



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 2025/072

Région de la capitale nationale

Production de petits chez le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest (*Pagophilus groenlandicus*) en 2022

P.J. Goulet¹, S.L.C. Lang¹, G.B. Stenson², C.D. Hamilton¹, M.O. Hammill³, J.W. Lawson¹,
C.C. Sauvé³ et A. Mosnier³

¹ Pêches et Océans Canada
Centre des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
A1C 5X1

² Bidesuk Consulting
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
A1A 3N2

³ Pêches et Océans Canada
Institut Maurice Lamontagne
C.P. 1000
Mont-Joli (Québec)
G5H 3R4

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



© 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 978-0-660-79372-6 N° cat. Fs70-5/2025-072F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Goulet, P.J., Lang, S.L.C., Stenson, G.B., Hamilton, C.D., Hammill, M.O., Lawson, J.W., Sauvé, C.C., et Mosnier, A. 2025. Production de petits chez le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest (*Pagophilus groenlandicus*) en 2022. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/072. iv + 47 p.

Also available in English :

Goulet, P.J., Lang, S.L.C., Stenson, G.B., Hamilton, C.D., Hammill, M.O., Lawson, J.W., Sauvé, C.C., and Mosnier, A. 2025. Pup Production of Northwest Atlantic Harp Seals, Pagophilus groenlandicus, in 2022. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2025/072. iv + 44 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	iv
INTRODUCTION	1
MÉTHODES.....	2
DÉTERMINATION DES ZONES DE MISE BAS.....	2
ESTIMATIONS DE L'ABONDANCE	3
Relevés photographiques	3
Lecture des photographies et correction des erreurs de lecture.....	4
Analyse des relevés	6
DISTRIBUTION TEMPORELLE DES NAISSANCES	7
RÉSULTATS	8
DÉTERMINATION DES ZONES DE MISE BAS.....	8
RELEVÉS SUR LA PRODUCTION DE PETITS	9
Correction des erreurs de lecture.....	9
Estimations des relevés	9
MODÉLISATION DE LA DISTRIBUTION TEMPORELLE DES NAISSANCES.....	10
ESTIMATION DE LA PRODUCTION TOTALE DE PETITS EN 2022	11
DISCUSSION.....	11
REMERCIEMENTS	15
RÉFÉRENCES CITÉES	17
TABLEAUX	20
FIGURES	33
ANNEXE	45

RÉSUMÉ

En mars 2022, des relevés photographiques aériens ont été réalisés dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent (le golfe) et au large de la côte sud-est du Labrador et de la côte nord-est de Terre-Neuve (le Front) pour estimer la production totale de petits chez le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest. Une reconnaissance approfondie a permis de déterminer quatre zones de mise bas : le sud du golfe, le nord du golfe, le nord du Front et le sud du Front. Deux relevés photographiques indépendants couvrant l'ensemble de la zone de mise bas du sud du golfe ont été effectués les 5 et 9 mars. La moyenne des estimations de ces deux relevés donne une production estimative de 63 392 petits ($ET = 28\,556$; $CV = 45\%$) dans le sud du golfe. Dans le nord du golfe, deux rassemblements ont fait l'objet d'un relevé photographique les 11 et 12 mars, respectivement, et leur production combinée a été estimée à 46 207 petits ($ET = 8\,628$; $CV = 19\%$). Des relevés photographiques ont été effectués dans le nord du Front le 16 mars et dans le sud du Front le 25 mars, et la production totale au Front a été estimée à 504 009 petits ($ET = 62\,818$; $CV = 13\%$). La combinaison des estimations de la production dans le sud du golfe, le nord du golfe et au Front donne une production estimative totale de 614 100 petits (arrondie à la centaine près) chez le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest en 2022 ($ET = 69\,500$; $CV = 11\%$). Cette production est inférieure à celle qui avait été estimée d'après le relevé effectué en 2017 dans la même région (746 500 petits; $ET = 89\,800$), et constitue la plus faible production estimative de petits chez le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest depuis 1994.

INTRODUCTION

Le phoque du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*) est un pinnipède migrateur dépendant des glaces qui se rencontre dans les régions du plateau continental de l'Atlantique Nord et certaines parties de l'océan Arctique (Sergeant, 1991). Mammifère marin le plus abondant dans l'Atlantique Nord, le phoque du Groenland compte trois populations occupant des zones de mise bas distinctes : la population de la mer Blanche/mer de Barents, la population de la mer du Groenland et la population de l'Atlantique Nord-Ouest (ANO; Stenson *et al.*, 2020a). La population de l'ANO, qui met bas sur la banquise (principalement de la glace de première année) dans le Canada atlantique, est la plus grande des trois populations (Stenson *et al.*, 2020a).

En tant que prédateur abondant au régime alimentaire diversifié, le phoque du Groenland influence la dynamique des populations de ses proies et joue un rôle important dans la stabilisation de l'écosystème (Stenson *et al.*, 2020a). Par ailleurs, l'espèce est chassée à des fins commerciales ou de subsistance dans l'ensemble de son aire de répartition. Pour comprendre le rôle écologique du phoque du Groenland et fournir des avis concernant la récolte durable et la gestion écosystémique des pêches, il est essentiel d'avoir des estimations exactes de l'abondance et des tendances des populations de l'espèce.

Pendant la majeure partie de l'année, les phoques du Groenland de l'ANO sont largement répartis dans les eaux arctiques et subarctiques, et il n'est donc pas possible de les dénombrer. Cependant, ils migrent chaque année vers le sud pour mettre bas sur la banquise au large de la côte sud-est du Labrador et de la côte nord-est de Terre-Neuve (le Front) ainsi que dans le nord et le sud du golfe du Saint-Laurent (le golfe; Sergeant, 1991; Stenson *et al.*, 2020a). Les phoques du Groenland sont des animaux sociaux qui forment de grands rassemblements caractéristiques (aussi appelés troupeaux) pour mettre bas sur des radeaux de glace, qui sont suffisamment vastes pour amortir l'action des vagues et assez épais pour résister aux tempêtes tout en permettant aux adultes d'accéder à l'eau (Bajzak *et al.*, 2011). Les femelles se rassemblent généralement dans les mêmes zones chaque année, et la mise bas est habituellement très synchronisée dans une zone donnée, la plupart des naissances ayant lieu sur une période d'une à deux semaines (Sergeant, 1991). Habituellement, les femelles commencent à mettre bas à la fin de février dans le sud du golfe et au début de mars dans le nord du golfe et au Front (Sergeant, 1991; Stenson *et al.*, 2022). Toutefois, les années où les conditions de glaces sont mauvaises dans le golfe, la mise bas peut commencer plus tôt au Front, car les femelles qui se rassemblent normalement dans le golfe se déplacent alors vers le Front pour y trouver une zone où les conditions sont convenables (Sergeant, 1991; Hammill et Stenson, 2014; Stenson *et al.*, 2020b, 2022). Les femelles allaitent leurs petits pendant environ 12 jours et, une fois les petits sevrés, elles s'accouplent et se dispersent pour se nourrir (Sergeant, 1991). Après le sevrage, les jeunes phoques du Groenland dépendent encore de la glace pour se reposer durant le jeûne de trois semaines qu'ils subissent et la transition vers l'autonomie nutritionnelle qui s'amorce (Sergeant, 1991; Burns *et al.*, 2007; Stenson et Hammill, 2014). La période de mise bas relativement brève du phoque du Groenland, au cours de laquelle les petits sont visibles sur la glace, est l'occasion d'effectuer des relevés pour obtenir des estimations de la production totale de petits. L'abondance totale de la population peut ensuite être estimée à l'aide d'un modèle de population qui intègre des données sur la production de petits, les prélèvements, les taux de reproduction annuels, la structure par âge de la population et les conditions environnementales (p. ex. Tinker *et al.*, 2023; Van de Walle *et al.*, 2025).

Avant 1990, la production annuelle de petits était estimée à l'aide de diverses méthodes, y compris des variantes d'une méthode d'analyse séquentielle de la population, des méthodes de

marquage -et recapture et des relevés aériens (Sergeant, 1975; Benjaminsen et Ørntsland, 1975; Winters, 1978; Cook, 1985; Lavigne *et al.*, 1982; Bowen et Sergeant, 1983). Depuis 1990, des relevés aériens sont réalisés pour déterminer la production de petits chez le phoque du Groenland de l'ANO tous les quatre ou cinq ans (voir Stenson *et al.*, 2022). La méthode de relevé aérien utilisée depuis 1990 consiste à réaliser des relevés de reconnaissance répétés dans toutes les zones où les conditions de glace sont convenables afin de localiser les troupeaux, puis de déployer des émetteurs satellites pour surveiller le mouvement des glaces. De multiples relevés photographiques ou visuels sont ensuite effectués le long de transects en bande durant la période d'allaitement afin de déterminer la distribution temporelle des naissances et de dénombrer les petits.

Il avait été avancé, d'après différentes estimations, que la production de petits en 1978 était d'environ 300 000 à 350 000 (anonyme, 1981), mais les estimations de Bowen et Sergeant font plutôt état d'une production de 506 000 petits en 1978, de 489 000 petits en 1979 et de 534 000 petits en 1983 (Bowen et Sergeant, 1983, 1985). En 1990, la production de petits était estimée à 578 000 (ET = 39 000; Stenson *et al.*, 1993). Elle a atteint 991 400 petits (ET = 58 200) en 2004 avant de s'élever à 1,6 million de petits (ET = 118 000) en 2008 (Stenson *et al.*, 2011). Depuis, la production de petits a diminué pour atteindre 815 900 (ET = 69 500) en 2012 (Stenson *et al.*, 2014, 2022) et 746 500 (ET = 89 800) en 2017 (Stenson *et al.*, 2020b, 2022). La présente étude vise à rendre compte de la production de petits chez le phoque du Groenland dans le golfe et au Front en 2022, d'après les données recueillies à l'aide de la même approche de relevé qui est utilisée depuis 1990.

MÉTHODES

DÉTERMINATION DES ZONES DE MISE BAS

Les concentrations de phoques du Groenland rassemblés pour la mise bas (troupeaux) ont été localisées au moyen de vols de reconnaissance effectués à bord d'aéronefs à voilure fixe et d'hélicoptères couvrant toutes les zones où les conditions de glace étaient convenables et que l'espèce avait utilisées dans le passé (figures 1 et 3). La majeure partie des vols de reconnaissance réalisés à l'aide d'aéronefs à voilure fixe ont été effectués à bord d'appareils (Beechcraft King Air et De Havilland Canada Dash 8) équipés d'un système d'imagerie électro-optique à infrarouge WESCAM MX15 (utilisé pour la surveillance et la reconnaissance) et d'un système de repérage haute définition à photosensibilité élevée offrant plusieurs facteurs de grossissement qui permettent de détecter les concentrations de phoques à des distances supérieures à 10 km dans toutes les directions. L'un des deux hélicoptères Bell 429 utilisés pour effectuer des vols de reconnaissance (du 26 février au 8 mars) était muni d'un système WESCAM MX10 semblable.

Dans le sud du golfe, des relevés de reconnaissance ont été effectués du 26 février au 9 mars dans les zones entourant les îles de la-Madeleine. La couverture de glace de première année était relativement faible dans le sud du golfe au cours de cette période. La zone couverte par les vols de reconnaissance effectués à bord d'aéronefs à voilure fixe et d'hélicoptères dans le sud du golfe a une superficie d'environ 39 000 km² et s'étend entre 46° 10' N et 48° 20' N, et entre 60° 20' O et 64° 33' O. D'après les cartes obtenues auprès du [Service canadien des glaces](#) (figure 2), la couverture de glace y était principalement composée de jeune glace (épaisseur de 15 à 30 cm) et de petites concentrations de glace mince de première année (épaisseur de 30 à 70 cm). Des recherches ont été menées durant plusieurs jours dans cette zone afin de réduire au minimum le risque que des concentrations de phoques rassemblés pour la mise bas ne soient pas détectées.

Au Front et dans le nord du golfe, des vols de reconnaissance ont été effectués à bord d'aéronefs à voilure fixe presque tous les jours (lorsque les conditions météorologiques le permettaient) au cours de la période du 5 au 22 mars. En général, des transects systématiques orientés selon un axe est-ouest et espacés de 10 à 20 km ont été effectués de manière répétée à une altitude d'environ 230 m. Les transects s'étendaient depuis le rivage ou la lisière côtière de la banquise jusqu'à la lisière de la banquise au large, soit entre 49° 20' N et 54° 00' N au Front et entre le détroit de Belle Isle (environ 51° 50' N) et la lisière sud des glaces (environ 50° 40' N) dans le nord du golfe (figure 3). En outre, les données sur la dérive des glaces indiquent que, lors du vol de reconnaissance du 5 mars, une couverture de glace était présente aussi loin au nord que 54° 30' N dans la vaste zone couverte par le vol de reconnaissance du 16 mars (figure 3). Par conséquent, toute zone de mise bas située au nord de la zone de reconnaissance initiale aurait été détectée lors du vol de reconnaissance du 16 mars. Près de 156 000 km² ont été couverts par les vols de reconnaissance effectués au Front et dans le nord du golfe (figure 1).

Des émetteurs GPS reliés par satellite ont été déployés dans les zones de mise bas localisées afin de surveiller les mouvements de la banquise pendant la période de relevé (figure 4).

ESTIMATIONS DE L'ABONDANCE

La production de petits a été estimée à l'aide de la même méthode de relevé par transects en bande qui est utilisée depuis 1990 (Stenson *et al.*, 1993, 2002, 2003, 2005, 2011, 2014, 2020b). Les relevés ont été planifiés de manière à ce qu'ils coïncident avec la période où un maximum de petits sont présents (c.-à-d. le moment où la plupart des petits sont nés), et les conditions de glace et les prévisions météorologiques ont aussi été prises en considération.

Les relevés ont été conçus d'après l'information recueillie lors des vols de reconnaissance et la dérive estimée des glaces afin de maximiser le nombre de transects et faire en sorte que chaque zone de mise bas puisse être entièrement couverte en une journée.

Relevés photographiques

Comme lors du relevé du phoque du Groenland de 2017 (Stenson *et al.*, 2020b), les relevés photographiques aériens de 2022 ont été effectués à bord d'aéronefs à voilure fixe (Piper Navajo) équipés d'une seule caméra numérique Vexcel pointée vers le bas et connectée à un réseau de disques durs de grande capacité. Les caméras étaient munies d'objectifs d'une longueur focale de 100 mm et montées dans des cadres hydrauliques de compensation du mouvement pour réduire au minimum les effets du tangage, du roulis et des embardées de l'aéronef. Les capteurs CCD des caméras présentaient un espacement de 7,2 µm par pixel et recueillaient des données en noir et blanc et en couleurs à chaque image. Un aéronef a été utilisé dans le sud et le nord du golfe, et deux aéronefs ont été utilisés simultanément au Front.

Les relevés ont été effectués à une vitesse de 110 nœuds et à une altitude de 330 m. À cette altitude, l'empreinte d'image sur la glace des deux caméras était d'environ 215 m sur l'axe de vol et de 325 m perpendiculairement à celui-ci. La superficie de la zone couverte a été estimée d'après les fichiers d'images géoréférencées pour faire en sorte que l'estimation soit la plus exacte possible. Les caméras numériques avaient une résolution d'environ 2,4 cm pour les objets au sol lors des vols effectués à 330 m. Plusieurs images non traitées étaient examinées après chaque jour de vol afin de vérifier si le système d'imagerie avait bien fonctionné tout au long de la journée et d'ajuster les paramètres de la caméra pour les relevés suivants au besoin.

Des images séquentielles ont été prises le long des lignes de transect. Les images étaient prises automatiquement selon un intervalle prédéfini pour obtenir une couverture de 90 % le long de la ligne de transect, ce qui a permis de recueillir des images sans chevauchement le

long des transects. Il est toutefois possible que la vitesse prescrite pour la réalisation des relevés n'ait pas été respectée systématiquement à cause de forts vents contraires ou arrière, ce qui pourrait avoir entraîné un chevauchement des images prises le long d'un transect. Le cas échéant, les petits présents dans la zone de chevauchement (déterminée à l'aide du logiciel QGIS) n'étaient dénombrés que sur une seule des deux images pour éviter qu'ils ne soient comptés en double. L'espacement entre les lignes de transect a été déterminé en fonction de l'étendue de la zone de relevé et du temps disponible pour effectuer le relevé. S'il restait suffisamment de temps une fois les transects prévus réalisés, des transects étaient ajoutés (ce qui avait pour effet de réduire l'espacement) pour améliorer la résolution du relevé dans les zones où la densité de petits était relativement élevée. Dans le cas où l'espacement des transects était modifié au cours d'un relevé, un vol était effectué le long d'un minimum de trois lignes adjacentes à espacement égal afin d'estimer la variance (voir ci-dessous). Les lignes de transect étaient espacées de 0,93 à 18,5 km (de 0,5 à 10 milles marins), selon la configuration et la taille du troupeau.

Les lignes de transect ont été conçues avant les vols, et le nombre de transects, la longueur des lignes de transect et l'espacement des transects ont été modifiés durant les relevés photographiques en fonction des conditions de glace et de l'emplacement des petits. Les caméras étaient allumées avant que l'aéronef survole des petits le long de la ligne de transect, et elles étaient éteintes lorsqu'aucun petit n'était observé pendant une période prolongée (> 15 km) le long d'une ligne de transect ou en eaux libres. La plupart des transects prenaient fin une fois que toutes les zones présentant des conditions de glace convenables pour la mise bas avaient été couvertes. Généralement, un transect « sans petit » était réalisé à chaque extrémité de la zone de relevé (aux extrémités nord et sud pour les transects orientés selon un axe est-ouest et aux extrémités est et ouest pour les transects orientés selon un axe nord-sud) lors de chaque relevé pour assurer une délimitation adéquate de la zone occupée par les petits. Dans le cas où la zone occupée par les petits était entourée d'eaux libres ou de glaces non convenables, le transect « sans petit » n'était pas effectué, mais il était tout de même pris en compte dans l'analyse à des fins statistiques.

Le troupeau de phoques du Groenland dans le sud du golfe a fait l'objet de deux relevés photographiques les 5 et 9 mars (figure 5). Ces deux relevés ont pu être réalisés grâce aux conditions météorologiques et à la taille relativement petite du troupeau, et les données recueillies ont permis de calculer la production moyenne de petits pour ce troupeau. Les transects effectués dans le sud du golfe étaient orientés selon un axe est-ouest. Les relevés photographiques des deux rassemblements qui ont formé le troupeau du nord du golfe ont été effectués le long de transects orientés selon un axe nord-sud les 11 et 12 mars (figure 6). Les deux troupeaux au Front ont fait l'objet de relevés distincts qui ont été effectués les 16 et 25 mars et dont les transects étaient orientés selon un axe est-ouest (figure 7). Des relevés ont été entrepris au Front les 19 et 24 mars, mais ils ont dû être interrompus à cause de mauvaises conditions météorologiques, et ils ne sont pas pris en compte dans la présente étude.

Lecture des photographies et correction des erreurs de lecture

Les images géoréférencées ont été lues à l'aide du système d'information géographique QGIS, version 3.26 (QGIS.org, 2022). Après une période de formation initiale, les images ont été analysées par quatre lecteurs : un lecteur a lu toutes les images des deux relevés du sud du golfe, un autre lecteur a lu toutes les images des deux relevés du nord du golfe et les images des deux relevés réalisés au Front ont été lues par les deux autres lecteurs (tableau 1). Chaque photographie a été soumise à une analyse visuelle, et les petits détectés ont été marqués, un fichier de forme a ensuite été créé pour chaque relevé (figures 5 à 7). Une fois toutes les

photographies analysées, chaque lecteur a relu une série de 25 photographies dans l'ordre. Il s'agissait de vérifier l'exactitude et la répétabilité des lectures, et d'atteindre un écart de 5 % ou moins entre les dénombrements des première et deuxième lectures. Dans les cas où l'écart entre les dénombrements était supérieur à 5 %, les dénombrements de la première lecture étaient remplacés par ceux de la deuxième lecture.

Pour corriger les erreurs de lecture, tous les lecteurs ont analysé une série de 50 images sélectionnées au hasard parmi les images prises lors de chaque relevé. Les fichiers de forme produits ont été superposés dans un espace de travail QGIS aux fins de comparaison. Les petits détectés par tous les lecteurs sur une image étaient considérés comme des identifications exactes. Les petits détectés par une partie des lecteurs étaient réexaminés par un cinquième lecteur expérimenté pour déterminer si ces identifications étaient exactes. Les identifications exactes ont été compilées pour chaque image afin d'établir la « meilleure estimation » du nombre de petits.

La « meilleure estimation » a été modélisée pour chaque lecteur comme suit :

$$y_k = a + bn_k + u_k \quad (1)$$

Où n_k est le dénombrement initial de la k^{e} photographie, a est l'interception, b est la pente et u_k est une composante aléatoire.

Dans tous les cas, l'interception n'était pas significativement différente de zéro et la régression a donc été répétée en supposant une interception nulle. Le nombre de petits par photographie pour chaque relevé a été corrigé à l'aide de l'estimation appropriée pour chaque lecteur qui a analysé le relevé en question:

$$\hat{n}_k = \hat{b}n_k \quad (2)$$

L'erreur de mesure associée à la variation autour de la régression (V_{meas}) a été estimée pour chaque photographie selon la méthode décrite par Salberg *et al.* (2008). L'erreur de mesure pour chaque photographie a été estimée comme suit :

$$V_k^m = \hat{\sigma}^2 + \text{var}(\hat{b})n_k^2 \quad (3)$$

Où σ_2 est l'estimation de la variance de la composante aléatoire u , estimée comme la variance des résiduels de l'équation de régression. L'erreur de mesure pour l'ensemble du relevé est déterminée par l'équation suivante :

$$V_i^m = W_i^2 \left[\sum_{j=1}^{J_i} \left(\frac{l_j}{F_j} \right)^2 P_j \hat{\sigma}^2 + \text{var}(\hat{b}) \left(\sum_{j=1}^{J_i} \frac{l_j}{F_j} \sum_{k=1}^{P_j} n_k \right)^2 \right] \quad (4)$$

Où :

- F_j est la longueur totale des photographies sur un transect (c.-à-d. $F_j = \sum_{k=1}^{P_j} f_{jk}$), où f_{jk} étant la longueur de la photographie (k) dans le transect j ;
- P_j est le nombre total de photographies sur le transect j ;
- I_j est la longueur du transect j ;

-
- $W_i = S_i / w_i$, où W_i est un facteur de pondération pour le i^e troupeau, S_i est l'espacement entre les transects dans le troupeau i , et w_i est la largeur des transects dans le troupeau i .

Analyse des relevés

Les relevés photographiques étaient fondés sur un plan d'échantillonnage systématique comportant un point de départ aléatoire unique et une unité d'échantillonnage de transect de longueur variable. Le plan de relevé de base et les analyses sont demeurés essentiellement inchangés depuis le premier relevé effectué en 1990, seules quelques modifications mineures y ont été apportées (Stenson *et al.*, 1993, 2002, 2003, 2005, 2011, 2014, 2020b). Le nombre de petits (N_i) pour le i^e relevé a été estimé par l'équation :

$$N_i = W_i \sum_{j=1}^{J_i} x_j \quad (5)$$

où x_j est le nombre total de petits sur le j^e transect.

Pour les relevés photographiques sans chevauchement des images :

$$x_j = \frac{l_j \sum_{k=1}^{P_j} \hat{n}_{j,k}}{F_j} \quad (6)$$

Dans le cas où l'espacement des transects changeait dans la zone de relevé, chaque zone où l'espacement était homogène était traitée comme un relevé distinct (Kingsley *et al.*, 1985), et le nombre estimatif de petits était obtenu par l'équation :

$$N_i = W_i \left[x_{il} / 2 + \sum_{j=2}^{J_i-1} x_{ij} + x_{iJ_l} / 2 \right] \quad (7)$$

où :

- J_i = est le nombre de transects dans le i^e groupe;
- x_{ij} = est le nombre de petits détectés sur le j^e transect dans le i^e groupe;
- les transects d'extrême sont les limites de la zone de relevé.

La variance du relevé a été estimée en fonction des différences sérielles entre les transects adjacents selon la méthode décrite par Salberg *et al.* (2008) :

$$V_i^s = \frac{W_i J_i}{2(J_i-1)} \left(W_i - \frac{\sum_{j=1}^{J_i} F_j}{\sum_{j=1}^{J_i} l_j} \right) \sum_{j=1}^{J_i-1} (x_j - x_{j+1})^2 \quad (8)$$

Dans le cas où l'espacement des transects changeait, la variance de chaque zone où l'espacement était homogène était obtenue par l'équation :

$$V_i^s = \frac{\left(W_i - \frac{\sum_{j=1}^{J_i} F_j}{\sum_{j=1}^{J_i} l_j} \right)}{2} \sum_{j=1}^{J_i-1} (x_j - x_{j+1})^2 \quad (9)$$

La variance liée aux corrections de lecture (V_i^m) a été ajoutée à la variance associée à l'échantillonnage (V_i^s) pour obtenir la variance totale pour un relevé donné (V_i).

La moyenne des estimations de deux relevés effectués dans la même zone (inversement pondérées par leur variance) a été calculée à l'aide de l'équation :

$$N_i = ((N_1 \times V_2) + (N_2 \times V_1)) / (V_1 + V_2) \quad (10)$$

et la variance d'erreur a été calculée comme suit :

$$V_i = (V_1 \times V_2) / (V_1 + V_2) \quad (11)$$

DISTRIBUTION TEMPORELLE DES NAISSANCES

Le nombre de petits estimé d'après les relevés photographiques doit être corrigé pour tenir compte des petits qui n'étaient pas encore nés au moment des relevés. Plusieurs relevés visant à recueillir des données sur le stade de développement des petits dans les trois zones de mise bas ont été effectués pendant toute la période d'allaitement. Ces relevés ont été réalisés du 26 février au 16 mars dans le sud du golfe (tableau 8; figure 1), du 10 au 17 mars dans le nord du golfe (tableau 9; figure 1) et du 7 au 24 mars au Front (tableau 9; figure 1; figure 8). Au total, sept observateurs ont recueilli des données sur le stade de développement des petits, deux dans le sud du golfe et cinq dans le nord du golfe et au Front.

Des relevés aléatoires en hélicoptère ont été effectués à basse altitude (~45 m) dans des zones de mise bas pour classer chaque petit observé dans l'un des six stades de développement (nouveau-né/jaune, blanchon maigre, blanchon gras, gris, guenillou et brasseur; voir Stewart et Lavigne [1980] pour une description des stades). Dans le sud du golfe, les petits observés ont été classés selon quatre stades de développement (tableau 8) : les blanchons gras ont été regroupés avec les gris (blanchon gras/gris) et les guenillous et les brasseurs ont été combinés (guenillou;brasseur). Pour modéliser la distribution des naissances, les six stades de développement utilisés pour classer les petits observés dans le nord du golfe et au Front (tableau 9) ont été réduits à quatre stades afin que les données correspondent aux données recueillies dans le sud du golfe (tableau 8).

La distribution temporelle des naissances a été estimée à l'aide d'un modèle bayésien de distribution des naissances adapté pour le phoque du Groenland, qui est basé sur le modèle élaboré récemment pour le phoque gris (*Halichoerus grypus*; Mosnier *et al.*, 2023). En résumé, chaque stade de développement (stades 1 à 4) est modélisé selon une distribution gamma, et le taux varie d'un stade à l'autre. Un seul paramètre de forme est utilisé pour tous les stades afin de réduire le nombre de paramètres dans le modèle. Un a priori correspondant à la somme des durées des stades 1 à 3 a également été inclus aux contraintes du modèle. Un cinquième stade (non observé) est inclus dans le modèle pour tenir compte des petits qui n'ont pas pu être comptés (c.-à-d. les petits qui sont entrés dans l'eau ou ont quitté la zone de relevé). Les transitions entre les stades sont modélisées d'après la somme des distributions gamma modélisant la distribution temporelle des naissances et les durées des stades. Le modèle utilise ces transitions pour estimer la proportion de petits à chaque stade au fil du temps, et la distribution multinomiale de Dirichlet- est utilisée pour ajuster le modèle en fonction des données recueillies sur les stades de développement. Pour plus de détails, voir Mosnier *et al.* (2023).

Des modèles bayésiens de distribution des naissances distincts ont été utilisés pour estimer la proportion de petits qui étaient nés au moment où les relevés ont été effectués dans chacune des trois zones de mise bas (c.-à-d. le sud du golfe, le nord du golfe et le Front). Les modèles bayésiens estiment la date de la première naissance à partir des données recueillies sur les stades de développement des petits. Le 20 février (sud du golfe) et le 3 mars (nord du golfe et Front) sont donc les a priori, qui sont fondés sur les observations faites lors des vols de reconnaissance et les données sur le stade de développement des petits recueillies lors des relevés initiaux, utilisés comme date de la première naissance. Les durées a priori des différents stades sont fondées sur des données publiées, et elles sont de 2,4 jours pour le stade 1 — nouveau-né/jaune, de 4,42 jours pour le stade 2 — blanchon maigre, de 15 jours pour le stade 3 — blanchon gras/gris et de 30 jours pour le stade 4 — guenillou;brasseur

(Kovacs et Lavigne, 1985; Myers et Bowen, 1989; Stewart et Lavigne, 1980; tableau 10). La durée totale des stades 1 à 3 est de 21,82 jours, ce qui est plus long que la période d'allaitement dont la durée est d'environ 12 jours. Cela s'explique par le fait que le stade blanchon gras/gris inclus dans le modèle comprend des petits allaités et des petits indépendants puisque le sevrage a lieu au cours de ces deux stades de développement.

Pour tenir compte des petits qui n'étaient pas nés au moment des relevés photographiques, l'estimation du nombre de petits fondée sur les photographies a été corrigée à l'aide de l'équation suivante :

$$N_i = N_{uncor}/Q_i \quad (12)$$

Où :

- N_i est l'estimation corrigée;
- N_{uncor} est l'estimation non corrigée;
- Q_i est la proportion de naissances estimées avoir eu lieu avant le relevé.

Les estimations de Q_i et de N_{uncor} sont indépendantes et, par conséquent, la variance d'erreur est calculée à l'aide de l'équation de Mood *et al.* (1974) :

$$V_i = (N_{uncor}^2 \times V_p/Q_i^4) + V_n/Q_i^2 \quad (13)$$

Où :

- V_i est la variance de l'estimation corrigée;
- V_n est la variance de l'estimation non corrigée;
- V_p est la variance de la proportion de naissances estimées avoir eu lieu avant le relevé.

Dans le cadre du relevé sur la production de petits de 2017, une version modifiée du modèle de transition élaboré par Myers et Bowen (Bowen *et al.*, 1987; Myers et Bowen, 1989; Stenson *et al.*, 2020b) a été utilisée pour estimer la proportion de petits qui étaient nés au moment des relevés. À titre de comparaison, cette version modifiée du modèle de distribution des naissances de Myers est ajustée d'après les données sur les stades de développement des petits recueillis le long des transects en 2022 (voir l'annexe).

RÉSULTATS

DÉTERMINATION DES ZONES DE MISE BAS

Les vols de reconnaissance en hélicoptère ont commencé le 26 février, et ceux-ci ont permis de localiser un troupeau présentant une forte concentration de petits entre la péninsule gaspésienne et les îles-de-la-Madeleine, à environ 47° 53' N, 63° 10' O, et un deuxième troupeau affichant une plus faible concentration de petits situé à 35 km (à environ 47° 35' N, 63° 8' O) au sud du premier rassemblement (figure 4). La glace a dérivé vers les îles de la Madeleine pendant la période d'allaitement. Lors du premier relevé (5 mars), le troupeau se trouvait à environ 100 km au sud-est de l'endroit où il avait été détecté initialement (figure 4).

Dans le nord du golfe, un troupeau relativement dense a été localisé le 10 mars à la jonction du nord du golfe du Saint-Laurent et du détroit de Belle Isle, au sud de Blanc-Sablon (Québec), à environ 51° 15' N, 57° 03' O. Le même jour, un rassemblement plus petit comprenant plusieurs centaines de petits a été observé à 25 km au large de St. Barbe (Terre-Neuve), à environ 51° 10' N, 57° 12' O (figure 4).

Au Front, un rassemblement de femelles allaitantes a été observé pour la première fois le 5 mars, à environ 53° 27' N, 54° 45' O, 65 km à l'est de Black Tickle, dans le sud du Labrador (nord du Front, figure 1). Le même jour, un deuxième rassemblement a été repéré à environ 90 km au sud du premier et 85 km à l'est de Williams Harbour (52° 39' N, 54° 28' O). Le 10 mars, deux petits troupeaux ont été observés à environ 85 km à l'est de St. Anthony et 100 km au nord de l'île Fogo, respectivement. Une violente tempête hivernale a frappé cette zone au cours de la nuit du 12 mars et une bonne partie de la journée du 13 mars, ce qui a entraîné la fragmentation des radeaux de glace de mer et une détérioration rapide des conditions de glace. Le 25 mars, les troupeaux de Williams Harbour, de St. Anthony et de l'île Fogo s'étaient rassemblés pour former un seul grand troupeau (sud du Front, figure 8). Les déplacements des trois troupeaux ont été surveillés au moyen d'émetteurs GPS reliés par satellite déployés près de la lisière des glaces où des concentrations de petits avaient été observées (figure 4). Des vols de reconnaissance ont été effectués au nord des zones occupées par ces troupeaux jusqu'au 16 mars, mais aucune autre concentration de petits n'a été repérée.

RELEVÉS SUR LA PRODUCTION DE PETITS

Correction des erreurs de lecture

Des facteurs de correction des relevés photographiques ont été élaborés pour tous les relevés. Les régressions des « meilleurs dénombrem ents » appliquées aux dénombrem ents des lecteurs étaient significatives et comprenaient toutes la valeur zéro. L'ajustement aux régressions était assez bon, car les corrections n'étaient que de 1 à 5 % environ (tableau 1). Il y avait très peu d'écart entre les dénombrem ents des quatre lecteurs pour toutes les images analysées.

Estimations des relevés

Sud du golfe

Des relevés photographiques ont été réalisés les 5 et 9 mars dans le sud du golfe. Un total de 16 transects orientés selon un axe est-ouest ont été effectués le 5 mars, et 5 457 petits ont été détectés sur 2 233 images, ce qui donne une production estimative de 65 973 petits (ET = 36 411; CV = 55 %; tableau 2; figure 5). Le 9 mars, des photographies ont été prises le long de 14 transects orientés selon un axe est-ouest et 4 702 petits ont été comptés sur 2 626 photographies, ce qui correspond à une production d'environ 60 565 petits (ET = 46 030; CV = 76 %; tableau 4; figure 5). Un espace ment de 3,7 km (2 milles marins) entre les transects a été utilisé pour les deux relevés effectués dans le sud du golfe. Lors du relevé du 5 mars, il n'a pas été possible d'effectuer le transect « sans petit » à l'extrême nord de la zone de relevé à cause des conditions météorologiques défavorables. L'observateur qui était à bord de l'aéronef a observé des petits au nord de la zone de relevé, mais compte tenu des coordonnées indiquées par les émetteurs GPS les deux jours et de l'étendue de la zone de mise bas le 9 mars (figure 4), il est raisonnable de supposer que peu de petits, voire aucun, auraient été détectés le long d'un transect situé 3,7 km au nord du transect le plus au nord réalisé lors du relevé, et que tout biais négatif potentiel aurait été faible.

Nord du golfe

Le plus grand des deux troupeaux repérés dans le nord du golfe a fait l'objet d'un relevé photographique le 11 mars (figure 6). Ce relevé comprenait 24 transects orientés selon un axe nord-sud et espacés de 1,9 km (1 mille marin) les uns des autres (tableau 4). Étant donné que la zone de relevé était bordée par des eaux libres et des glaces non convenables, aucun

transect « sans petit » n'a été effectué aux extrémités est et ouest. Par conséquent, il a été supposé que des transects « sans petit » avaient été réalisés à chaque extrémité aux fins d'analyse. Au total, 7 102 petits ont été détectés sur 1 528 photographies, ce qui donne une production estimative de 45 747 petits ($ET = 8\,623$; $CV = 19\%$; tableau 4). Le plus petit des deux troupeaux présents dans le nord du golfe a fait l'objet d'un relevé le 12 mars (figure 6). L'espacement des transects était de 0,93 km (0,5 mille marin), et seuls 5 transects ont été nécessaires pour couvrir l'ensemble de la zone de mise bas. Un seul petit a été détecté le long de la ligne de transect la plus à l'ouest, et celle-ci constituait le dernier transect réalisable à cause de la détérioration des conditions de glace. Il a été supposé qu'un transect « sans petit » avait été réalisé à l'extrême ouest. Seuls 148 petits ont été dénombrés sur 266 photographies, ce qui donne une production estimative de 460 petits ($ET = 315$; $CV = 69\%$; tableau 5). Il n'a pas été possible d'effectuer un deuxième relevé visuel ou photographique de ces troupeaux parce qu'une tempête survenue en fin de journée a entraîné des vents violents et une dérive des glaces.

Nord du Front

Le relevé photographique du 16 mars a été divisé en deux blocs séparés par une étroite bande d'eau libre (figure 7). Le bloc nord comprenait 6 transects orientés selon un axe est-ouest et espacés de 5,6 km (3 milles marins) les uns des autres, et le bloc sud était composé de 6 transects espacés de 11,1 km (6 milles marins) les uns des autres. Outre les eaux libres qui séparaient les blocs nord et sud, il y avait aussi une zone d'eau libre au sud du bloc sud. L'émetteur GPS déployé pour indiquer le coin sud-est du bloc sud (figure 7, I) aurait dû se trouver près de la ligne du transect suivant, mais celui-ci n'a pas été réalisé comme prévu à cause de problèmes logistiques. Des petits étaient possiblement présents le long de la ligne de transect prévue (située à 11,1 km au sud des lignes indiquées à la figure 7), mais il a été supposé que des transects « sans petit » avaient été réalisés à chaque extrémité du bloc sud en raison de la présence d'eaux libres. Au total, 5 425 petits ont été dénombrés sur 3 524 photographies (tableau 6). Seuls 7 petits ont été détectés dans le bloc nord. La production totale a été estimée à 186 969 petits ($ET = 40\,761$; $CV = 22\%$; tableau 6).

Sud du Front

En raison de l'augmentation de la dérive des glaces causée par la détérioration des conditions de glace et de l'accroissement de l'étendue des zones d'eau libre, les troupeaux qui avaient été localisés initialement au large de Williams Harbour, de St. Anthony et de l'île Fogo s'étaient réunis pour former un seul grand rassemblement à faible densité au moment du relevé photographique du 25 mars (figure 8). Ce relevé consistait en quatre blocs de transects présentant un espacement variable (figure 7). Du nord au sud, les blocs étaient composés de 4 transects espacés de 18,5 km (10 milles marins), de 4 transects espacés de 9,3 km (5 milles marins), de 4 transects espacés de 18,5 km (10 milles marins), et de 8 transects espacés de 7,4 km (4 milles marins; tableau 7). Aucun transect « sans petit » n'a été réalisé en raison de la présence d'eaux libres, mais il a été supposé que des transects « sans petit » avaient été effectués aux extrémités nord et sud de la zone de mise bas. Au total, 7 020 petits ont été dénombrés sur les 6 907 photographies prises le long de 22 transects, ce qui donne une production estimative de 317 039 petits ($ET = 47\,798$; $CV = 15\%$; tableau 7).

MODÉLISATION DE LA DISTRIBUTION TEMPORELLE DES NAISSANCES

Le modèle bayésien est bien ajusté aux données sur les stades de développement recueillies dans les trois zones (figures 10 à 12). Les durées des stades 1 à 3 estimées par le modèle bayésien étaient à peu près semblables pour les trois zones (tableau 10). La durée du stade 2

était supérieure à la durée a priori dans les trois zones, et la durée du stade 3 était inférieure à la durée a priori dans le nord du golfe et au Front (tableau 10; figures 10 à 12).

Il a été estimé que la première naissance est survenue plus tôt que les années précédentes dans toutes les zones (figures 10 à 12). Dans le sud du golfe, la date de la première naissance estimée par le modèle est le 16 février (IC à 95 % : du 12 au 19 février). Cette date est appuyée par les observations de blanchons gras/gris (petits âgés de 12 à 15 jours) faites lors du relevé sur le stade de développement des petits réalisé le 3 mars (tableau 8). Il a été estimé que la mise bas avait commencé au même moment dans le nord du golfe (1^{er} mars; IC à 95 % : du 25 février au 4 mars) et au Front (1^{er} mars; IC à 95 % : du 26 février au 3 mars; figures 10 à 12). Les observations de blanchons gras lors du relevé effectué le 10 mars dans le nord du golfe et de blanchons gras/gris lors des relevés réalisés les 11 et 12 mars au Front (St. Anthony et île Fogo; tableau 9) correspondent à la date estimée de la première naissance (1^{er} mars).

Dans le sud du golfe, 99,7 % (IC à 95 % : 98,2-100 %) et 100 % (IC à 95 % : 99,6-100 %) des petits étaient nés au moment des relevés des 5 et 9 mars (tableau 11). Dans le nord du golfe, il a été estimé que 100 % (IC à 95 % : 99,0-100 %) des petits étaient nés au moment du relevé du 11 mars et que 100 % (IC à 95 % : 100-100 %) des petits étaient nés au moment où les relevés des 16 et 25 mars ont été réalisés au Front (tableau 11).

Selon les modèles de distribution des naissances de Myers qui ont été retenus, la proportion estimée de petits qui étaient nés au moment des relevés était de 1,0 dans le sud du golfe, le nord du golf et au Front, ce qui correspond aux résultats du modèle bayésien (voir l'annexe).

ESTIMATION DE LA PRODUCTION TOTALE DE PETITS EN 2022

Compte tenu des résultats des modèles bayésiens de distribution temporelle des naissances, aucune correction pour les petits nés après les relevés n'a été appliquée. Les deux estimations du sud du golfe ont été utilisées pour établir une production estimative moyenne de 63 392 petits (ET = 28 556; CV = 45 %). L'estimation combinée des relevés effectués les 11 et 12 mars dans le nord du golfe est de 46 207 petits (ET = 8 628; CV = 19 %). Les estimations fondées sur les relevés photographiques des troupeaux nord et sud ont été utilisées pour estimer la production estimative totale de petits au Front à 504 009 petits (ET = 62 818; CV = 13 %).

La combinaison de la production estimative moyenne dans le sud du golfe aux estimations du nord du golfe et du Front donne une production estimative totale de 614 100 petits (arrondie à la centaine près) chez le phoque du Groenland de l'ANO en 2022 (ET = 69 500; CV = 11 %; tableau 12).

DISCUSSION

Les méthodes de relevé utilisées dans la présente étude sont essentiellement les mêmes que celles qui sont utilisées pour estimer la production de petits chez le phoque du Groenland depuis 1990 (Stenson *et al.*, 1993, 2002, 2003, 2005, 2011, 2014, 2020b). Les résultats des relevés devraient donc être comparables. Les phoques du Groenland sont des animaux sociaux qui forment chaque année de grands rassemblements caractéristiques d'une densité relativement élevée, généralement dans les mêmes zones (Sergeant, 1991). Stenson et Hammill (2014) ont observé que la mise bas chez le phoque du Groenland de l'ANO a lieu dans les zones habituelles même si les conditions de glace sont mauvaises et qu'elles peuvent entraîner de la mortalité. Dans le golfe et au Front, la mise bas n'a été observée à l'extérieur des zones habituelles que dans les cas où la lisière sud des glaces convenables (épaisseur supérieure à 30 cm et couverture spatiale d'au moins six dixièmes) n'atteignait pas ces zones

au moment où les phoques se rassemblaient pour mettre bas (Sergeant, 1991; Hammill et Stenson, 2014). Étant donné que l'omission de zones de mise bas constitue la principale source d'erreur dans ce type de relevé (Myers et Bowen, 1989), des vols de reconnaissance ont été effectués dans toutes les zones du golfe et du Front où les conditions glacielles étaient convenables, et toutes les zones ont fait l'objet de recherches répétées pour éviter que des concentrations de phoques rassemblés pour la mise bas ne soient pas détectées (figure 3). Aucune concentration de phoques rassemblés pour la mise bas n'a été repérée à l'extérieur des zones habituelles lors des nombreux vols de reconnaissance effectués en 2022. Lorsque des troupeaux étaient localisés, des émetteurs GPS reliés par satellite étaient déployés pour surveiller les mouvements des glaces (figure 4) et s'assurer que toutes les zones de mise bas fassent l'objet d'un relevé et que tout chevauchement des relevés soit pris en compte (figures 4 à 6).

Le calendrier des relevés sur la production de petits est conçu de manière à maximiser le nombre de petits présents sur la glace au moment des relevés, mais il faut également tenir compte des conditions météorologiques, ainsi que de la probabilité que les glaces ne persistent pas ou qu'elles soient trop étendues pour qu'il soit possible d'effectuer un relevé complet en une seule journée. Idéalement, les relevés photographiques sont effectués après le pic des naissances, mais avant que les petits ne commencent à entrer dans l'eau. Pour tenir compte des naissances qui surviennent après la réalisation des relevés photographiques, il faut estimer la distribution temporelle des naissances, puis déterminer la proportion de petits qui étaient nés au moment des relevés. Cette estimation est produite à l'aide d'un modèle de transition ajusté en fonction de la proportion de petits à chaque stade de développement, qui a été établie d'après les données recueillies lors d'une série de relevés effectués tout au long de la période de reproduction (tableaux 8 et 9). Dans le cadre du relevé de 2017, une version modifiée du modèle de transition élaboré par Myers et Bowen (Bowen *et al.*, 1987; Myers et Bowen, 1989; Stenson *et al.*, 2020b) a été utilisée pour estimer la distribution des naissances. Dans ce modèle, il est présumé que la date de la première naissance est connue et que l'incertitude liée à la durée des stades de développement est connue sans erreur. Le relevé de 2022 a été réalisé à l'aide d'un récent modèle bayésien de distribution des naissances qui a été ajusté pour mettre à jour les estimations de la date de la première naissance et de la durée des stades de développement d'après les données recueillies lors des relevés (Mosnier *et al.*, 2023). Pour les trois zones (sud du golfe, nord du golfe et Front), les modèles sont bien ajustés aux données sur les stades de développement (figures 10 à 12) et les mises à jour des dates de la première naissance (valeurs *a priori*) correspondent aux stades de développement des petits observés lors des relevés réalisés dans chaque zone. À l'instar de ce qui a été observé chez le phoque gris (Mosnier *et al.*, 2023), les résultats de la modélisation indiquent une mise à jour significative de la durée du stade 2, qui serait donc supérieure aux valeurs *a priori* (figure 9 à 11), et les mises à jour les plus importantes ont été constatées dans le sud du golfe et au Front. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour évaluer le comportement du modèle (Mosnier *et al.*, 2023). Toutefois, étant donné que les naissances de phoques du Groenland peuvent survenir en vagues successives dans une zone et que toutes les données recueillies sur les stades de développement dans une même zone ont été combinées, il est possible que l'augmentation estimée de la durée du stade 2 soit attribuable à la présence prolongée de petits à ce stade dans l'ensemble de la zone de relevé plutôt qu'à une prolongation de la durée du stade 2 chez les petits. Compte tenu du fait que la proportion estimée de petits qui étaient nés au moment des relevés est supérieure à 0,997 à toutes les dates des relevés (tableau 11), aucune correction n'a été appliquée pour déterminer la distribution temporelle des naissances. À des fins de comparaison, les mêmes données sur les stades de développement ont été utilisées pour ajuster le modèle modifié de distribution des naissances de Myers. Le modèle

de Myers a estimé la proportion de petits nés au moment des relevés à 1,0 à toutes les dates des relevés (voir l'annexe), ce qui correspond aux résultats du modèle bayésien.

Le nombre de petits obtenu par l'analyse des images doit également être corrigé pour refléter la proportion de petits qui sont photographiés, mais qui ne sont pas détectés par les lecteurs. Comme par le passé, les résultats des dénombrements de phoques basés sur des photographies analysées par des lecteurs ont été normalisés et corrigés pour tenir compte des petits non détectés. Les images de grande qualité obtenues dans le cadre de la présente étude présentaient une très bonne résolution aux altitudes où elles ont été prises lors des relevés, et les corrections des erreurs de lecture étaient donc minimes (tableau 1).

La production estimative de petits dans le sud du golfe en 2022 (63 900; ET = 28 500) a plus que triplé par rapport à l'estimation établie pour la même zone en 2017 (18 300; ET = 1 500; tableau 13). Cependant, l'estimation de 2022 ne représente environ que le tiers (33,5 %) de la production moyenne de petits estimée d'après les six relevés réalisés entre 1990 et 2012. Des vols de reconnaissance ont été effectués du 26 février au 4 mars dans les zones de mise bas habituelles situées entre la péninsule gaspésienne et les îles de la Madeleine afin de délimiter les zones de mise bas (figure 1). En outre, toutes les zones où les conditions de glaces étaient convenables le long des côtes de l'Île-du-Prince-Édouard et de la côte nord-ouest de l'île du Cap-Breton ont été examinées lors de vols de reconnaissance en hélicoptère. Aucun vol de reconnaissance n'a été effectué dans les zones situées au nord de la péninsule gaspésienne, puisque seules des zones d'eau libre et de glace grise non convenables pour la mise bas y ont été observées. Rien n'indique que des naissances ont eu lieu à l'extérieur de la zone de mise bas repérée dans le sud du golfe qui a fait l'objet de relevés (figure 1). La proportion de la production totale de petits dans le sud du golfe était plus élevée en 2022 (10 %) qu'en 2017 (2 %), mais elle demeure inférieure à la proportion observée lors de chacun des six relevés réalisés de 1990 à 2012, et représente moins de la moitié de la production moyenne calculée pour ces relevés (20 %). L'augmentation de la proportion de petits nés dans le sud du golfe en 2022 par rapport à 2017 est probablement attribuable aux conditions de glace légèrement meilleures qui ont été observées dans cette zone en 2022. La couverture totale de glace qui a été observée dans le golfe à la fin du mois de février, ce qui correspond habituellement au début de la période de mise bas dans le sud du golfe, était semblable en 2017 et en 2022 (figure 9). Cependant, les conditions de glace dans le sud du golfe en 2017 étaient caractérisées par la présence de glace grise et d'eau libre (Stenson *et al.*, 2020b, 2022), tandis que les glaces observées en 2022 avaient atteint des stades de formation plus avancés et leur épaisseur était suffisante pour permettre la mise bas du phoque du Groenland (figure 2). En 2022, l'étendue et l'épaisseur des glaces dans le golfe étaient faibles (figure 9), ce qui s'inscrit dans une tendance observée depuis le milieu des années 1990 (Friedlaender *et al.*, 2010; Bajzak *et al.*, 2011; Stenson et Hammill, 2014; Van de Walle, *et al.*, 2025). Cela expliquerait la faible proportion de naissances observées dans le sud du golfe par rapport aux estimations antérieures.

La zone de mise bas du sud du golfe a fait l'objet d'un relevé photographique les 5 et 9 mars (figure 5). Les émetteurs GPS reliés par satellite, qui ont été déployés afin de délimiter la zone de mise bas et de suivre les mouvements des glaces, ont indiqué qu'en général, la concentration de petits s'est très peu déplacée entre les deux dates de relevé. Cependant, la couverture de glace a augmenté d'est en ouest et a diminué du nord au sud. En raison du mauvais temps qui s'annonçait, le vol pour le premier de ces relevés, le 5 mars, a été interrompu avant qu'un transect « sans petit » ait pu être effectué au nord (figure 5). L'observateur à bord de l'aéronef a noté qu'il y avait des petits au nord de la dernière ligne de

transect survolée. Cependant, selon les emplacements de l'émetteur A (figure 4) les deux jours de relevé ainsi que la répartition spatiale des petits dénombrés, il est probable que peu de petits, voire aucun, auraient été dénombrés sur le transect planifié suivant à 3,7 km au nord de la dernière ligne de transect survolée. Étant donné la similitude de l'estimation de la production de petits entre les deux relevés (c.-à-d. 65 973 [ET = 36 411] le 5 mars et 60 565 [ET=46 030] le 9 mars) [tableau 2, tableau 3], on présume que le nombre de petits potentiellement non détectés a été négligeable et ce nombre est pris en compte dans le CV.

Comme dans le sud du golfe, la production estimative de petits dans le nord du golfe en 2022 (46 200; ET = 8 600) était plus de trois fois supérieure à celle en 2017 (13 600; ET = 3 000) [tableau 13]. Bien que l'estimation de 2022 soit inférieure à celles des cinq relevés effectués entre 1994 et 2012, elle représente une proportion de la production totale de petits de l'ANO (9 %) similaire à celles de ces cinq relevés (moyenne de 9 %). Les estimations de la production de petits dans cette zone varient considérablement d'un relevé à l'autre et reflètent souvent le nombre de phoques qui peuvent dériver dans le détroit, ainsi que ceux qui sont en fait nés sur place. L'emplacement de ce troupeau dans l'étroit détroit de Belle Isle et la présence d'eau libre ou de glace grise dans la majeure partie du nord du golfe ont permis une reconnaissance approfondie de cette zone (figure 1). Il est donc peu probable qu'une ou des zones de mise bas aient échappé à la détection. De plus, l'espacement des transects de 1,8 km et de 0,93 km les 11 et 12 mars, respectivement (figure 6), a permis une bonne couverture de cette zone.

La production estimative de petits au Front en 2022 (504 000; ET = 62 800; tableau 13) était la plus basse depuis le relevé de 1994 (447 700; ET = 57 200; tableau 13). La proportion de la production totale de petits chez le phoque du Groenland de l'ANO au Front en 2022 (82 %) vient au deuxième rang, après l'estimation de 96 % pour le relevé de 2017. En plus des vols de reconnaissance quasi-quotidiens effectués au Front du 5 au 22 mars à bord d'hélicoptères et d'aéronefs à voilure fixe, 14 émetteurs GPS reliés par satellite ont été déployés pour surveiller les zones de mise bas au Front. Sur la base des données recueillies lors de ces travaux, nous sommes convaincus que tous les troupeaux ont été détectés et inclus dans les relevés photographiques (figures 1, 4, 7 et 8). Toutefois, il est possible que certains petits n'aient pas été détectés lors des relevés des troupeaux individuels. Des émetteurs GPS ont été déployés les 6 et 7 mars aux coins nord-ouest, sud-ouest et sud-est de la zone de mise bas relevée au large de Black Tickle le 6 mars (figure 1, figure 8). La communication avec l'émetteur déployé dans le coin nord-ouest s'est interrompue le 12 mars au cours d'une forte tempête hivernale dans la région, ce qui laisse croire que le radeau de glace sur lequel il se trouvait s'est peut-être fragmenté. Cet incident, jumelé à la détérioration de la glace observée dans la partie nord de cette zone après la tempête, laisse penser que des petits pourraient avoir été perdus lorsque la glace s'est brisée. Un vol de reconnaissance a été effectué juste au nord de la zone de mise bas du nord du Front, en même temps que le relevé du 16 mars. Ce vol a couvert une zone de glace de mer s'étendant vers le nord sur environ 110 km, et aucun petit n'a été détecté. Il est donc peu probable que des radeaux de glace avec des petits, provenant de la zone où l'émetteur a été perdu, soient passées inaperçus.

En outre, un émetteur situé dans le coin sud-est de la zone de mise bas du nord du Front (figure 7, I) n'a pas été couvert dans le cadre du relevé photographique effectué le 16 mars. Dans le cadre de ce relevé, on a signalé une quantité considérable d'eau libre dans la zone où cet émetteur était situé. Ces eaux libres pourraient expliquer la dérive continue de l'émetteur vers l'est à une vitesse relativement élevée, alors que les autres émetteurs actifs dans cette zone se sont peu déplacés les 16 et 17 mars, puisque la glace se déplace généralement plus rapidement dans les zones où la couverture totale de glace est faible (une grande couverture de glace réduit le mouvement des glaces). Il est possible que des petits qui étaient près de l'émetteur non couvert n'aient pas été détectés dans le cadre du relevé photographique;

toutefois, selon la qualité de la glace signalée dans la zone pendant le relevé et pendant les vols de reconnaissance subséquents, il est peu probable que le nombre de phoques non détectés soit important.

Traditionnellement, la mise bas a lieu plus tard au Front que dans le golfe, et très peu de petits naissent avant le 5 ou le 6 mars. Toutefois, la présence de petits au stade gris (âgés de 12 à 15 jours) dans les troupeaux de St. Anthony et de l'île Fogo (figure 8) les 11 et 12 mars (tableau 9) suggère que, comme en 2017, certaines femelles du golfe se sont déplacées vers le Front pour mettre bas. La date de la première naissance (1^{er} mars) au Front estimée par le modèle, avec une limite inférieure de l'IC le 26 février (ajusté à toutes les données disponibles sur les stades de développement), concorde avec la présence de petits au stade gris le 11 mars (figures 10 à 12). Selon les données disponibles sur les stades de développement (tableau 9), il est impossible de déterminer si une mise bas précoce ne s'est produite que dans les troupeaux de St. Anthony et de l'île Fogo, qui se seraient probablement formés dans la région près du détroit de Belle Isle avant de dériver vers le sud, ou si une mise bas précoce a pu avoir lieu dans toutes les zones. On pense que les femelles du phoque du Groenland font preuve de fidélité aux sites en revenant mettre bas dans la même zone, probablement celle où elles sont nées, chaque année (Sergeant, 1991). Toutefois, on ne sait pas si les femelles qui se déplacent vers le Front, les années où les conditions de glace sont mauvaises dans le golfe, continueront à mettre bas au Front les années suivantes ou si elles retourneront dans le golfe. La présence de glace convenable dans les zones de mise bas habituelles dans le sud et le nord du golfe en 2022 était associée à une proportion plus élevée de la production totale de petits en 2022 (10 % et 8 %, respectivement) par rapport à 2017 (2 % et 2 %, respectivement). Bien que la proportion de petits nés dans le sud du golfe en 2022 était encore inférieure à la moyenne des relevés effectués de 1990 à 2012 (tableau 13), la proportion plus élevée de petits nés dans le golfe en 2022 par rapport à 2017 suggère que les femelles retourneront mettre bas dans le golfe tant qu'une couverture de glace convenable se formera dans les zones de mise bas habituelles.

Avec une estimation de 614 108 (ET = 69 542), la production de petits chez le phoque du Groenland de l'ANO est la plus faible depuis 1994 (tableau 13). Étant donné la date du dernier relevé au Front (25 mars), il est possible que certains des petits nés au début de la période de mise bas aient quitté la glace avant la tenue du relevé. Toutefois, seulement 4 % des petits nés au Front (figures 7 et 8) avaient atteint le stade de brasseur le 24 mars, ce qui laisse croire qu'il est peu probable que cela ait donné lieu à une sous-estimation importante.

La forte tempête hivernale qui s'est produite les 12 et 13 mars a entraîné une détérioration considérable des conditions de glace dans toutes les zones, et il est possible que des petits aient été perdus avant les relevés du 16 mars et du 25 mars au Front. On ne sait pas dans quelle mesure cela a pu avoir une incidence sur l'estimation de la production de petits au Front, mais aucun signe de mortalité importante n'a été détecté lors des vols de reconnaissance et des vols visant à déterminer le stade de développement des petits effectués entre la tempête et le dernier relevé (figure 3). Une grande partie de la mise bas au Front en 2022 était largement répartie sur des radeaux de glace à dérive rapide avec de grandes zones d'eau libre rendant les relevés difficiles. Bien qu'il soit toujours possible que certains petits groupes n'aient pas été détectés, la reconnaissance approfondie menée tout au long de la période de relevé dans toutes les zones signifie qu'il est très improbable que des concentrations importantes n'aient pas été détectées.

REMERCIEMENTS

Nous remercions N. Ollerhead, S. Comeau, G. Furey, J. Foley, B. Stockwood, A. Davies-Marsh, S. Mongrain et S. Aucoin pour leur aide sur le terrain. Nous sommes particulièrement reconnaissants à P. Rivard, E. Fraser, M. Warren et B. Stockwood pour la lecture des

photographies. H. MacRae, I. Henderson, D. Dobbin, P. Wyatt, T. Power et D. Ennis des Services des aéronefs de la Garde côtière canadienne/Transports Canada ont veillé à ce que les relevés effectués à bord d'hélicoptères soient effectués correctement et en toute sécurité, tandis que le capitaine et l'équipage du NGCC *Sir William Alexander* nous ont apporté leur soutien en mer, et que les compagnies aériennes provinciales et les membres de la Direction de la conservation et de la protection du MPO nous ont aidés pour la reconnaissance et la logistique. Nous tenons également à remercier Airborne Sensing pour la logistique des vols de relevé photographique.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Anonymous. 1981. Report of special meeting of Scientific Council Dartmouth, Canada, 23-26 November 1981. NAFO SCS Doc. 81/X/29, Ser. N477.
- Bajzak C., Hammill M.O., Stenson G.B., Prinsenberg S. 2011. [Drifting away: implications of changes in ice conditions for a pack ice-breeding phocid, the Harp Seal \(*Pagophilus groenlandicus*\)](#). Can. J. Zool. 89: 1050-1062.
- Benjaminsen T., Øritsland T. 1975. [The survival of year-classes and estimates of production and sustainable yield of Northwest Atlantic Harp Seals](#). ICNAF Res. Doc. 75/121, Ser. 3625.
- Bowen W.D., Sergeant D.E. 1983. [Mark-recapture estimates of Harp Seal pup \(*Phoca groenlandica*\) production in the northwest Atlantic](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40: 728-742.
- Bowen W.D., Sergeant D.E. 1985. [A Mark-recapture estimate of 1983 Harp Seal pup production in the northwest Atlantic](#). NAFO SCR Doc 85/1/1 Serial No. N935.
- Bowen W.D., Myers R.A., Hay. K. 1987. [Abundance estimation of a dispersed, dynamic population: hooded seals \(*Cystophora cristata*\) in the Northwest Atlantic](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 282–295.
- Burns J.M., Lestyk K.C., Folkow L.P., Hammill M.O., Blix, A.S. 2007. [Size and distribution of oxygen stores in harp and hooded seals from birth to maturity](#). J. Comp. Physiol. B 177: 687–700.
- Cooke J.G. 1985. [Population estimates of northwest Atlantic Harp Seal \(*Phoca groenlandica*\) based on age structure data](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 468-473.
- Friedlaender A.S., Johnston D.W., Halpin P.N. 2010. [Effects of the North Atlantic Oscillation on sea ice breeding habitats of Harp Seals \(*Pagophilus groenlandicus*\) across the North Atlantic](#). Prog. Oceanogr. 86: 261–266.
- Hammill M.O., Stenson G.B. 2014. [Changes in ice conditions and potential impact on harp seal pupping](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/025. iv + 14p.
- Jonsen I.D., Grecian W.J., Phillips L., Carroll G., McMahon C., Harcourt R.G., Hindell M.A., Patterson T.A. 2023. [aniMotum, an R package for animal movement data: Rapid quality control, behavioural estimation and simulation](#). Methods Ecol. Evol. 14: 806–816.
- Kingsley M.C.S., Stirling I., Calvert W. 1985. [The distribution and abundance of seals in the Canadian high Arctic](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1189-1210.
- Kovacs K.M., Lavigne, D.M. 1985. [Neonatal growth and organ allometry of Northwest Atlantic Harp Seals \(*Phoca groenlandica*\)](#). Can. J. Zool. 63: 2793-2799.
- Lavigne D.M., Innes S., Kalpakis K., Ronald K. 1982. An aerial census of western Atlantic Harp Seals (*Pagophilus groenlandicus*) using ultraviolet photography. ICNAF Res. Doc. 75/XII/144, Ser. 3717.
- Mood A.M, Graybill F.A., Boes, D.C. 1974. Introduction to the Theory of Statistics. 3rd Edition. McGraw-Hill, Toronto, Ontario, Canada.
- Mosnier, A., den Heyer, C.E., Stenson, G.B., et Hammill, M.O. 2023. [Modélisation bayésienne de la distribution des naissances de phoques gris et évaluation du moment de la récolte](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/052. iv + 39 p.
- Myers R.A., Bowen W.D. 1989. [Estimating bias in aerial surveys of harp seal pup production](#). J. Wildl. Manag. 53: 361-372.

QGIS.org, 2022. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.

- Salberg A-B., Haug T., Nilssen K.T. 2008. [Estimation of hooded seals \(*Cystophora cristata*\) pup production in the Greenland Sea pack ice during the 2005 whelping season.](#) Polar Biol. 31: 867-878.
- Sergeant D.E. 1975. Estimating numbers of Harp Seals. Rapp. p.-v. réun. – Cons. int. explor. mer. 169: 274-280.
- Sergeant D.E. 1991. Harp seals, man and ice. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 114: 153 p.
- Stenson G.B., Hammill M.O. 2014. [Can ice breeding seals adapt to habitat loss in a time of climate change?](#) ICES J. Mar. Sci. 71: 1977-1986.
- Stenson G.B., Myers R.A., Hammill M.O., Ni I-H., Warren W.G., Kingsley M.C.S. 1993. [Pup production of Harp Seals *Phoca groenlandica*, in the northwest Atlantic.](#) Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2429-2439.
- Stenson G.B., Hammill M.O., Kingsley M.C.S., Sjare B., Warren W.G., Myers R.A. 2002. [Is there evidence of increased pup production in Northwest Atlantic Harp Seals, *Pagophilus groenlandicus*?](#) ICES J. Mar. Sci. 59:81-92.
- Stenson G.B., Rivest L.-P., Hammill M.O., Gosselin J.-F., Sjare B. 2003. [Estimating pup production of Harp Seals, *Phoca groenlandica*, in the Northwest Atlantic.](#) Mar. Mamm. Sci. 19: 141-160.
- Stenson G.B., Hammill M.O., Lawson J.W., Gosselin J.F., Haug T. 2005. [2004 Pup Production of Harp Seals,](#) DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/037. ii + 34 p.
- Stenson G.B., Hammill M.O., Lawson J.W. 2011. [How many Harp Seal pups are there? Additional results from the 2008 surveys.](#) DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/137. iv + 19 p.
- Stenson G.B., Hammill M.O., Lawson J.W., Gosselin J.-F. 2014. [Estimating pup production of Northwest Atlantic Harp Seals,](#) DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2014/057. v + 43 p.
- Stenson G.B., Haug T., Hammill M.O. 2020a. [Harp Seals: Monitors of Change in Differing Ecosystems.](#) Front. Mar. Sci. 7.
- Stenson, G.B., Gosselin, J-F., Lawson, J.W., Buren, A., Goulet, P., Lang, S.L.C., Nilssen, K. et M.O. Hammill. 2020. [Estimation de la production de petits chez le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest, *Pagophilus groenlandicus*, en 2017.](#) Secr. can.de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2020/056.
- Stenson G.B., Gosselin J.-F., Lawson J.W., Buren A., Goulet P., Lang S.L.C., Nilssen K.T., Hammill M.O. 2022. [Pup production of harp seals in the Northwest Atlantic in 2017 during a time of ecosystem change.](#) NAMMCO Sci. Publ. 12.
- Stewart R.E.A., Lavigne D.M. 1980. [Neonatal growth of Northwest Atlantic Harp Seals, *Pagophilus groenlandicus*.](#) J. Mammal. 61: 670-680.
- Tinker, M.T., Stenson, G.B., Mosnier, A., et Hammill, M.O. 2023. [Estimation de l'abondance des phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest à l'aide d'une approche de modélisation bayésienne.](#) Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/068. iv + 60 p.

Van de Walle, J., Tinker, M.T., Lang, S.L.C., Stenson, G.B., et Hammill, M.O. 2025. [Estimation d'abondance pour le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest \(*Pagophilus groenlandicus*\), et avis sur la récolte pour 2025-2029.](#) Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2025/070. v + 59 p.

Winters G.H. 1978. [Production, mortality, and sustainable yield of Northwest Atlantic Harp Seals \(*Pagophilus groenlandicus*\)](#). J. Fish. Res. Board. Can. 35: 1249-1261.

TABLEAUX

Tableau 1 : Statistiques de régression utilisées pour corriger la non-détection de petits du phoque du Groenland sur les photographies. Chaque lecteur a lu au moins 50 photographies pour élaborer la régression. Le nombre total de photographies lues, l'interception, la pente et la valeur ajustée r^2 sont présentés. ET, erreur type.

Date du relevé	Zone	Lecteur	Photos lues	Pente (ET)	r^2	Erreur aléatoire
5 mars	Sud du golfe	PR	1 687	1,029 (0,003)	0,9996	0,643
9 mars	Sud du golfe	PR	3 014	1,010 (0,003)	0,9996	1,688
11-12 mars	Nord du golfe	BS	2 106	1,012 (0,003)	0,9997	0,060
16 mars	Nord du Front	EF	4 485	1,011 (0,006)	0,9984	0,100
25 mars	Sud du Front	MW	4 907	1,026 (0,011)	0,9944	0,097
25 mars	Sud du Front	EF	2 113	1,049 (0,013)	0,9928	0,099

Tableau 2 : Nombre de petits du phoque du Groenland dénombrés sur les transects est-ouest et production estimative de petits tirée du relevé photographique de la zone de mise bas du sud du golfe du Saint-Laurent (sud du golfe) le 5 mars 2022. ET, erreur type.

Transect	Latitude	Longitude de début	Longitude de fin	Espacement des transects (m)	Longueur des transects (m)	Photos	Couverture (%)	Petits dénombrés	Petits sur le transect	Nombre estimatif de petits
1*	47° 57,0'	-	-	3 700	-	-	-	0	0,0	0,0
2	47° 55,0'	-62° 1,1'	-62° 14,5'	3 700	16 684	72	97	653	694,6	7 756,9
3	47° 53,0'	-62° 7,1'	-61° 48,7'	3 700	23 028	99	95	3 186	3 462,6	38 791,4
4	47° 51,0'	-61° 49,0'	-62° 4,1'	3 700	18 798	81	96	2	2,1	23,8
5	47° 49,0'	-62° 3,7'	-61° 46,6'	3 700	21 384	92	95	1 278	1 383,5	15 403,7
6	47° 47,0'	-61° 45,9'	-62° 2,8'	3 700	21 148	91	95	31	33,4	371,0
7	47° 45,0'	-61° 55,5'	-62° 3,4'	3 700	9 870	43	97	9	9,6	152,1
7	47° 45,0'	-61° 43,6'	-61° 54,7'	3 700	13 864	60	97	4	4,2	-
8	47° 43,0'	-62° 3,8'	-61° 55,5'	3 700	10 338	45	97	1	1,1	11,7
9	47° 41,0'	-61° 55,5'	-62° 11,7'	3 700	20 210	87	97	29	30,9	340,9
10	47° 39,0'	-62° 10,7'	-61° 55,5'	3 700	19 034	82	97	13	13,8	152,7
11	47° 37,0'	-61° 55,5'	-62° 16,5'	3 700	26 318	113	95	171	184,7	2 039,0
12	47° 35,0'	-62° 16,3'	-61° 55,5'	3 700	26 082	112	97	53	56,1	612,0
13	47° 33,0'	-61° 55,5'	-62° 21,9'	3 700	33 134	142	96	6	6,4	70,8
14	47° 31,0'	-62° 21,9'	-61° 55,5'	3 700	33 134	142	96	3	3,2	35,4
15	47° 29,0'	-61° 55,5'	-62° 21,9'	3 700	33 132	142	96	14	15,0	164,9
16	47° 27,0'	-62° 21,9'	-61° 55,6'	3 700	33 134	142	96	4	4,3	47,1
17	47° 25,0'	-61° 55,6'	-62° 21,9'	3 700	33 134	142	96	0	0,0	0,0
									Total estimatif	65 973
									ET	36 411

* Ligne du zéro supposée, eau libre.

Tableau 3 : Nombre de petits du phoque du Groenland dénombrés sur les transects est-ouest et production estimative de petits tirée du relevé photographique de la zone de mise bas du sud du golfe du Saint-Laurent (sud du golfe) le 9 mars 2022. ET, erreur type.

Transect	Latitude	Longitude de début	Longitude de fin	Espacement des transects (m)	Longueur des transects (m)	Photos	Couverture (%)	Petits dénombrés	Petits sur le transect	Nombre estimatif de petits
1	47° 54,0'	-61° 54,7'	-61° 28,7'	3 700	32 398	136	92	0	0,0	0,0
2	47° 52,0'	-61° 28,7'	-62° 22,0'	3 700	66 474	278	91	1	1,1	12,6
3	47° 50,0'	-62° 17,8'	-61° 28,7'	3 700	61 196	256	91	104	115,8	1 301,9
4	47° 48,0'	-61° 51,2'	-62° 27'	3 700	44 621	186	89	3 868	4 388,8	50 429,1
4	47° 48,0'	-61° 28,7'	-61° 50,9'	3 700	27 596	116	91	38	42,3	0,0
5	47° 46,0'	-62° 29,3'	-61° 28,7'	3 700	75 722	310	88	343	391,7	4 416,7
6	47° 44,0'	-61° 29'	-62° 18,7.0'	3 700	62 158	260	91	102	113,5	1 275,5
7	47° 42,0'	-62° 18,5'	-61° 38'	3 700	50 638	214	90	8	9,0	103,1
8	47° 40,0'	-61° 38,2'	-62° 13,9.0'	3 700	44 636	187	91	34	37,7	423,3
9	47° 38,0'	-62° 13,9'	-61° 48,4'	3 700	31 918	134	90	32	35,8	404,9
10	47° 36,0'	-61° 48,4'	-62° 13,7'	3 700	31 676	133	90	152	170,5	1 938,4
11	47° 34,0'	-62° 16,8.0'	-61° 52,3'	3 700	30 718	129	90	6	6,8	77,1
12	47° 32,0'	-61° 52,5'	-62° 12,8.0'	3 700	25 438	107	89	1	1,1	12,9
13	47° 30,0'	-62° 12,4'	-61° 50,6'	3 700	27 358	115	89	13	14,7	169,1
14	47° 28,0'	-61° 49,4'	-62° 1,7'	3 700	15 360	65	88	0	0,0	0,0
								Total estimatif	60 565	
								ET	46 030	

Tableau 4 : Nombre de petits du phoque du Groenland dénombrés sur les transects nord-sud et production estimative de petits tirée du relevé photographique de la grande zone de mise bas du nord du golfe du Saint-Laurent (nord du golfe) le 11 mars 2022. ET, erreur type.

Transect	Longitude	Latitude de début	Latitude de fin	Espacement des transects (m)	Longueur des transects (m)	Photos	Couverture (%)	Petits dénombrés	Petits sur le transect	Nombre estimatif de petits
1*	-57° 27,0'	-	-	1 852	-	-	-	0	0,0	0,0
2	-57° 25,0'	51° 8,4'	51° 27,8'	1 852	35 999	151	91	78	86,8	488,3
3	-57° 23,0'	51° 28,6'	51° 18,3'	1 852	18 959	95	90	32	36,0	205,8
4	-57° 22,0'	51° 18,2'	51° 26,2'	1 852	14 879	91	92	97	106,2	593,4
5	-57° 20,0'	51° 26,2'	51° 20,4'	1 852	10 799	81	92	167	184,7	1 048,0
6	-57° 18,0'	51° 20,3'	51° 26,7'	1 852	11 999	112	93	430	467,8	2 599,3
7	-57° 17,0'	51° 26,5'	51° 16,8'	1 852	17 999	92	91	407	454,1	2 574,5
8	-57° 15,0'	51° 11,3'	51° 25,6'	1 852	26 399	104	90	236	264,8	1 503,6
9	-57° 14,0'	51° 25,7'	51° 11,8'	1 852	25 679	49	90	120	134,3	761,6
10	-57° 12,0'	51° 11,5'	51° 23,5'	1 852	22 129	52	89	54	61,4	352,8
11	-57° 10,0'	51° 23,9'	51° 11,7'	1 852	22 559	63	90	38	42,9	246,0
12	-57° 9,0'	51° 11,4'	51° 23,1'	1 852	21 598	63	90	182	205,8	1 181,9
13	-57° 7,0'	51° 23,2'	51° 12,9'	1 852	19 200	80	90	302	338,7	1 928,9
14	-57° 56,0'	51° 9,7'	51° 24,1'	1 852	26 638	55	90	354	400,1	2 289,5
15	-57° 40,0'	51° 24,2'	51° 12,5'	1 852	21 840	65	91	71	79,0	446,6
16	-57° 24,0'	51° 12,3'	51° 25,7'	1 852	24 718	34	90	121	136,1	775,8
17	-57° 8,0'	51° 25,5'	51° 19,3'	1 852	11 521	42	92	411	450,5	2 532,4
18	-56° 59,0'	51° 19,0'	51° 25,6'	1 852	12 239	63	92	2 007	2 209,7	12 461,4
19	-56° 58,0'	51° 26,4'	51° 18,4'	1 852	14 879	63	91	877	974,2	5 521,3
20	-56° 56,0'	51° 16,7'	51° 24,7'	1 852	14 880	46	90	414	467,4	2 689,9
21	-56° 54,0'	51° 24,8'	51° 17,9'	1 852	12 959	51	91	449	500,7	2 853,1
22	-56° 53,0'	51° 17,3'	51° 25,6'	1 852	15 359	76	90	255	286,2	1 639,3
23	-56° 51,0'	51° 25,4'	51° 21,1'	1 852	7 919	111	90	147	164,7	955,9
24	-56° 50,0'	51° 20,8'	51° 26,1'	1 852	9 839	108	93	15	16,4	91,8
25	-56° 48,0'	51° 27,4'	51° 19,4'	1 852	14 878	93	91	1	1,1	6,3
26*	-56° 46,0'	-	-	1 852	-	-	-	0	0,0	0,0
									Total estimatif	45 747
									ET	8 623

* Ligne du zéro supposée, eau libre.

Tableau 5 : Nombre de petits du phoque du Groenland dénombrés sur les transects nord-sud et production estimative de petits tirée du relevé photographique de la petite zone de mise bas du nord du golfe du Saint-Laurent (nord du golfe) le 12 mars 2022. ET, erreur type.

Transect	Longitude	Latitude de début	Latitude de fin	Espacement des transects (m)	Longueur des transects (m)	Photos	Couverture (%)	Petits dénombrés	Petits sur le transect	Nombre estimatif de petits
1*	-57° 12,6'	-	-	926	0	-	-	0	0,0	0,0
2	-57° 11,8'	51° 6,0'	50° 58,1'	926	14 640	62	91	1	1,1	3,1
3	-57° 11,0'	50° 59,0'	51° 6,0'	926	12 961	55	90	17	19,0	54,4
4	-57° 10,2'	51° 0,2'	51° 6,0'	926	10 800	46	92	125	137,3	386,8
5	-57° 9,4'	51° 6,0'	50° 59,0'	926	12 960	55	92	5	5,5	15,5
6	-57° 8,6'	51° 6,0'	50° 59,9'	926	11 280	48	90	0	0,0	0,0
								Total estimatif	460	
								ET	315	

* Ligne du zéro supposée, eau libre.

Tableau 6 : Nombre de petits du phoque du Groenland dénombrés sur les transects est-ouest et production estimative de petits tirée du relevé photographique de la zone de mise bas du nord du Front (nord du Front) le 16 mars 2022. ET, erreur type.

Transect	Latitude	Longitude de début	Longitude de fin	Espacement des transects (m)	Longueur des transects (m)	Photos	Couverture (%)	Petits dénombrés	Petits sur le transect	Nombre estimatif de petits
1	52° 57,0'	-53° 50.3,0'	-52° 45,2'	5 550	32 398	136	92	0	0,0	0,0
2	52° 54,0'	-53° 48.3,0'	-52° 39,4'	5 550	66 474	278	91	1	1,1	18,9
3	52° 51,0'	-52° 26,0'	-53° 45,9'	5 550	20 876	88	91	0	0,0	0,0
4	52° 48,0'	-52° 31.3,0'	-53° 41,6'	5 550	61 196	256	91	2	2,2	37,6
5	52° 45,0'	-53° 39.4,0'	-52° 36,4'	5 550	8 400	36	92	4	4,4	74,7
6	52° 42,0'	-53° 37.8,0'	-52° 22,8'	5 550	42 716	180	91	0	0,0	0,0
7*	52° 39,0'	-	-	5 550	-	-	-	0	0,0	0,0
7*	52° 39,0'	-	-	11 100	-	-	-	0	0,0	0,0
8	52° 33,0'	-52° 14.8,0'	-53° 18,1'	11 100	71 500	299	91	494	547,9	18 711,9
9	52° 27,0'	-51° 37.5,0'	-53° 22,0'	11 100	118 308	496	99	1 781	1 811,6	56 570,7
10	52° 21,0'	-53° 17.5,0'	-51° 47,6'	11 100	101 974	426	91	1 304	1 453,3	49 413,7
11	52° 15,0'	-51° 44,0'	-53° 11,5'	11 100	99 574	416	97	831	865,2	27 468,9
12	52° 9,0'	-51° 31.9,0'	-53° 7,4'	11 100	108 930	455	93	401	435,2	14 485,7
13	52° 3,0'	-53° 3.8,0'	-51° 27,9'	11 100	109 648	458	97	607	635,3	20 187,2
14*	51° 47,0'	-	-	11 100	-	-	-	0	0,0	0,0
								Total estimatif	186 969	
								ET	40 761	

* Ligne du zéro supposée, eau libre.

Tableau 7 : Nombre de petits du phoque du Groenland dénombrés sur les transects est-ouest et production estimative de petits tirée du relevé photographique de la zone de mise bas du sud du Front (sud du Front) le 25 mars 2022. ET, erreur type.

Transect	Latitude	Longitude de début	Longitude de fin	Espacement des transects (m)	Longueur des transects (m)	Photos	Couverture (%)	Petits dénombrés	Petits sur le transect	Nombre estimatif de petits
1*	51° 34,0'	-	-	18 500	-	-	-	0	0,0	0
2	51° 24,0'	-52° 0,0'	-52° 50,1'	18 500	58 074	243	94	482	526,7	28 699,7
3	51° 14,0'	-51° 29,1'	-52° 49,9'	18 500	94 072	393	87	562	660,4	38 587,1
4	51° 4,0'	-52° 49,8'	-52° 24,3'	18 500	29 758	125	98	112	117,1	17 572,4
4	51° 4,0'	-52° 20,6'	-52° 15,7'	18 500	5 760	25	99	99	102,2	0
4	51° 4,0'	-52° 8,3'	-51° 59,0'	18 500	10 800	46	96	107	114,1	0
5	50° 54,0'	-52° 50,1'	-51° 30,6'	18 500	93 196	389	89	218	252,2	7 289,6
5	50° 54,0'	-52° 50,1'	-51° 30,6'	9 250	93 196	389	0	218	252,2	3 644,8
6	50° 49,0'	-51° 33,1'	-52° 49,6'	9 250	89 808	379	88	444	517,3	15 158,6
7	50° 44,0'	-52° 0,5'	-52° 49,5'	9 250	57 592	241	96	205	219,8	12 949,6
7	50° 44,0'	-51° 47,0'	-51° 57,7'	9 250	12 480	53	94	169	184,1	0
7	50° 44,0'	-51° 31,7'	-51° 40,7'	9 250	10 558	45	94	68	74,5	0
7	50° 44,0'	-51° 23,2'	-51° 24,6'	9 250	1 680	8	105	3	3,1	0
8	50° 39,0'	-53° 20,1'	-51° 26,9'	9 250	133 426	557	92	579	646,6	17 959,5
9	50° 34,0'	-51° 26,4'	-53° 20,2'	9 250	134 384	560	86	539	643,1	9 532,9
9	50° 34,0'	-51° 26,4'	-53° 20,2'	18 500	134 384	560	0	539	643,1	19 065,7
10	50° 24,0'	-53° 34,3'	-52° 38,0'	18 500	66 710	280	98	679	708,2	50 625,4
10	50° 24,0'	-52° 33,8'	-52° 21,0'	18 500	15 118	64	96	23	24,6	0
10	50° 24,0'	-52° 14,7'	-51° 36,0'	18 500	45 834	192	93	193	212,0	0
10	50° 24,0'	-51° 29,4'	-51° 27,7'	18 500	1 920	9	103	0	0,0	0
10	50° 24,0'	-51° 23,7'	-51° 20,6'	18 500	3 600	16	99	2	2,1	0
11	50° 14,0'	-53° 20,3'	-51° 26,3'	18 500	135 586	566	87	331	389,4	22 870,8
12	50° 4,0'	-52° 39,2'	-53° 20,1'	18 500	48 714	204	96	224	239,3	24 818,4
12	50° 4,0'	-52° 26,8'	-52° 36,0'	18 500	11 038	47	95	101	108,9	0
12	50° 4,0'	-51° 56,2'	-52° 23,5'	18 500	32 638	137	82	72	90,3	0
13	49° 54,0'	-52° 57,0'	-53° 20,2'	18 500	27 836	117	90	9	5,2	5 724,6
13	49° 54,0'	-52° 51,4'	-52° 52,8'	18 500	1 680	8	105	1	0,5	0
13	49° 54,0'	-52° 45,3'	-52° 47,1'	18 500	2 160	10	99	2	1,1	0

Transect	Latitude	Longitude de début	Longitude de fin	Espacement des transects (m)	Longueur des transects (m)	Photos	Couverture (%)	Petits dénombrés	Petits sur le transect	Nombre estimatif de petits
13	49° 54,0'	-52° 26,5'	-52° 42,9'	18 500	19 676	83	89	14	8,1	0
13	49° 54,0'	-52° 8,8'	-52° 20,7'	18 500	14 160	60	89	53	30,7	0
13	49° 54,0'	-51° 57,0'	-52° 6,8'	18 500	11 756	50	89	54	31,2	0
13	49° 54,0'	-51° 20,2'	-51° 57,0'	18 500	33 840	142	86	33	20,2	0
13	49° 54,0'	-51° 20,2'	-51° 21,4'	18 500	1 438	7	101	2	1,1	0
13	49° 54,0'	-52° 57,0'	-53° 20,2'	7 400	27 836	117	90	9	5,2	2 289,4
13	49° 54,0'	-52° 51,4'	-52° 52,8'	7 400	1 680	8	105	1	0,5	0
13	49° 54,0'	-52° 45,3'	-52° 47,1'	7 400	2 160	10	99	2	1,1	0
13	49° 54,0'	-52° 26,5'	-52° 42,9'	7 400	19 676	83	89	14	8,1	0
13	49° 54,0'	-52° 8,8'	-52° 20,7'	7 400	14 160	60	89	53	30,7	0
13	49° 54,0'	-51° 57'	-52° 6,8'	7 400	11 756	50	89	54	31,2	0
13	49° 54,0'	-51° 20,2'	-51° 57,0'	7 400	33 840	142	86	33	20,2	0
13	49° 54,0'	-51° 20,2'	-51° 21,4'	7 400	1 438	7	101	2	1,1	0
14	49° 48,0'	-52° 8,3'	-52° 6,9'	7 400	1 698	8	105	8	8,4	3 018,9
14	49° 48,0'	-52° 5,0'	-51° 20,0'	7 400	53 996	225	90	106	123,9	0
15	49° 44,0'	-51° 24,2'	-52° 5,0'	7 400	48 958	205	108	259	271,7	6 162,5
15	49° 44,0'	-51° 10,0'	-51° 16,4'	7 400	7 680	33	90	1	1,2	0
16	49° 40,0'	-52° 14,1'	-51° 5,1'	7 400	83 038	347	91	232	266,8	14 435,4
17	49° 36,0'	-52° 5,8'	-51° 8,5'	7 400	69 020	287	92	327	373,4	0
18	49° 32,0'	-52° 4,8'	-51° 8,5'	7 400	67 920	284	92	137	156,2	3 469,4
19	49° 28,0'	-52° 6,2'	-51° 36,8'	7 400	35 518	149	89	51	60,2	1 376,8
19	49° 28,0'	-51° 28,8'	-51° 8,0'	7 400	25 198	106	76	101	139,1	3 727,3
20	49° 24,0'	-51° 55,4'	-51° 51,3'	7 400	5 040	22	91	4	4,6	1 759,6
20	49° 24,0'	-51° 48,5'	-51° 36,4'	7 400	14 642	62	92	64	72,9	0
20	49° 24,0'	-51° 24,1'	-51° 3,2'	7 400	25 200	106	93	76	85,3	6301
21	49° 20,0'	-51° 34,2'	-51° 29,8'	7 400	5 280	23	91	28	32,3	0
21	49° 20,0'	-51° 23,7'	-51° 2,7'	7 400	25 440	107	89	133	156,1	0
22*	49° 16,0'	-	-	7 400	-	-	-	0	0,0	0
										Total estimatif 317 039
										ET 47 798

* Ligne du zéro supposée, eau libre.

Tableau 8 : Nombre de petits du phoque du Groenland dénombrés aux différents stades dépendants de l'âge dans la zone de mise bas du sud du golfe du Saint-Laurent (sud du golfe) entre le 26 février et le 16 mars 2022.

Zone	Date	Nouveau-né	Blanchon maigre	Blanchon gras/Gris	Guenillou/Brasseur	Total
Sud du golfe	26 févr.	23	249	0	0	272
Sud du golfe	3 mars	66	793	476	0	1 335
Sud du golfe	4 mars	5	279	204	0	480
Sud du golfe	9 mars	3	19	206	0	228
Sud du golfe	10 mars	2	22	513	0	537
Sud du golfe	14 mars	0	11	2 139	45	2 195
Sud du golfe	16 mars	0	5	1 004	39	1 048

Tableau 9 : Nombre de petits du phoque du Groenland dénombrés aux différents stades dépendants de l'âge dans les troupeaux du nord du golfe du Saint Laurent (nord du golfe) et du Front entre le 10 et le 24 mars 2022. Voir la figure 1 et la figure 7 pour l'emplacement des zones.

Zone	Troupeau	Date	Nouveau-né	Blanchon maigre	Blanchon gras	Gris	Guenillou	Brasseur	Total
Nord du golfe	Blanc-Sablon	10 mars	28	341	131	0	0	0	500
Nord du golfe	Blanc-Sablon	10 mars	0	53	0	0	0	0	53
Nord du golfe	Blanc-Sablon	14 mars	0	98	400	60	0	0	561
Nord du golfe	St. Barbe	14 mars	0	46	23	1	0	0	70
Nord du golfe	Blanc-Sablon	17 mars	0	25	502	243	9	1	780
Front	Black Tickle	7 mars	174	1 179	0	0	0	0	1 353
Front	Williams Harbour	11 mars	1	593	104	0	0	0	698
Front	St. Anthony	11 mars	9	86	36	5	0	0	136
Front	St. Anthony	12 mars	0	430	167	13	0	0	610
Front	Île Fogo	12 mars	0	120	67	13	0	0	200
Front	Black Tickle	15 mars	0	128	1 184	97	0	2	1 411
Front	Williams Harbour	16 mars	0	38	597	114	3	3	755
Front	Williams Harbour	17 mars	0	1	11	1	1	0	14
Front	St. Anthony	17 mars	0	48	194	123	3	0	368
Front	Île Fogo	17 mars	0	7	73	42	1	0	123
Front	Black Tickle	19 mars	0	6	611	521	22	0	1 160
Front	St. Anthony	24 mars	0	0	30	196	180	15	421

Tableau 10 : Renseignements provenant du modèle bayésien de distribution des naissances, y compris la forme et les échelles antérieures ainsi que les durées, formes et échelles estimées pour les quatre stades dans le sud et le nord du golfe du Saint-Laurent (sud du golfe, nord du golfe) et au Front. et, erreur-type.

Région	Stade	Forme (antérieure)	Échelle (antérieure)	Durée (d; moyenne ± et; est)	Forme (moyenne ± et; est)	Échelle (moyenne ± et; est)
Sud du golfe	1; Nouveau-né/chat (jaune)	18,5	7,5	2,14 ± 0,61	18,49 ± 1,32	8,58 ± 1,42
	2; Blanchon maigre	18,5	4	6,81 ± 1,63	18,49 ± 1,32	2,57 ± 0,41
	3; Blanchon gras/Gris	18,5	1,2	16,53 ± 2,76	18,49 ± 1,32	0,90 ± 0,09
	4; Guenillou/Brasseur	18,5	0,6	-	18,49 ± 1,32	0,58 ± 1,19
	Somme (stades 1 à 3)	-	-	25,49 ± 2,61	-	-
Nord du golfe	1; Nouveau-né/chat (jaune)	18,5	7,5	2,50 ± 0,79	18,25 ± 1,25	7,62 ± 1,45
	2; Blanchon maigre	18,5	4	6,20 ± 1,73	18,25 ± 1,25	3,12 ± 0,54
	3; Blanchon gras/Gris	18,5	1,2	12,66 ± 3,29	18,25 ± 1,25	1,55 ± 0,38
	4; Guenillou/Brasseur	18,5	0,6	-	18,25 ± 1,25	0,30 ± 0,87
	Somme (stades 1 à 3)	-	-	21,37 ± 2,94	-	-
Front	1; Nouveau-né/chat (jaune)	18,5	7,5	2,81 ± 0,95	17,97 ± 1,42	6,72 ± 1,48
	2; Blanchon maigre	18,5	4	7,32 ± 177	17,97 ± 1,42	2,52 ± 0,20
	3; Blanchon gras/Gris	18,5	1,2	11,89 ± 2,29	17,97 ± 1,42	1,54 ± 0,14
	4; Guenillou/Brasseur	18,5	0,6	-	17,97 ± 1,42	0,52 ± 0,95
	Somme (stades 1 à 3)	-	-	22,02 ± 2,55	-	-

Tableau 11 : Proportions estimées de petits du phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest sur la glace au moment des relevés.

Zone	Type de relevé	Date	Estimation	Intervalle de confiance	Correction appliquée
Sud du golfe	Photo	5 mars	0,997	De 0,982 à 1,000	Non
Sud du golfe	Photo	7 mars	1,000	De 0,996 à 1,000	Non
Nord du golfe	Photo	11 mars	1,000	De 0,990 à 1,000	Non
Front	Photo	16 mars	1,000	De 1,000 à 1,000	Non
Front	Photo	25 mars	1,000	De 1,000 à 1,000	Non

Tableau 12 : Production estimative de petits du phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest en 2022. Les estimations en caractères gras sont utilisées dans le total final. ET, écart type. CV, coefficient de variation.

Zone	Troupeau	Date	Estimation	ET	CV
Sud du golfe	-	5 mars	65 973	36 411	0,552
	-	9 mars	60 565	46 030	0,760
		Moyenne	63 892	28 557	0,447
Nord du gole	Blanc-Sablon	11 mars	45 747	8 623	0,188
	St. Barbe	12 mars	460	315	0,686
		Combinés	46 207	8 628	0,187
Front	Nord	16 mars	186 969	40 761	0,218
	Sud	25 mars	317 039	47 798	0,151
		Combinés	504 009	62 818	0,125
Total			614 108	69 542	0,113

Tableau 13 : Production estimative de petits du phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest (arrondie à la centaine près) à partir des relevés aériens effectués depuis 1990 (avec l'écart-type entre parenthèses), et proportion des naissances dans chaque composante. ET : erreur type.

Année	Sud du golfe	Proportion	Nord du golfe	Proportion	Front	Proportion	Total
1990	106 000 (23 000)	0,18	4 400 (1 300)	0,01	467 000 (31 000)	0,81	578 000 (39 000)
1994	198 600 (24 200)	0,28	57 600 (13 700)	0,08	446 700 (57 200)	0,64	702 900 (63 600)
1999	176 200 (25 400)	0,18	82 600 (22 500)	0,08	739 100 (96 300)	0,74	997 900 (102 100)
2004	261 000 (25 700)	0,26	89 600 (22 500)	0,09	640 800 (46 900)	0,65	991 400 (58 200)
2008	287 000 (27 600)	0,17	172 600 (22 300)	0,1	1 185 000 (112 500)	0,72	1 644 500 (117 900)
2012	115 500 (15 100)	0,14	74 100 (12 400)	0,09	626 200 (66 700)	0,77	815 900 (69 500)
2017	18 300 (1 500)	0,02	13 600 (3 000)	0,02	714 600 (89 700)	0,96	746 500 (89 800)
2022	63 900 (28 500)	0,10	46 200 (8 600)	0,08	504 000 (62 800)	0,82	614 100 (69 500)
Moyenne	-	0,16	-	0,07	-	0,76	-
ET	-	0,08	-	0,03	-	0,10	-

FIGURES

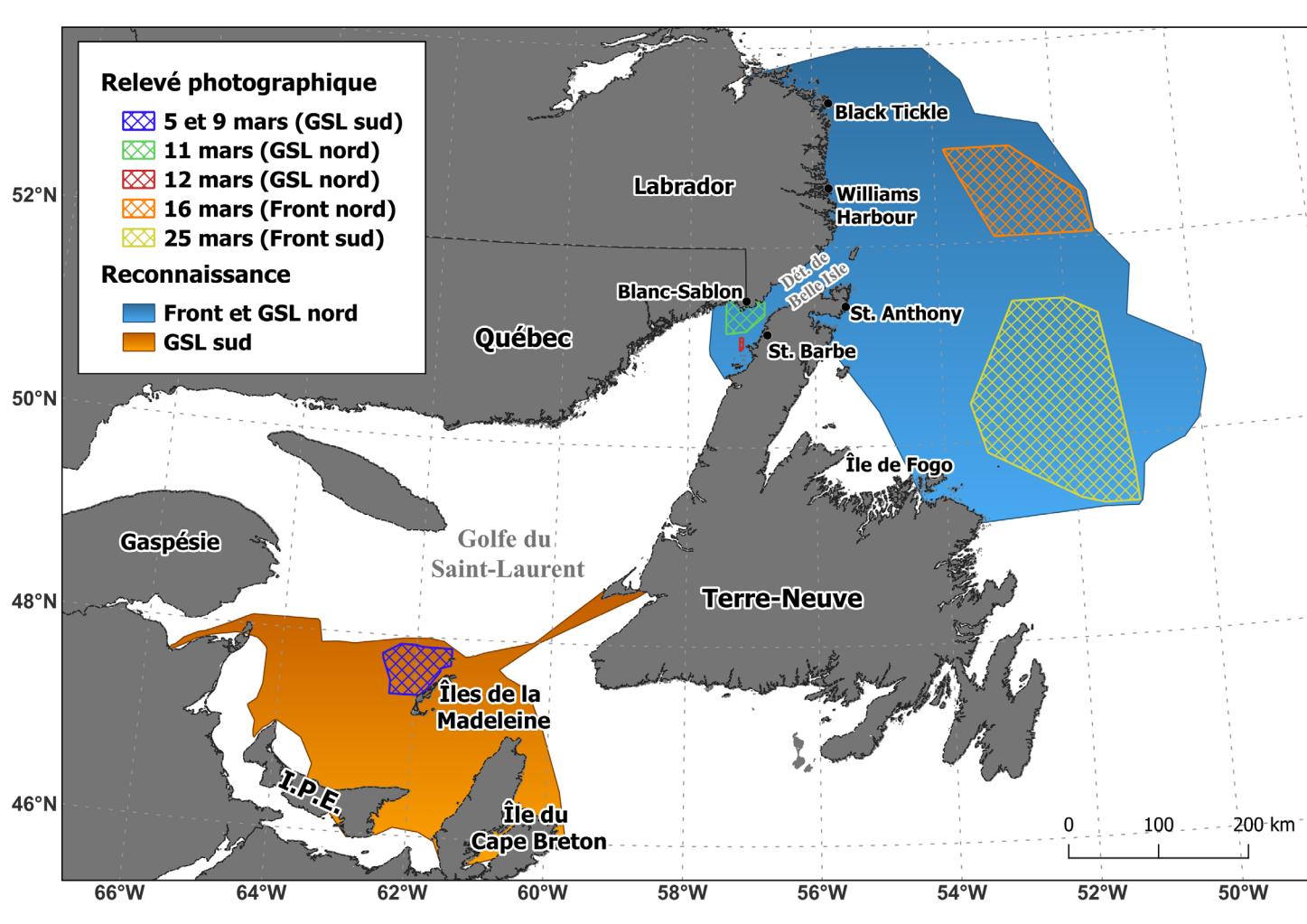


Figure 1 : Zones de reconnaissance et emplacements des troupeaux repérés pendant le relevé sur le phoque du Groenland en 2022.

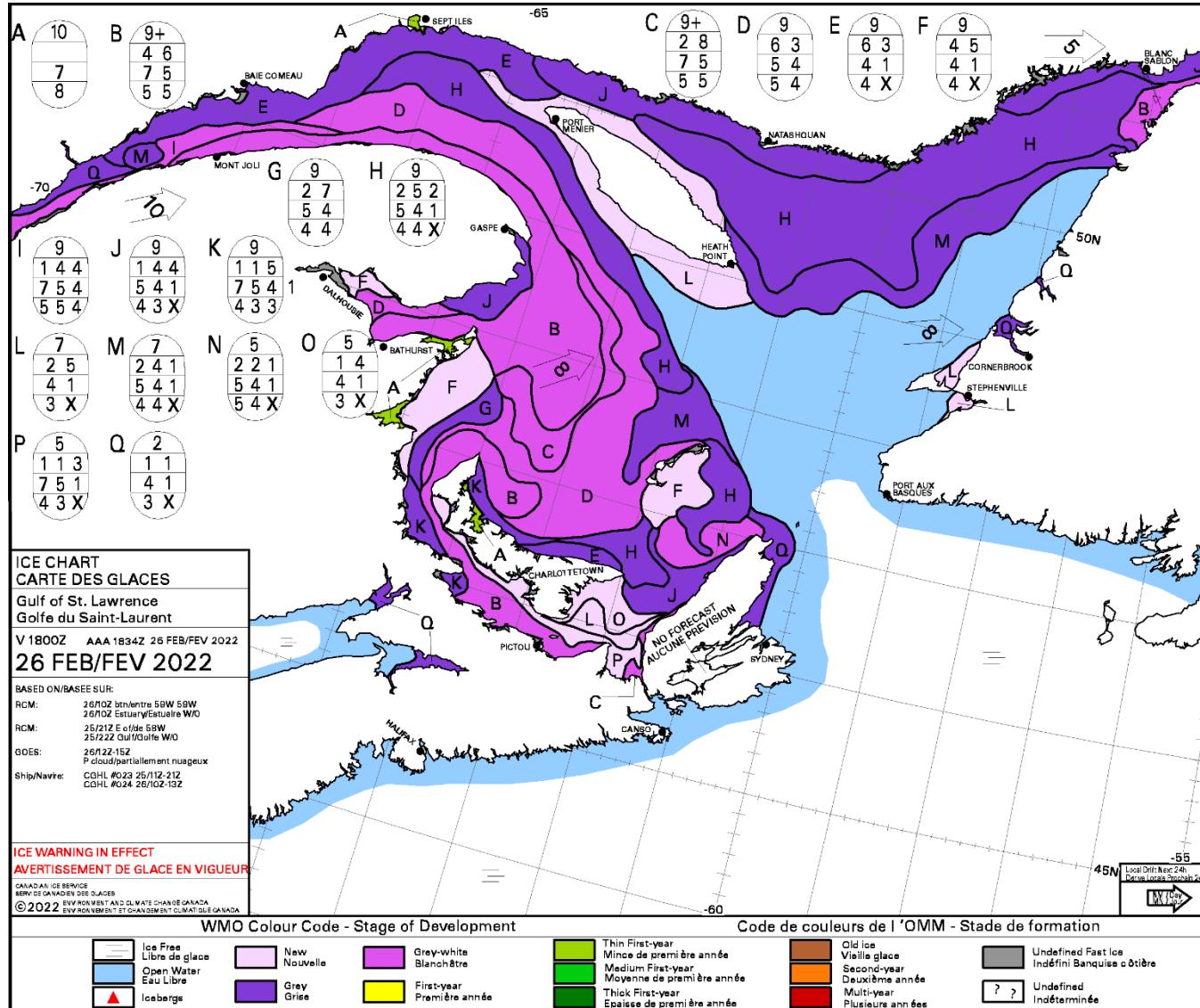


Figure 2 : Carte des glaces montrant l'emplacement des glaces et le type de glace dans le golfe du Saint-Laurent le 26 février 2022 (Source : [Service canadien des glaces](#)).

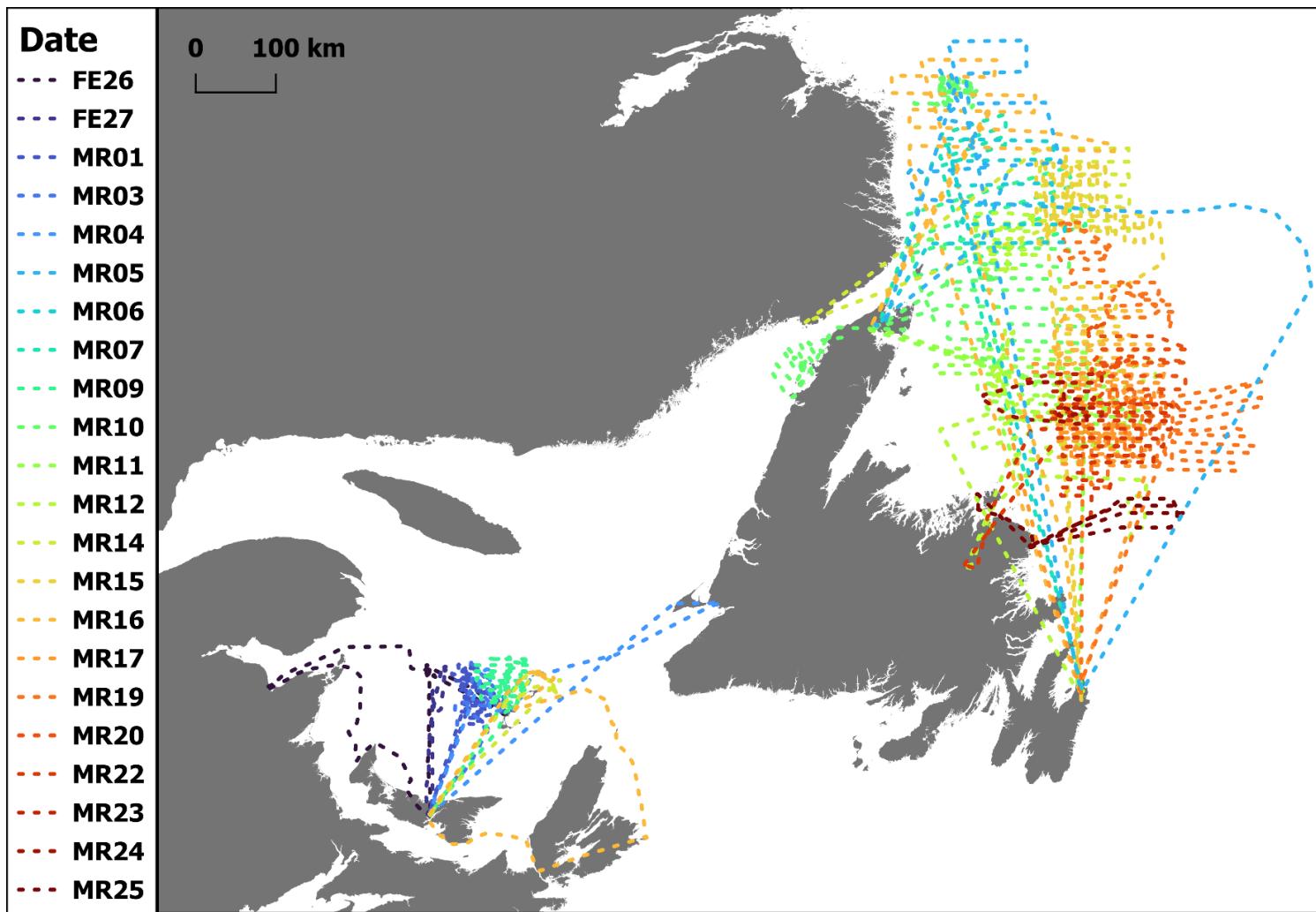


Figure 3 : Effort de reconnaissance quasi-quotidien mené pendant le relevé sur la production de petits chez le phoque du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest, du 26 février au 25 mars 2022.

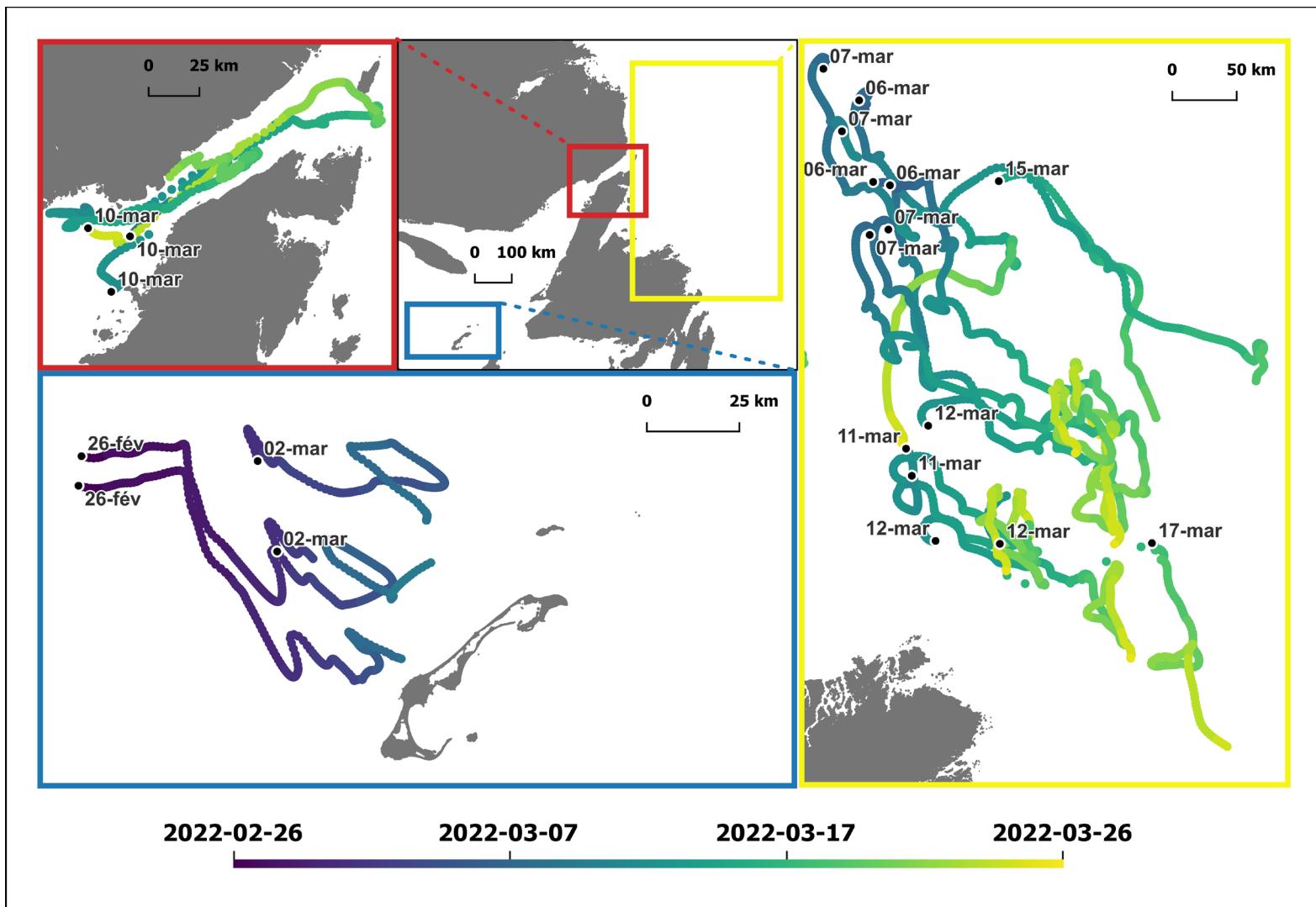


Figure 4 : Déplacement au fil du temps des émetteurs GPS reliés par satellite déployés dans les zones de mise bas pour surveiller les mouvements des glaces pendant le relevé sur le phoque du Groenland de mars 2022 dans le sud du golfe du Saint-Laurent (encadré bleu), dans le nord du golfe du Saint-Laurent (encadré rouge) et au Front (encadré jaune). La date et le lieu de déploiement des émetteurs sont indiqués (points noirs). Les lieux ont été estimés à un intervalle d'une heure à l'aide d'un modèle état-espace de marche aléatoire corrélée utilisant l'ensemble R aniMotum (Jonsen et al., 2023).

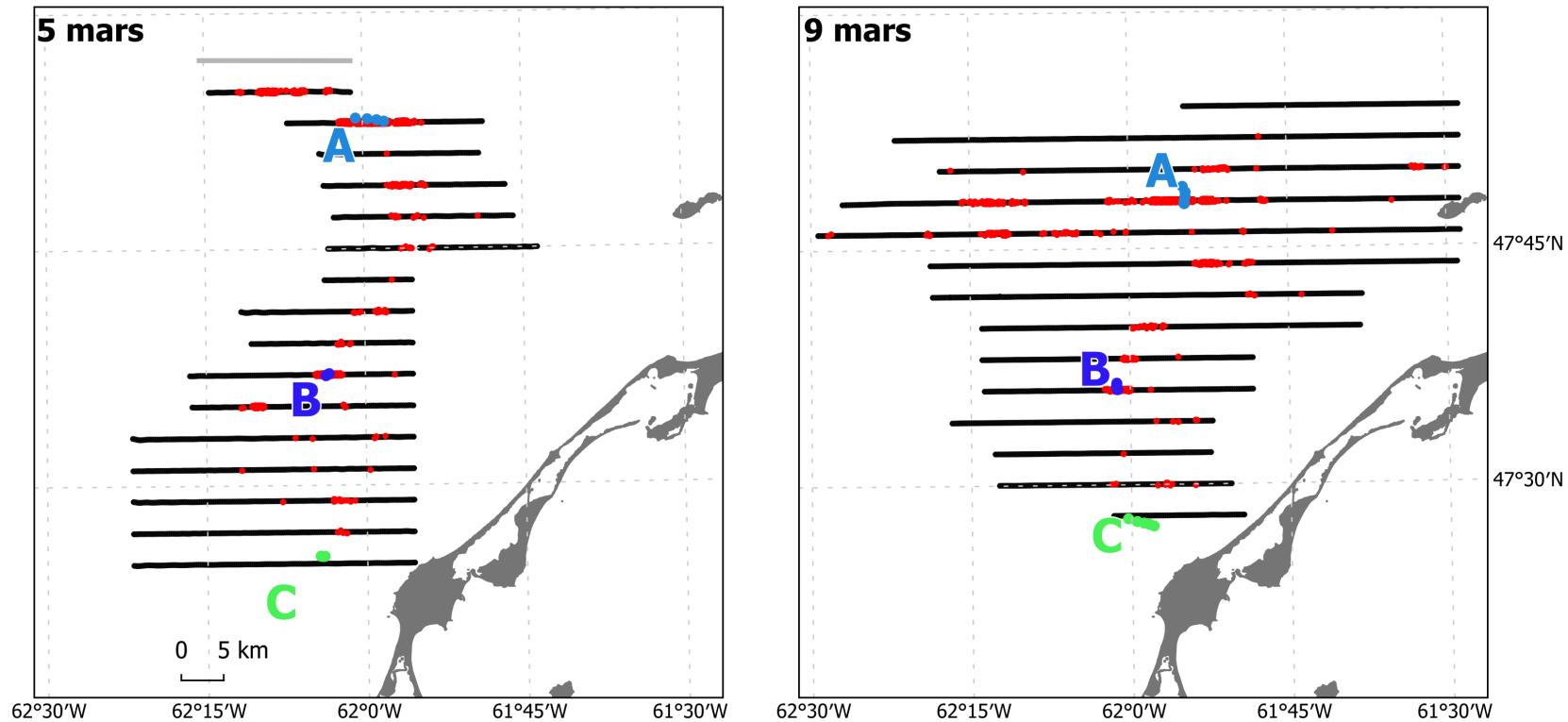


Figure 5 : Transects (lignes noires) des relevés photographiques de la zone de mise bas des phoques du Groenland dans le sud du golfe du Saint-Laurent le 5 mars (à gauche) et le 9 mars (à droite). Les points rouges indiquent l'emplacement des petits pendant les relevés. La ligne grise est un transect supposé sans petit qui n'a pas été photographié en raison de l'absence de glace de mer convenable. Les emplacements de trois émetteurs GPS reliés par satellite (A à C) sont indiqués pour la période de relevé correspondant à chaque carte.

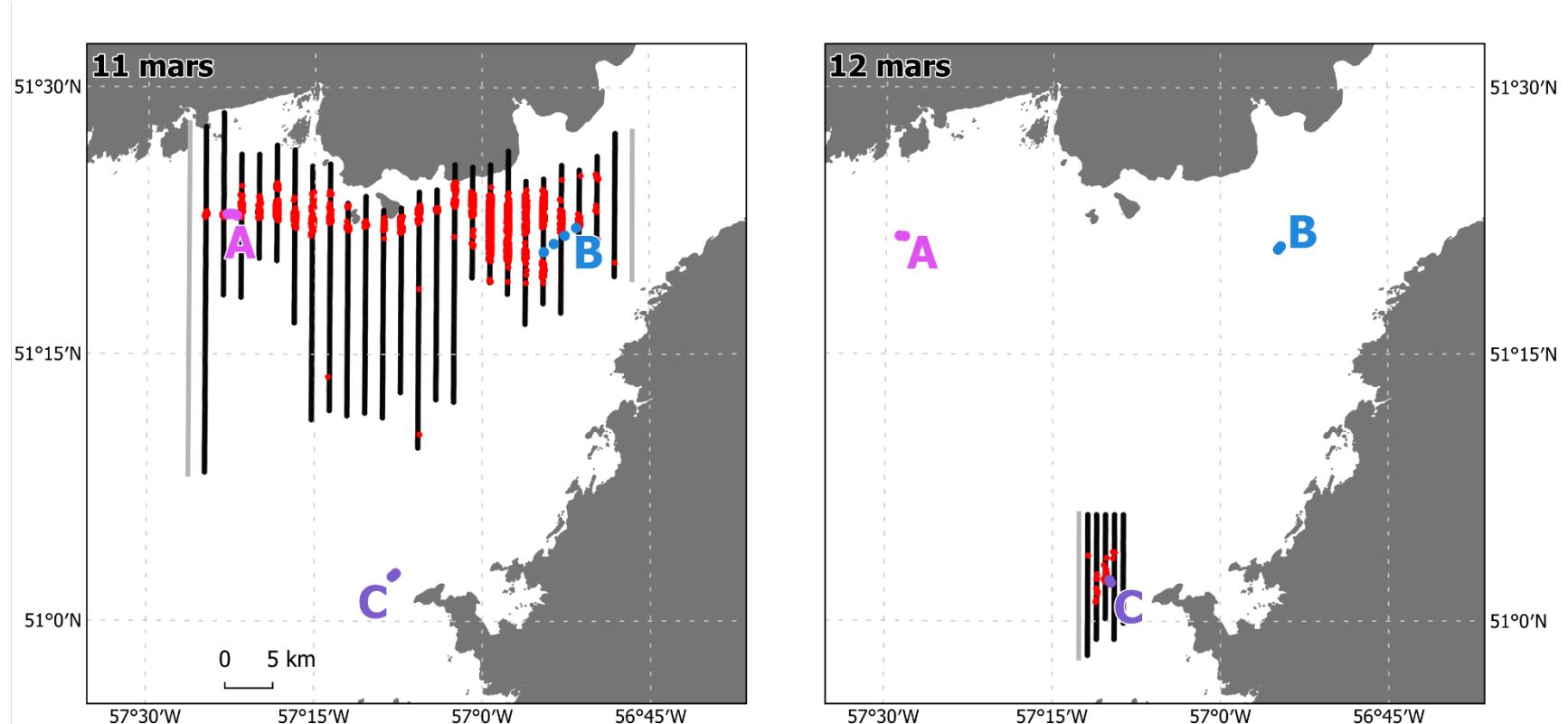


Figure 6 : Transects (lignes noires) des relevés photographiques de la zone de mise bas des phoques du Groenland dans le nord du golfe du Saint-Laurent le 11 mars (à gauche) et le 12 mars (à droite). Les points rouges indiquent l'emplacement des petits pendant les relevés. Les lignes grises sont des transects supposés sans petit qui n'ont pas été photographiés en raison de l'absence de glace de mer convenable. Les emplacements de trois émetteurs GPS reliés par satellite (A à C) sont indiqués pour la période de relevé correspondant à chaque carte.

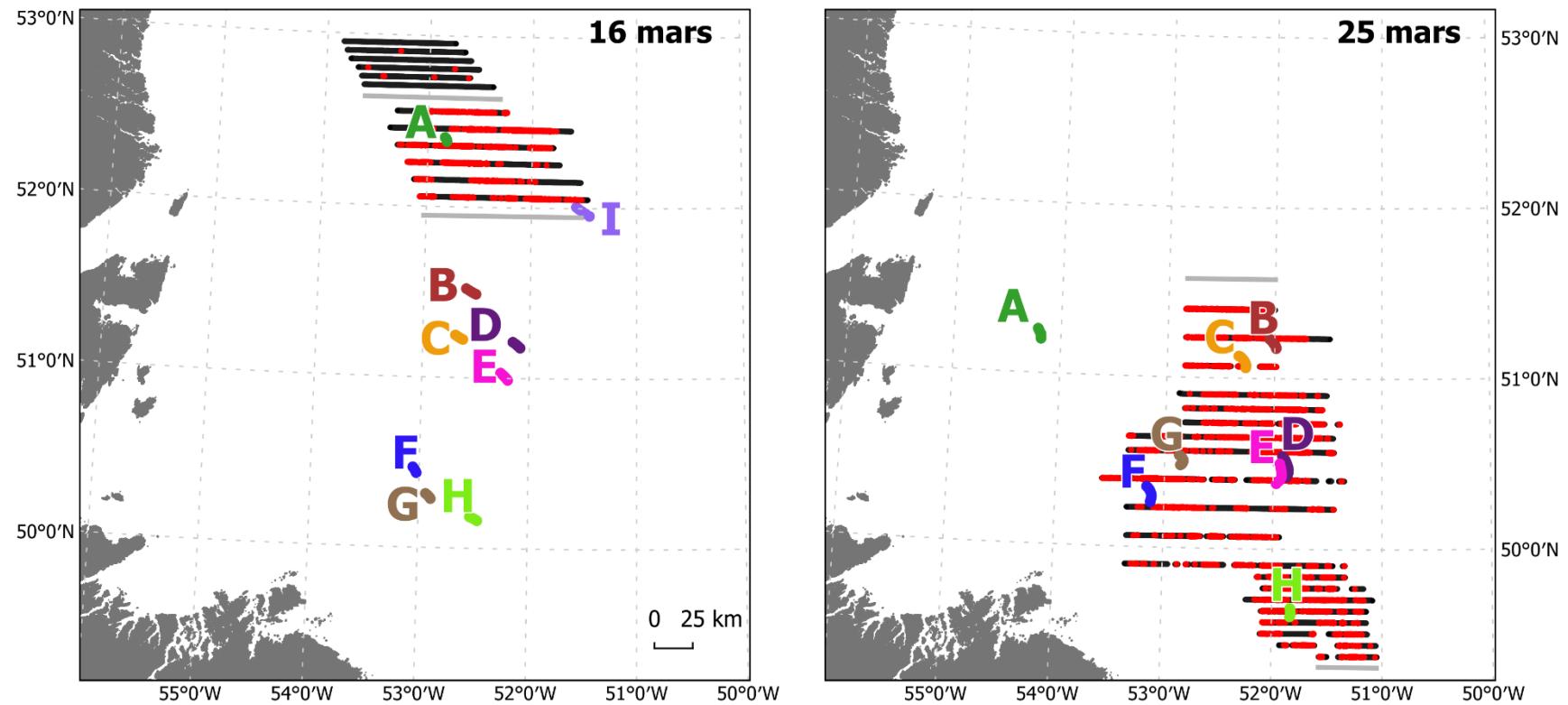


Figure 7 : Transects (lignes noires) des relevés photographiques de la zone de mise bas des phoques du Groenland au Front le 16 mars (nord du Front, à gauche) et le 25 mars (sud du Front, à droite). Les points rouges indiquent l'emplacement des petits pendant les relevés. Les lignes grises sont des transects supposés sans petit qui n'ont pas été photographiés en raison de l'absence de glace de mer convenable. Les emplacements de neuf émetteurs GPS reliés par satellite (A à I) sont indiqués pour la période de relevé correspondant à chaque carte. L'émetteur « I » avait cessé d'émettre le 25 mars.

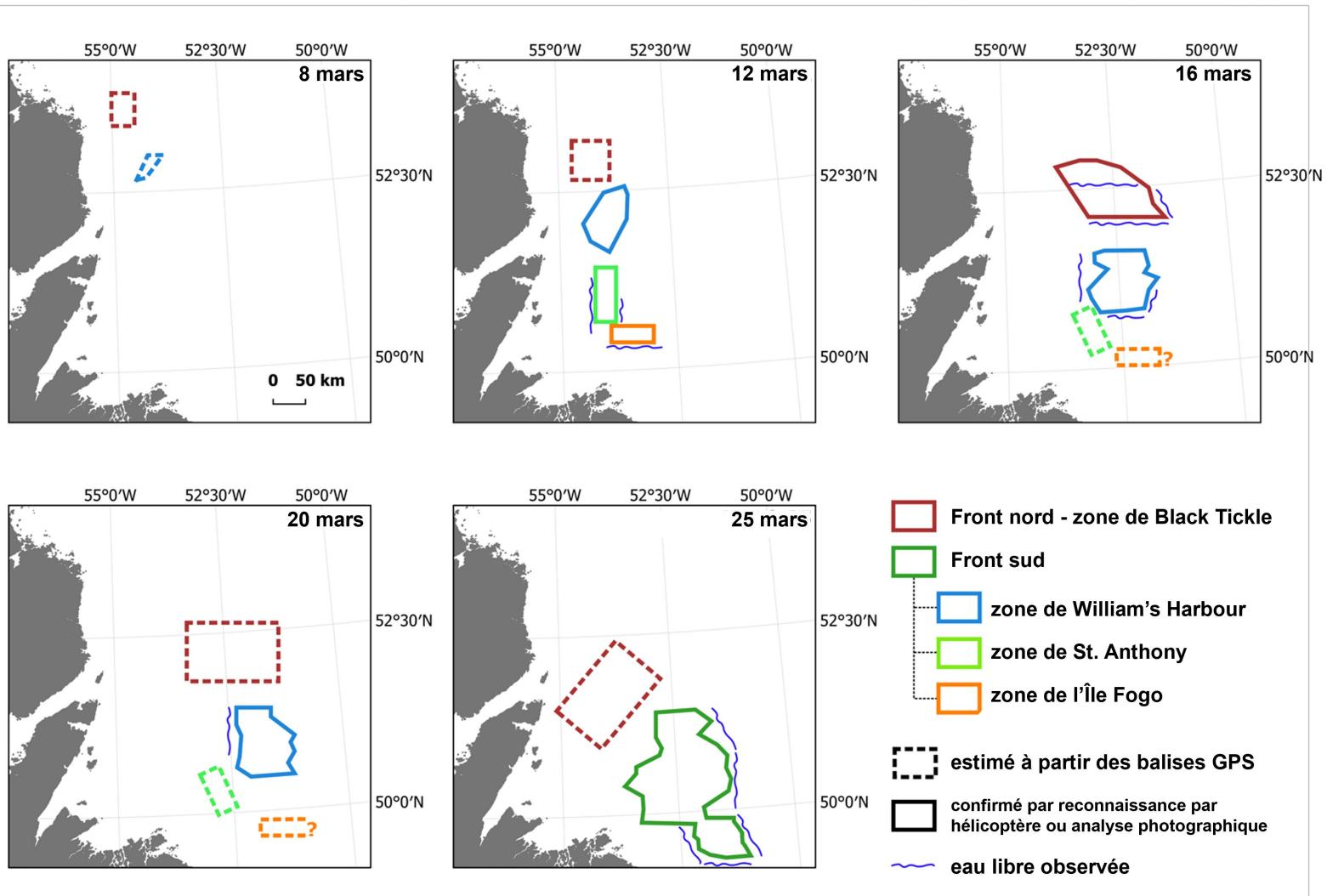


Figure 8 : Déplacement des zones de mise bas du phoque du Groenland sur la glace de mer en dérive au large du Front au cours du relevé sur la production de petits en 2022. Les zones ont été délimitées par reconnaissance aérienne et surveillées à l'aide d'émetteurs GPS reliés par satellite et déployés sur la glace par hélicoptère. Les troupeaux de St. Anthony et de l'île Fog n'avaient pas encore été délimitées le 10 mars.

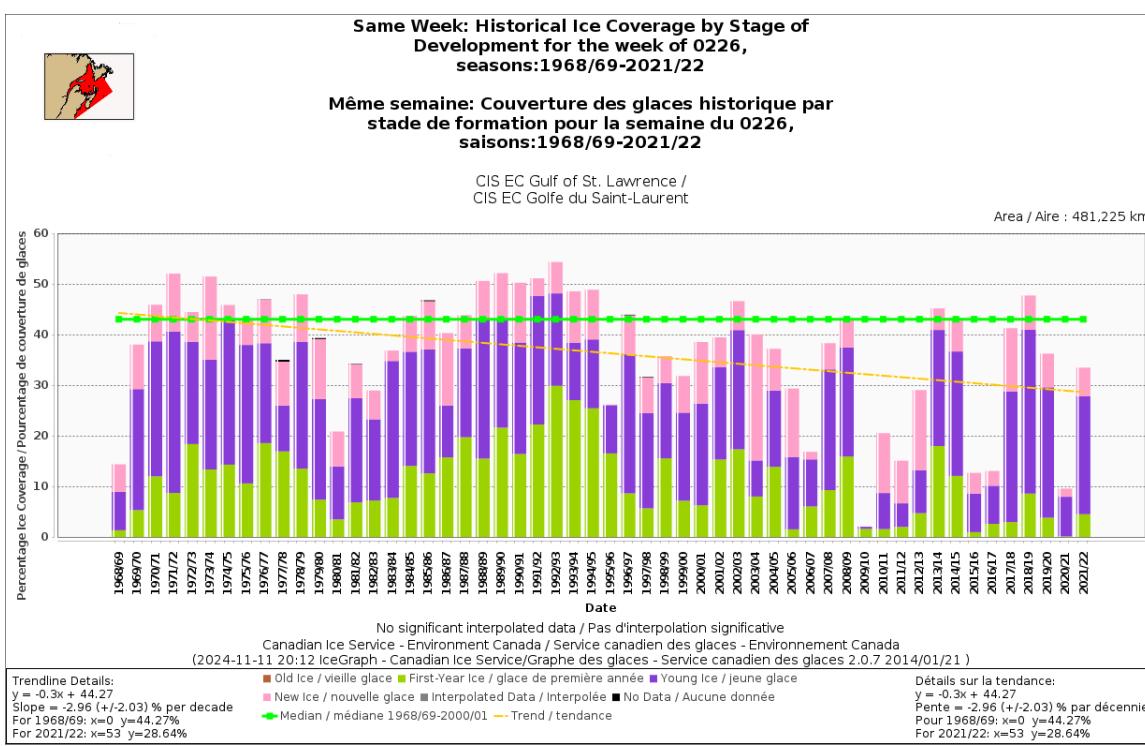
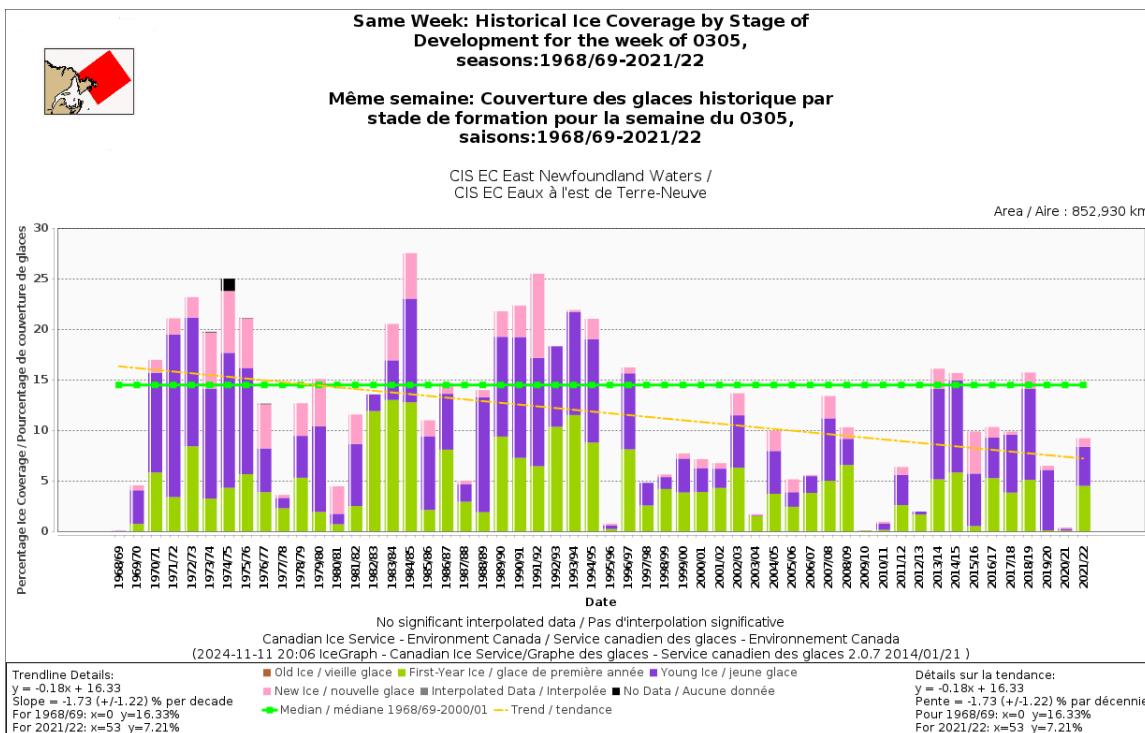


Figure 9 : Couverture de glace historique (1969-2022), par type, au large du sud du Labrador (en haut, semaine du 3 mars), et dans le sud du golfe du Saint-Laurent (en bas, semaine du 26 février). Les phoques du Groenland préfèrent la glace de première année.

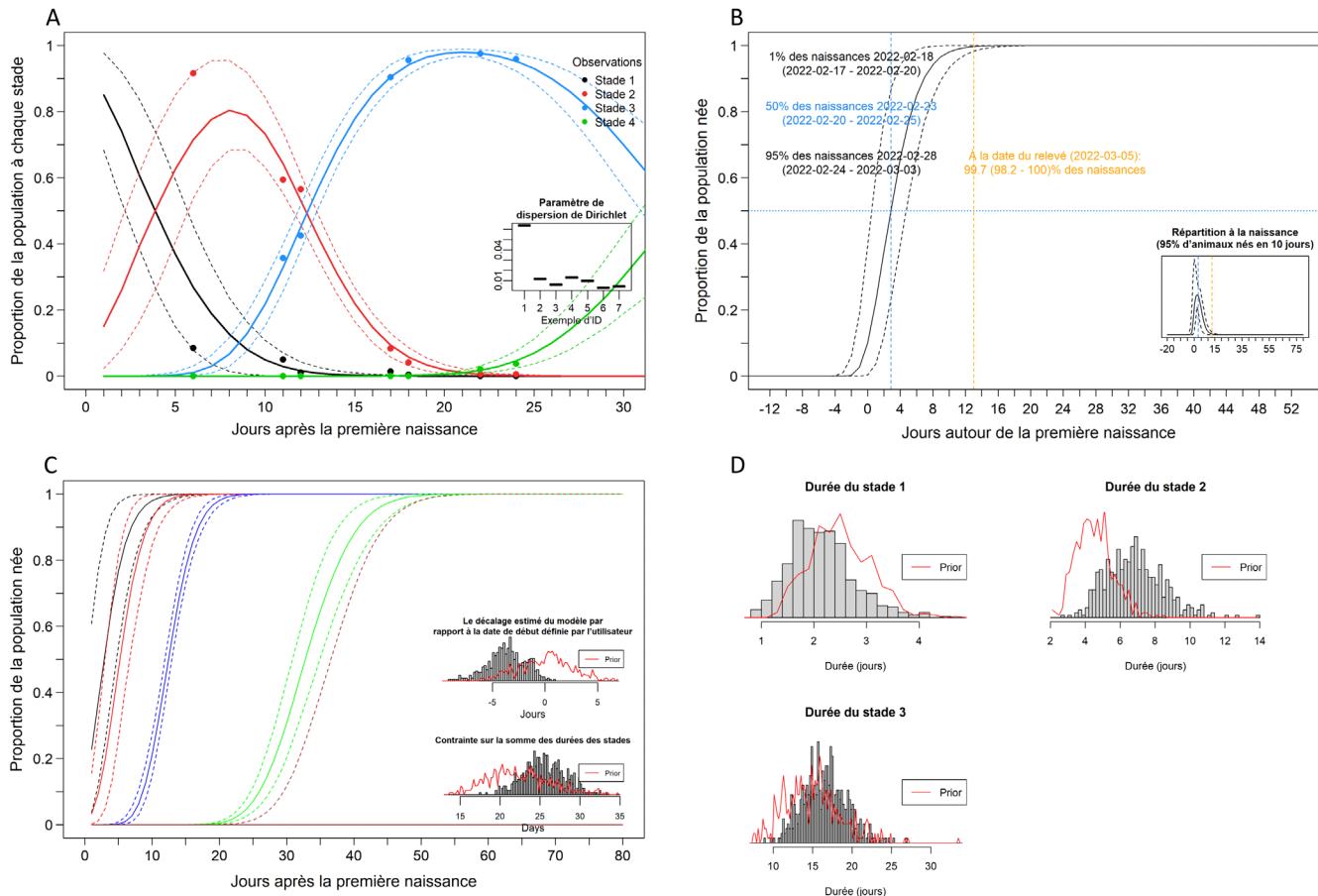


Figure 10 : Résultats du modèle bayésien de distribution des naissances pour le sud du golfe du Saint-Laurent montrant A) la proportion estimative (médiane \pm IC à 95 %) de petits à chaque stade de développement, les proportions observées (points) à partir des données sur les stades de développement et les paramètres de dispersion de la distribution de Dirichlet (figure en médaillon) à partir des données sur les stades de développement; B) la courbe des naissances estimée (médiane \pm IC à 95 %) montrant la proportion de petits (\pm IC à 95 %) à la date de relevé du 5 mars et la date à laquelle 1 %, 50 % et 95 % des petits sont nés; C) les courbes des naissances et de transition (médiane \pm IC à 95 %) pour les différents stades de développement; et D) les diagrammes à barres montrant les distributions *a posteriori* et *a priori* (ligne rouge) pour la durée des trois premiers stades de développement.

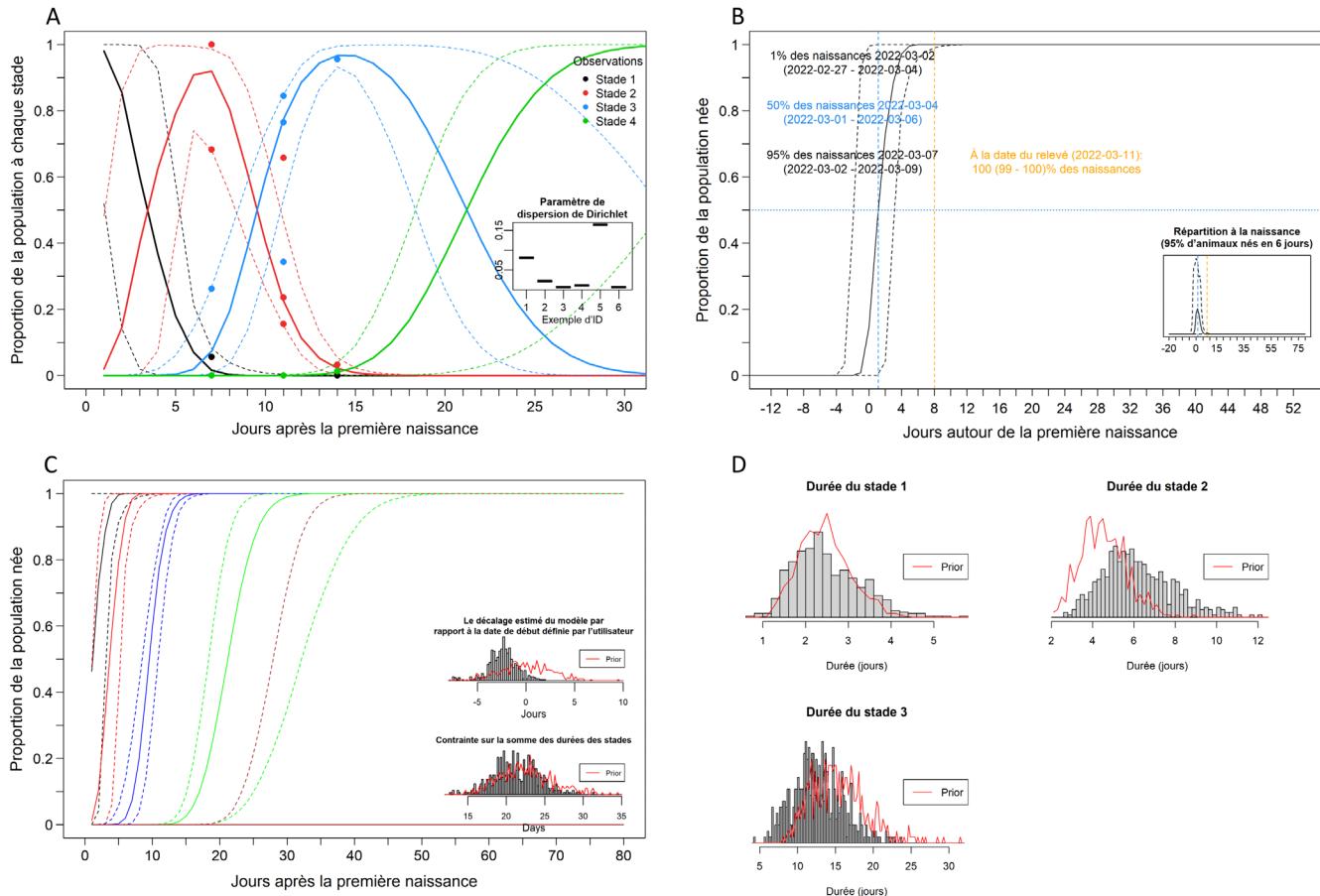


Figure 11 : Résultats du modèle bayésien de distribution des naissances pour le nord du golfe du Saint-Laurent montrant A) la proportion estimative (médiane \pm IC à 95 %) de petits à chaque stade de développement, les proportions observées (points) à partir des données sur les stades de développement et les paramètres de dispersion de la distribution de Dirichlet (figure en médaillon) à partir des données sur les stades de développement; B) la courbe des naissances estimée (médiane \pm IC à 95 %) montrant la proportion de petits (\pm IC à 95 %) à la date de relevé du 11 mars et la date à laquelle 1 %, 50 % et 95 % des petits sont nés; C) les courbes des naissances et de transition (médiane \pm IC à 95 %) pour les différents stades de développement; et D) les diagrammes à barres montrant les distributions *a posteriori* et *a priori* (ligne rouge) pour la durée des trois premiers stades de développement.

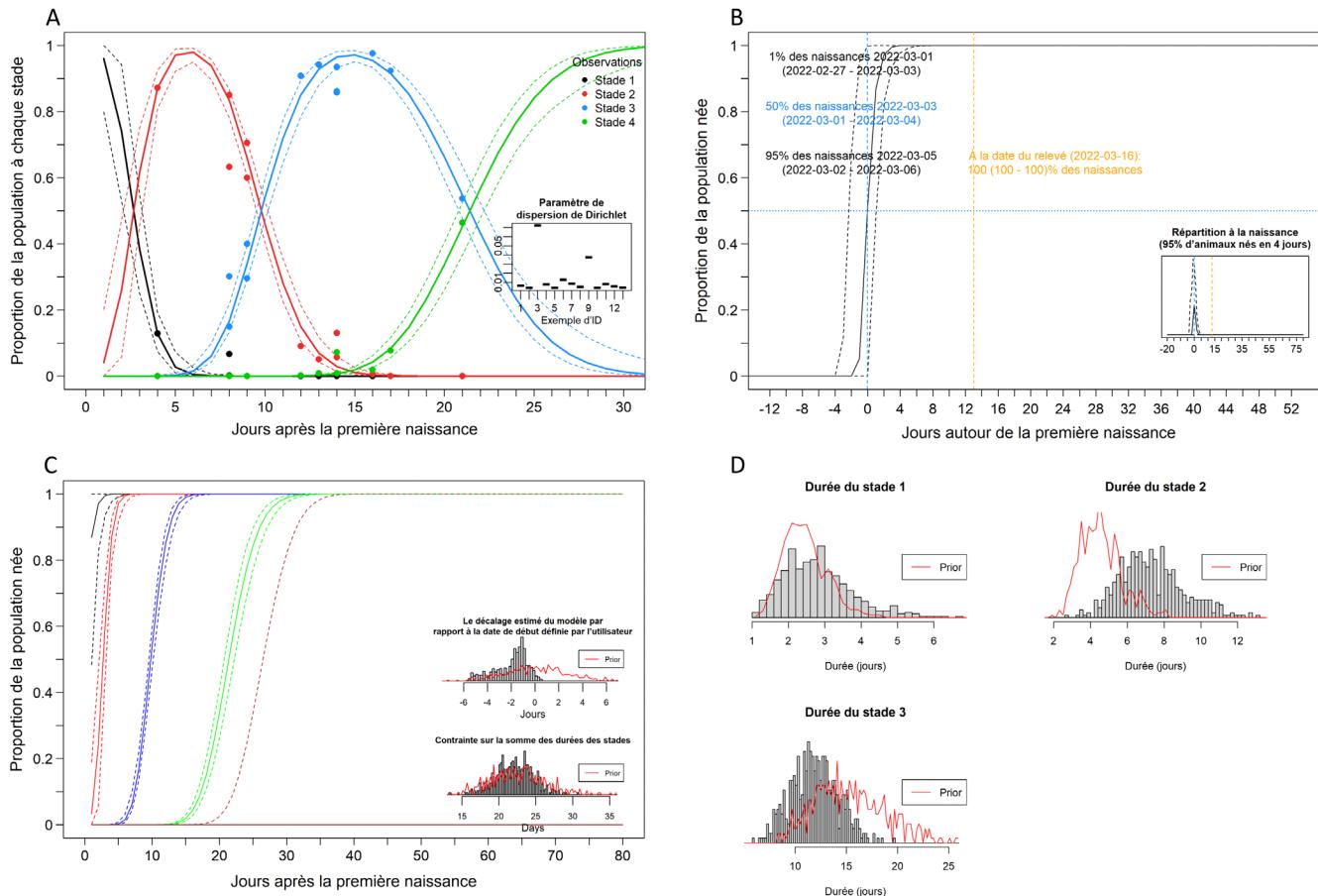


Figure 12 : Résultats du modèle bayésien de distribution des naissances pour le Front à Terre-Neuve montrant A) la proportion estimative (médiane \pm IC à 95 %) de petits à chaque stade de développement, les proportions observées (points) à partir des données sur les stades de développement et les paramètres de dispersion de la distribution de Dirichlet (figure en mosaïque) à partir des données sur les stades de développement; B) la courbe des naissances estimée (médiane \pm IC à 95 %) montrant la proportion de petits (\pm IC à 95 %) à la date de relevé du 16 mars et la date à laquelle 1 %, 50 % et 95 % des petits sont nés; C) les courbes des naissances et de transition (médiane \pm IC à 95 %) pour les différents stades de développement; et D) les diagrammes à barres montrant les distributions a posteriori et a priori (ligne rouge) pour la durée des trois premiers stades de développement.

ANNEXE

Pour le relevé sur la production de petits de 2017, une version modifiée du modèle de transition élaboré par Myers et Bowen (Bowen *et al.*, 1987; Myers et Bowen, 1989, Stenson *et al.*, 2020b) a été utilisée pour estimer la proportion de petits nés au moment du relevé. Ici, nous avons ajusté la version modifiée du modèle de distribution des naissances de Myers aux données des transects de détermination des stades de développement de 2022 pour le sud du golfe du Saint-Laurent (sud du golfe), le nord du golfe du Saint-Laurent (nord du golfe) et le Front (tableau 8, tableau 9) afin de comparer les résultats à ceux obtenus pour le relevé de 2022 à l'aide d'une version modifiée du modèle bayésien de distribution des naissances élaboré par Mosnier *et al.* (2023).

Un modèle distinct a été exécuté pour chacune des régions afin d'estimer la proportion de petits nés au moment des relevés. Nous ajustons les quatre mêmes stades de développement des petits que le modèle bayésien de distribution des naissances (tableau 10). Les paramètres de forme et d'échelle utilisés pour les distributions *a priori* dans l'ajustement du modèle bayésien (tableau 10) ont été utilisés pour ajuster le modèle de Myers pour chaque région. La distribution des petits nés au fil du temps a été modélisée à l'aide de la distribution de probabilité gamma.

Le modèle de Myers suppose que la date de la première naissance est connue. L'ajustement du modèle et la proportion estimative de petits nés au moment du relevé peuvent être sensibles à la date utilisée pour la première naissance. Par conséquent, les modèles ont été initialement ajustés en utilisant :

1. la date de la première naissance estimée à partir des observations faites lors des vols de reconnaissance et des premiers transects de détermination des stades de développement;
2. la date estimée de la première naissance obtenue à partir des modèles bayésiens de distribution des naissances (tableau A1).

Pour les dates de la première naissance estimées à partir des observations, les modèles de toutes les régions ne convergent pas sans erreur (tableau A1).

Pour le sud du golfe, le modèle utilisant la date de la première naissance estimée à partir du modèle bayésien de distribution des naissances (16 février) a convergé sans erreur (tableau A1). Les modèles suivants ont été ajustés avec des dates de première naissance croissantes jusqu'à ce que les modèles ne convergent pas sans erreur. Sur la base du critère d'information d'Akaike, le modèle utilisant le 16 février comme date de la première naissance était le modèle privilégié avec une proportion estimative de 1,0 pour les petits nés au moment du premier relevé (5 mars; table A1, figure A1).

Pour le nord du golfe et le Front, les modèles utilisant les dates de la première naissance estimées à partir du modèle bayésien de distribution des naissances (1^{er} mars) n'ont pas convergé sans erreur (tableau A1). Les modèles suivants ont été ajustés en utilisant la limite inférieure de l'intervalle de crédibilité pour la date estimée de la première naissance à partir des modèles bayésiens de distribution des naissances (25 et 26 février pour le nord du golfe et le Front, respectivement). Ces modèles ont convergé sans erreur. Les modèles suivants ont été ajustés avec des dates de première naissance croissantes jusqu'à ce que les modèles ne convergent pas sans erreur. Sur la base du critère d'information d'Akaike, les modèles utilisant le 26 février comme date de la première naissance étaient les modèles privilégiés pour les deux régions avec une proportion estimative de 1,0 pour les petits nés au moment du relevé dans le nord du golfe (11 mars) et du premier relevé au Front (16 mars) [tableau A1, figure A1].

Ces résultats concordent avec ceux obtenus en utilisant la version modifiée du modèle bayésien de distribution des naissances élaboré par Mosnier *et al.* (2023) [tableau 11].

Tableau A1 : Comparaison de l'ajustement des modèles de distribution des naissances de Myers aux données des transects de détermination des stades de développement dans le sud du golfe du Saint-Laurent (sud du golfe), dans le nord du golfe du Saint-Laurent (nord du golfe) et au Front. Les valeurs ne sont indiquées que pour les modèles qui ont convergé sans erreur. Les valeurs en caractères gras indiquent le modèle privilégié.

Région	Date estimée de la première naissance	Convergence des modèles	Forme	Échelle	Date du relevé	Proportion des petits nés	Critère d'information d'Akaike
Sud du golfe	20 février ^a	Oui, mais avec des erreurs	-	-	-	-	-
	16 février^b	Oui	8,18 (2,23)	1,09 (0,26)	5 mars	1,0 (0)	-5 064,77
	17 février	Oui	6,35 (1,78)	0,98 (0,24)	5 mars	1,0 (0)	-5 053,88
	18 février	Oui, mais avec des erreurs	-	-	-	-	-
Nord du golfe	3 mars ^a	Oui, mais avec des erreurs	-	-	-	-	-
	1 ^{er} mars ^b	Oui, mais avec des erreurs	-	-	-	-	-
	25 février ^c	Oui	7,50 (0,83)	1,29 (0,13)	11 mars	1,0 (0)	-1 850,86
	26 février	Oui	5,27 (0,58)	1,10 (0,09)	11 mars	1,0 (0)	-1 854,68
	27 février	Oui, mais avec des erreurs	-	-	-	-	-
Front	3 mars ^a	Non	-	-	-	-	-
	1 ^{er} mars ^b	Oui, mais avec des erreurs	-	-	-	-	-
	26 février^c	Oui	5,88 (5,69)	1,24 (0,92)	16 mars	1,0 (0)	-6 582,66
	27 février	Oui	3,86 (4,20)	1,03 (0,82)	16 mars	1,0 (0)	-6 567,94
	28 février	Oui, mais avec des erreurs	-	-	-	-	-

^a estimation fondée sur les observations effectuées lors des vols de reconnaissance et sur les premiers transects de détermination des stades de développement

^b estimation fondée sur le modèle bayésien de distribution des naissances

^c limite inférieure de l'intervalle de crédibilité de l'estimation fondée sur le modèle bayésien de distribution des naissances

^d première date de relevé photographique, un deuxième relevé photographique a eu lieu le 7 mars

^e première date de relevé photographique, un deuxième relevé photographique a eu lieu le 25 mars

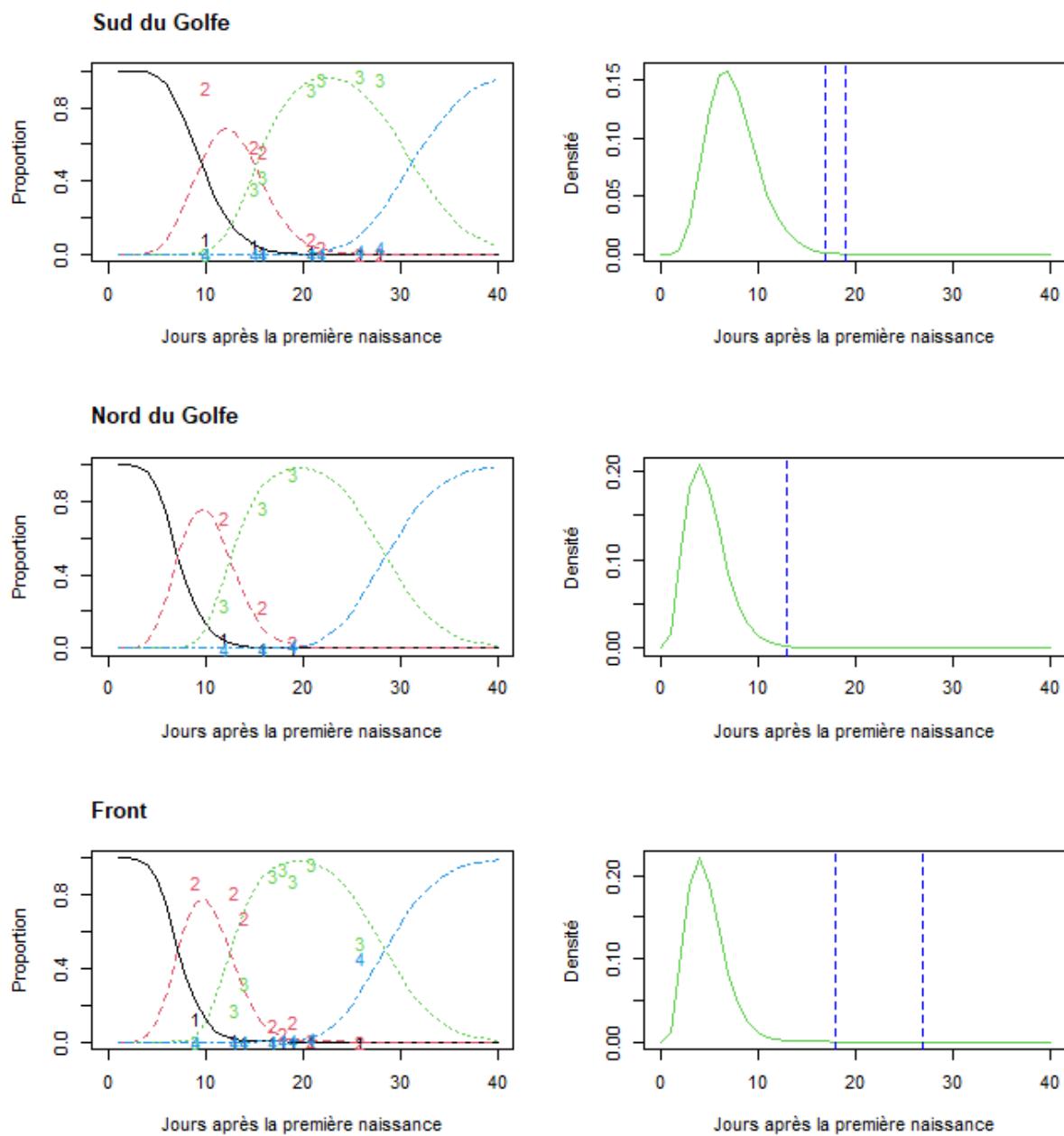


Figure A1 : Résultats des modèles de distribution des naissances de Myers sélectionnés pour le sud du golfe du Saint-Laurent (sud du golfe), le nord du golfe du Saint-Laurent (nord du golfe) et le Front, montrant la proportion estimative de petits à chaque stade de développement (panneaux de gauche) et les courbes des naissances prévues (panneaux de droite). Les lignes pointillées verticales dans les panneaux de droite indiquent les jours des relevés photographiques. Les dates de la première naissance utilisées dans le modèle étaient le 16 février 2022 pour le sud du golfe et le 26 février 2022 pour le nord du golfe et le Front.