-Port au début du mois de mai étaient en état de frayer. La baie Bonne, la baie des Îles ainsi que les eaux plus profondes du chenal d'Esquiman offrent probablement des habitats d'hivernage, comme le proposent McQuinn et Lefebvre (1995). La réduction de la fréquence de détection du hareng dans les réseaux de télémétrie à la fin de l'hiver laisse supposer une migration vers des habitats plus profonds, où la couverture est limitée.

La présente étude a également révélé des patrons migratoires qui n'avaient pas été décrits précédemment dans McQuinn et Lefebvre (1995). Par exemple, un poisson (identifiant n° 8) marqué à Blanc-Sablon en septembre 2021 a migré vers la pointe sud-ouest de Terre-Neuve, près du cap Ray, en décembre 2021 (Figure 6). Il est réapparu dans la même région le printemps suivant avant de retourner au détroit de Belle Isle en juillet. Cette observation suggère que certains harengs pourraient hiverner à l'extérieur du chenal d'Esquiman. Moores et Winter (1984) ont mentionné que le hareng de la division 4R pourrait hiverner dans la partie sud de la côte ouest de Terre-Neuve ou le long de la partie ouest de sa côte sud (sous-divisions 3Pn et 3Ps, à l'ouest de la baie Fortune). Un vaste programme de marquage mené dans les années 1970 dans le sud-ouest de Terre-Neuve a indiqué que les harengs présents dans cette région pendant l'hiver étaient principalement un mélange de harengs reproducteurs de

printemps et d'automne de la division 4T, et comprenaient une plus petite proportion provenant de la division 4R (Winters et Beckett 1978).

La détection d'un individu près de Halifax (division 4W) était inattendue. Il est peu probable que cette détection représente une migration directe; elle pourrait plutôt avoir été le résultat d'une prédation, peut-être par un thon rouge de l'Atlantique (*Thunnus thynnus*). En effet, la ligne OTN-Halifax est située le long d'une voie de migration du thon vers le golfe du Saint-Laurent (Block *et al.* 2019).

Bien que le hareng soit considéré comme sensible à la manipulation (c.-à-d. qu'il est sujet au stress et qu'il perd facilement ses écailles), les individus marqués ont très bien réagi à la capture à la senne bourse et à la procédure de marquage, montrant un rétablissement rapide, comme décrit par Lacoste *et al.* (2001). Le déplacement important de ces poissons dans la zone d'étude, couvrant plus de 450 km peu après leur remise à l'eau, suggère que la manipulation n'a pas eu d'effet négatif. Stobo *et al.* (1992) ont observé que pour des harengs de l'Atlantique marqués avec une étiquette « spaghetti » classique, le taux de survie était dépendant de la taille, avec une mortalité considérablement plus élevée chez les poissons de moins de 170 mm, attribuée à leur sensibilité à la manipulation. À l'inverse, Seitz *et al.* (2010) ont rapporté un taux de mortalité constant de 4 % suivant le marquage du hareng du Pacifique, un taux non significativement différent de celui des groupes témoins.

La présente étude a révélé que 21 % des harengs marqués effectuaient une migration de retour vers la région de Blanc-Sablon et du détroit de Belle Isle (le principal site de marquage) et que ces individus ont pu être suivis presque continuellement tout au long de la période d'étude. Seule la télémétrie permet de recueillir des données aussi détaillées sur les déplacements; une étude de marquage classique comprendrait l'enregistrement des recaptures au site de libération, ce qui pourrait mener à l'interprétation erronée « aucune migration ». De plus, la télémétrie fournit des renseignements sur des sites qui ne sont pas exploités pour la pêche, ce qui entraîne une vue d'ensemble plus complète de l'utilisation de l'habitat. Enfin, la vitesse à laquelle les données télémétriques sont générées est un avantage important; après seulement 18 mois, nous avons été en mesure de produire des résultats préliminaires considérables.

Le niveau élevée de déplacements entre la zone unitaire 4Sw et la division 4R, ainsi que le patron général de migration nord-sud observé dans le cadre de la présente étude et dans les débarquements issus de la pêche commerciale, suggèrent qu'il serait approprié de regrouper l'unité de stock 4R avec la Basse-Côte-Nord du Québec (zone unitaire 4Sw de l'OPANO) à des fins d'évaluation du stock, comme mentionné dans McQuinn et Lefebvre (1995).

5. REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Tony Beaudoin, capitaine du *Last Quarter*, et Samuel Anderson, capitaine du *Nancy Jillian* ainsi que leur équipage pour la capture de harengs vivants et leur aide sur le terrain. Nous remercions également la Fédération du saumon atlantique pour l'exploitation de nos stations de suivi acoustique dans le détroit de Belle Isle, ainsi que Jordan Ouellet-Plante et Mathieu Boudreau pour leur examen minutieux de ce document. Le financement de cette étude est fourni par le Fonds de recherche scientifique compétitif du MPO (projet n° 21-FS-14-01).

6. RÉFÉRENCES CITÉES

Assis, J. 2018. [Contour : Pairwise Marine Distances](#). San Francisco, CA: GitHub; [accessed September 19, 2024].

-
- Block, B.A., Whitlock, R., Schallert, R.J., Wilson, F., Stokesbury, M.J.W., Castleton, M., et Boustany, A. 2019. Estimating natural mortality of Atlantic bluefin tuna using acoustic telemetry. *Sci. Rep.* 9: 4918.
- Brawn, V.M. 1960. Underwater television observations of the swimming speed and behaviour of captive herring. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 17: 689-698.
- Brownscombe, J.W., Lédée, E.J.I., Raby, G.D., Struthers, D.P., Gutowsky, L.F.G., Nguyen, V.M., Young, N., Stokesbury, M.J.W., Holbrook, C.M., Brenden, T.O., Vandergoot, C.S., Murchie, K.J., Whoriskey, K., Mills Flemming, J., Kessel, S.T., Krueger, C.C., et Cooke, S.J. 2019. [Conducting and interpreting fish telemetry studies: considerations for researchers and resource managers](#). *Rev. Fish. Biol. Fisheries.* 29: 369-400.
- Brunel, T., et Dickey-Collas, M. 2010. Effects of temperature and population density on von Bertalanffy growth parameters in Atlantic herring: a macro-ecological analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 405: 15-28.
- Eiler, J.H., et Bishop, M.A. 2016. Tagging response and postspawning movements of Pacific Herring, a small pelagic forage fish sensitive to handling. *Trans. Am. Fish. Soc.* 145: 427-439.
- 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.
- Huse, I. et Ona, E. 1996. Tilt angle distribution and swimming speed of overwintering Norwegian spring spawning herring. *ICES J. Mar. Sci.* 53: 863-873.
- Lacoste, K.N., Munro, J., Castonguay, M., Saucier, F.J., et Gagne, J.A. 2001. The influence of tidal streams on the pre-spawning movements of Atlantic Herring, *Clupea harengus* L., in the St. Lawrence estuary. *ICES J. Mar. Sci.* 58: 1286-1298.
- McQuinn, I.H. 1997. Metapopulations and the Atlantic herring. *Rev. Fish Biol. Fish.* 7: 297-329.
- McQuinn, I.H., et Lefebvre, L. 1995. [Distribution, Movements and Size Composition of Spring-Spawning Herring in the Northern Gulf of St. Lawrence](#). DFO Atl. Fish. Res. Doc. 95/57.
- Melvin, G.D., Stephenson, R.L., et Power, M.J. 2009. Oscillating reproductive strategies of herring in the western Atlantic in response to changing environmental conditions. *ICES J. Mar. Sci.* 66: 1784-1792.
- Moore, J.A., et Lilly, G.R. 1982. [Distribution of herring in the northern Gulf of St. Lawrence in winter](#). CAFSAC Res. Doc. 82/14.
- Moore, J.A., et Winters, G.H. 1984. Migration patterns of Newfoundland west coast herring, *Clupea harengus*, as shown by tagging studies. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 5: 17-22.
- MPO. 1999. [Hareng de la côte ouest de Terre-Neuve \(Division 4R\)](#). MPO Sciences, Rapport sur l'état des stocks B4-01 (1999).
- Munro, J., Gauthier, D., et Gagné, J.A. 1998. Description d'une frayère de hareng (*Clupea harengus* L.) à l'Île aux Lièvres dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. *Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat.* 2239: vi + 34 p.
- Pincock, D.G. 2012. False detections: what they are and how to remove them from detection data. Amirix Document DOC-004691 Version 03.
-

-
- Seitz, A.C., Norcross, B.L., Payne, J.C., Kagley, A.N., Meloy, B., Gregg, J.L., et Hershberger, P.K. 2010. Feasibility of surgically implanting acoustic tags into Pacific Herring. *Trans. Am. Fish. Soc.* 139: 1288-1291.
- Simpfendorfer, C.A., Huveneers, C., Steckenreuter, A., Tattersall, K., Hoenner, X., Harcourt, B., et Heupel, M.R. 2015. Ghosts in the data: false detections in VEMCO pulse position modulation acoustic telemetry monitoring equipment. *Anim. Biotelemetry*. 3: 1-10.
- Stephenson, R.L., Melvin, G.D., et Power, M.J. 2009. Population integrity and connectivity in Northwest Atlantic herring: a review of assumptions and evidence. *ICES J. Mar. Sci.* 66: 1733-1739.
- Stobo, W.T., Fowler, G.M., et Sinclair, A.F. 1992. Short-term tagging mortality of laboratory held juvenile Atlantic herring (*Clupea h. harengus*). *J. Northw. Atl. Sci.* 12: 27-33.
- Trudeau, C., et McQuinn, I.H. 1986. [Fishery and Biological Characteristics of the 4S Herring Stocks in 1985](#). CAFSAC Res. Doc. 86/77.
- Winters, G.H., et Beckett, J.S. 1978. Migrations, biomass and stock interrelationships of Southwest Newfoundland-Southern Gulf herring from mark-recapture experiments. *ICNAF Res. Bull. No. 13*: 67-79.

7. TABLEAUX

Tableau 1. Détails sommaires des harengs de l'Atlantique marqués avec un émetteur acoustique à Blanc-Sablon (4Sw/4Ra) et Port-au-Port (4Rc). Le tableau montre les dates de marquage de 2021 et de 2022, les coordonnées de latitude et de longitude des sites où les harengs ont été relâchés après le marquage, les dates estimées de fin de vie des émetteurs, les tailles des échantillons (N), la longueur (moyenne et plage) et le poids (moyenne et plage) totaux des harengs. Les poissons marqués au cours de la deuxième série n'ont pas été pesés en raison d'une balance défectueuse.

Série de marquage	Date du marquage	Site (zone unitaire de l'OPANO)	Latitude (DD,dddd)	Longitude (DD,dddd)	Date de fin de vie de l'émetteur	N	Longueur moyenne (mm)	Poids moyen (g)
1	2021-09-05	Blanc-Sablon (4Ra)	51,3710	-57,1499	2024-03-05	40	284 (251-376)	177 (110-340)
2	2021-09-06	Blanc-Sablon (4Sw)	51,3746	-57,2494	2024-03-06	40	285 (255-366)	-
3	2022-05-04	Port-au-Port (4Rc)	48,9458	-58,5431	2024-11-01	30	293 (273-346)	183 (141-431)
4	2022-09-10	Blanc-Sablon (4Ra)	51,3734	-57,1406	2025-03-10	79	328 (250-393)	239 (103-464)

Tableau 2. Stations de suivi acoustique déployées en 2021 et en 2022. La plupart des stations sont encore actives au moment de la publication, ce qui ne comprend pas celles de l'archipel de Ouapitagone (OPT1-OPT4).

Station	Site (zone unitaire de l'OPANO)	Latitude (DD,dddd)	Longitude (DD,dddd)	Profondeur (m)	Date du déploiement	Date de récupération
PAP01	Port-au-Port (4Rc)	48,8537	-58,8110	52,2	2021-08-16	2022-10-30
PAP02	Port-au-Port (4Rc)	48,8549	-58,5886	47,9	2021-08-16	2022-10-30
PAP03	Port-au-Port (4Rc)	48,5773	-58,7317	49,4	2021-08-16	2022-10-31
REDS1	Île Red (4Rc)	48,5498	-59,2368	35,0	2022-05-03	2022-08-26
REDN1	Île Red (4Rc)	48,5727	-59,2231	23,0	2022-05-03	2022-10-30
BOI01	Baie des îles (4Rc)	49,1510	-58,3629	123,7	2021-08-15	2022-08-20
BOI02	Baie des îles (4Rc)	49,1631	-58,3613	238,3	2021-08-15	2022-08-20
BOI03	Baie des îles (4Rc)	49,1748	-58,3616	98,2	2021-08-15	2022-08-20
BOI04	Baie des îles (4Rc)	49,2277	-58,2421	186,1	2021-08-15	2022-08-21
BOI05	Baie des îles (4Rc)	49,2342	-58,2258	203,4	2021-08-15	2022-08-21
BBA01	Baie bonne (4Rb)	49,5623	-57,9756	103,6	2021-08-13	2022-08-20
BBA02	Baie bonne (4Rb)	49,5695	-57,9633	194,4	2021-08-13	2022-08-20
BBA03	Baie bonne (4Rb)	49,5773	-57,9518	97,8	2021-08-13	2022-08-20
SJI01	Île St. John (4Ra)	50,7954	-57,3199	69,8	2021-08-09	Perdu
SJI02	Île St. John (4Ra)	50,9525	-57,2097	82,3	2021-08-09	2022-08-16
BSA01	Blanc-Sablon (4Sw)	51,3804	-57,4278	66,4	2021-09-05	2022-09-09
BSA02	Blanc-Sablon (4Sw)	51,3892	-57,2817	52,7	2021-09-05	2022-09-09
BSA03	Blanc-Sablon (4Sw)	51,3777	-57,2561	32,7	2021-09-05	2022-09-09
BSA04	Blanc-Sablon (4Sw)	51,3662	-57,1776	41,1	2021-09-05	2022-09-09
BSA05	Blanc-Sablon (4Ra)	51,3707	-57,1549	39,3	2021-09-05	2022-09-09
BSA06	Blanc-Sablon (4Ra)	51,3801	-57,1179	47,9	2021-09-05	2022-09-09
BSA07	Blanc-Sablon (4Sw)	51,3894	-57,1554	38,8	2021-09-05	2022-09-09
BSA08	Blanc-Sablon (4Ra)	51,4075	-57,0756	44,6	2021-09-05	2022-09-09
RSP01	Rivière St. Paul (4Sw)	51,3741	-57,6207	61,4	2021-09-05	2022-09-09
RSP02	Rivière St. Paul (4Sw)	51,3663	-57,6080	95,1	2021-09-05	2022-09-09
SBW01	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,3934	-56,6343	62,2	2021-08-13	2022-08-17
SBW02	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4042	-56,6538	80,5	2021-08-13	2022-08-17
SBW03	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4150	-56,6735	73,2	2021-08-13	2022-08-17
SBW04	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4258	-56,6931	67,7	2021-08-13	2022-08-17
SBW05	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4367	-56,7130	67,7	2021-08-13	2022-08-17
SBW06	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4475	-56,7327	54,9	2021-08-15	2022-08-17
SBW07	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4584	-56,7524	60,4	2021-08-15	Perdu
SBW08	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4692	-56,7721	109,7	2021-08-15	2022-08-17
SBW09	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4801	-56,7919	104,2	2021-08-15	2022-08-17
SBW10	Détroit de Belle Isle (4Ra)	51,4908	-56,8116	36,6	2021-08-15	2022-08-17
OPT01	Archipel Ouapitagone (4Sv)	50,1475	-60,0410	79,0	2021-10-21	Perdu
OPT02	Archipel Ouapitagone (4Sv)	50,1373	-60,0275	77,0	2021-10-21	2022-10-16
OPT03	Archipel Ouapitagone (4Sv)	50,1268	-60,0130	53,0	2021-10-21	2022-08-05
OPT04	Archipel Ouapitagone (4Sv)	50,1163	-59,9995	83,0	2021-10-21	2022-10-16

Tableau 3. Résumé des détections de hareng entre septembre 2021 et novembre 2022 dans le cadre de ce projet et d'autres projets affiliés à l'OTN (ASF-SOBI : série linéaire régulière de récepteurs exploités l'été par la FSA dans le détroit de Belle Isle; ASF-STA : série linéaire de récepteurs de la FSA et du MPO à St. Anthony; OTN-Cabot : série linéaire de récepteurs de l'OTN dans le détroit de Cabot; OTN-HFX : série linéaire de récepteurs de l'OTN à Halifax; V2LGSL : réseau de suivi continu du MPO [région du Québec] dans le GSL). D'autres réseaux affiliés à l'OTN comprennent le [NEP.COWCTT](#), l'IBQ, le [V2LCEASE](#) et le [V2LGAC](#). Les fausses détections ont été retirées de l'ensemble de données.

Réseau	Nombre de détections valides	Nombre d'émetteurs détectés	Nombre moyen de détections par émetteur	Nombre de fausses détections
GSLHER	38 955	86	453,0	443
ASF-SOBI	757	13	58,2	85
ASF-STA	128	5	25,6	46
OTN-Cabot	10	1	10,0	0
OTN-HFX	2	1	2,0	0
V2LGSL	74	6	12,3	3
Autres réseaux affiliés à l'OTN	0	-	-	8
Total	39 926	88	453,7	585

Tableau 4. Durée du déploiement (en jours), nombre d'émetteurs détectés, nombre total de détections et fréquence des détections (nombre par jour) présentés pour chaque station de suivi acoustique GSLHER (les stations perdues ont été retirées; SJI01, SBW07 et OPT01).

Station	Durée du déploiement (jours)	Émetteurs détectés	Nombre total de détections	Fréquence de détection (nombre/jour)
PAP01	440	1	3	0,007
PAP02	440	2	30	0,07
PAP03	441	6	1 285	2,9
REDS1	115	1	2	0,02
REDN1	180	1	2	0,01
BOI01	370	4	16	0,04
BOI02	370	5	80	0,22
BOI03	370	3	156	0,42
BOI04	371	1	391	1,1
BOI05	371	3	320	0,86
BBA01	372	7	946	2,5
BBA02	372	6	3 335	9,0
BBA03	372	5	957	2,6
SJI02	372	5	73	0,20
BSA01	369	14	1 022	2,8
BSA02	369	44	8 039	21,8
BSA03	369	55	5 972	16,2
BSA04	369	58	2 755	7,5
BSA05	369	56	4 065	11,0
BSA06	369	39	3 832	10,4
BSA07	369	27	1 652	4,5
BSA08	369	30	2 906	7,9
RSP01	369	6	531	1,4
RSP02	369	4	124	0,34
SBW01	369	4	22	0,06
SBW02	369	1	2	0,005
SBW03	369	1	2	0,005
SBW04	369	2	42	0,11
SBW05	369	5	90	0,24
SBW06	367	2	79	0,22
SBW08	367	4	18	0,05
SBW09	367	3	18	0,05
SBW10	367	6	188	0,51
OPT02	360	0	-	-
OPT03	288	0	-	-
OPT04	360	0	-	-

Tableau 5. Nombre de harengs détectés par série de marquage, nombre moyen de détections par émetteur (avec plage) et nombre d'individus marqués qui se sont déplacés d'une division de l'OPANO à une autre après leur libération.

Série de marquage	Site du marquage (zone unitaire de l'OPANO)	Émetteurs détectés (%)	Détections par émetteur (plage)	Déplacement entre les zones (%)
1	Blanc-Sablon (4Ra)	39 (97,5 %)	295,8 (7-2 326)	27 (69,2 %)
2	Blanc-Sablon (4Sw)	34 (85,0 %)	792,0 (2-4 442)	26 (76,5 %)
3	Port-au-Port (4Rc)	11 (36,7 %)	128,9 (2-414)	2 (18,2 %)
4	Blanc-Sablon (4Ra)	4 (5,1 %)	11,3 (2-24)	3 (75,0 %)

8. FIGURES

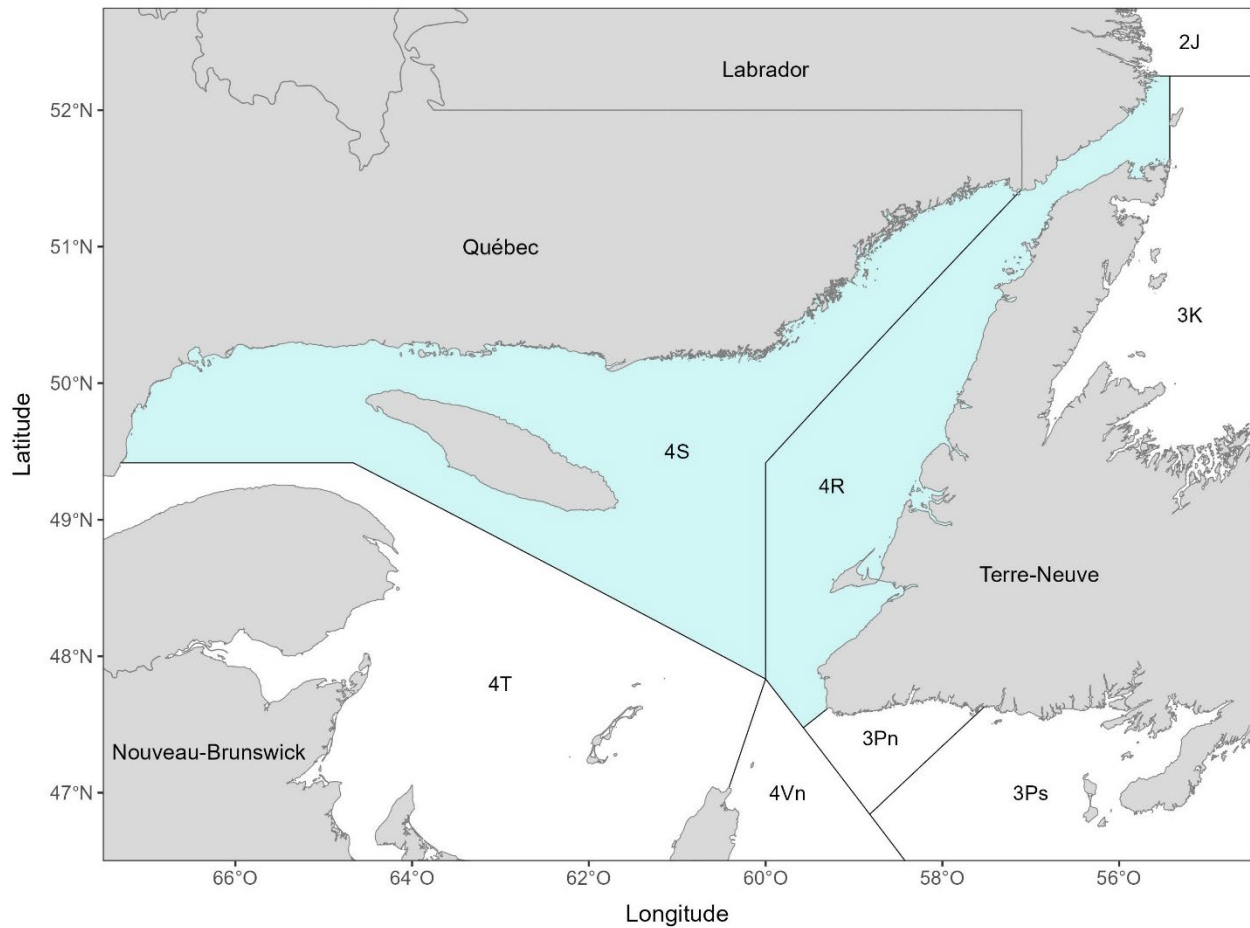


Figure 1. Golfe du Saint-Laurent et divisions de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO). La zone d'étude est le nord du golfe du Saint-Laurent, qui comprend les divisions 4R et 4S de l'OPANO (en bleu).

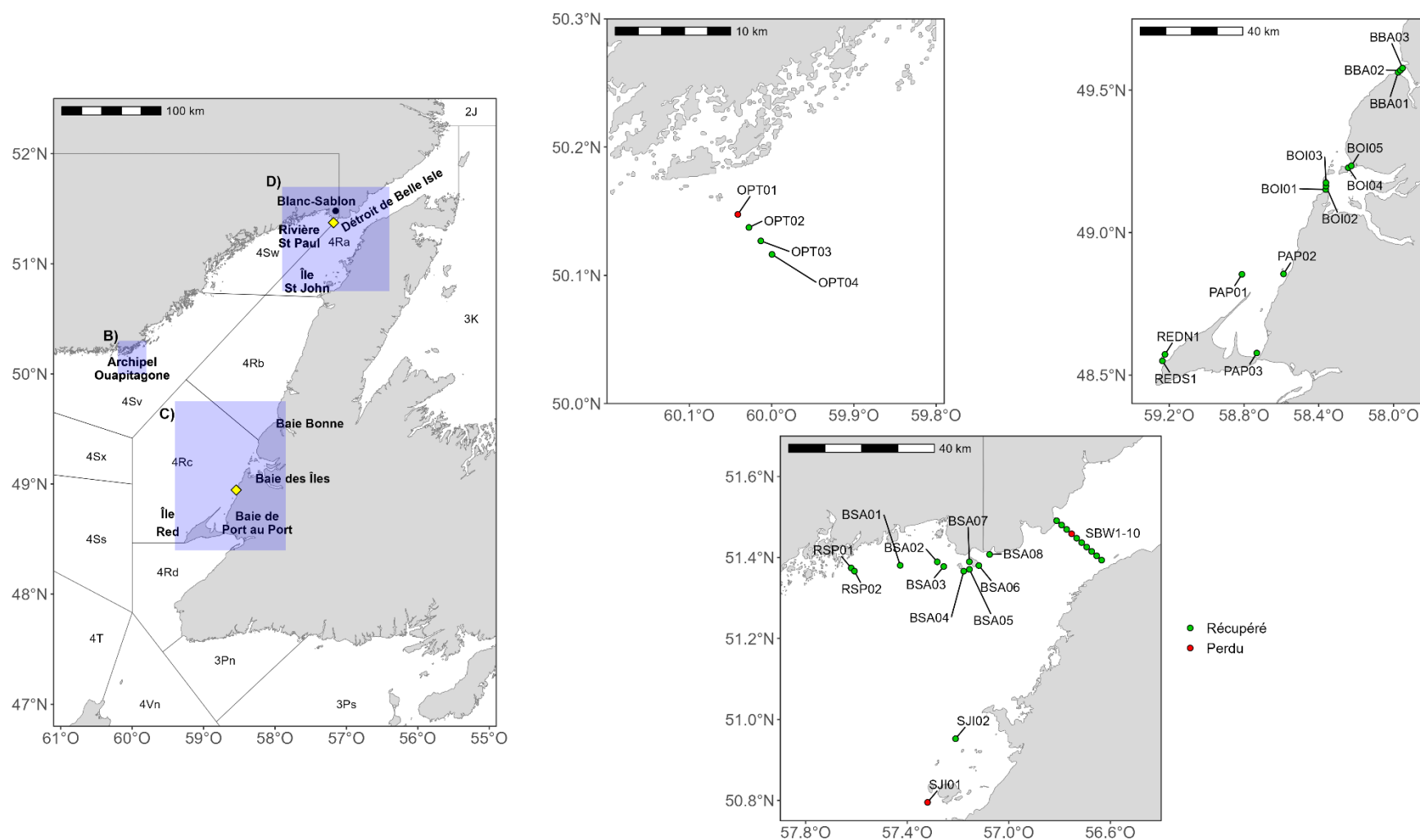


Figure 2. (A) Zone d'étude et divisions de l'OPANO le long de la côte ouest de Terre-Neuve et sur la Basse-Côte-Nord du Québec montrant les sites de marquage et de libération des harengs de l'Atlantique (losanges jaunes). (B) Emplacement des stations de suivi acoustique déployées près de l'archipel de Ouapitagon ($n = 4$). (C) Partie sud de la côte ouest de Terre-Neuve et positions des stations de suivi acoustique ($n = 13$). (D) Emplacement des stations de suivi acoustique près de Blanc-Sablon et de la rivière Saint-Paul, et dans le détroit de Belle Isle ($n = 22$). Toutes les stations ont été récupérées avec succès, à l'exception des stations OPT1, SJI01 et SBW07.

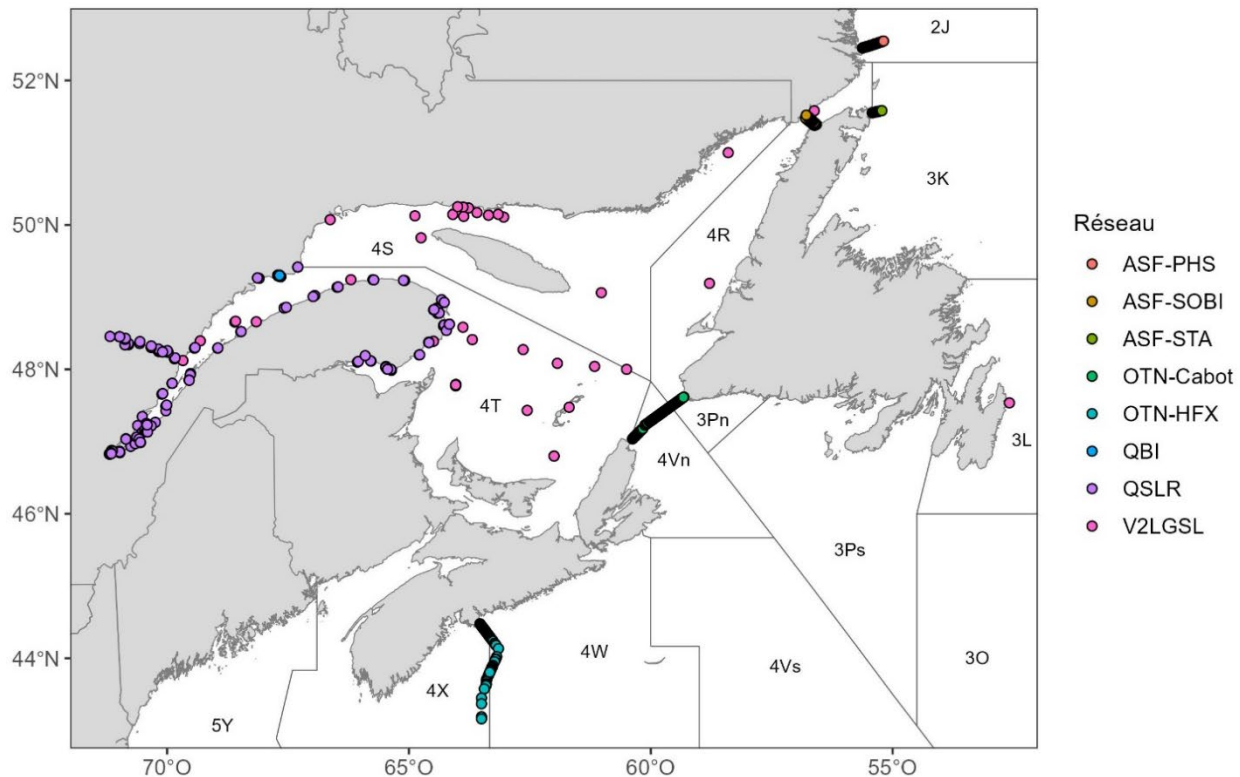


Figure 3. Carte montrant les stations de suivi acoustique d'autres réseaux affiliés à l'OTN dans le golfe du Saint-Laurent et le nord-ouest de l'Atlantique qui étaient mises à la disposition du projet en 2021 et en 2022 (ASF-PHS : série de récepteurs de la FSA à Port Hope Simpson; ASF-SOBI : série linéaire régulière de récepteurs exploités l'été par la FSA dans le détroit de Belle Isle; ASF-STA : série linéaire de récepteurs de la FSA et du MPO à St. Anthony; OTN-Cabot : série linéaire de récepteurs de l'OTN dans le détroit de Cabot; OTN-HFX : série linéaire de récepteurs de l'OTN à Halifax; QSLR : réseau provincial de télémétrie acoustique du Québec; V2LGSL : réseau de suivi continu du MPO [région du Québec] dans le GSL).

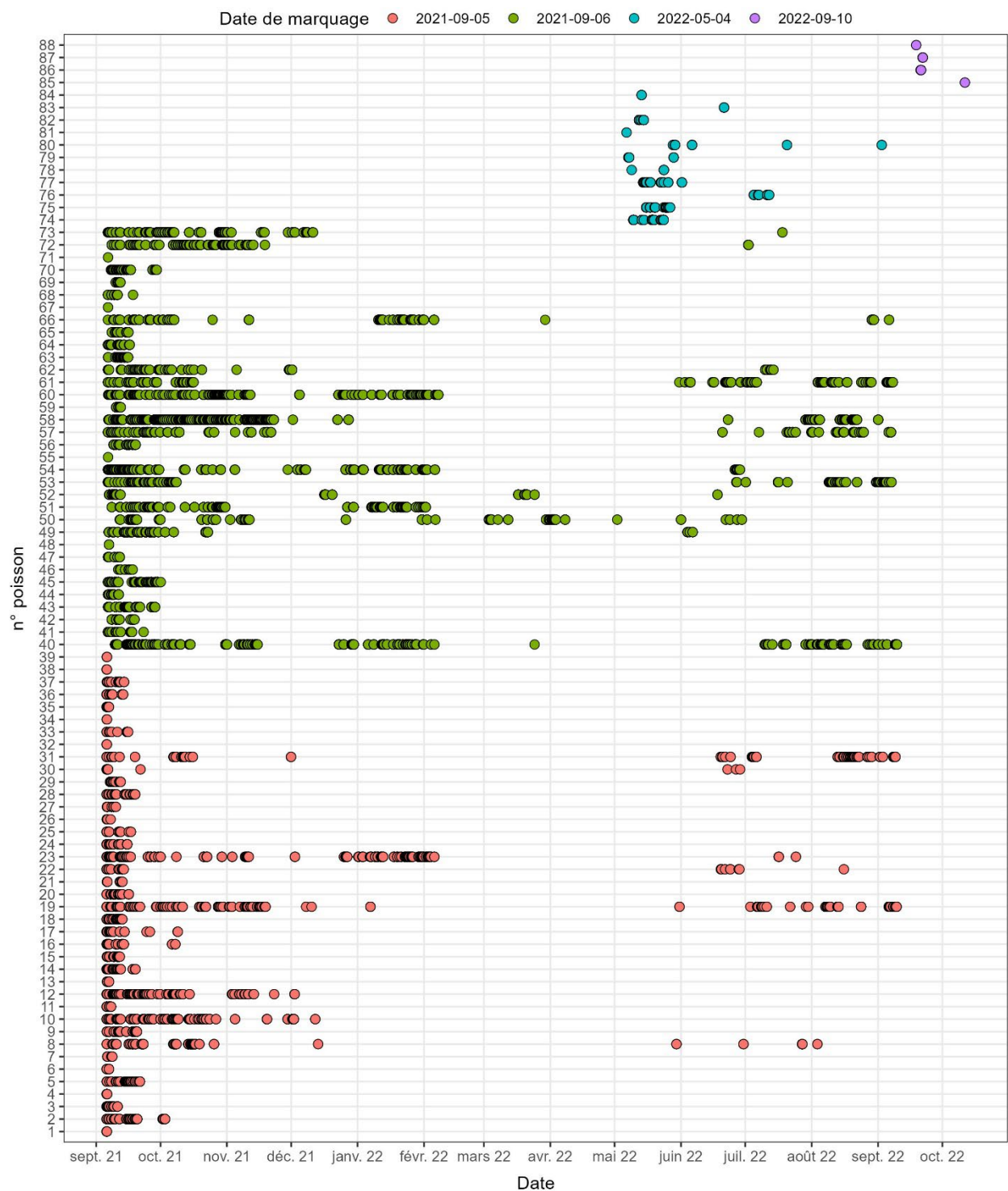


Figure 4. Diagramme en abaque montrant les détections acoustiques par date pour chaque hareng marqué et détecté ($n = 88$) entre septembre 2021 et novembre 2022, coloré selon la date de marquage. Chaque ligne représente les détections d'un hareng individuel.

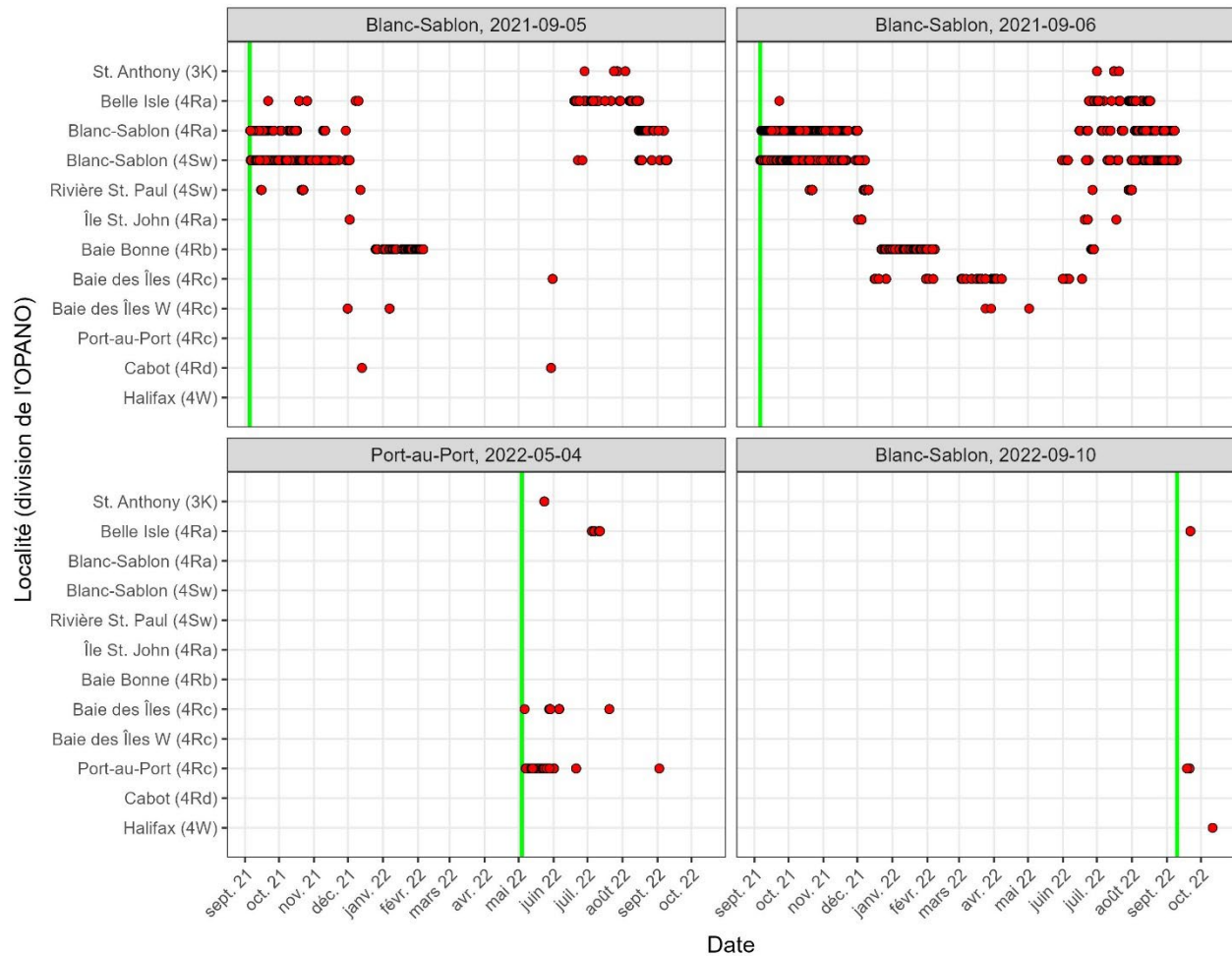


Figure 5. Diagrammes en abaque montrant les détections acoustiques par date des harengs marqués lors de chacune des quatre séries de marquage (panneaux). Les détections provenant de stations de suivi acoustique situées sur un même site et dans une même division de l'OPANO ont été regroupées (voir la figure 2). Les lignes verticales vertes indiquent la date de chaque série de marquage. Le site de la baie des Îles W comprend une station qui fait partie du réseau de suivi continu du MPO (région du Québec) dans le golfe du Saint-Laurent, située au large de la côte de la baie des Îles, près du chenal d'Esquiman (voir la figure 3).

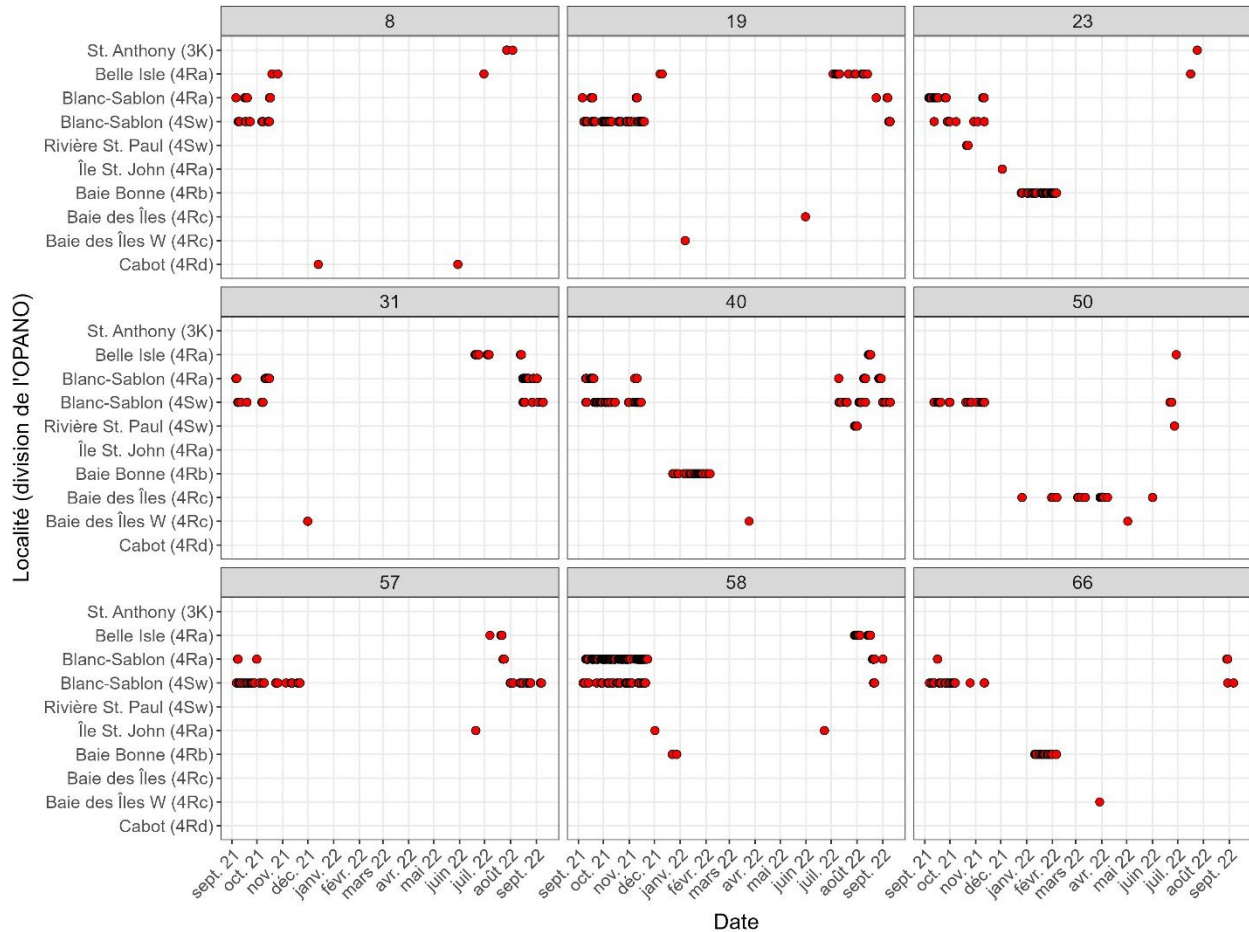


Figure 6. Diagrammes en abaque montrant les détections acoustiques par date des harengs marqués lors des séries de marquage 1 et 2. Ces harengs ont fait l'objet d'un suivi presque continu de septembre 2021 à septembre 2022. Chaque panneau représente un poisson individuel (les identifiants des étiquettes sont indiqués à la figure 4). Le site de la baie des Îles W comprend une station qui fait partie du réseau de suivi continu du MPO (région du Québec) dans le golfe du Saint-Laurent, située au large de la côte de la baie des Îles, près du chenal d'Esquiman (voir la figure 3).

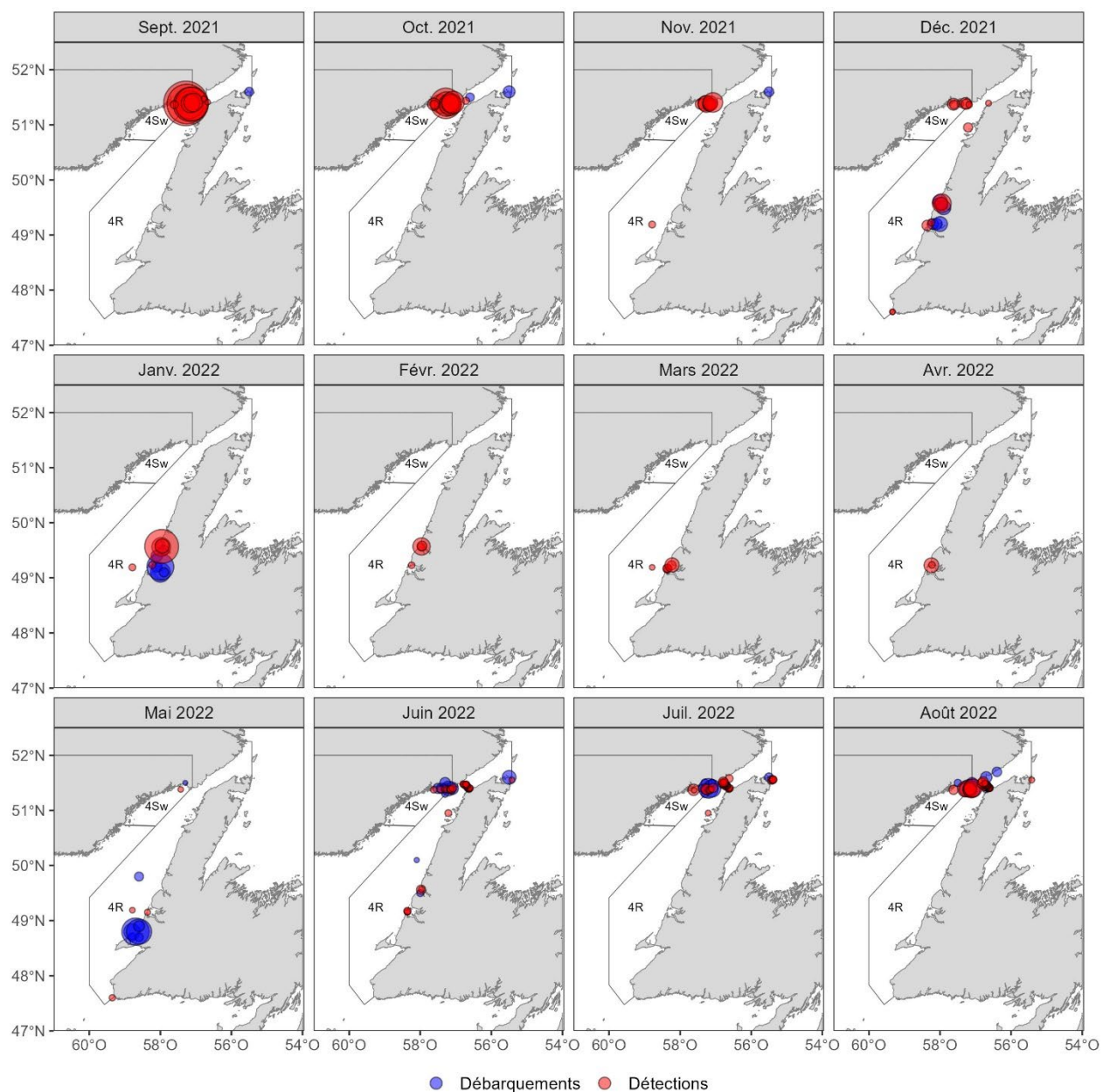


Figure 7. Détections mensuelles des harengs marqués lors des séries 1 et 2 par station de suivi acoustique et débarquements issus de la pêche commerciale de septembre 2021 à août 2022 dans la division 4R et la zone unitaire 4Sw de l'OPANO.

9. ANNEXE

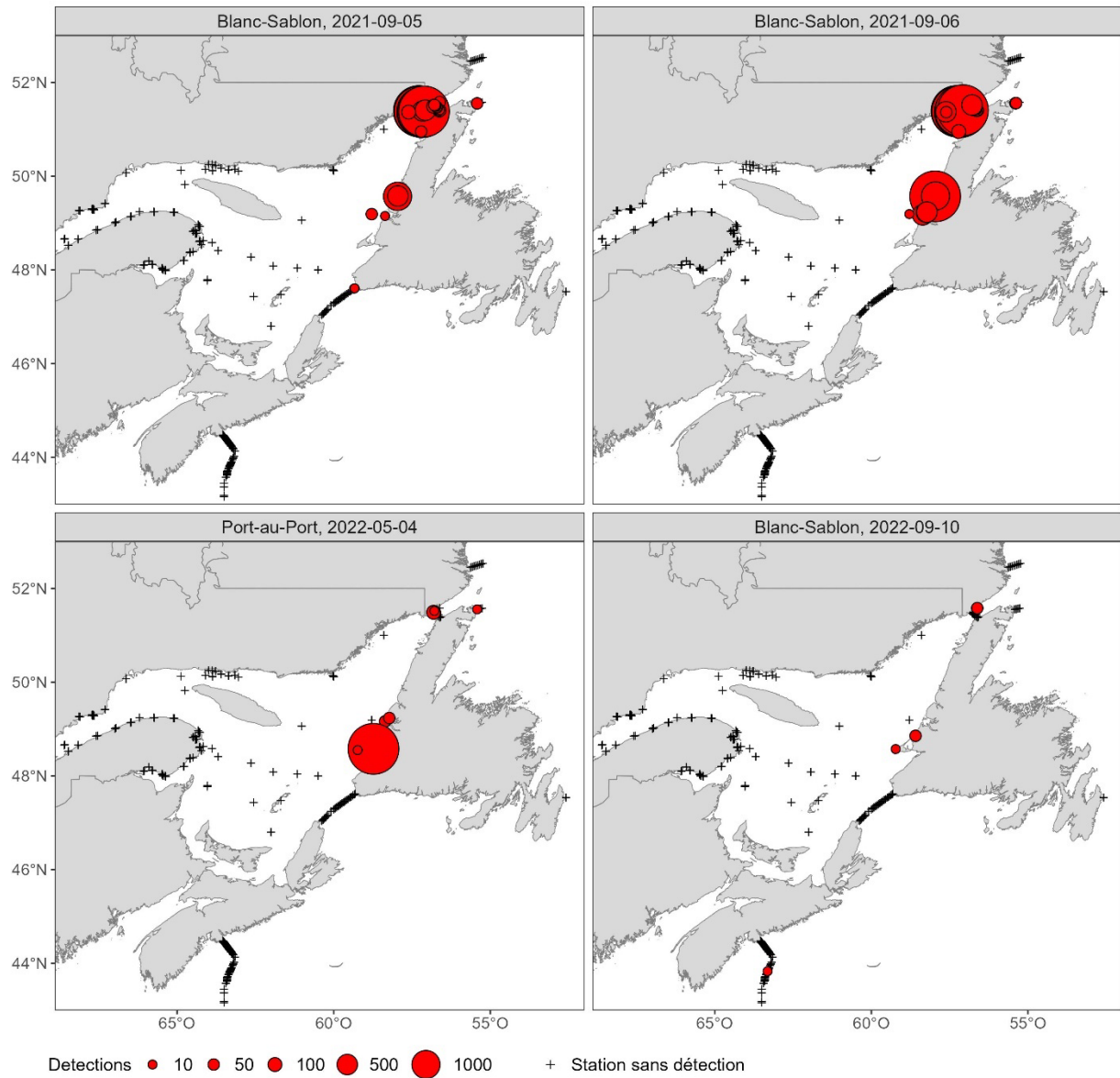


Figure A1. Nombre de détections de harengs marqués par station dans chacune des quatre séries de marquage (panneaux).

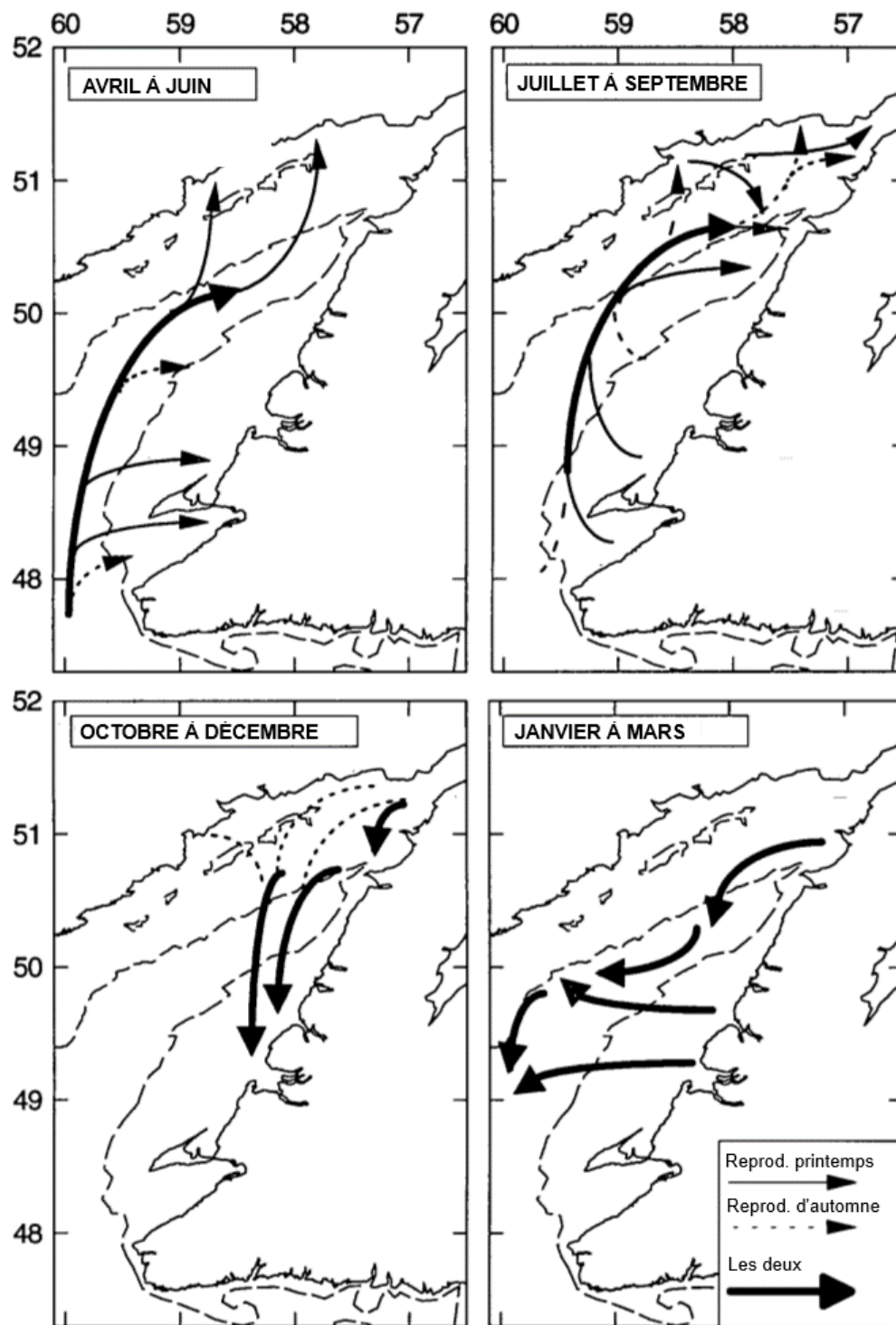


Figure A2. Patron de migration annuel probable des harengs reproducteurs de printemps et d'automne dans le nord-est du golfe du Saint-Laurent, adapté du document McQuinn et Lefebvre 1995.