



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 2023/059

Région du Golfe

Évaluation du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 12E, 12F and 19) en 2022

Tobie Surette and Joël Chassé

Direction des sciences, région du Golfe
Pêches et Océans Canada
343 Avenue de l'Université
Moncton, NB E1C 9B6

Avant-propos

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

Publié par :

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

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



© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2023

ISSN 2292-4272

ISBN 978-0-660-49821-8 N° cat. Fs70-5/2023-059F-PDF

La présente publication doit être citée comme suit :

Surette, T. et Chassé, J. 2023. Évaluation du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 12E, 12F et 19) en 2022. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/059. v + 47p.

Also available in English :

Surette, T. and Chassé, J. 2023. The 2022 assessment of the snow crab (Chionoecetes opilio) stock in the southern Gulf of Saint Lawrence (Areas 12, 12E, 12F and 19). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2023/059. v + 44 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	V
INTRODUCTION	1
1.1. BIOLOGIE	1
1.2. PÊCHE ET GESTION	1
1.3 PRÉOCCUPATIONS RÉCENTES ET OBJECTIFS DU DOCUMENT	2
2. MÉTHODES DE RELEVÉ	2
2.1. PLAN SPATIAL	2
2.2. PROTOCOLES DE PÊCHE ET D'ÉCHANTILLONNAGE	3
2.3. RELEVÉ DE 2022	4
3. MÉTHODES.....	4
3.1. CATÉGORIES BIOLOGIQUE.....	4
3.2. RENDEMENT DE LA PÊCHE	5
3.3. STANDARDISATION DES CAPTURES	5
3.4. COMPOSITION DU STOCK.....	5
3.5. ABONDANCE ET BIOMASSE.....	6
3.6. TAUX DE SURVIE ET D'EXPLOITATION DU CRABE COMMERCIAL	6
3.7. ANALYSE DE RISQUES ET OPTIONS DE PRISES	6
3.8. CHANGEMENT RÉCENTS DANS LA DISTRIBUTION DU CRABE ET DU RÉCHAUFFEMENT DE TEMPÉRATURE.....	7
4. RÉSULTATS.....	7
4.1. RENDEMENT DE LA PÊCHE	7
4.2. COMPOSITION DU STOCK.....	8
4.2.1. Distribution des tailles du relevé	8
4.2.2. Biomasse commerciale.....	8
4.2.3. Distribution spatiale du crabe de taille commerciale	9
4.2.4. Stock reproducteur	9
4.2.5. Recrutement dans la population	10
4.2.6. Recrutement dans la pêche.....	10
4.3. TAUX D'EXPLOITATION COMMERCIAL ET TAUX DE SURVIE.....	11
4.4. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES.....	11
4.5. CHANGEMENTS RÉCENTS DANS LA DISTRIBUTION DU CRABE ET RÉCHAUFFEMENT DES TEMPÉRATURES	12
4.5.1. Distribution selon la profondeur	12
4.5.2. Distribution selon la température	12
4.5.3. Distribution spatiale	13
4.5.4. Variation des températures.....	14
5. APPROCHE DE PRÉCAUTION.....	15
5.1. POINTS DE RÉFÉRENCE	15
5.2. ANALYSES DES RISQUES	15
6. DISCUSSION.....	15

6.1. INCERTITUDES SUR LES INDICATEURS DE L'ÉTAT DE STOCK	15
6.2. PUE STANDARDISÉES ET BIOMASSE COMMERCIALE	17
6.3. CHANGEMENTS DANS LA DISTRIBUTION DES CRABES ET LE RÉCHAUFFEMENT DES EAUX	17
7. CONCLUSION	18
8. REMERCIEMENTS	19
9. RÉFÉRENCES	19
10. TABLEAUX	21
11. FIGURES	27

RÉSUMÉ

L'état du stock de crabe des neiges (*Chionoectes opilio*) du sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL) en 2022 se situe dans la zone saine, selon des points de référence définis. Une biomasse commerciale de 85 532 tonnes (t) est prédite pour 2023. Le recrutement à la pêche est estimée à 68 348 t, tandis que la biomasse résiduelle a été estimée à 17 388 t. Selon la règle de décision pour ce stock, l'estimé de la biomasse commerciale correspondrait à un taux d'exploitation cible de 41,79 % et à une option de capture de 35 745 t pour la pêche de 2023. Pour cette option de capture, une analyse de risque indique qu'il y a une très faible probabilité que la biomasse résiduelle soit inférieure au point de référence limite et une très forte probabilité que la biomasse du stock commercial de 2023 reste au-dessus du point de référence supérieur du stock. Le recrutement de la population et l'abondance du stock reproducteur restent à des niveaux élevés. Le réchauffement des eaux profondes demeurent une source de préoccupation; les zones situées le long des marges du sGSL démontrant des déclin de densité de crabes marqués ces dernières années.

INTRODUCTION

Le crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) est une espèce d'eau froide que l'on trouve dans de nombreuses régions nordiques, du Groenland à l'Europe du Nord, le Japon, la mer de Béring et l'est du Canada. Dans l'est du Canada, les populations de crabe des neiges sont présentes au large des côtes de la Nouvelle-Écosse, au large de Terre-Neuve et Labrador, ainsi que dans les parties nord et sud du golfe du Saint-Laurent (sGSL).

La population de crabe des neiges du sGSL est naturellement limitée par les températures côtières chaudes au sud et à l'ouest et par les eaux profondes chaudes du chenal Laurentien au nord-est (figure 1). Elle demeure dans une zone de couche d'eau intermédiaire froide. La population de crabe des neiges du sGSL peut être considérée comme étant un seul stock, bien qu'il y ait certains échanges entre les populations de crabe des neiges du nord et du sud (Biron *et al.* 2008) et avec certains apports de larves dérivant librement en provenance de la population du Québec au nord (Puebla *et al.* 2008).

1.1. BIOLOGIE

Le crabe des neiges est un crustacé; son corps plat, presque circulaire, est doté de cinq paires de pattes. La croissance du crabe des neiges se passe par un processus appelé mue, au cours duquel l'ancienne carapace dure est abandonnée, laissant apparaître une nouvelle carapace molle pour une période de 8 à 10 mois.

Le crabe des neiges ne mue pas tout au long de sa vie; il subit une mue finale, ou terminale, après laquelle il atteint la pleine maturité sexuelle (Conan and Comeau 1986; Comeau and Conan 1992). Les femelles matures développent un abdomen plus large qui leur servira à porter leurs œufs et la largeur de leur carapace (LC) varie de 40 à 95 mm. Les mâles matures, pour leur part, développent de grosses pinces de pattes et la largeur de leur carapace varie de 40 à 150 mm. Les femelles produisent des œufs qu'elles portent sous leur abdomen pendant environ deux ans dans le sGSL (Moriyasu and Lanteigne 1998). Les œufs éclosent habituellement à la fin du printemps ou au début de l'été et les larves nouvellement écloses dérivent pendant 12 à 15 semaines dans la colonne d'eau avant de s'établir sur le fond. Les crabes des neiges mâles atteignent la taille commerciale huit ou neuf ans après cet établissement.

1.2. PÊCHE ET GESTION

Depuis ses débuts au milieu des années 1960, la pêche du crabe des neiges du sGSL est devenue une pêche commercialement importante avec des débarquements dépassant généralement 20 000 tonnes (t) par an (figure 2). La gestion de cette pêche est basée sur des quotas annuels (attribués en fonction des zones de gestion et distribués parmi les titulaires de permis) et sur des contrôles de l'effort (nombre de permis, allocations des casiers, dimensions des casiers et saisons). Il est interdit de débarquer des femelles; seuls les gros mâles à carapace dure, d'une taille minimale de 95 mm de largeur de carapace, sont exploités commercialement.

Il existe présentement quatre zones de pêche dans le sGSL: les zones 12, 12E, 12F et 19 (figure 1). La zone 12 a la plus grande superficie, compte le plus grand nombre de participants et enregistre les débarquements les plus importants. Les limites des zones ne sont pas fondées sur des considérations biologiques, mais uniquement sur des motifs de gestion (MPO 2009). La saison de pêche dans les zones 12, 12E et 12F commence généralement dès que le sGSL est libre de glace, entre la fin du mois d'avril et le début du mois de mai, et se poursuit jusqu'à la mi-juillet ou jusqu'à ce que le quota soit atteint. Dans la zone 19, la saison de pêche commence

en juillet et se termine à la mi-septembre ou lorsque le quota est atteint. Le nombre de casiers par permis varie selon le groupe de pêcheurs et la zone de gestion.

Il existe deux zones tampons dans le sGSL où la pêche est interdite : l'une est une bande de deux milles marins située le long du côté nord de la zone 19 et l'autre longe le côté sud de la zone 19. Pendant la saison, la pêche est soumise à des fermetures de secteurs, qui prennent généralement la forme de quadrilatères mesurant 10' x 10' et qui permettent de limiter la prise de crabes à carapace molle, ainsi qu'à des fermetures dues à la détection de la baleine noire de l'Atlantique nord (BNAN) sur des lieux de pêche.

1.3 PRÉOCCUPATIONS RÉCENTES ET OBJECTIFS DU DOCUMENT

Les préoccupations soulevées dans les évaluations récentes incluent: une augmentation apparente de la capturabilité du relevé, résultant d'un changement de navire en 2019; l'effet qu'a eu, au fil du temps, le déplacement de stations d'échantillonnage du relevé dans des zones plus chalutables sur les indices de l'abondance et de la biomasse et le réchauffement des températures de fond.

Les études sur l'augmentation de la capturabilité du relevé ont mené à un changement dans les pratiques en fin de chalutage ce qui a permis d'éliminer le chalutage latent pendant le hissage du chalut comme une source possible de biais lors des deux dernières années du relevé (Surette and Chassé 2022). Depuis 2021, afin de surveiller l'effet du déplacement de stations dans le relevé, un sous-ensemble de ces stations ont été ramené à leur emplacement d'origine. Ceci nous a permis d'estimer le biais à partir d'une source particulière au fil du temps. Finalement, nous présentons une analyse montrant les changements dans la distribution du crabe des neiges et leur relation avec le réchauffement des températures.

Le présent document de recherche contient les avis nécessaires à la mise en œuvre de deux objectifs. Le premier est de maintenir un stock reproducteur viable de mâles commerciaux subsiste après la pêche. Le second est de maintenir une quantité de stock commercial minimal pouvant supporter une pêche commerciale. Ces objectifs sont atteints grâce à l'estimation de biomasse commerciale, calculée à partir du relevé et l'évaluation des risques associés aux diverses options de capture basée sur cet estimé.

2. MÉTHODES DE RELEVÉ

L'état du stock de crabe des neiges est principalement évalué en fonction des tendances des indices de l'abondance et de la biomasse calculées à partir des données d'un relevé au chalut annuel consacré à cette espèce. Ces données fournissent des indices de recrutement, des indices du stock reproducteur et d'autres informations d'intérêt biologique ou commercial relatives au crabe.

2.1. PLAN SPATIAL

Le plan d'échantillonnage, les protocoles d'échantillonnage et la zone ciblée ont changé depuis le début du relevé au chalut du crabe des neiges du sGSL en 1988. À l'origine, l'étendue de la zone du relevé était plus petite et concentrée sur les secteurs de pêche. La zone du relevé a été subdivisée à l'aide de quadrilatères mesurant 10 degrés de latitude sur 10 degrés de longitude, à l'intérieur desquels un petit nombre de sites d'échantillonnage ont été sélectionnés au hasard et conservés comme stations fixes pour le relevé des années suivantes, bien que les stations aient souvent été abandonnées ou déplacées au fil des années en raison de dommage au chalut. D'importants examens de la méthodologie ont eu lieu en 2005 (MPO 2006) et 2011 (MPO 2012a; Wade *et al.* 2014), entraînant d'importants changements dans le plan du relevé

en 2006 et en 2012, respectivement. En 2006, une grande partie des stations du relevé ont été redistribuées en fonction des quadrilatères mesurant 10 degrés de latitude sur 10 degrés de longitude afin que les stations d'échantillonnage soient réparties plus uniformément dans la zone du relevé. En 2012, ces quadrilatères ont été abandonnés au profit de quadrilatères carrés, définis à l'aide d'une projection *Universal Transverse Mercator* (UTM) (NAD 83). Ce changement s'est également accompagné d'un élargissement des limites de la zone du relevé aux isobathes de 20 et 200 brasses. Nous considérons que la zone du relevé englobe la grande majorité de l'habitat du crabe des neiges dans le sGSL.

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'examen de 2011, un nouvel ensemble de 325 stations d'échantillonnage a été généré pour le relevé de 2012 et 355 nouvelles stations ont été établies pour le relevé de 2013. Étant donné qu'il s'agissait d'une pratique courante lors des années précédentes, il a été décidé que les lieux d'échantillonnage créés pour 2013 devaient être conservés comme stations fixes pour les années suivantes.

Cependant, les régions de la zone du relevé ne se prêtent pas toutes au chalutage et environ 20 % des traits effectués en 2012 et 2013 ont échoué lors de la première tentative en raison de dommages causés au chalut. Le navire de relevé a été autorisé à se déplacer vers une nouvelle station d'échantillonnage alternative, générée de façon aléatoire à l'intérieur du quadrilatère ciblé, lorsque le chalut subit de dommages importants. La station alternative était alors utilisée comme station fixe de référence pour le relevé de l'année suivante. À l'époque, on pensait que la génération aléatoire des stations d'échantillonnage alternatives assurerait que les captures resteraient des échantillons représentatifs du quadrilatère ciblé, comme le voulait le plan d'échantillonnage initial. Cependant, cela a eu l'effet global de déplacer une partie des stations vers des fonds se prêtant davantage au chalutage dans leur quadrilatère d'échantillonnage respectif au fil du temps.

Depuis 2021, les stations du relevé ont été maintenues aux lieux fixes du relevé de 2020, à l'exception d'une expérience en cours menée avec un sous-ensemble aléatoire de 100 des stations d'échantillonnage du relevé revenant à leurs emplacements d'origine, conformément au plan d'échantillonnage de 2013. Cette expérience vise à surveiller et à évaluer le biais possible dû au déplacement de stations dans des fonds plus chalutables au fil du temps avec possiblement des captures plus élevées de crabe des neiges.

2.2. PROTOCOLES DE PÊCHE ET D'ÉCHANTILLONNAGE

Les stations sont échantillonnées pendant crépuscule civil à l'aide d'un chalut de fond, *Nephrops* du type Bigouden, conçu à l'origine pour la pêche de la langoustine en France. Le chalut a une ouverture de 20 m et une ralingue de 28,2 m (Moriyasu *et al.* 2008). Le navire pêche à une vitesse cible de deux nœuds pendant cinq minutes. On utilise un rapport des câbles à la profondeur de 3:1, jusqu'à une longueur maximale des câbles de 575 brasses. Des sondes de surveillance sont fixées au chalut à divers endroits. Des sondes acoustiques eSonar^{MD} (eSonar, St. John's, T.-N.-L., Canada) transmettent en temps réel les mesures de la profondeur du chalut, de la hauteur de la ralingue supérieure et de l'ouverture des ailes du chalut. Des sondes DST centi-TD et DST tilt de Star-Oddi^{MD} (Star-Oddi, Gardabaer, Islande) enregistrent la pression et la température de l'eau, ainsi que l'inclinaison à partir d'une sonde fixée au centre de la ralingue.

Les prises sont triées par espèce ou par groupe taxonomique et mesurées directement sur le navire. Pour chacun des crabes des neiges, on détermine la largeur de carapace et la condition de carapace. Chez les mâles, la hauteur des chélicères (HC) est également mesurée tandis que chez les femelles, des caractéristiques liées aux gonades et aux œufs sont déterminées (Hébert *et al.* 1997). On identifie, pèse et dénombre les individus d'autres espèces et groupes

taxonomiques capturés. Depuis 2010, pour un sous-échantillon aléatoire de 100 stations d'échantillonnage, on mesure la longueur individuel des différentes espèces de poissons à l'aide d'une planche de mesure électronique Scilex (Hallprint, Hindmarsh Valley, Australie).

2.3. RELEVÉ DE 2022

Le relevé a été réalisé à l'aide du navire Avalon Voyager II, un chalutier arrière en fibre de verre de 65 pieds (850 HP), du 13 juillet au 7 septembre 2022. Au total, 343 stations (figure 3) sur 355 ont été échantillonnées avec succès et 410 tentatives de chalutage ont été effectuées. En partie dû au retour de 100 stations du relevé à leurs emplacements aléatoires d'origine de 2013 (figure 4), 12 stations d'échantillonnage ont été abandonnées cette année en raison d'importants dommages causés au chalut. Pour des considérations logistiques et pratiques, il a été décidé de réduire le nombre de tentative de chalutage de trois à deux afin de réduire la perte de temps liée à la réparation du chalut. Le capitaine habituel du relevé a été remplacé par un autre capitaine du 10 au 26 août, mais il a repris ses fonctions le 1^{er} septembre.

La vitesse du navire de relevé en 2022 était légèrement plus rapide que les années précédentes, avec une moyenne de 2,22 nœuds comparée à 2,17 nœuds en 2021 et 2,15 nœuds en 2020. La vitesse de pêche cible pour le relevé est de 2,0 nœuds. Les mesures moyennes de l'ouverture des ailes du chalut étaient comparables à celles des années précédentes, soit environ huit mètres une fois le chalut complètement ouvert. Cependant, les mesures de l'ouverture des ailes étaient plus bruyantes en 2022 qu'au cours des années précédentes, probablement en raison d'un filtrage du bruit moins rigoureux par le logiciel d'enregistrement ou d'un mauvais transfert des données entre les sondes du chalut et le récepteur acoustique du navire. Néanmoins, 298 traits avait suffisamment de données sur l'ouverture des ailes pour calculer l'aire balayée par le chalut. L'aire balayée lors des 45 autres traits a été calculée comme la moyenne des 10 traits les plus proches sur lesquels des données étaient disponibles, suivant la même méthode que les années précédentes. L'aire balayée par le chalut était en moyenne de 2 614 m² en 2022, comparable à celles de 2021 (2 670 m²) et de 2020 (2 637 m²). À la suite d'un changement apporté au protocole en fin de chalutage en 2021, la durée de la phase de chalutage passif pendant le hissage du chalut a été grandement réduite, passant d'environ 90 s en 2019 et 2020 à 18 s en 2021 et à 13 s en 2022.

3. MÉTHODES

3.1. CATÉGORIES BIOLOGIQUE

Les définitions suivantes ont été utilisées pour préciser les diverses catégories de crabe des neiges utilisées dans cette évaluation. La maturité des crabes est évaluée à partir de données morphologiques. Pour les mâles, on utilise la relation entre la hauteur des chélicèdes et la largeur de la carapace (Conan and Comeau 1986) tandis que pour la femelle la relation entre la largeur de la carapace et la largeur de l'abdomen est utilisée (Comeau and Conan 1992). Les crabes de taille commerciale sont définis comme des crabes mâles matures ayant une LC égale ou plus grande que 95 mm. Ils sont divisés en deux groupes : les nouveaux recrues dans la pêche (crabes de catégorie R-1), à savoir les crabes à carapace molle (conditions de carapace 1 et 2), et les crabes restants ou résiduels, soient les crabes à carapace dure (conditions de carapace 3, 4 et 5). Les crabes mâles adolescents sont regroupés en catégories de taille selon le moment où ils devraient être recrutés dans la pêche. Ces catégories sont R-2 (LC supérieure à 83 mm), R-3 (LC de 69 à 83 mm) et R-4 (LC de 56 à 68 mm); ces crabes devraient être recrutés dans la pêche dans deux, trois et quatre ans, respectivement.

3.2. RENDEMENT DE LA PÊCHE

Les données brutes sur les prises et l'effort de pêche (nombre de casiers levés) ont été obtenues grâce aux carnets de bord obligatoires des pêcheurs et au rapport du suivi des débarquements. Les données ont été compilées par les Directions des statistiques des régions du Québec et du Golfe. Les données sont vérifiées, corrigées et/ou supprimées par l'équipe scientifique. La correction de données inclut les dates et les coordonnées de pêche, les débarquements et l'effort de pêche.

Seules les données fiables ont été utilisées pour calculer les prises brutes par unité d'effort (PUE). Deux types de PUE ont été calculées : les PUE saisonnières, représentant un index global du rendement de la pêche et les PUE standardisées, calculées en utilisant les données des six dernières années seulement. Étant donné que les données d'effort de pêche sont parfois manquantes, l'effort total est estimé par les débarquements divisé par les estimés de PUE.

Les PUE ont été standardisées en fonction des données des débarquements de 2017 à 2022. Dans ce rapport, les PUE standardisées sont définies comme la moyenne des prises par casier 7 jours après l'ouverture de la pêche et après 36 heures de temps de mouillage pour un navire typique pour chaque zone de pêche. Un temps de mouillage de 36 heures a été choisi puisque c'est une valeur intermédiaire entre les temps de mouillage plus court observé dans la zone 19 (1-2 jours) et ceux observés dans les zones 12, 12E et 12F qui varient entre 2 à 5 jours. Des relations non linéaires ont été présumées entre les débarquements à l'échelle logarithmique et le jour depuis le début de la pêche, ainsi que le temps de mouillage des casiers. On a également présumé que les débarquements à l'échelle logarithmique variaient selon la pêche, et le nombre de casiers et le navires de pêche. Formellement, le modèle statistique est :

$$\ln D_{ijz} = \alpha_z + s_f(d_{ij}) + s_f(t_{ij}) + v_j + \ln n_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Où D_{ijz} sont les débarquements enregistrés pour un navire de pêche i et l'entrée du journal de bord j dans la zone de pêche z . Les composantes du modèle sont : les paramètres d'interception par zone de pêche α_z pour la flotte de pêche f , $s_f(d_{ij})$ est une spline de lissage sur le jour de pêche d_{ij} pour la flotte de pêche f , $s_f(t_{ij})$ est une spline de lissage sur le temps de mouillage des casiers t_{ij} , v_j est un effet de navire aléatoire pour chaque navire de pêche $v_j \sim N(0, \sigma_v^2)$, $\ln n_{ij}$ est un terme de décalage pour le nombre de casiers pêchés et $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$ est un terme d'erreur. L'analyse des données a été effectuée à l'aide de la fonction GAMM (Generalized Additive Mixed Models) du progiciel R ensemble mgcv, version 1.8 (Wood 2017). Ce modèle a été ajusté séparément pour chaque année.

3.3. STANDARDISATION DES CAPTURES

Les prises du relevé ont été standardisées en fonction de l'aire balayée par le chalut, calculée à partir des mesures de l'ouverture des ailes et de la vitesse du navire et intégrée sur l'intervalle de temps défini par ce contact du chalut avec le fond. Le moment de contact est calculé à partir des données d'angle de la sonde d'inclinaison et le moment de l'arrêt, ce qui signale le début des procédures de hissage et la fin du trait de chalut.

3.4. COMPOSITION DU STOCK

Les distributions annuelles des fréquences de tailles ont été déterminées à partir des captures standardisées du relevé, séparées par la maturité sexuelle. Pour les relevés antérieurs à 2012, les fréquences de taille dans chaque grille de 10 pi x 10 pi (le protocole du relevé utilisé à l'époque) ont été moyennées avant de calculer la moyenne annuelle. Cette étape a été

effectuée pour désagréger spatialement les captures des relevés pour ces relevés plus anciens. Les moyennes et les intervalles interquartiles des tailles de crabe ont été calculés pour les recrues à la pêche (mâles matures de taille légale, avec une nouvelle carapace) et les femelles matures à partir de leurs distributions de fréquences de taille désagrégées spatialement correspondantes pour chaque année.

3.5. ABONDANCE ET BIOMASSE

Les limites du relevé sont définies par un polygone d'une superficie de 57 842,8 km². Les parties des zones de gestion et des zones tampons qui chevauchent le polygone du relevé sont utilisées pour définir les sous-polygones correspondants qui divisent la zone du relevé (figure 5).

Un krigeage avec dérive externe a été utilisé pour estimer tous les indices de l'abondance et de la biomasse (MPO 2012a). Pour les estimations de la biomasse, le nombre de crabes capturés lors de chaque trait a d'abord été converti en poids à l'aide de l'équation taille-poids $w = (2,665 \times 10^{-4}) LC^{3,098}$, où w est le poids en grammes et LC , la largeur de la carapace en mm (Hébert *et al.* 1992).

3.6. TAUX DE SURVIE ET D'EXPLOITATION DU CRABE COMMERCIAL

Un index du taux d'exploitation annuel (F_t) est défini comme étant la proportion représentée par les débarquements de la pêche D_t pour l'année de pêche t par rapport à l'estimation de la biomasse commerciale (B_{t-1}) de l'année précédente :

$$F_t = D_t / B_{t-1}$$

Un indice du taux de survie des crabes de taille commerciale du relevé effectué après la pêche pour l'année $t-1$ pour le relevé après-saison de l'année suivante est calculé comme étant le ratio des débarquements D_t plus la partie des crabes de taille commerciale résiduelle (R_t) après la pêche de l'année t et l'estimation de crabe commercial (B_{t-1}) de l'année $t-1$:

$$S_t = (D_t + R_t) / B_{t-1}$$

Les prévisions des taux de survie annuels sont variables puisqu'ils sont assujettis aux erreurs d'estimation, aux changements dans la capturabilité du relevé et aux erreurs lors de la détermination de la condition de la carapace.

3.7. ANALYSE DE RISQUES ET OPTIONS DE PRISES

L'analyse des risques permet de calculer la probabilité de deux événements suivants la pêche de 2023: que la biomasse résiduelle soit inférieure au point de référence limite (PRL) de 10 000 t, et/ou que la biomasse commerciale totale du relevé de 2023 soit inférieure au niveau de référence supérieur (NRS) de 41 400 t. La biomasse de recrutement (crabes de catégorie R-1) projetée pour la pêche en 2023 a été intégrée à l'analyse de risques en utilisant un modèle bayésien (Surette et Wade 2006; Wade *et al.* 2014). Une gamme d'options de capture a été considérée, incluant celle prescrite par la règle de décisions pour le crabe des neiges du sGSL (MPO 2014). La probabilités des risques a ensuite été calculée pour chaque option de capture, présument que la mortalité naturelle était égale au taux observé sur le relevé des cinq dernières années.

3.8. CHANGEMENT RÉCENTS DANS LA DISTRIBUTION DU CRABE ET DU RÉCHAUFFEMENT DE TEMPÉRATURE

Les changements de la profondeur, la température et de la distribution spatiale du crabe des neiges ont été examinés afin d'étudier les effets possibles du réchauffement des températures au fond dans le sGSL. Les données sur les prises de crabe des neiges dans le relevé au chalut de 1997 à 2022, de même que les données interpolées sur la température de l'eau pour le mois de septembre (Galbraith *et al.* 2021) ont été utilisées. La décision d'utiliser les données des températures du fond en septembre était basée sur la disponibilité d'observations de température fiables pour la période d'étude, ainsi que sur la valeur approximative des températures maximales de l'année, bien que les températures puissent encore augmenter plus tard à l'automne. La distribution de trois catégories de crabes a été examinée: 1) les femelles matures, un indice du stock reproducteur, 2) le crabe instar VIII, un indice du recrutement de la population et 3) les crabes de taille commerciale.

Les distributions selon la profondeur pour chaque catégorie de crabe ont été obtenues en calculant d'abord les prises moyennes du relevé, regroupées par tranche d'un mètre de profondeur, puis en les échelonnant par la distribution de la profondeur dans la zone du relevé, d'après la bathymétrie tirée du GEBCO (Becker *et al.* 2009). Les quantiles de la distribution de la profondeur ainsi obtenus ont ensuite été calculés et présentés sous forme de diagrammes en moustaches par catégorie de crabe et année de relevé. De même, les distributions de la température occupées par chaque catégorie de crabe ont été obtenues en calculant les densités moyennes par tranches de température de 0,1 degré puis ont été mises à l'échelle par la distribution de la température en septembre dans la zone du relevé pour l'année correspondante. Les quantiles de la distribution de la température résultante ont ensuite été calculés et présentés sous forme de diagrammes en moustaches par catégorie de crabe et année de relevé. Afin de prendre en considération les différents changements dans les plans du relevé avant 2012, la moyenne des données sur les prises standardisées, la profondeur et la température par quadrilatère de 10 degrés de latitude sur 10 degrés de longitude a été calculée avant de procéder à l'analyse.

Les cartes de densité ont été interpolées en utilisant le krigeage pour chaque année et la catégorie de crabe des neiges pour chaque année entre 1997 et 2022. La série chronologique du relevé a été divisée entre une période passée (1997 à 2012) et une période récente (2013 à 2022) et la distribution spatiale entre ces deux périodes a été comparée. Ces périodes ont été définies pour atteindre une moyenne de l'ensemble des fluctuations de population entre ces deux périodes. La moyenne de ces cartes de densité annuelle a été obtenue pour chacune des deux périodes du relevé, puis la variation relative de la densité a été calculée.

4. RÉSULTATS

4.1. RENDEMENT DE LA PÊCHE

La moyenne saisonnière des PUE, un indice de la performance globale de la pêche, a été calculée directement à partir des données des débarquements et de l'effort, compilées à partir des données des journaux de bord des crabiers. Ces valeurs de PUE n'ont pas été standardisées. Dans la zone 12, la PUE moyenne saisonnière a diminué de 10,5 % à 51,4 kilogrammes par casier levé (kg/th) en 2022, légèrement en dessous de la moyenne à long terme de 54,9 kg/th (moyenne de 1998 à 2022). Dans la zone 19, la PUE moyenne saisonnière a diminué de 6,9 % à 112,6 kg/th, ce qui était légèrement supérieur à la moyenne à long terme de 108,0 kg/th. Les PUE par zone de gestion sont présentées à la figure 6.

En général, les PUE standardisées étaient très similaires aux valeurs saisonnières (tableau 1), avec des différences généralement inférieures à 10 % entre les deux valeurs. Le modèle de standardisation des PUE produit également des estimations de la relation entre les PUE et le jour de la saison de pêche, ainsi que le temps de mouillage. Comme prévu, la PUE a tendance à diminuer avec le jour de la pêche. Par exemple, les PUE dans les zones 12, 12E et 12F en 2022 diminuent d'environ la moitié entre le début de la pêche et deux semaines de pêche. La diminution est encore plus prononcée dans la zone 19 (figure 7). Les tendances du temps de mouillage pour la pêche de 2022 (figure 8) démontrent que la PUE augmente de façon modérée pour les zones 12, 12E et 12F, tandis que l'effet du temps de mouillage est beaucoup plus prononcé dans la zone 19.

4.2. COMPOSITION DU STOCK

4.2.1. Distribution des tailles du relevé

Les distributions des tailles du relevé ont été standardisées en fonction de l'aire balayée par le chalut lors de chaque trait, puis la moyenne a été calculée pour tous les traits du relevé et les densités ainsi obtenues ont été mises à l'échelle selon la zone du relevé. La distribution des fréquences de taille par stade de maturité est présentée pour les crabes mâles sur la figure 9 et pour les crabes femelles sur la figure 10. La distribution des tailles des mâles en 2022 affiche une diminution marquée d'environ 30 % chez les mâles de taille inférieure à la taille légale, notamment chez les individus immatures, par rapport à 2021. La forte abondance des crabes instar VII (LC d'environ 28 mm) et instar VIII (LC d'environ 38 mm) en 2021 a produit une augmentation correspondante des crabes instar VIII et IX (LC d'environ 50 mm), mais elle est beaucoup moins prononcée que prévu. L'abondance des mâles de taille légale est par contre restée similaire au cours des cinq dernières années. Les distributions de taille des femelles en 2022 montrent une diminution de l'abondance chez les immatures et une légère augmentation chez les matures. Le pic accentué de crabes immatures de stade VIII (~ 38 mm LC) en 2021 n'a entraîné qu'une modeste augmentation correspondante du stade IX (~ 50 mm LC) pour les femelles matures, malgré l'augmentation apparente de la capturabilité au chalut associée à l'augmentation de la taille.

La variation annuelle de la taille des crabes a été examinée pour les mâles matures à nouvelle carapace de taille légale (c'est-à-dire les recrues dans la pêche). La taille de ces recrues a varié passant d'une faible LC moyenne de 108,3 mm en 2001 à 115,1 mm en 2008. La taille moyenne a ensuite diminué jusqu'à une LC de 109,0 mm en 2011 et 2012, a augmenté pour atteindre 113,0 mm en 2015, puis a diminué à un faible niveau de 108,8 mm en 2018 où elle est restée depuis (figure 11) et la LC est de 110,0 mm en 2022.

La distribution des tailles des femelles matures a varié passant d'une LC de 57,4 mm en 1997 à un pic de 60,7 mm en 2005. Depuis 2005, la taille moyenne a diminué pour atteindre une LC de 56,7 mm en 2019, de 56,9 mm en 2020, de 56,7 mm en 2021 et de 55,5 mm en 2022, la plus faible de la série chronologique (figure 11). La gamme des tailles des femelles matures a diminué de façon constante de 1997 à 2021, l'écart interquartile passant d'une LC de 13 mm à 10,0 mm de 1997 à 2005 et atteignant des minimums records de 9,4 mm en 2020 et 2021 avant de se redresser légèrement à 10,6 mm en 2022.

4.2.2. Biomasse commerciale

La biomasse commerciale pour le sGSL est estimée à 85 532 t, avec un intervalle de confiance à 95 % (74 658-97 535) (tableau 1, figure 12). Les estimations de la biomasse commerciale ont été comparables au cours des cinq dernières années, l'estimation de 77 748 t en 2020 étant la plus basse et celle de 2022, la plus élevée. Le modèle variogramme sphérique utilisé pour

interpoler la biomasse commerciale avait une valeur de pépité de 0, un seuil à $4,4 \times 10^6$ et une portée de 11,3 km.

Le recrutement dans la pêche en 2022 a augmenté de 9,5 % pour atteindre 68 348 t (58 894-78 880 t), ce qui représente 80 % de la biomasse commerciale (tableau 2, figure 12). La biomasse résiduelle (c'est-à-dire les crabes de taille commerciale ayant une condition de carapace de 3, 4 ou 5) a diminué de 9 % et a été estimé à 17 388 t (14 040-21 292 t) (tableau 2, figure 12). La biomasse résiduelle était dominée par la condition de carapace 3; cette condition représentait 80 % des prises lors du relevé, la condition de carapace 4 en représentait 18 % et la condition de carapace 5, 2 % (tableau 3). La grande proportion de crabes avec une condition de carapace 3 dans la biomasse résiduelle montre que la population après la saison de pêche ne représente pas de signes de vieillissement.

Une représentation de la biomasse commerciale par zone de pêche et par zone tampon est présentée dans le tableau 4. L'estimation de la biomasse commerciale selon le relevé au chalut de 2022 pour la zone 12 était de 75 742 t (66 447-85 966 t), ce qui représente 89,3 % de la biomasse se trouvant dans les quatre zones de pêche. Dans la zone 12E, la biomasse commerciale selon le relevé au chalut de 2022 a été estimée à 685 t (74-2 721 t), ce qui représente 0,8 % de la biomasse se trouvant dans les quatre zones de pêche. L'estimation de la biomasse commerciale selon le relevé au chalut de 2022 pour la zone 12F était de 4 320 t (2 949-6 113 t), ce qui représente 5,1 % de la biomasse se trouvant dans les quatre zones de pêche. L'estimation de la biomasse commerciale selon le relevé au chalut de 2022 après la pêche dans la zone 19 était de 4 094 t (2 465-6 408 t), ce qui représente 4,8 % de la biomasse se trouvant dans les quatre zones de pêche. On estime qu'environ 732 t de crabe de taille commerciale se trouvent dans les zones tampons ou dans la zone non attribuée au-dessus de les zones 12E et 12F (figure 5).

4.2.3. Distribution spatiale du crabe de taille commerciale

La distribution spatiale du crabe de taille commerciale en 2022 était similaire à celle de 2018 à 2022, avec des concentrations sur le banc Bradelle et au sud et à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine, et des concentrations modérées, mais à la baisse, dans la vallée de Shediac (figure 13). Dans la baie des Chaleurs, les densités sont demeurées élevées par rapport à celles des années précédentes et ont légèrement augmenté en 2022. Dans la zone 12F, les densités étaient semblables à celles de l'an dernier. Les densités dans les parties nord et centrale de la zone 19 présente une forte diminution par rapport à 2021 (figure 13).

La distribution spatiale des crabes de taille commerciale résiduels est illustrée à la figure 14. Le stock résiduel est le plus abondant dans la zone 12F et on en retrouve également dans quelques zones limités entre les Îles-de-la-Madeleine et l'Île-du-Prince-Édouard. Les densités des crabes résiduels sont faibles dans la zone 19, la baie des Chaleurs, la vallée de Shediac et au banc Bradelle.

4.2.4. Stock reproducteur

L'abondance totale des mâles matures selon le relevé a connu une période de forte abondance de 1999 à 2004, avec un pic de 401 millions d'individus en 1999, puis a chuté à 160 millions en 2009 (tableau 3). L'abondance est ensuite remontée à 299 millions en 2012, puis a diminué à de plus faibles niveaux d'environ 235 millions de 2013 à 2015. Depuis 2016, l'abondance totale de mâles matures a atteint des pics de 420 millions en 2021 et de 425 millions en 2022. Durant les cinq dernières années, la quantité de mâles matures de taille légale est restée relativement constante entre 144 et 154 millions d'individus. L'augmentation globale du nombre de mâles

matures a été causé par l'augmentation de l'abondance des individus de taille inférieure à la taille légale passant de 173 millions en 2018 à 271 millions en 2021 et 2022.

L'abondance des femelles matures était supérieure à 600 millions d'individus de 1999 à 2004, puis a diminué à 237 millions en 2006 (figure 15). Depuis, l'abondance des femelles a progressivement augmenté pour atteindre un sommet de 777 millions en 2020, puis a diminué de 25 % à 585 millions de crabes en 2021 avant de se redresser de 3,7 % pour atteindre 602 millions de crabes en 2022.

L'abondance des crabes primipares était élevée de 1997 à 2001, mais a connu une chute soudaine de 233 millions en 2001 à 51 millions en 2002. Ce nombre a progressivement augmenté jusqu'à 152 millions en 2010, suivi d'une diminution à 79 millions en 2011, d'une augmentation à 201 millions en 2018 et 197 millions en 2019, et enfin d'une baisse à 139 millions en 2020, 123 millions en 2021 et 138 millions en 2022. Les femelles primipares représentent en moyenne 25 % du stock reproducteur.

La diminution de 6 mm de la largeur de la carapace des femelles matures (figure 11) entre 2005 et 2022 se traduit par une réduction de 28 % de la fécondité individuelle. Toutefois, cette diminution est plus que compensée par l'augmentation de l'abondance des femelles matures au cours de la même période.

4.2.5. Recrutement dans la population

L'indice du recrutement dans la population est défini comme l'abondance des petits crabes mâles (LC de 34 à 44 mm), ce qui correspond approximativement à l'instar VIII. Le relevé de l'an dernier a enregistré un nombre record de 329 millions de crabes, qui a chuté de 38,8 % pour s'établir à 202 millions de crabes en 2022 (figure 16). L'indice pour 2022 demeure le cinquième plus élevé de la série chronologique et l'abondance record de l'an dernier était attribuable à la croissance d'une forte cohorte dans la population qui a atteint l'instar IX en 2022, un stade où une faible proportion de mâles et une grande proportion de femelles muent et parviennent à la maturité. Soulignons que l'erreur associée à cet indice est plus élevée que pour les crabes de grande taille, en partie à cause de la plus faible capturabilité du chalut pour ces crabes de petite taille, ainsi que de très grandes prises occasionnelles de ces crabes. Un crabe mâle instar VIII devrait atteindre la taille commerciale en cinq ou six ans, bien qu'une partie d'entre eux puisse sauter une mue ou arriver à maturité à une taille inférieure à la taille commerciale.

4.2.6. Recrutement dans la pêche

La biomasse du recrutement dans la pêche (catégorie R-1) a été relativement stable de 2018 à 2021, avec un creux de 58 348 t en 2020 et un pic de 62 473 t pour le relevé de 2021, mais elle a augmenté de 9,5 % en 2022 pour s'établir à 68 348 t (58 894 t-78 880 t) (tableau 2). Les prévisions sur un an tirées d'un modèle bayésien (Surette et Wade 2006; Wade *et al.* 2014) surestimaient le recrutement de 21,3 % en 2020 et de 21,8 % en 2021, mais la prévision pour 2022 ne dépassait que de 6,4 % le recrutement observé lors du relevé (figure 17). Bien que les prévisions se situent largement à l'intérieur de l'intervalle de crédibilité de 95 %, nous remarquons que l'incertitude associée est assez élevée. Le recrutement dans la pêche prévu pour 2022 est estimé à 57 280 t (39 220-80 840 t) selon le modèle bayésien, soit une diminution de 16,3 % par rapport au recrutement observé en 2022.

Les indices relatifs aux pré-recrues dans la pêche ont considérablement diminué en 2022 par rapport à 2021, la catégorie R-4 ayant reculé de 30,1 % pour s'établir à 94,7 millions de crabes, la catégorie R-3 de 39,6 % pour s'établir à 93,1 millions et la catégorie R-2 de 30,1 % pour s'établir à 131,8 millions. Les catégories R-4 et R-3 sont maintenant en dessous de leurs

moyennes respectives à long terme (1997-2021) de 127,2 millions et 122,6 millions de crabes (tableau 3). La distribution spatiale des pré-recrues dans la pêche en 2022 suit les déclinés observés dans les indices de l'abondance, avec des diminutions de la population de crabes mâles adolescents dans la vallée de Shediac, sur le banc Bradelle et autour des Îles-de-la-Madeleine, et des réductions particulièrement fortes dans les zones 12F et 19. La baie des Chaleurs est l'une des rares régions où il y a eu une augmentation (figure 18).

4.3. TAUX D'EXPLOITATION COMMERCIAL ET TAUX DE SURVIE

Le taux d'exploitation pour la pêche de 2022 a été estimé à 39,1 %, d'après l'estimation de la biomasse commerciale du relevé de 2021 (tableau 2). Les taux d'exploitation ont varié entre 21,0 % et 44,7 % de 1998 à 2021, avec une moyenne de 35,0 % entre 1998 et 2021.

Les estimations des taux de survie annuels ont diminué d'environ 5 % par année, passant de 69,5 % en 2018 à 64,4 % en 2019, puis à 59,8 % en 2020 et à 56,1 % en 2021, mais ont légèrement augmenté pour atteindre 60,6 % en 2022 (tableau 2). Le taux de survie moyen était de 66,6 % de 1998 à 2022. Les faibles taux de survie des dernières années pourraient être attribuables à une augmentation des processus de mortalité (naturelle et/ou induite par la pêche), mais pourraient également être causés par une mauvaise catégorisation des individus parmi les groupes des recrues et des crabes résiduels.

4.4. CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Les conditions environnementales, telle que la température de l'eau, peuvent affecter les périodes de mue et de reproduction de même que les mouvements du crabe des neiges. Pour la majorité du sGSL, les températures de fond sont typiquement moins de 3 °C, une température adéquate à l'habitat du crabe des neiges. Dans les eaux plus profondes des zones 12 E et 12F, les températures de fond sont plus élevées (1 à 7 °C) que dans la zone 12. Les températures de fond de la zone 19 sont habituellement 1 à 2 °C plus chaudes que celles de la zone 12, habitat traditionnelle du crabe (Chassé et Pettipas 2009).

Dans l'ensemble, les températures de fond du sGSL étaient beaucoup plus élevées que la normale en 2022, à l'exception de la zone côtière nord de l'Île-du-Prince-Édouard et l'est du détroit de Northumberland, incluant la baie Saint-George (figure 19). Les températures de fond en septembre 2022 ont été comparées aux températures moyennes de la période de 1991 à 2021 en utilisant les données des relevés de septembre. Les températures dans la zone 12 en 2022 étaient supérieures de 0,5 à 1 °C (ou plus) à la normale dans la baie des Chaleurs et sur une vaste zone entre la Péninsule Acadienne, les Îles-de-la-Madeleine et la Gaspésie. Cette zone comprend les bancs Bradelle et de l'Orphelin. Les températures de fond près des côtes de l'Île-du-Prince-Édouard étaient nettement plus froide que la normale dans certaines régions. Les températures de fond dans la zone 12E, 12F et 19 étaient de 1 à 2 °C au-dessus de la normale. Les régions avec températures en-dessous de la normale se trouvaient aux alentours de l'Île-du-Prince-Édouard, la région sud des Îles-de-la-Madeleine et la partie ouest de la baie des Chaleurs. Une bouée océanographique au large de la côte nord-est de l'Île-du-Prince-Édouard a enregistré une augmentation soudaine de température de fond correspondant à une anomalie de température de +1,3 °C par rapport à septembre.

L'indice de l'habitat du crabe des neiges, défini comme la superficie du sGSL avec des températures au fond de moins de 3 °C en septembre, a légèrement augmenté en 2022 par rapport à 2021, mais demeure bas. La température moyenne dans cette zone de 1,4 °C, demeure bien au-dessus de la moyenne à long terme (1991-2020), représentant une diminution de 0,2 °C par rapport à 2021 (1,6 °C) et une augmentation de 0,8 °C par rapport à au dernier minimum significatif observé en 2014 (0,6 °C). La moyenne de température en 2022 à l'intérieur

de l'habitat du crabe des neiges est la deuxième plus élevée de la série chronologique de 1971-2022 (figure 20). La valeur la plus élevée a été observée en 2021.

Débutant au mois de mai 2022, les eaux de surface du sGSL étaient significativement plus chaudes que la normale à l'exception du mois de juillet et de quelques semaines dans les mois de septembre et d'octobre où les températures étaient près de la normale. Sur le chenal des îles-de-la-Madeleine, l'anomalie de température était de +2 °C en septembre. Ces chaudes températures de surface ont persisté jusqu'à la fin décembre. En même temps, les eaux profondes du chenal Laurentien ont poursuivi leur tendance au réchauffement et étaient beaucoup plus chaudes que la normale. La température à 200 m près du détroit de Cabot a atteint 7,26 °C représentant une augmentation de 2,04 °C par rapport à la moyenne à long terme de 5,22 °C. Du fait des conditions susmentionnées, le volume d'eau correspondant à la couche intermédiaire froide (CIF), c'est-à-dire les eaux à moins de 1 °C, était l'un des quatre plus faibles jamais enregistrés pour le mois de septembre de 1971 à 2022; avec des minimums enregistrés en 1980, 2012 et 2021. Le volume d'eau de la CIF pour 2022, environ 480 km³, est approximativement cinq fois inférieur à la normale et pourrait être le plus bas enregistré puisque les données pour 1980 étaient moins abondante.

4.5. CHANGEMENTS RÉCENTS DANS LA DISTRIBUTION DU CRABE ET RÉCHAUFFEMENT DES TEMPÉRATURES

4.5.1. Distribution selon la profondeur

La figure 21 illustre la distribution de femelles matures, mâles instar VIII et crabes de taille commerciale selon la profondeur, de 1997 à 2022 provenant du relevé au chalut.

La distribution selon la profondeur des femelles matures a légèrement changé entre la première période de la série chronologique du relevé de 1997 à 2012 et la période récente de 2013 à 2022. Les profondeurs médianes ont diminué d'environ quatre mètres, passant de 70 m à 66 m entre les deux périodes. La proportion de crabes dans les eaux à plus de 100 m de profondeur a également diminué, passant d'une moyenne de 4,6 % de la population avant 2013 à 1,5 % par la suite. La gammes des profondeurs occupées par le stock de femelles matures a également été réduite, l'intervalle interquartile, c'est-à-dire l'intervalle des profondeurs contenant 50 % du stock, est passé d'une moyenne de 17 m avant 2013 à 13 m.

La tendance pour les mâles instar VIII était semblable à celle des femelles matures, avec un léger déplacement vers des eaux plus profondes de 62 m avant 2013 à des profondeurs de 58 m par la suite. Bien que la distribution selon la profondeur des mâles instar VIII soit plus variable, ceux-ci occupent des profondeurs médianes de 8 à 10 m de moins que les femelles matures. De 2002 à 2009, de petites proportions de la population ont été observées à plus de 100 m de profondeur.

La distribution selon la profondeur des crabes de taille commerciale est assez uniforme dans le temps. La profondeur médiane oscille autour de 63 m, soit environ 8 m de moins que celle des femelles matures.

4.5.2. Distribution selon la température

La figure 22 représente la distribution de crabe selon la température en septembre pour le femelles matures, les mâles instar VIII et les crabes de taille commerciale de 1997 à 2021 dans le sGSL.

En septembre, les températures des eaux occupées par les femelles matures ont fluctué environ quatre fois, des températures les plus basses aux plus élevées de 1997 à 2021, avec

des périodes de températures chaudes en 2000, 2006, 2010 et 2012. L'augmentation la plus récente du régime de température des eaux que les femelles matures occupent a commencé en 2014 à 0,20 °C et se situe actuellement à la valeur la plus élevée de la série chronologique, à 1,21 °C pour 2021, comparativement à la moyenne de 0,61 °C pour la série chronologique. Les températures minimales des eaux occupées par les femelles matures, lorsqu'on utilise les valeurs du 2,5^e centile, sont également actuellement à leurs valeurs les plus élevées, à 0,81 °C pour 2021, comparativement à la moyenne de 0,0 °C pour la série chronologique. Avant 2015, une moyenne de 3,6 % (jusqu'à 10 %) de la population de femelles matures occupaient à des températures de fond supérieures à 3 °C en septembre, probablement parce qu'une petite partie de la population vivait dans des eaux plus chaudes et plus profondes. Depuis 2015, les proportions de femelles présentes à des températures de fond supérieures à 3 °C sont négligeables.

La distribution de crabe selon la température en septembre des mâles instar VIII était plus variable que celle des femelles matures, avec une proportion moyenne de 6,7 % occupant des eaux dépassant 3 °C. La température médiane pour le crabe instar VIII était très élevée en 2021, à 1,76 °C, la plus élevée de la série chronologique, bien que cette valeur soit probablement fortement influencée par un seul trait ayant capturé un grand nombre de ces crabes dans une zone d'eaux plus chaudes à l'est de l'Île-du-Prince-Édouard. Comme pour les femelles, les températures minimales pour les mâles instar VIII ont connu une tendance à la hausse, passant de -0,39 °C en 2014 à un pic de 0,89 °C en 2021, la valeur la plus élevée de la série chronologique.

Les températures des eaux occupées par les crabes de taille commerciale en septembre étaient relativement chaudes en 2000 et entre 2009 et 2014. Elles se sont réchauffées depuis, passant d'une médiane de 0,17 °C en 2014 à 1,23 °C en 2021, la valeur la plus élevée de la série chronologique. Comme pour les deux autres catégories, les températures minimales des eaux occupées par les crabes de taille commerciale sont passées de -0,45 °C en 2015 aux plus hautes valeurs de la série chronologique à 0,45 °C en 2020 et à 0,35 °C en 2021.

La distribution selon la température de fond en septembre pour la zone du relevé est présentée sous forme de diagramme à moustaches à la figure 23. Les tendances et les fluctuations observées entre les températures des eaux occupées par les trois catégories de crabe des neiges et les températures de fond lors du relevé sont très semblables dans l'ensemble. Par exemple, il existe une correspondance étroite entre les températures minimales (le 2,5^e centile) et médianes des eaux dans la zone du relevé et celles des eaux occupées par chacune des trois catégories de crabe des neiges considérées. Tel que prévu, le crabe des neiges n'occupe pas les parties les plus chaudes de la zone du relevé, ce qui se traduit par une différence moyenne de 2,7 °C entre la distribution selon la température dans la zone du relevé et celle des trois catégories de crabe des neiges.

4.5.3. Distribution spatiale

La figure 24 montre une série de cartes représentant, pour chacune des trois catégories de crabe des neiges, les densités moyennes avec krigeage pour la première période (de 1997 à 2012), la seconde ou la plus récente période (de 2013 à 2022) et les différences relatives entre les deux.

Pour les trois catégories de crabe, les densités sur le banc des Américains, notamment dans la partie ouest, ont considérablement diminué de la période récente. Des plus modérées sont apparentes au sud et à l'est du banc, jusqu'au 48^e parallèle. Avec l'exception de la zone 12F, une diminution est également manifeste le long du chenal Laurentien, bien que le relevé comptait moins de stations dans cette zone avant 2006.

Au cours des 10 dernières années, les femelles matures se sont déplacées vers les parties plus au sud du sGSL, avec de fortes augmentations globales dans la vallée de Shediac, partout autour des Îles-de-la-Madeleine, surtout dans la région au nord de l'Île-du-Prince-Édouard et la zone 12F. Par contraste, de fortes diminutions chez les femelles matures sont apparentes dans le chenal du Cap-Breton, les densités actuelles étant limitées aux parties moins profondes à l'ouest et au sud de la zone.

La tendance observée chez les femelles matures est très semblable à celle observée chez les mâles instar VIII, à l'exception des fortes augmentations dans la région au sud de la zone 19, entre l'Île-du-Prince-Édouard et le sud-ouest du Cap-Breton.

L'abondance du crabe de taille commerciale a également nettement diminué sur le banc des Américains, mais les réductions étaient plus modérées que pour les femelles matures et le crabe instar VIII. Contrairement aux femelles matures et aux mâles instar VIII, aucune diminution générale n'a été observée chez le crabe commercial dans la zone 19 entre les deux périodes à l'étude. Tout comme les deux autres catégories, l'abondance des mâles de taille commerciale a fortement augmenté dans la zone 12F à partir de 2014. De grandes concentrations de crabes de taille commerciale sont maintenant présentes dans les zones plus au sud et au sud et à l'ouest des Îles-de-la-Madeleine.

4.5.4. Variation des températures

La figure 25 illustre la variation de la température moyenne entre la période récente (de 2013 à 2021) et la première période (de 1997 à 2012) du relevé. Une tendance générale au réchauffement est observée pour la plus grande partie du sGSL. Toutefois, ce réchauffement est modéré dans certaines régions (baie des Chaleurs, partie centrale du sGSL, sud et ouest des Îles-de-la-Madeleine). D'autres régions ont même connu un certain refroidissement entre les deux périodes (la côte nord de l'Île-du-Prince-Édouard, la région entre l'Île-du-Prince-Édouard et le Cap-Breton, le nord et l'ouest des Îles-de-la-Madeleine).

Les températures ont considérablement augmenté en septembre dans des zones à l'intérieur et le long du chenal Laurentien, sur le banc des Américains, dans la vallée de Shediac, à l'extrémité et aux abords de la baie des Chaleurs, dans les zones côtières des Îles-de-la-Madeleine et dans la zone 19, notamment dans le chenal du Cap-Breton.

Les régions où un certain refroidissement a été observé expliquent bien certaines des tendances observées au recrutement et au changement dans la distribution de la population, y compris la forte augmentation de la population de crabe dans la zone 12F, le déplacement vers le sud de la population vers la côte nord de l'Île-du-Prince-Édouard et l'explosion du recrutement de population au sud de la zone 19. À l'inverse, dans les régions où les tendances au réchauffement sont marquées, l'abondance du crabe a généralement diminué, notamment sur le banc des Américains, le long du chenal Laurentien et dans le chenal du Cap-Breton. Ces zones plus profondes forment des connexions bathymétriques avec la masse d'eau profonde en réchauffement du chenal Laurentien. Les températures stratifiées de l'eau révèlent que l'isobathe de 3 degrés, considérée comme une limite supérieure traditionnelle pour l'habitat favorable au crabe des neiges, est repoussée dans des zones moins profondes par cette masse d'eau profonde qui pénètre dans ces régions du sGSL (figure 26).

5. APPROCHE DE PRÉCAUTION

5.1. POINTS DE RÉFÉRENCE

Des points de référence conformes à l'approche de précaution (AP) (MPO 2009) ont été élaborés pour le crabe des neiges du sGSL en 2010 (MPO 2010). Ces points de référence, associés à des paramètres appropriés du stock, sont utilisés pour catégoriser l'état du stock comme étant dans la zone critique, de prudence ou saine. Chaque zone a des règles particulières de gestion ou des règles de décisions associées à sa zone.

Trois points de référence ont été définis pour le stock de crabe des neiges du sGSL (figure 27). Le point de référence limite (PRL) = 10 000 t a été défini en fonction de la biomasse résiduelle la plus faible observée entre 1997 et 2008. Le point de référence supérieur (PRS) du stock = 41 400 t a été défini comme étant 40 % de la biomasse commerciale maximale (c'est-à-dire les recrues plus les crabes résiduels) observée lors du relevé de 1997 à 2008. On a fixé un taux d'exploitation de référence de $F_{lim} = 34,6 \%$ (MPO 2012b; figure 28), correspondant au taux d'exploitation annuel moyen des saisons de pêche de 1998 à 2009. Voir MPO (2010) pour obtenir de l'information plus détaillée sur la détermination de ces points de référence.

La biomasse commerciale dans le sGSL pour la saison de pêche de 2023 est estimée à 85 532 t (tableaux 2 et 4); elle se trouve donc dans la zone saine selon le cadre de l'AP (figures 27 et 28). La biomasse résiduelle après la pêche de 2022 était de 17 388 t (tableau 2), soit au-dessus du point de référence limite de 10 000 t, et est donc également considérée comme se trouvant dans la zone saine.

À l'heure actuelle, F_{lim} n'est pas considéré comme un point de référence limite dans la gestion du crabe des neiges du sGSL, parce que le taux d'exploitation cible donné par la règle de décision dépasse généralement F_{lim} jusqu'à un maximum de 45 %. Le taux d'exploitation cible prescrit par la règle de décision n'est respecté que lorsque la biomasse commerciale est inférieure à 45 500 t, une situation qui ne s'est pas produite depuis 2010.

5.2. ANALYSES DES RISQUES

Les intrants de l'analyse des risques étaient la biomasse commerciale d'après le relevé de 2022 (85 532 t), le recrutement dans la pêche projeté selon le modèle bayésien (57 280 t) et le taux de survie annuel moyen sur cinq ans de 62 %. Une option de prise provisoire de 35 745 t, correspondant à un taux d'exploitation de 41,79 %, conformément à la règle de décision, a été utilisé pour la saison de pêche de 2023 (figure 29).

L'analyse des risques indique que cette option de prise correspond à une très faible probabilité que la biomasse commerciale soit inférieure à PRS, malgré la diminution du recrutement dans la pêche, qui demeure à un niveau relativement élevé. De même, la probabilité que la biomasse résiduelle tombe en dessous LPR après la pêche de 2023 est faible, à 1,3 %. Ainsi, le stock de crabe des neiges devrait demeurer dans la zone saine selon l'AP en 2022 (tableau 5 figure 29).

6. DISCUSSION

6.1. INCERTITUDES SUR LES INDICATEURS DE L'ÉTAT DE STOCK

Le relevé du crabe des neiges du sGSL a été élaboré pour fournir des indices d'abondance et de biomasse de qualité pour sa population résidente de crabe des neiges: il utilise un chalut de fond ayant une bonne capturabilité pour le crabe commercial, contient un assez grand nombre de stations qui sont échantillonnées annuellement et une zone d'échantillonnage qui couvre la plupart de l'habitat des crabes. Bien que des améliorations des protocoles d'échantillonnage

aient été appliquées au fil des ans, des sources d'incertitude persistent qui n'ont pas été prises en compte lors de l'estimation des indices.

Une source d'incertitude concerne les estimations de l'aire balayée, qui sont utilisées pour normaliser les captures des relevés. Bien que ces estimations soient calculées pour chaque trait individuel à l'aide des données de surveillance des chaluts, l'erreur associée à ces estimations n'a pas été prise en compte lors du calcul des indices d'abondance et de biomasse. Cela ne constitue pas nécessairement une source de biais pour ces indices, mais implique plutôt que leur erreur rapportée est sous-estimée.

Une deuxième source d'incertitude potentielle était l'ensemble de 12 stations (sur 355) abandonnées lors de l'enquête de 2022. L'impact possible de la suppression de ces stations en 2022, les estimations de la biomasse commerciale des années précédentes ont été recalculées en supprimant ces 12 stations, puis comparées à leurs valeurs d'origine. Cela a montré que l'impact était minime : les estimés de biomasse ne différaient que légèrement, avec des augmentations de +0,6 % en 2020 à +2,4 % en 2021. Les impacts sur les autres indices de population étaient d'une ampleur comparable.

Une troisième source d'incertitude est l'impact que les déplacements des stations de relevés ont eu sur les indices au fil des ans. L'expérience actuelle consistant à retourner 100 stations d'enquête à leurs emplacements d'origine, sélectionnées au hasard à partir de 2013, a donné quelques informations. La biomasse commerciale utilisant uniquement ces stations a été calculée pour 2021 et 2022 et comparée à celles de l'ensemble du relevé. La différence de biomasse commerciale était de -16,3 % en 2021 et de +3,9 %. Jusqu'à présent, ces deux estimations manquent de puissance suffisante pour fournir une estimation fiable du biais de relocalisation des stations. L'ampleur du biais présumé deviendra plus claire au fil du temps à mesure que l'expérience sera répétée dans les relevés futurs.

Une autre source d'incertitude est la variation de la capturabilité du chalut et du relevé au cours de certaines années du relevé, notamment l'augmentation inexplicée du crabe sous-légal en 2019 par rapport à 2018. Les changements apportés aux procédures de fin de chalutage en 2021 n'ont entraîné aucun changement évident dans l'échelle des distributions de tailles standardisées par rapport à 2019 et 2020. Ces procédures ont effectivement éliminé le chalutage non comptabilisé pendant les traits de chaluts comme explication de l'augmentation des prises du relevé en 2019. L'examen des données du chalut telles que la hauteur de la ralinque supérieure, la largeur des ailes, la sonde d'inclinaison et la vitesse du navire n'a démontré aucune variation apparente au cours des cinq dernières années. Ainsi, la cause de l'augmentation de la capturabilité du chalut des crabes de taille sous-légale en 2019 reste inconnue, la variation de la symétrie du chalut ou la qualité du contact avec le fond du chalut étant proposées comme causes probables.

Compte tenu de l'incertitude associée à la capturabilité du relevé, la diminution des prises du relevé chez les mâles sous-légaux en 2022 est due soit à une diminution de la capturabilité du chalut, soit à une augmentation de la mortalité naturelle. On ne sait pas laquelle de ces deux possibilités de facteurs est en jeu. Le suivi et la mesure de la symétrie du chalut pendant le relevé restent limités. L'observation directe du chalutage au moyen de caméras nécessite du temps et des efforts pour être configurée et ralentirait probablement les opérations de relevé régulières. À l'inverse, si le déclin observé est dû à la mortalité, il semble qu'il se soit produit beaucoup plus chez les crabes immatures que chez les crabes matures de même taille, bien que les taux de maturation varient d'une année à l'autre. La hausse des températures au cours des dernières années pourrait entraîner une augmentation de la mortalité chez les mâles sous-légaux. En effet, la mortalité naturelle chez les crabes commerciaux était relativement élevée

avec une moyenne de 38 % au cours des cinq dernières années, mais le taux de mortalité naturelle n'a pas augmenté en 2022.

6.2. PUE STANDARDISÉES ET BIOMASSE COMMERCIALE

Une discussion sur les hypothèses selon lesquelles les PUE standardisées pourraient éclairer les préoccupations récentes concernant les enjeux de capturabilité des relevés, notamment l'augmentation de la capturabilité des relevés en 2020 est le focus de cette section. Cette discussion va se concentrer principalement sur les tendances observées dans la zone 12, puisque les estimations de biomasse dans les autres zones ont une incertitude beaucoup plus élevée dans leurs estimations de biomasse.

La PUE élevée dans la zone 12 pour la saison de pêche 2017 correspondait à une biomasse totale projetée correspondante élevée de 98 384 t. Cependant, les PUE standardisées dans d'autres zones n'étaient pas nettement plus élevées. L'année suivante, la biomasse projetée a diminué de 33 % et la PUE standardisée dans la zone 12 a chuté de 46 % par rapport à l'année précédente. En 2019, la biomasse a augmenté de 23 % et la PUE standardisée a augmenté de 39 % dans la zone 12. Depuis 2019, les biomasses commerciales projetées sont restées relativement constantes, à environ 80 000 t.

Pour la saison de pêche 2020, les inquiétudes concernant l'augmentation de la capturabilité du relevé ont soulevé la possibilité que la biomasse commerciale ait été surestimée. En effet, malgré une réduction des quotas, la PUE en 2020 a connu des diminutions importantes dans toutes les zones de pêche, ce qui indique peut-être que la biomasse sous-jacente avait diminué par rapport à 2019. Cependant, les fermetures de zones dues au BNAN ont probablement également eu un impact négatif sur la PUE en 2020. Suite au changement de protocole de pêche en fin de trait lors des relevés de 2020 et 2021, la biomasse commerciale est restée presque constante, mais les PUE standardisées ont généralement augmenté en 2021 de 20 à 30 % et sont restées à des niveaux comparables en 2022. Les raisons de ces augmentations de PUE sont pas claires, mais certains facteurs comme le début de la saison de pêche plus tôt en avril 2021 et 2022 pourraient influencer ces augmentations.

Bien que les PUE devraient évoluer dans une certaine mesure avec la densité sous-jacente des crabes commerciaux, les PUE sont beaucoup plus sujet à des variations d'échelle que les relevés, car elles ne sont pas soumises à une surveillance ou à des contrôles pour tenir compte de nombreux facteurs importants qui seraient utiles pour la normalisation (Maggs *et al.* 2016). Malgré que les variables de standardisation incluses ici s'ajustent à certains facteurs de nuisance tels que le temps de mouillage et le temps de pêche, plusieurs autres facteurs tels que les changements dans les pratiques de pêche et les régions de pêche ciblées par les pêcheurs n'ont pas été pris en compte lors de la standardisation. L'interprétation des changements dans la biomasse commerciale sous-jacente à travers l'optique de la PUE standardisée demeure une tâche difficile et n'apporte que peu de lumière sur les changements récents dans la capturabilité du relevé. Ainsi, la standardisation appropriée des séries chronologiques de l'enquête demeure un problème continu.

6.3. CHANGEMENTS DANS LA DISTRIBUTION DES CRABES ET LE RÉCHAUFFEMENT DES EAUX

De nombreux aspects de la biologie du crabe des neiges, y compris l'alimentation, le métabolisme et la reproduction, ont des intervalles de température typiquement étroits. Une étude en laboratoire portant sur des crabes des neiges mâles du sGSL a démontré que les coûts métaboliques au-dessus de 7 °C dépassaient l'apport calorifique et que l'apport calorifique diminuait au-delà du seuil de 5 °C (Foyle *et al.* 1989). En termes de développement des œufs,

les températures optimales varient de 0 à 3 °C (Webb *et al.* 2007). Une étude expérimentale du sGSL a démontré que les femelles incubatrices maintenues à des températures plus chaudes (entre 1,8 et 3,2 °C) passaient d'un cycle de reproduction de 2 ans à un cycle de reproduction de 1 an (Moriyasu et Lanteigne 1998). De même, dans l'est de la Nouvelle-Écosse, environ 80 % des femelles matures ont un cycle de reproduction d'un an, cette région ayant des températures plus élevées que dans le sGSL (Kuhn et Choi 2011). En termes de recrutement, une autre étude en laboratoire a démontré que les petites recrues benthiques favorisaient des températures de 0 °C à 1,5 °C, ce qui explique certains des patrons de répartition en profondeur observés dans les portions nord-ouest du golfe du Saint-Laurent (Dionne *et al.* 2003).

Plus récemment, l'effondrement de la pêche au crabe des neiges dans l'est de la mer de Béring en Alaska en 2021 a été précédé par des températures moyennes d'occupation de 2,5 °C lors de leur relevé de 2018. Juste avant l'effondrement de la pêche, la température enregistrée pour les crabes des neiges mâles immatures était d'environ 2 °C lors du relevé de 2021 (Fedewa *et al.* 2020, Fedewa *et al.* 2021).

Pour le crabe des neiges du sGSL, les distributions de température au mois de septembre pour les trois catégories de crabe des neiges favorisaient des températures inférieures à 3 °C. Au cours de l'histoire du relevé, moins de 10 % de leurs populations respectives se situant au-dessus de ce seuil (figure 22). Les températures médianes occupées par le crabe des neiges du sGSL ont légèrement augmenté depuis 2014 pour atteindre des sommets sans précédent en 2021, allant de 1,2 °C (femelle mature et crabe commercial) à 1,7 °C (mâles de stade VIII). Ces résultats correspondent aux augmentations de températures de fond du sGSL. durant le mois de septembre.

7. CONCLUSION

Les indicateurs actuels du stock de crabe des neiges du sGSL continuent d'être positifs, positionnant le stock dans la zone saine de l'AP, avec une biomasse commerciale, un stock reproducteur, un recrutement de la population et un recrutement de la pêche projetés relativement élevés. La biomasse du stock commercial issue du relevé post-pêche est estimée à 85 532 t, composée à 80 % de nouveau recrutement et à 20 % de biomasse résiduelle. Selon la règle de contrôle des prises, cette estimation de la biomasse du stock commercial correspond à un taux d'exploitation de 41,79 % et à une option de prise de 35 745 t pour la pêche du crabe des neiges du sGSL en 2023. Une analyse des risques indique qu'une telle option de capture en 2023 entraînerait une très faible probabilité que la biomasse résiduelle du stock tombe en dessous du PRL et une très forte probabilité que la biomasse du stock commercial en 2023 reste au-dessus du PRS, tel que défini par l'AP.

Cependant, le réchauffement des températures dans le sGSL est une source de préoccupation. Le volume de la couche intermédiaire froide a été très faible au cours des dernières années ce qui entraîne une diminution de la superficie de l'habitat du crabe des neiges. De même, l'analyse des données des relevés a démontré des diminutions simultanées des densités de crabe des neiges dans les zones le long du chenal Laurentien, où une masse d'eaux profondes se réchauffant a été observé au cours de la dernière décennie. Si les températures continuent à augmenter, cela pourrait entraîner une baisse du recrutement, une augmentation de la mortalité naturelle et l'émigration.

8. REMERCIEMENTS

Les auteurs aimeraient remercier J.-F. Landry, M. McWilliams, Y. Larocque pour leur travail de terrain et pour la collecte et vérification des données ainsi que M. Moriyasu, R. Allain, J.-F. Landry et D. Gagnon pour leur assistance à la préparation et révision de ce document. Les auteurs aimeraient aussi souligner le travail de laboratoire d'Émilie Bourloutski, qui nous a quitté trop tôt.

9. RÉFÉRENCES

- Becker, J. J., D. T. Sandwell, W. H. F. Smith, J. Braud, B. Binder, J. Depner, D. Fabre, J. Factor, S. Ingalls, S-H. Kim, R. Ladner, K. Marks, S. Nelson, A. Pharaoh, R. Trimmer, J. Von Rosenberg, G. Wallace, P. Weatherall. 2009. [Global Bathymetry and Elevation Data at 30 Arc Seconds Resolution](#): SRTM30_PLUS, Marine Geodesy, 32:4, 355-371, DOI: 10.1080/01490410903297766.
- Biron, M., Ferron, C., and Moriyasu, M. 2008. Movement of adult male snow crab, *Chionoecetes opilio*, in the southern Gulf of St. Lawrence and eastern Nova Scotia, Canada. Fish. Res. 91: 260-270.
- Chassé, J., and Pettipas, R.G. 2009. [Temperature Conditions in the southern Gulf of St. Lawrence during 2008 relevant to snow crab](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/087.
- Comeau, M. and Conan, G.Y. 1992. Morphometry and gonad maturity of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2406-2468.
- Conan, G.Y., and Comeau, M. 1986. Functional maturity of male snow crab, (*Chionoecetes opilio*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1710-1719.
- Dionne, M., Sainte-Marie, B., Bourget, E., Gilbert, D. 2003. Distribution and habitat selection of early benthic stages of snow crab, *Chionoecetes opilio*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 259: 117-128.
- Fedewa, E.J., Jackson, T.M., Richar J.I., Gardner J.L., Litzow, M.A. 2020. Recent shifts in northern Bering Sea snow crab (*Chionoecetes opilio*) size structure and the potential role of climate-mediated range contraction. Deep. Sea Res. Pt. II Top. Stud. Oceanogr., pp. 181–182.
- Fedewa, E., Garber-Yonts, B. and Shotwell, K. 2021. Request for Indicators: Ecosystem and Socioeconomic Profile of the Snow Crab stock in the Eastern Bering Sea. North Pacific Fishery Management Council (NPFMC) Scientific and Statistical Committee (SSC) report. pp .1-10.
- Foyle, T. P., O'Dor, R.K., Elner, R.W. 1989. Energetically Defining the Thermal Limits of the Snow Crab. Journal of Experimental Biology 145 (1): 371–393.
- Galbraith, P.S., Chassé, J., Shaw, J.-L., Dumas, J., Caverhill, C., Lefavre, D. and Lafleur, C. 2021. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence during 2020. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2021/045. iv + 81 p.
- Hébert, M., Gallant, C., Chiasson, Y., Mallet, P., DeGrâce, P. et Moriyasu, M. 1992. Le suivi du pourcentage de crabes mous dans les prises commerciales de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent (zone 12) en 1990 et 1991. Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat. 1886.

-
- Hébert, M., Wade, E., DeGrâce, P., Biron, M., et Moriyasu, M. 1997. [Évaluation de 1996 du stock de crabe des neiges \(*Chionoecetes opilio*\) dans le sud du golfe du Saint-Laurent \(zones 12, 18, 19, 25/26, et zones E et F\)](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 1997/086. 60 p.
- Kuhn, P.S., Choi, J.S. 2011. Influence of temperature on embryo developmental cycles and mortality of female *Chionoecetes opilio* (snow crab) on the Scotian Shelf, Canada. Fisheries Research 107:245-252.
- Maggs, J. Q., Potts, W. M., Dunlop, S. W. 2016. Traditional management strategies fail to arrest a decline in the catch-per-unit-effort of an iconic marine recreational fishery species with evidence of hyperstability. Fish. Man. Ecol. 23: 187–199.
- Moriyasu, M., Wade, E., Hébert, M., and Biron, M. 2008. [Review of the survey and analytical protocols used for estimating abundance indices of southern Gulf of St. Lawrence snow crab from 1988 to 2006](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2008/069.
- Moriyasu, M. and Lanteigne, C. 1998. Embryo development and reproductive cycle in the snow crab, *Chionoecetes opilio* (Crustacea: Majidae), in the southern Gulf of St. Lawrence, Canada. Can. J. Zoology, 76(11): 2040-2048.
- MPO. 2006. [Compte rendu de l'atelier sur le cadre d'évaluation du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent \(zones 12, E, F et 19\), Processus consultatif régional du Golfe; du 11 au 14 octobre 2005](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu. 2006/042.
- MPO. 2009. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution](#).
- MPO. 2010. [Points de référence conformes à l'approche de précaution pour le crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/014.
- MPO. 2012a. [Compte rendu de la réunion portant sur l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent, du 21 au 25 novembre, 2011](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2012/023
- MPO. 2012b. [Points de référence révisés tenant compte des changements de la surface d'estimation de l'unité biologique du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/002.
- MPO. 2014. [Évaluation de règles de décision pour la pêche au crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent pour leur conformité au cadre de l'approche de précaution](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/007.
- Puebla, O., Sévigny, J.-M., Sainte-Marie, B., Brêthes, J.-C., Burmeister, A., Dawe, E. G., Moriyasu, M. 2008. Population genetic structure of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) at the Northwest Atlantic scale. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 425-436.
- Surette, T., and Wade, E. 2006. Bayesian serial linear regression models for forecasting the short-term abundance of commercial snow crab (*Chionoecetes opilio*). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2672.
- Surette, T., Chassé, J. 2022. [Évaluation du stock de crabe des neiges \(*Chionoecetes opilio*\) dans le sud du golfe du Saint-Laurent \(Zones 12, 12E, 12F et 19\) en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/053. iv + 38 p.
- Wade, E., Moriyasu, M., and Hébert, M. 2014. [Methods and models used in the 2012 assessment of the snow crab \(*Chionoecetes opilio*\) stock in the southern Gulf of St-Lawrence](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/113.
-

Webb, J.B., Eckert, G.L., Shirley, T.C., and Tamone, S.L. 2007. [Changes in embryonic development and hatching in *Chionoecetes opilio* \(snow crab\) with variation in incubation temperature.](#) Biol. Bull. (Woods Hole), 213: 67–75. doi:10. 2307/25066619.

Wood, S. N. 2017. Generalized Additive Models: An Introduction with R, 2nd Edition. Chapman and Hall/CRC.

10. TABLEAUX

Tableau 1. Prises par unités d'efforts (moyennes saisonnières et standardisées; kg/casières levés) par année et zone de gestion. L'erreur type est indiquée en parenthèses.

Année	12		12E		12F		19	
	Moyenne	Standard.	Moyenne	Standard.	Moyenne	Standard.	Moyenne	Standard.
2017	72.0	78.3 (1.0)	60.9	54.0 (1.2)	72.6	51.4 (1.1)	142.8	154.0 (1.0)
2018	44.2	42.0 (1.0)	46.6	45.5 (1.2)	69.1	61.5 (1.1)	156.1	144.0 (1.0)
2019	55.5	58.2 (1.0)	65.7	44.3 (1.2)	64.5	68.0 (1.1)	112.7	124.6 (1.0)
2020	44.1	42.7 (1.0)	45.9	48.6 (1.2)	45.2	46.9 (1.1)	101.7	97.8 (1.1)
2021	57.4	55.7 (1.0)	55.7	48.9 (1.2)	59.1	54.4 (1.1)	121.0	112.9 (1.0)
2022	51.4	56.6 (1.0)	78.5	77.8 (1.4)	76.4	69.8 (1.1)	112.6	115.9 (1.0)

Tableau 2. Recrutement annuel, résiduel et biomasse commerciale totale (en tonnes) de crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent selon les données du relevé au chalut. L'intervalle de confiance de 95 % est indiqué en parenthèses. Les débarquements annuels, le taux de survie annuel et la moyenne de 5 ans du crabe commercial et le taux d'exploitation sont également présentés.

Année	Recrutement (t)		Résiduelle (t)	Commerciale (t)	Débarquements (t)	Survie (%)		ER (%)
	Observé	Prédit				Annuelle	5-ans	
1997	37 910 (30 911-46 018)	-	27 688 (21 982-34 422)	64 518 (54 105-76 345)	17 249	-	-	26,7
1998	30 603 (22 695-40 384)	-	28 295 (21 497-36 566)	57 813 (45 856-71 931)	13 575	64,9	-	21,0
1999	26 015 (20 709-32 265)	-	31 177 (25 044-38 356)	56 757 (47 641-67 102)	15 110	80,1	-	26,1
2000	40 734 (33 592-48 942)	-	9 979 (6 987-13 827)	50 621 (41 843-60 692)	18 712	50,6	-	33,0
2001	42 358 (33 800-52 422)	-	17 612 (13 853-22 077)	60 328 (49 851-72 351)	18 262	70,9	-	36,1
2002	66 076 (55 416-78 180)	-	13 060 (10 793-15 662)	79 228 (67 983-91 791)	25 691	64,2	66,1	42,6
2003	58 270 (50 270-67 175)	-	26 993 (22 124-32 613)	84 448 (73 486-96 574)	21 163	60,8	65,3	26,7
2004	83 764 (74 392-93 981)	-	21 259 (17 343-25 794)	103 146 (92 426-114 758)	31 675	62,7	61,8	37,5
2005	59 939 (53 551-66 870)	60 500 (38 800-86 000)	23 496 (18 902-28 868)	82 565 (73 514-92 415)	36 118	57,8	63,3	35,0
2006	54 541 (48 235-61 438)	49 700 (33 200-73 000)	19 621 (16 697-22 907)	73 645 (65 681-82 302)	29 121	59,0	60,9	35,3
2007	40 048 (35 286-45 269)	35 200 (21 300-55 000)	26 829 (23 232-30 821)	66 371 (59 971-73 264)	26 867	72,9	62,6	36,5
2008	32 241 (27 929-37 027)	29 000 (18 500-42 000)	20 981 (17 989-24 327)	52 921 (47 167-59 178)	24 458	68,5	64,2	36,9
2009	20 618 (17 747-23 818)	27 700 (17 800-38 000)	10 454 (8 687-12 474)	31 015 (27 519-34 829)	23 642	64,4	64,5	44,7
2010	20 477 (17 815-23 423)	25 900 (17 100-37 000)	15 490 (13 022-18 289)	35 929 (32 049-40 147)	9 549	80,7	69,1	30,8
2011	29 643 (25 676-34 045)	33 700 (22 900-47 000)	33 679 (28 430-39 613)	62 841 (55 985-70 299)	10 708	-	71,6	29,8
2012	49 010 (40 382-58 931)	40 700 (31 300-52 400)	25 615 (21 607-30 147)	74 778 (64 881-85 748)	21 956	75,7	72,3	34,9
2013	39 988 (31 504-50 055)	40 380 (31 670-50 380)	27 092 (22 041-32 952)	66 709 (54 294-81 108)	26 049	71,1	73,0	34,8
2014	44 285 (37 440-52 014)	37 893 (28 568-49 114)	23 863 (20 356-27 799)	67 990 (59 802-76 978)	24 479	72,5	75,0	36,7
2015	34 982 (29 145-41 643)	42 300 (32 760-51 840)	24 106 (20 290-28 429)	58 927 (51 368-67 278)	25 911	73,6	73,2	38,1
2016	74 124 (64 811-84 392)	50 000 (36 400-66 900)	24 309 (20 876-28 143)	98 394 (87 150-110 677)	21 725	78,1	74,2	36,9
2017	51 127 (43 976-59 103)	46 200 (31 400-64 230)	14 650 (12 134-17 534)	65 738 (57 221-75 157)	43 656	59,3	70,9	44,4
2018	59 609 (51 755-68 310)	47 700 (33 800-64 880)	21 432 (17 271-26 291)	80 746 (70 984-91 467)	24 260	69,5	70,6	36,9
2019	58 995 (50 215-68 863)	49 820 (33 790-70 970)	20 291 (16 940-24 109)	9 066 (69 072-90 091)	31 707	64,4	69,0	39,3

Année	Recrutement (t)		Résiduelle (t)	Commerciale (t)	Débarquements (t)	Survie (%)		ER (%)
	Observé	Prédit				Annuelle	5-ans	
2020	58 438 (49 759-68 189)	74 280 (49 300-107 400)	19 107 (16 235-22 239)	77 748 (67 706-88 852)	28 156	59,8	66,2	35,6
2021	62 473 (53 650-71 590)	79 870 (52 760-115 700)	19 144 (15 997-22 726)	80 950 (70 543-92 451)	24 479	56,1	61,8	31,5
2022	68 348 (58 894-78 880)	73 120 (48 590-105 200)	17 388 (14 040-21 292)	85 532 (74 658 -97 535)	31 682	60,6	62,1	39,1
2023	-	57 280 (39 220-80 840)	-	-	-	-	-	-

Tableau 3. Abondance annuelle (nombre en millions) de crabes par catégorie à partir des données du relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent. L'erreur type est indiquée en parenthèses.

Année	Pré-recruts			Recruts	Résiduelle		
	R-4	R-3	R-2	CC 1 et 2	CC 3	CC 4	CC 5
1997	114,0 (12,5)	98,2 (10,5)	59,7 (6,6)	59,3 (6,5)	28,3	17,7	5,2
1998	135,3 (14,9)	91,3 (11,6)	60,3 (7,3)	50,9 (7,6)	24,9	16,0	8,6
1999	195,6 (21,5)	151,1 (16,6)	112,9 (14,6)	48,1 (5,4)	32,7	16,8	7,8
2000	237,5 (26,1)	159,1 (13,8)	88,4 (9,0)	68,4 (5,9)	10,3	7,4	2,5
2001	310,8 (34,2)	227,3 (17,5)	136,3 (12,8)	76,4 (8,4)	28,1	5,4	1,6
2002	164,3 (17,3)	242,2 (20,1)	202,2 (16,9)	112,3 (9,2)	21,7	4,3	0,9
2003	133,2 (15,8)	202,3 (16,2)	178,5 (14,0)	100,3 (7,5)	38,0	11,7	1,8
2004	85,8 (8,2)	122,9 (9,3)	144,1 (10,5)	143,3 (8,4)	28,2	9,9	1,2
2005	62,2 (5,7)	79,8 (6,3)	117,2 (9,7)	99,1 (5,6)	30,0	10,5	0,6
2006	54,1 (5,4)	49,6 (3,2)	65,7 (5,9)	84,2 (4,9)	29,2	5,8	1,0
2007	56,5 (5,0)	47,6 (3,5)	55,4 (4,9)	62,8 (3,8)	31,5	14,0	1,0
2008	80,6 (6,5)	54,6 (4,2)	45,8 (5,2)	49,1 (3,4)	23,0	11,4	3,0
2009	88,5 (5,9)	69,3 (5,5)	43,8 (4,8)	31,7 (2,3)	12,5	5,3	1,3
2010	140,8 (7,7)	110,3 (7,4)	72,5 (7,0)	32,8 (2,2)	20,6	4,2	1,6
2011	91,4 (6,0)	99,2 (6,5)	88,2 (5,9)	53,0 (3,7)	44,3	9,8	1,8
2012	95,7 (8,7)	86,4 (9,9)	80,5 (7,4)	86,6 (8,3)	37,9	5,7	1,2
2013	103,1 (9,3)	85,1 (9,6)	79,4 (8,1)	63,7 (7,3)	30,1	18,3	0,7
2014	105,1 (10,9)	93,6 (9,8)	117,2 (12,1)	73,3 (6,3)	29,6	13,1	0,6
2015	107,1 (7,6)	124,7 (12,3)	127,5 (11,1)	56,2 (5,2)	27,2	17,3	0,5
2016	113,1 (7,1)	124,8 (9,7)	101,6 (6,8)	125,9 (8,6)	30,6	14,7	0,1
2017	113,0 (7,7)	119,6 (9,2)	103,3 (7,2)	90,0 (6,9)	21,6	6,1	0,4
2018	135,6 (7,6)	116,5 (7,2)	108,3 (8,4)	115,6 (7,9)	34,6	4,5	0,8
2019	190,7 (11,8)	186,0 (13,0)	185,7 (16,0)	105,1 (7,8)	28,8	9,3	0,8

Année	Pré-recruts			Recruts	Résiduelle		
	R-4	R-3	R-2	CC 1 et 2	CC 3	CC 4	CC 5
2020	180,9 (11,2)	170,3 (12,0)	203,0 (17,2)	103,5 (8,3)	29,8	7,2	0,6
2021	135,9 (7,6)	154,4 (9,5)	188,9 (15,3)	112,0 (8,1)	29,7	6,4	1,5
2022	94,7 (6,5)	93,1 (7,8)	131,8 (11,0)	119,6 (8,7)	27,6	6,2	0,7

Tableau 4. Biomasse commerciale par zone de gestion et zones tampons, selon les données du relevé du sud du golfe du Saint-Laurent de 2022. Les parenthèses indiquent les intervalles de confiance à 95 %. Les étiquettes sont celles de la figure 5.

Zones	Superficie (km ²)	Biomasse (t)
Sud du Golfe	57 842,8	85 532 (74 658 – 97 535)
Zone 12	48 074,0	75,742 (66 447 – 85 966)
Zone 12E	2 436,9	685 (74 – 2 721)
Zone 12F	2 426,8	4,320 (2 949 – 6 113)
Zone 19	3 813,0	4,094 (2 465 – 6 408)
Somme des zones de gestion ¹	56 750,7	84,841
Zone non attribuée au-dessus de 12E (A)	667,9	43 (0 - 292)
Zone tampon située entre les zones 19 et 12F (B)	134,2	137 (26 - 436)
Zone tampon située entre les zones 12 et 19 (C)	289,5	552 (184 – 1,293)
Somme de toutes les surfaces et zones	57 842,7	85 573

¹Les petites différences entre la somme des estimations de toutes les zones individuelles comparativement aux estimations du sud du golfe du Saint-Laurent s'expliquent par l'arrondissement des calculs intermédiaires.

Tableau 5. Analyse de risque pour différentes options de niveau de prises pour la pêche du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent en 2023, montrant la probabilité que la biomasse commerciale résiduelle soit en dessous du point de référence limite (PRL) de la biomasse résiduelle, la probabilité que la biomasse commerciale totale (B) soit en dessous du point de référence supérieure du stock (PRS), et la biomasse attendue pour le relevé de 2023. Le niveau de prises correspondant à un taux d'exploitation de 41,79 %, soit le taux prévu par la règle de décision sur les prises, est indiqué en gras.

Niveau de prises (t)	Probabilité		Biomasse prédite pour 2023 (t)
	B _{res} < PRL	B < PRS	
30 000	0,0 %	0,0 %	80 640 (61 258 – 104 924)
31 000	0,0 %	0,0 %	79 640 (60 258 – 103 924)
32 000	0,0 %	0,0 %	78 640 (59 258 – 102 924)
33 000	0,1 %	0,0 %	77 640 (58 258 – 101 924)
34 000	0,3 %	0,0 %	76 640 (57 258 – 100 924)
35 000	0,7 %	0,0 %	75 640 (56 258 – 99 924)
35 745	1,3 %	0,0 %	74 896 (55 513 – 99 179)
36 000	1,6 %	0,0 %	74 640 (55 258 – 98 924)
37 000	3,4 %	0,0 %	73 640 (54 258 – 97 924)
38 000	6,5 %	0,0 %	72 640 (53 258 – 96 924)
39 000	11,3 %	0,0 %	71 640 (52 258 – 95 924)
40 000	18,0 %	0,1 %	70 640 (51 258 – 94 924)
41 000	26,5 %	0,1 %	69 640 (50 258 – 93 924)
42 000	36,7 %	0,1 %	68 640 (49 258 – 92 924)
43 000	47,5 %	0,2 %	67 640 (48 258 – 91 924)
44 000	58,4 %	0,3 %	66 640 (47 258 – 90 924)
45 000	68,5 %	0,5 %	65 640 (46 258 – 89 924)
50 000	96,1 %	2,6 %	60 640 (41 258 – 84 924)
60 000	100,0 %	20,7 %	50 640 (31 258 – 74 924)
70 000	100,0 %	55,9 %	40 640 (21 258 – 64 924)
80 000	100,0 %	83,8 %	30 640 (11 258 – 54 924)

11. FIGURES

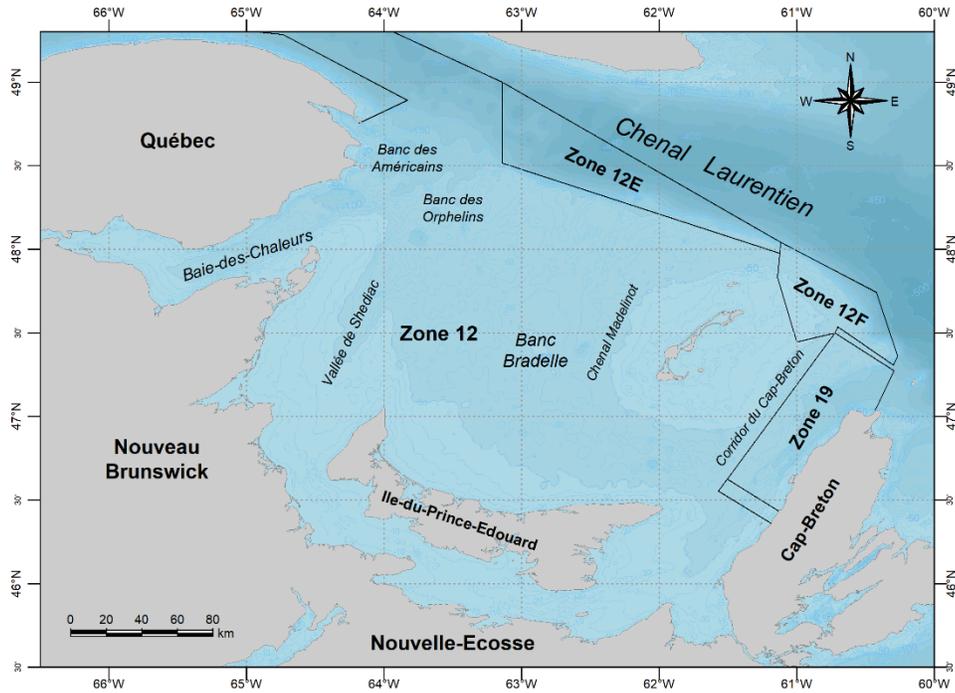


Figure 1. Carte du sud du golfe du Saint-Laurent montrant les zones de gestion de pêche du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) ainsi que les lieux de pêche.

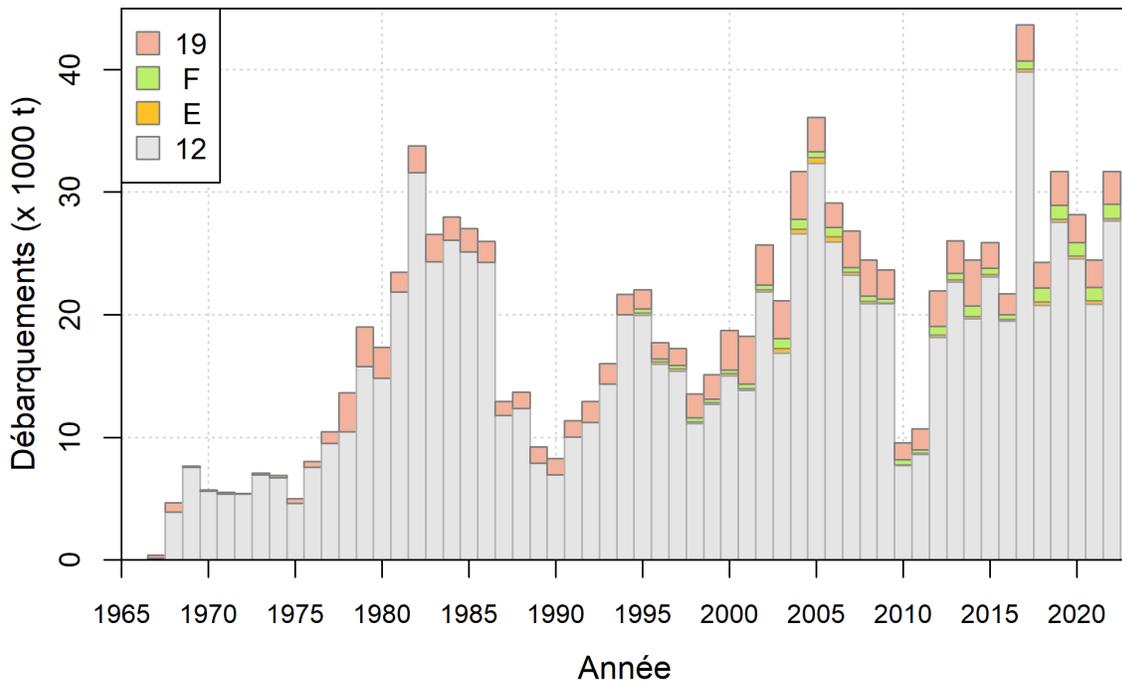


Figure 2. Débarquements annuels (en tonnes) de crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent, par zone de gestion.

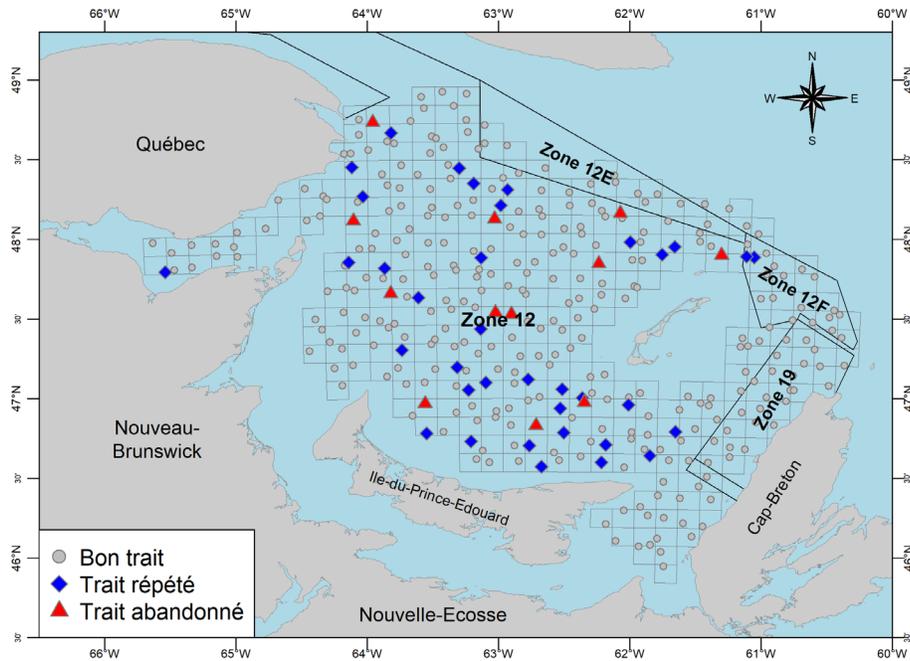


Figure 3. Positions des stations du relevé au chalut au crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent en 2022. Les points gris sont des traits qui ont été réussis, les diamants bleus sont des traits qui ont été répétés et réussis et les triangles rouges sont des traits qui ont été abandonnés. Les quadrilatères du relevés sont démontrés en gris.

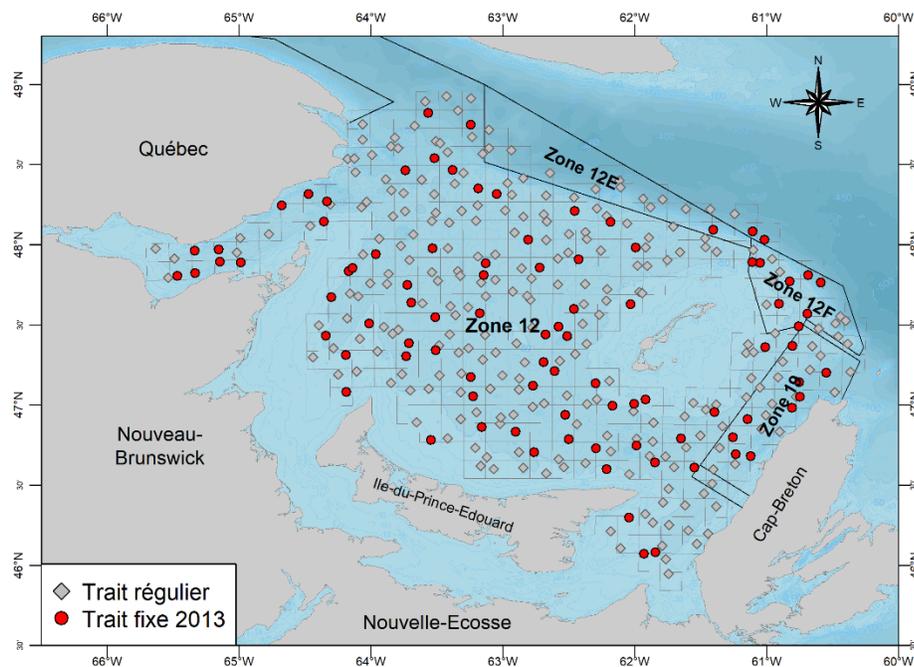


Figure 4. Carte démontrant les 100 stations qui sont revenue à leurs position original de 2013 (points rouge) et les 255 stations libres (diamants gris) durant le relevé 2022. Les quadrilatères échantillonnés durant le relevé sont démontrés en gris.

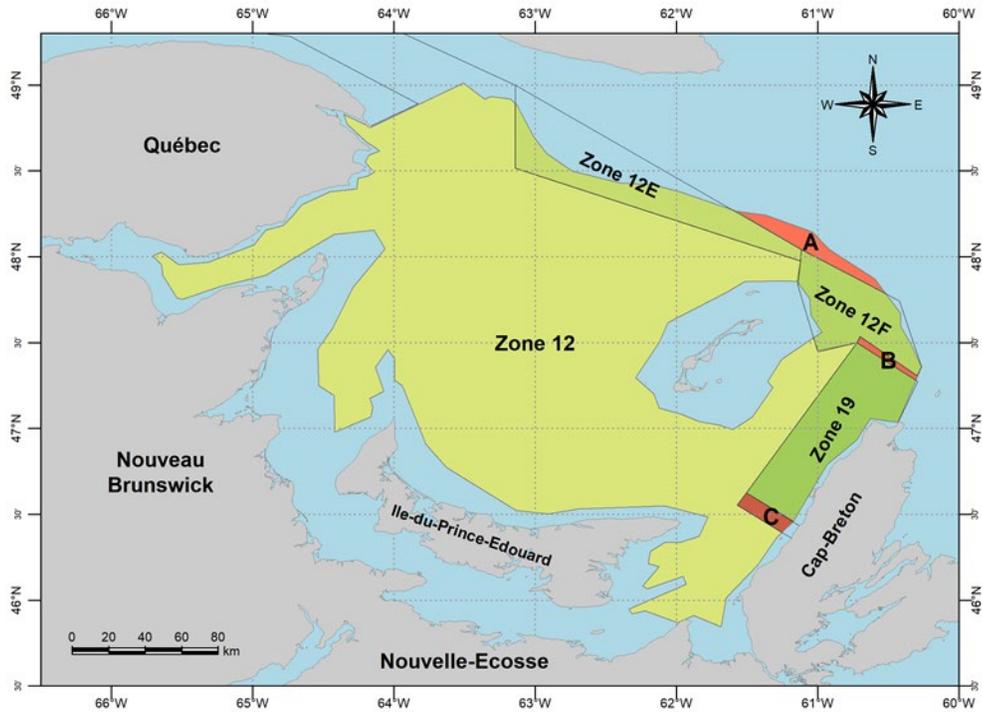


Figure 5. Polygones utilisés pour l'estimation des indices de stock du relevé. La zone non assignée au nord des Zones 12E et 12F (étiquetée A) et les zones tampons (étiquetées B et C) sont aussi indiquées.

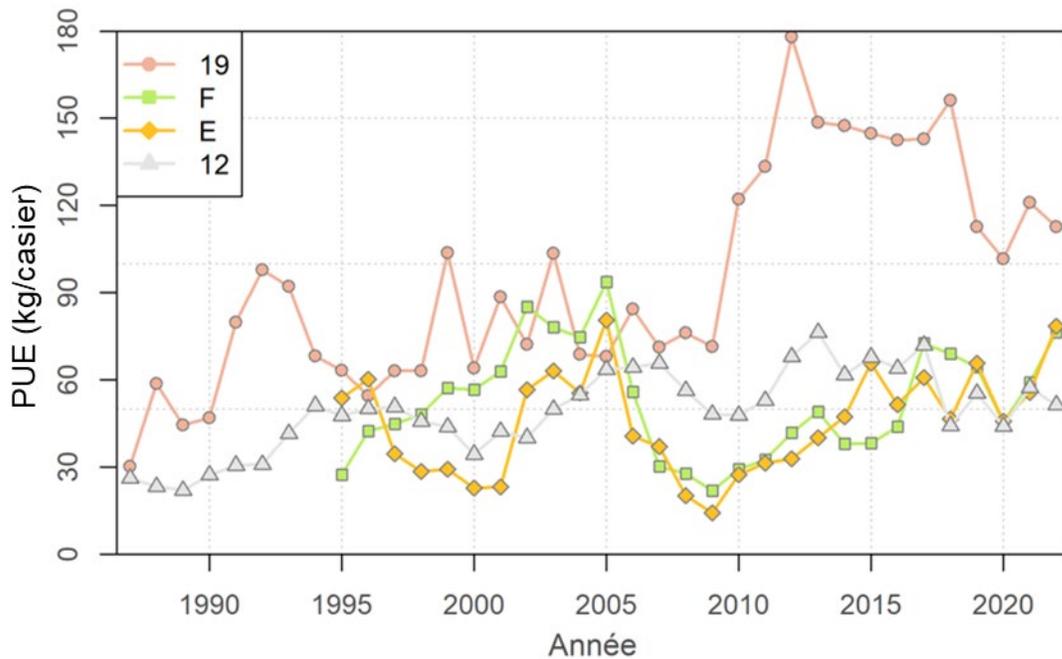


Figure 6. Prises par unité d'effort (kg/casier levé) par zone de gestion dans le sud du golfe du Saint-Laurent, selon les données des journaux de bord des pêches.

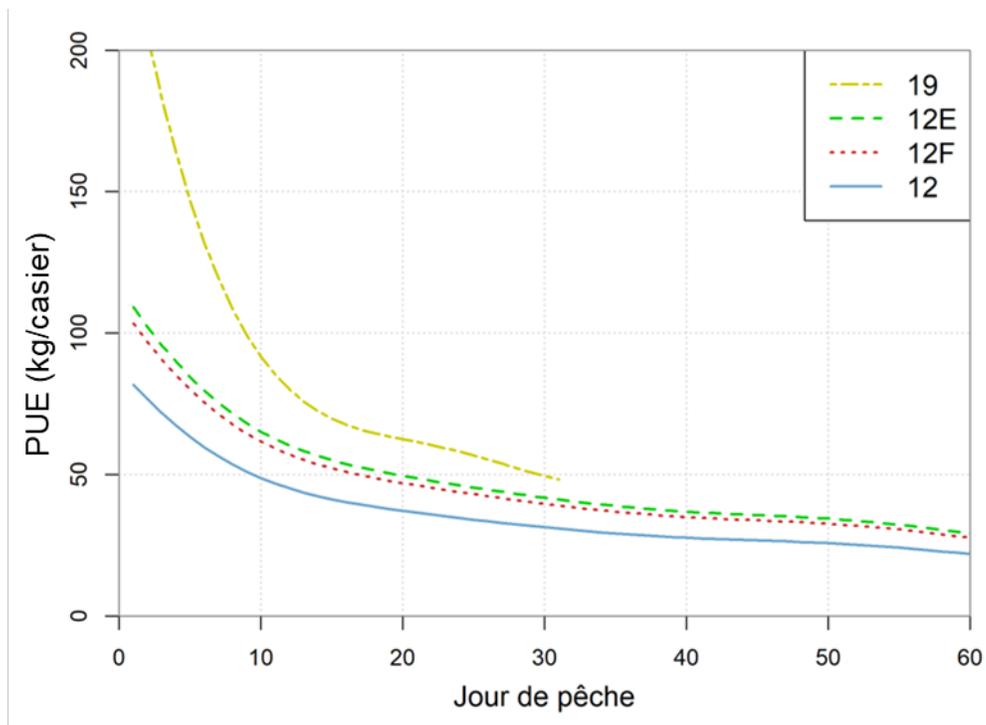


Figure 7. Prise par unité d'effort par rapport au jour de pêche pour la pêche de 2022, telle qu'estimée à partir du modèle de standardisation des prises par unité d'effort, évaluée pour un temps de mouillage de 36 heures pour un navire de pêche moyen dans chaque zone de pêche.

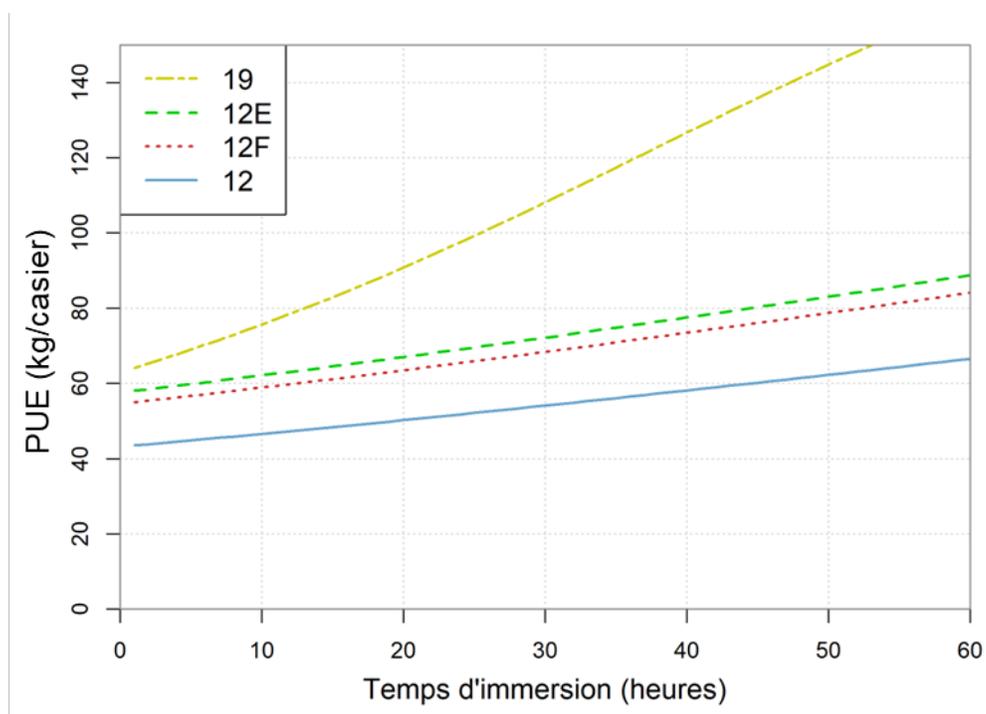


Figure 8. Prise par unité d'effort par rapport au temps de mouillage des casiers pour la pêche de 2022, telle qu'estimée à partir du modèle de standardisation des prises par unité d'effort, évaluée au 7^e jour de la pêche pour un navire de pêche moyen dans chaque pêche zone.

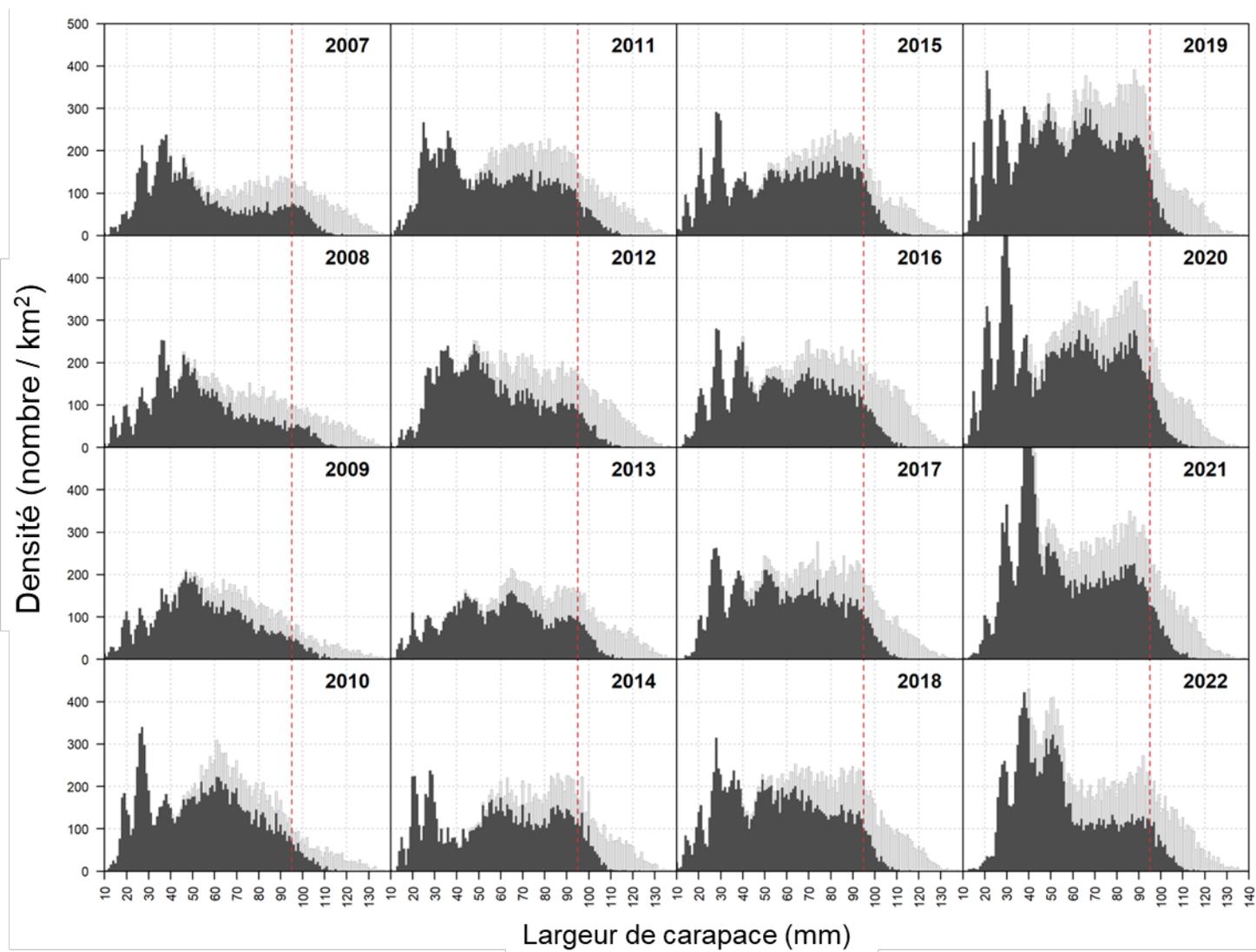


Figure 9. Distributions de fréquences de taille des crabes des neiges mâles immature et adolescent (barres gris foncés) et les mâles adultes (barres gris pales) basées sur les échantillons des relevés au chalut. La ligne rouge pointillée démontre la taille minimum légale de 95 mm LC. A noter, que l'abondance des crabes juvéniles pour 2020 et 2021 dépasse l'échelle de la figure.

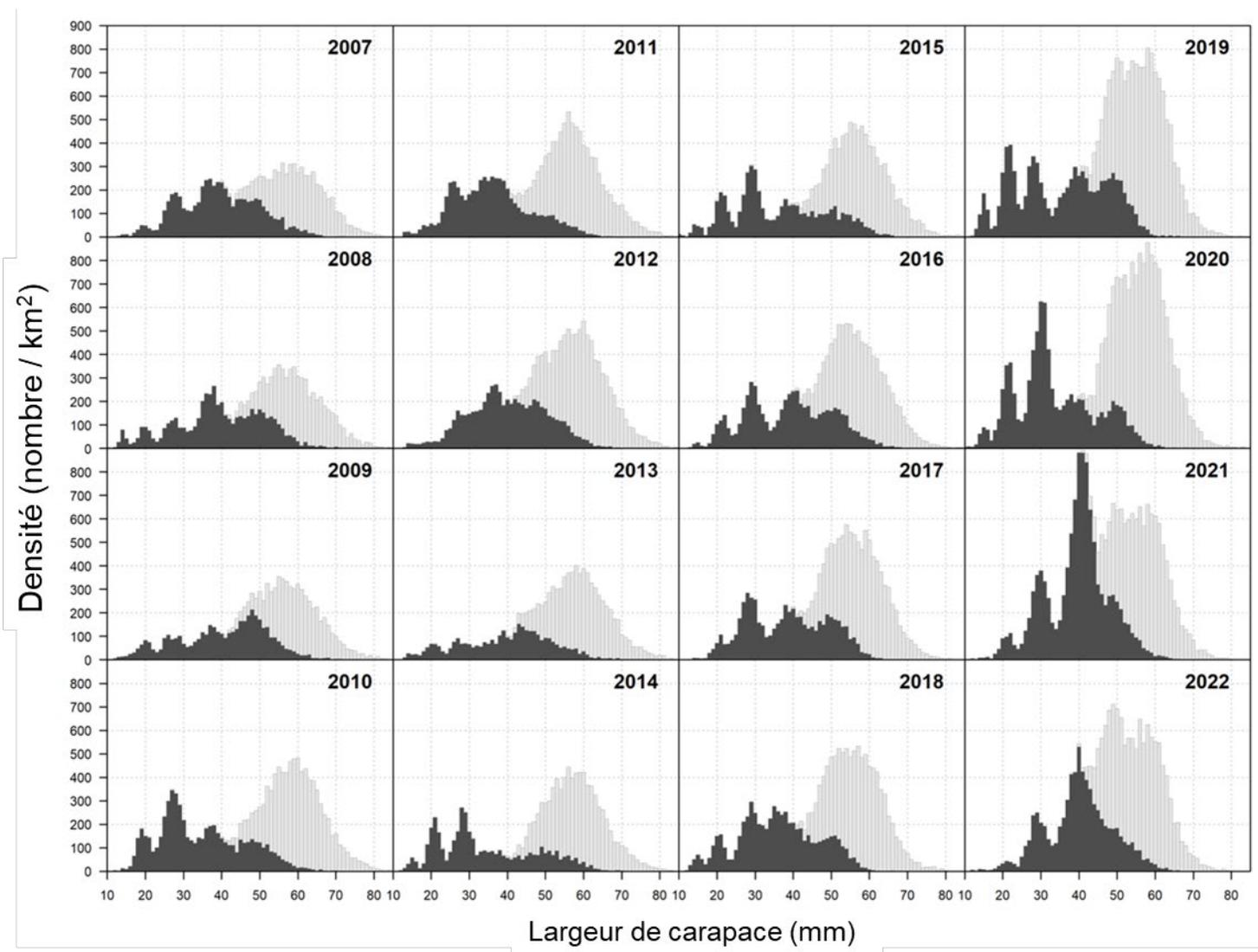


Figure 10. Distributions de fréquence des tailles des femelles pubescentes et immatures (barres noirs) et des femelles matures (barres grises) de crabe des neiges, basées sur les échantillons des relevés au chalut.

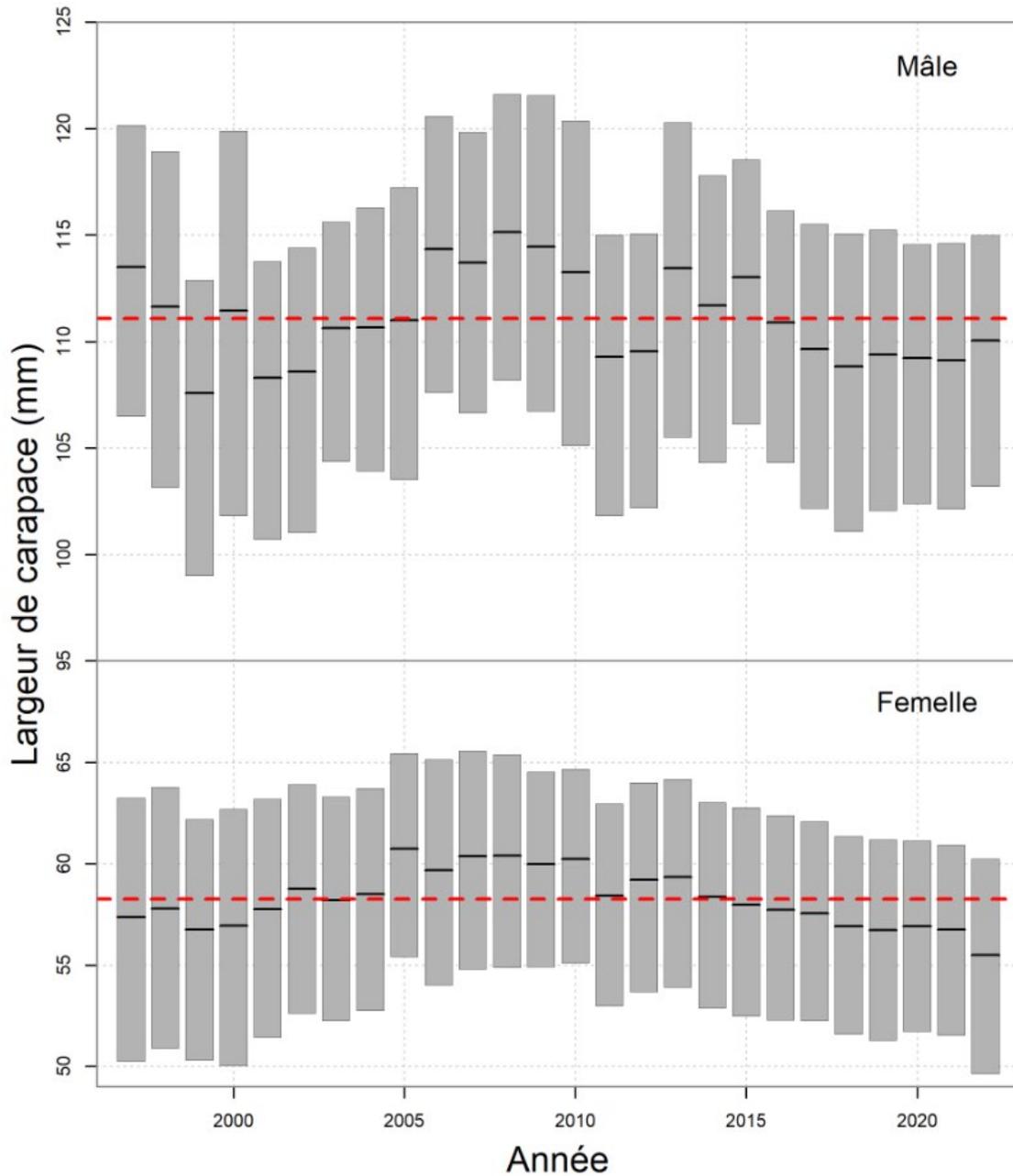


Figure 11. Variation des tailles des crabes de taille commerciale (panneau supérieur) et de femelles matures (panneau inférieur) des données du relevé au chalut. La ligne noire démontre la largeur de carapace moyenne tandis que les barres grises démontre l'écart interquartile. La ligne rouge pointillée réfère à la moyenne globale.

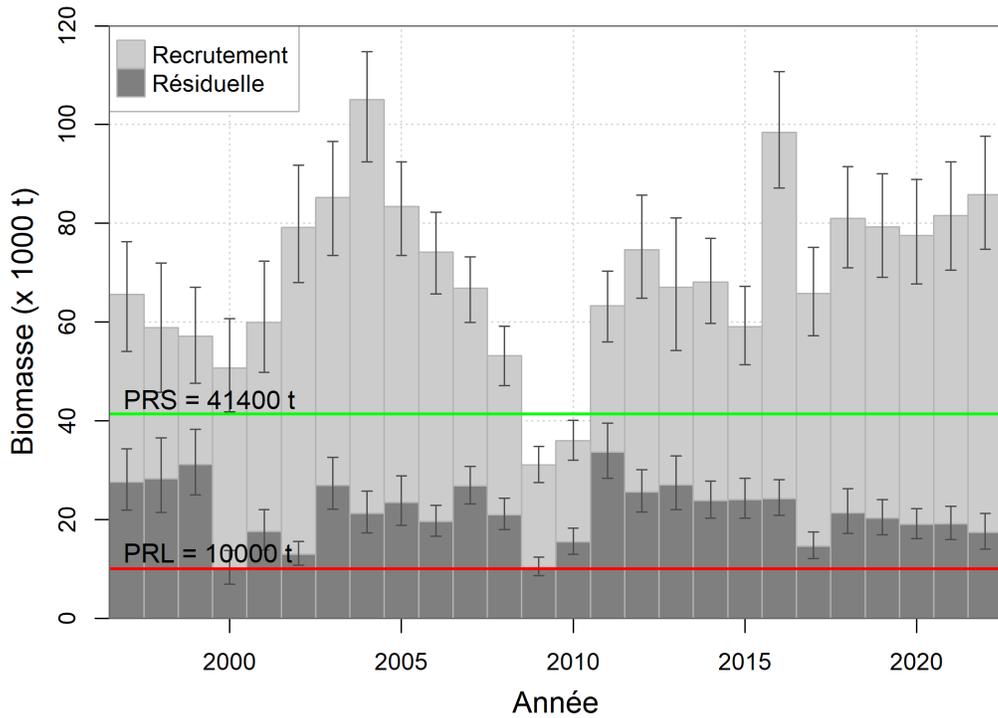


Figure 12. Biomasse du recrutement commercial (barres gris clair) et biomasse résiduelle (barres gris foncé), estimées à partir des données du relevé au chalut. Les barres d'erreur indiquent les intervalles de confiance à 95 %. Les points de limite de la biomasse résiduelle (PRL; ligne rouge) et de référence supérieure du stock (PRS; ligne verte) correspondants sont également indiqués.

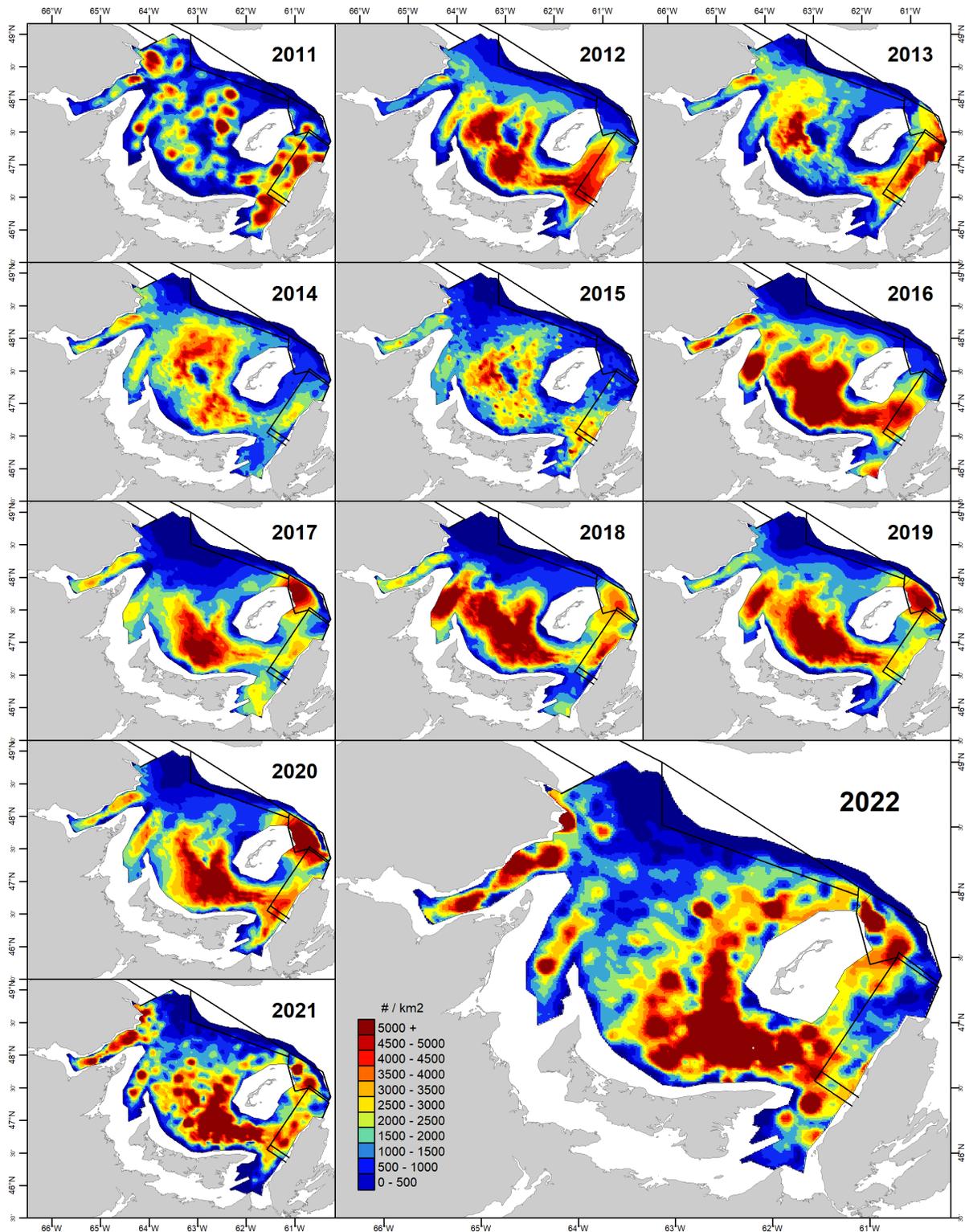


Figure 13. Distribution spatiale de crabe de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent de 2011 à 2022 selon les données du relevé au chalut, interpolées en utilisant le krigeage.

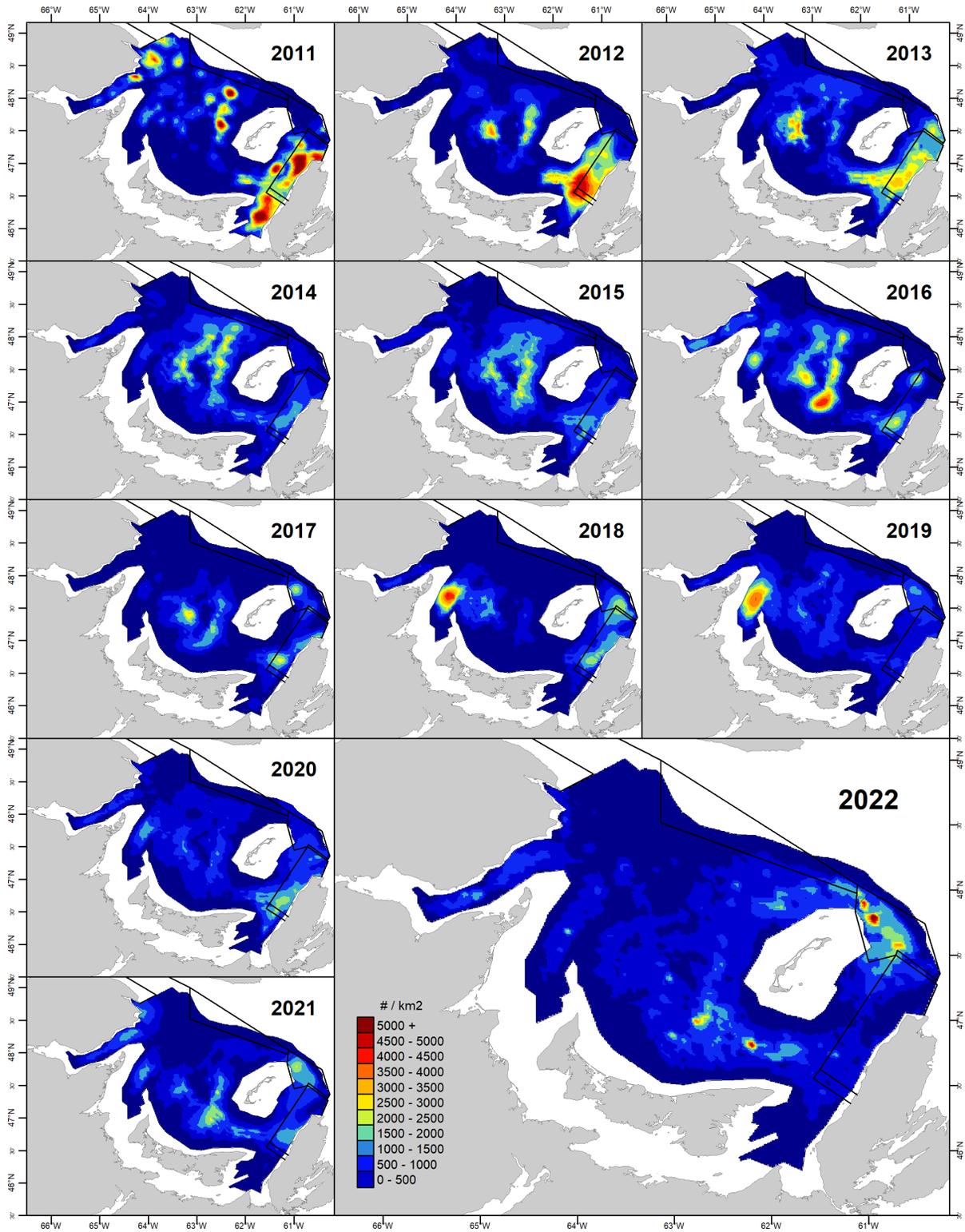


Figure 14. Distribution spatiale de la biomasse commerciale résiduelle dans le sud du golfe du Saint-Laurent de 2011 à 2022 selon les données du relevé au chalut, interpolées en utilisant le krigeage.

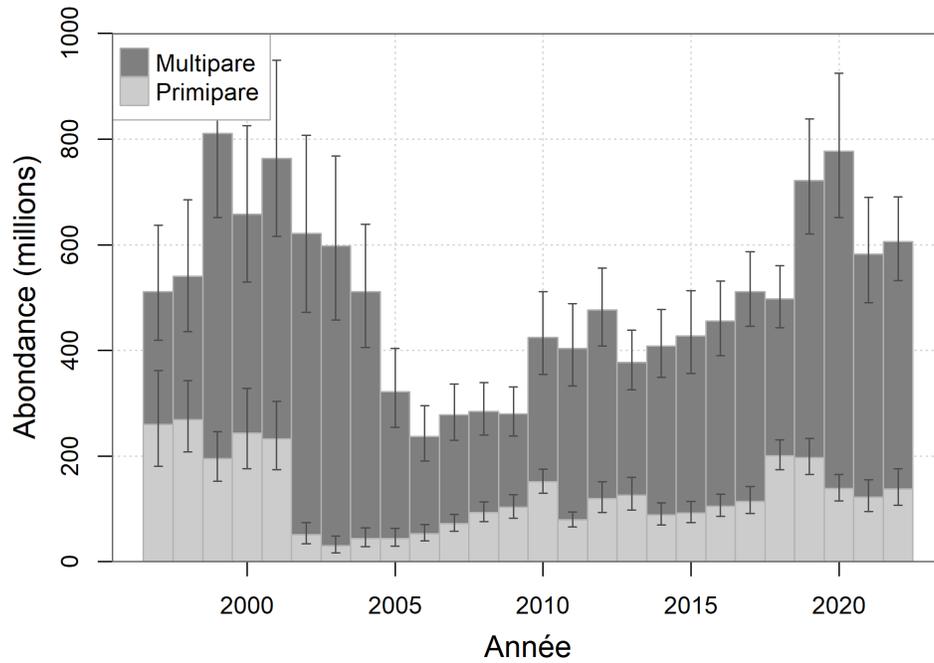


Figure 15. Abondance des crabes des neiges femelles primipares et multipares dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

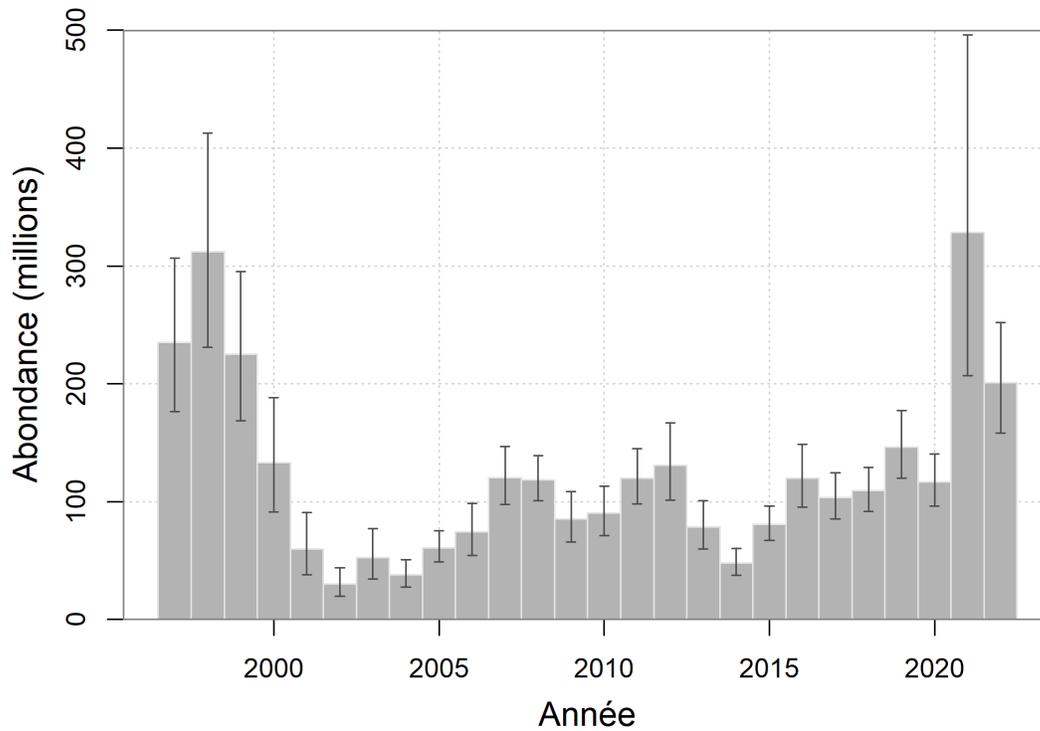


Figure 16. Abondance annuelle (en millions; moyennes avec intervalles de confiance à 95 %) des petits crabes mâles de 34 à 44 mm largeur de carapace, d'après les données du relevé au chalut.

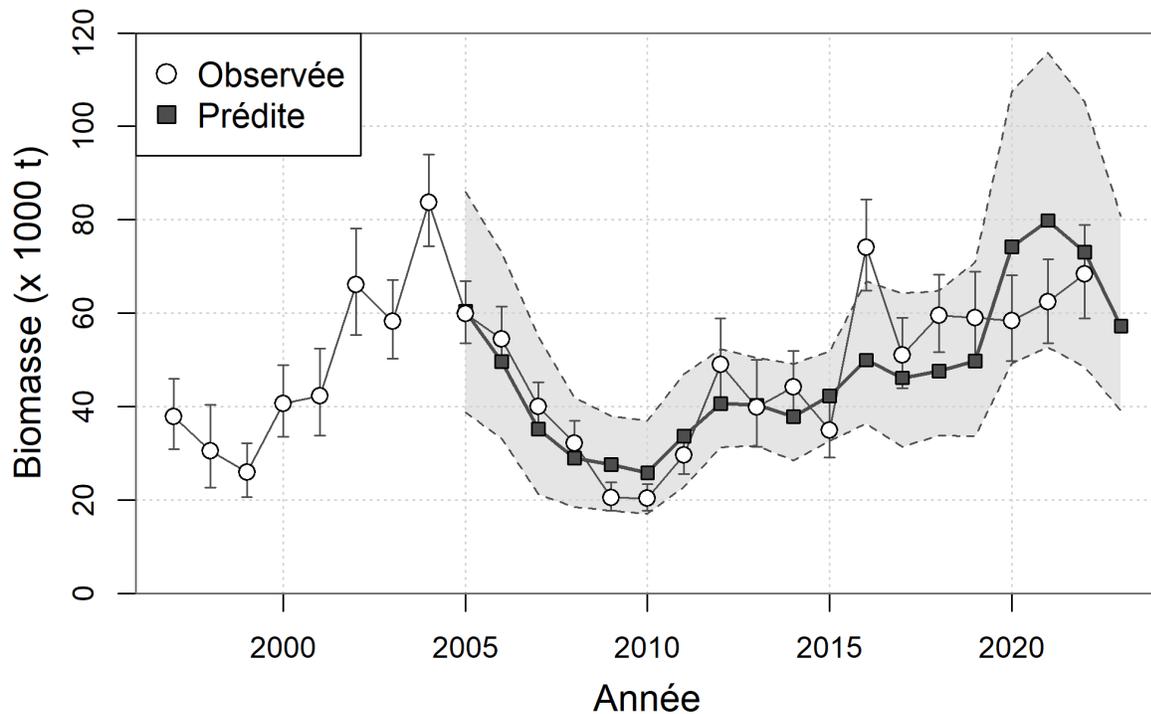


Figure 17. Biomasse estimée (les cercles ouverts sont les moyennes, avec les barres verticales montrant les intervalles de confiance à 95 %) et biomasse prédite (les carrés noirs sont les moyennes, avec les lignes pointillées montrant les intervalles de confiance à 95 %) du crabe des neiges R-1 (crabes mâles adultes ayant une carapace d'au moins 95 mm de largeur et de condition 1 ou 2) pendant l'année du relevé, de 1997 à 2022. Les abondances prédites sont basées sur une relation avec l'abondance estimée des crabes R-2 (mâles adolescents ayant une carapace de plus de 83 mm de largeur) de l'année précédente.

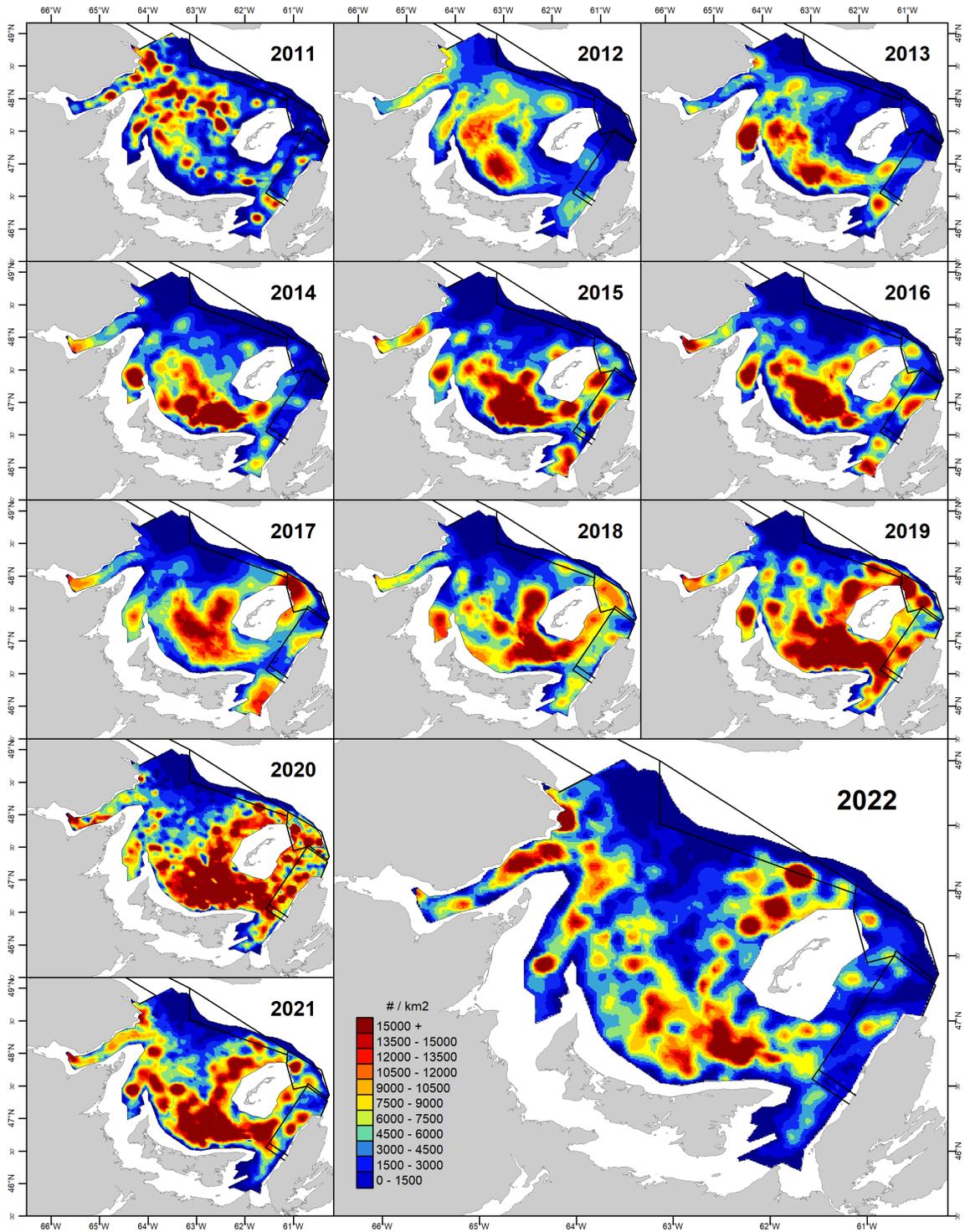


Figure 18. Distribution spatiale des crabes adolescents dans le sud du golfe du Saint-Laurent de 2011 à 2022 selon les données du relevé au chalut, interpolées en utilisant le krigeage. Les crabes adolescents incluent les recrues à la pêche (i.e. R-4, R-3 et R-2s).

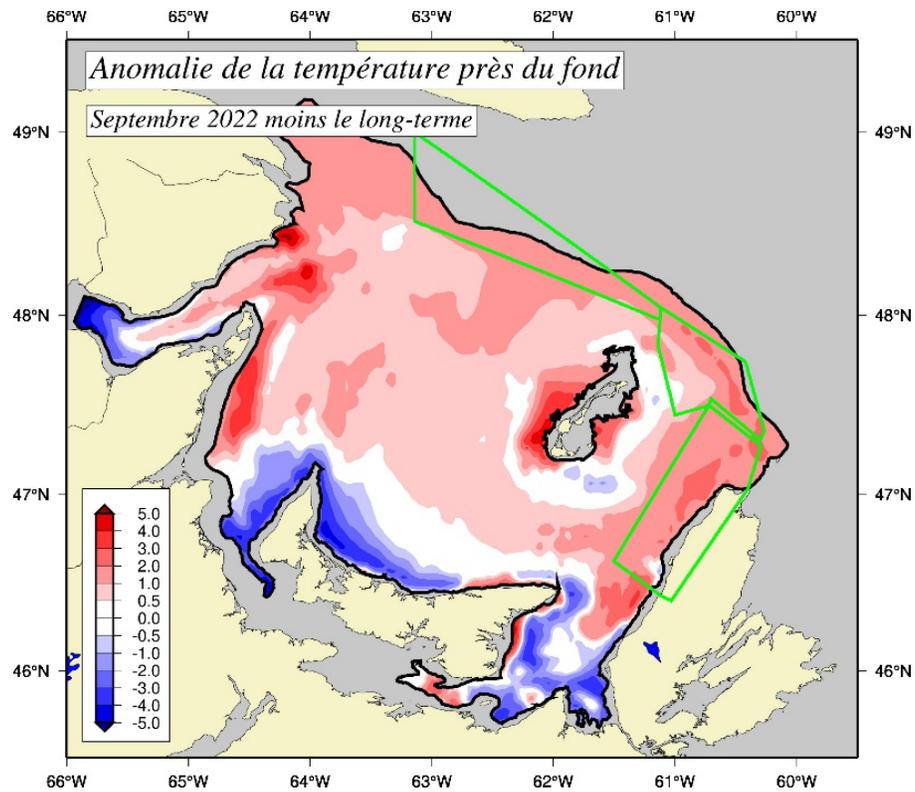


Figure 19. Différence entre les températures locales au fond en septembre 2022 et leurs moyennes à long terme pour la période de 1991 à 2022. Les zones bleues représentent des températures plus froides que la normale, tandis que les régions rouges représentent des conditions plus chaudes que la normale. Les différences sont en °C.

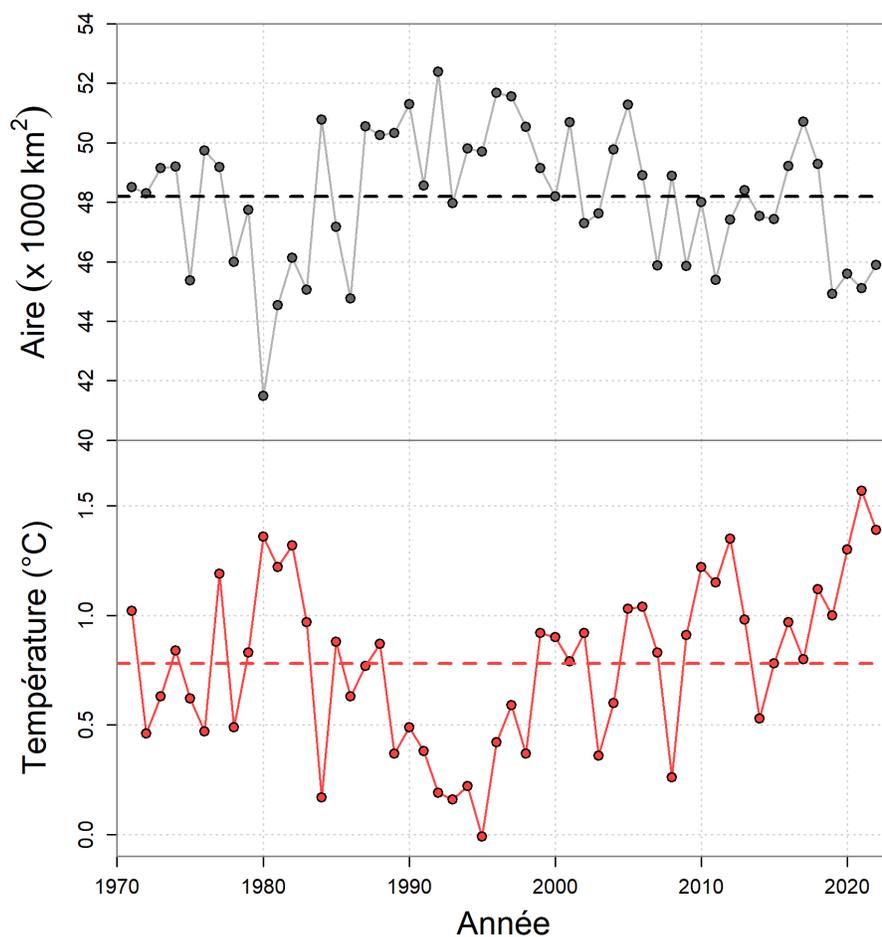


Figure 20. Indice de l'habitat thermique pour le crabe des dans le sud du golfe du Saint-Laurent (ayant des températures plus basses que 3 °C) et température moyenne à l'intérieur de la zone d'habitat thermique.

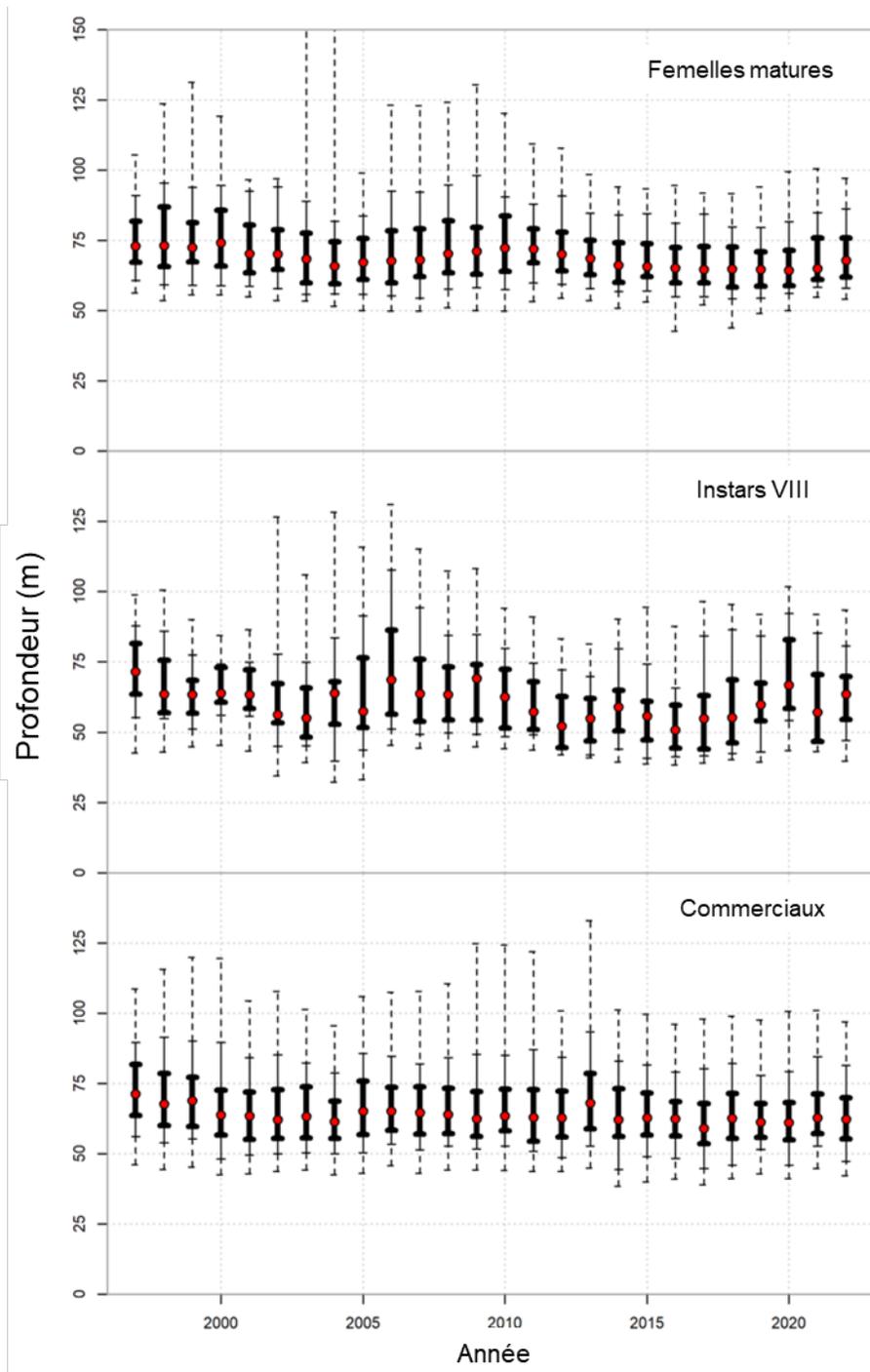


Figure 21. Distribution de profondeur annuelle de femelles matures (panneau supérieur), instar VIII (panneau du milieu) et crabes commerciaux (panneau inférieur) du relevé au chalut. Les points rouges indiquent la médiane, les barres noirs foncées indiquent l'écart interquartile, les lignes noires solides indiquent la gamme des percentiles de 10 % et 90 % et les lignes pointillées indiquent les percentiles de 2.5 % et 97 %.

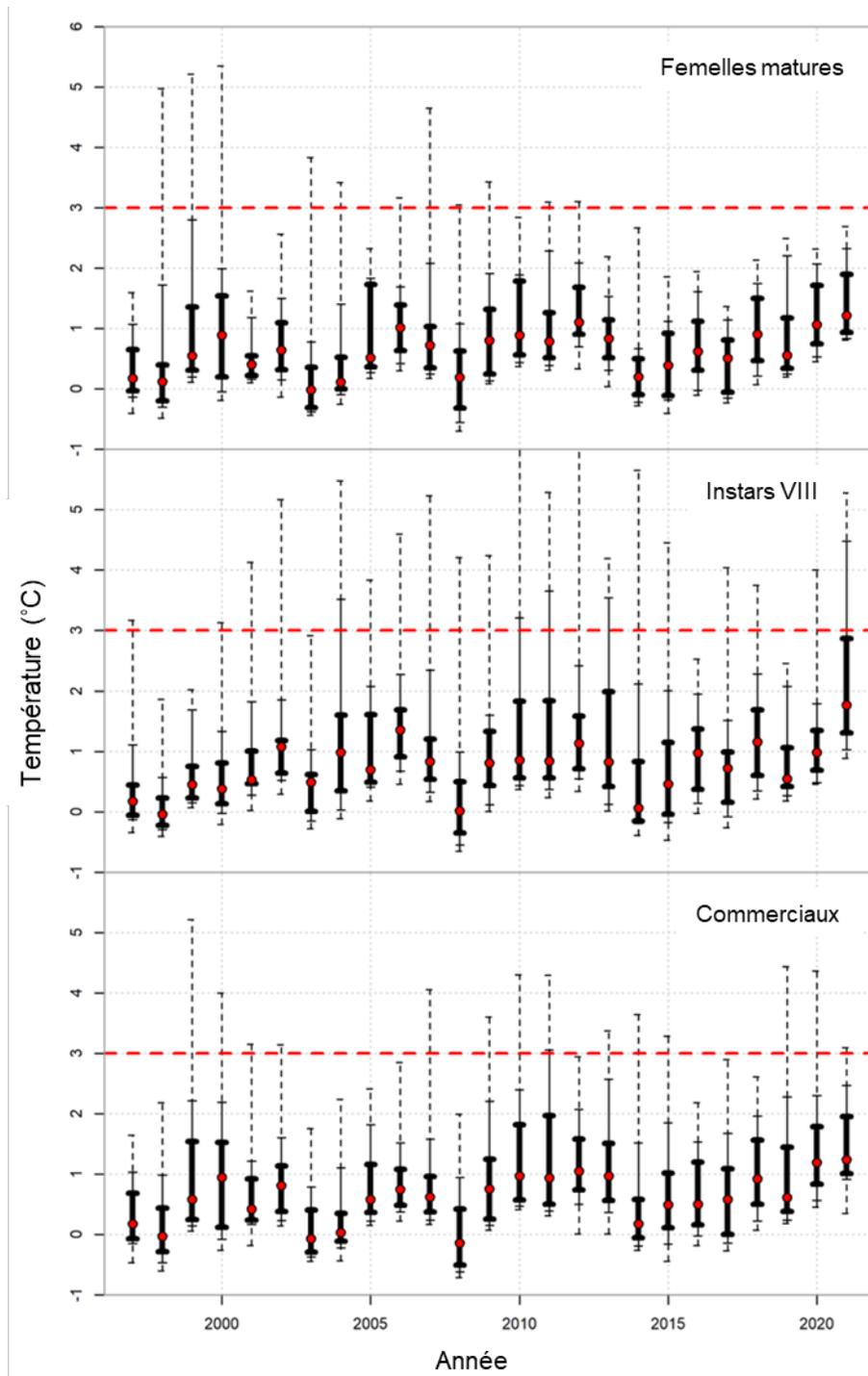


Figure 22. Distribution de température annuelle en septembre pour les femelles matures (panneau supérieur), les instars VIII (panneau du milieu) et les crabes commerciaux (panneau inférieur) du relevé au chalut. Les points rouges indiquent la médiane, les barres noirs foncées indiquent l'écart interquartile, les lignes noires minces solides indiquent la gamme des percentiles de 10 % et 90 % et les lignes pointillées indiquent les percentiles de 2.5 % et 97 %.

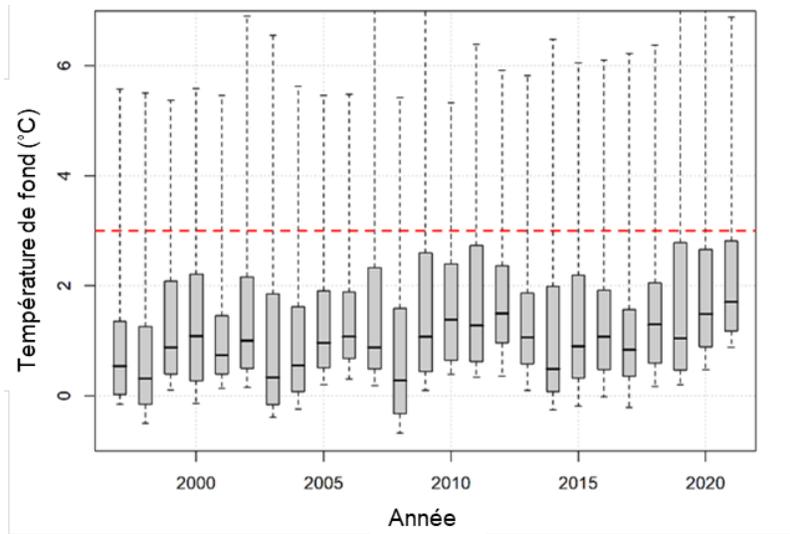


Figure 23. Boîte et moustache des températures de fond annuelles en septembre à l'intérieur de la zone du relevé du crabe des neiges de 1997 à 2021. Les lignes centrales foncées indiquent la médiane, la boîtes indiquent l'écart interquartile et les lignes pointillées indiquent les 2.5^e et 97.5^e percentiles.

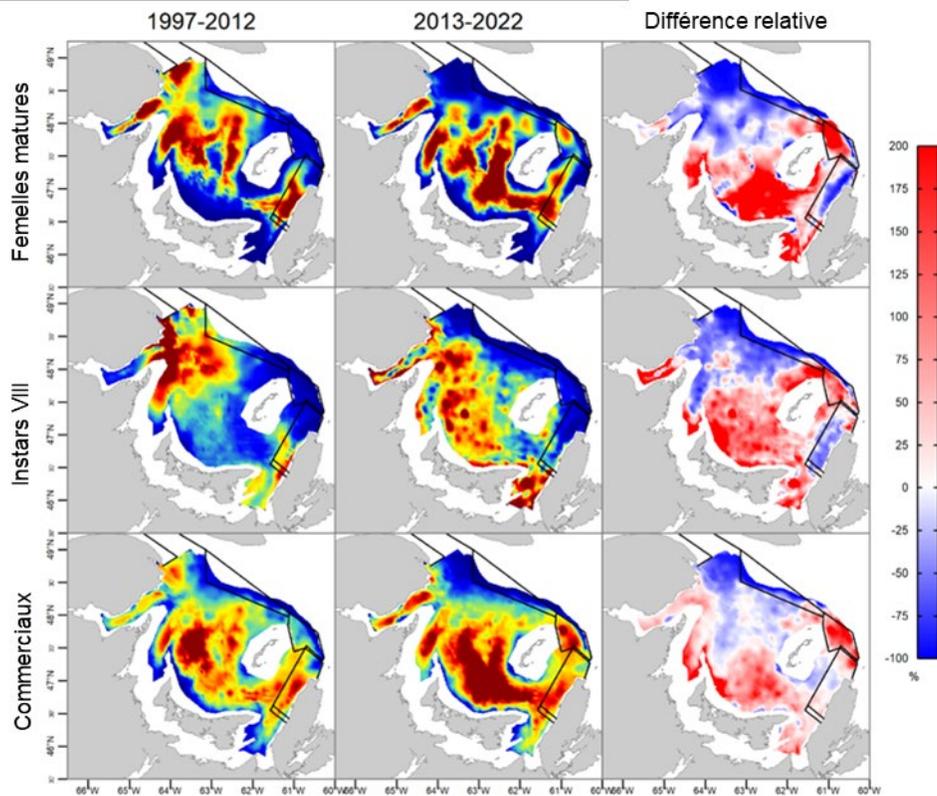


Figure 24. Comparaison des densités moyennes des trois catégories de crabe provenant de deux périodes du relevé au chalut: 1997 à 2012 (première colonne) et 2013 à 2022 (deuxième colonne). La troisième colonne indique les différences relatives entre ces deux périodes, le bleu indiquant une diminution de densité et le rouge, une augmentation de densité.

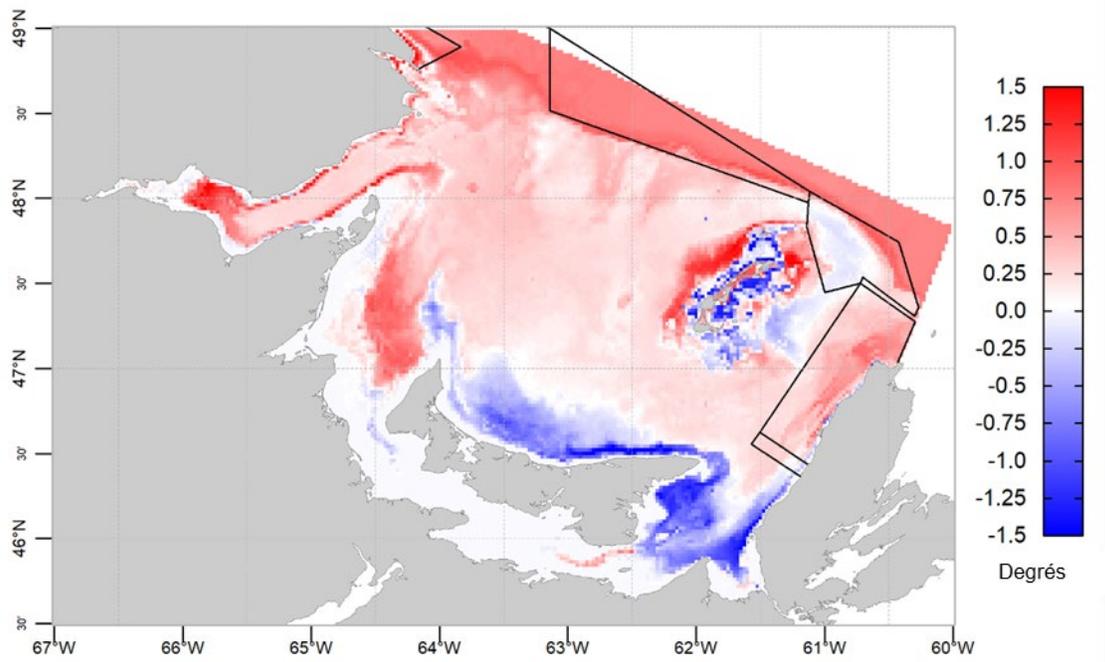


Figure 25. Différence moyenne des températures de septembre entre la période courante de 2013 à 2021 et la première période de du relevé de 1997 à 2012.

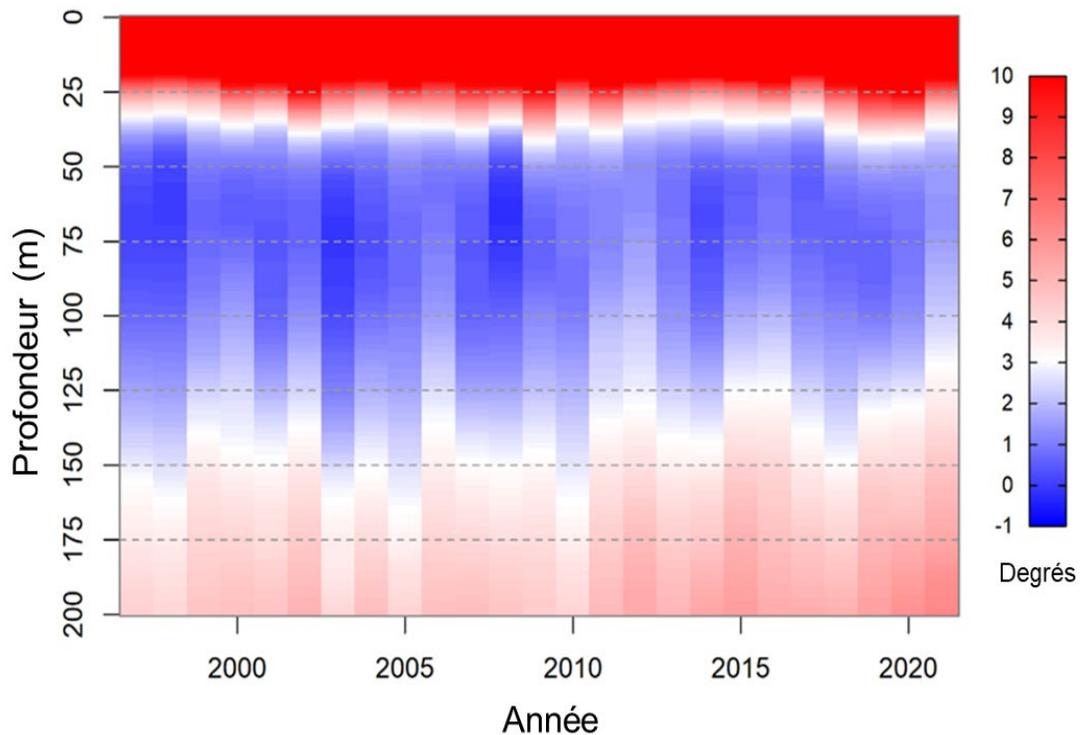


Figure 26. Stratification de la température moyenne par année en septembre dans la zone de relevé du crabe des neiges. Les zones bleues sont plus froides que 3 °C (la couche intermédiaire froide), les zones blanches sont d'environ 3 °C et les zones rouges sont plus chaudes que 3 °C. La couche rouge supérieure correspond aux eaux de surface chaudes, tandis que la couche rouge inférieure correspond à la masse d'eau profonde et chaude du chenal Laurentien.

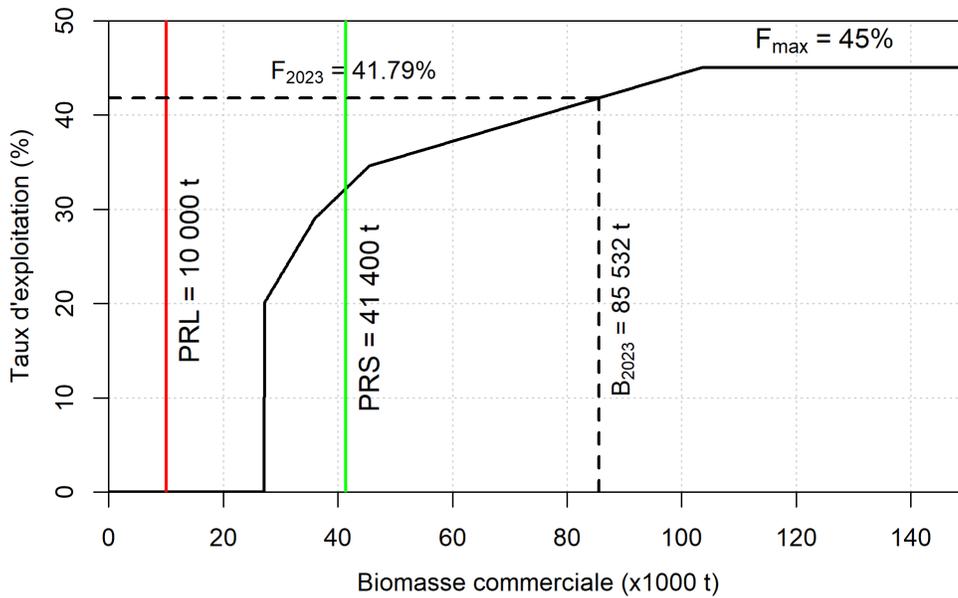


Figure 27. Règle de décision utilisée pour la pêche du crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent (MPO 2014), exprimée en taux d'exploitation par rapport à la biomasse commerciale (ligne noire). Les lignes colorées représentent les points de référence : B_{lim} (ligne rouge) est le point de référence limite pour la biomasse résiduelle, F_{lim} (ligne bleue) est le point de référence limite pour le taux de prélèvement par pêche, et B_{nrs} (ligne verte) est le point de référence supérieur du stock pour la biomasse commerciale. F_{max} représente la règle de contrôle des prises du taux d'exploitation maximal.

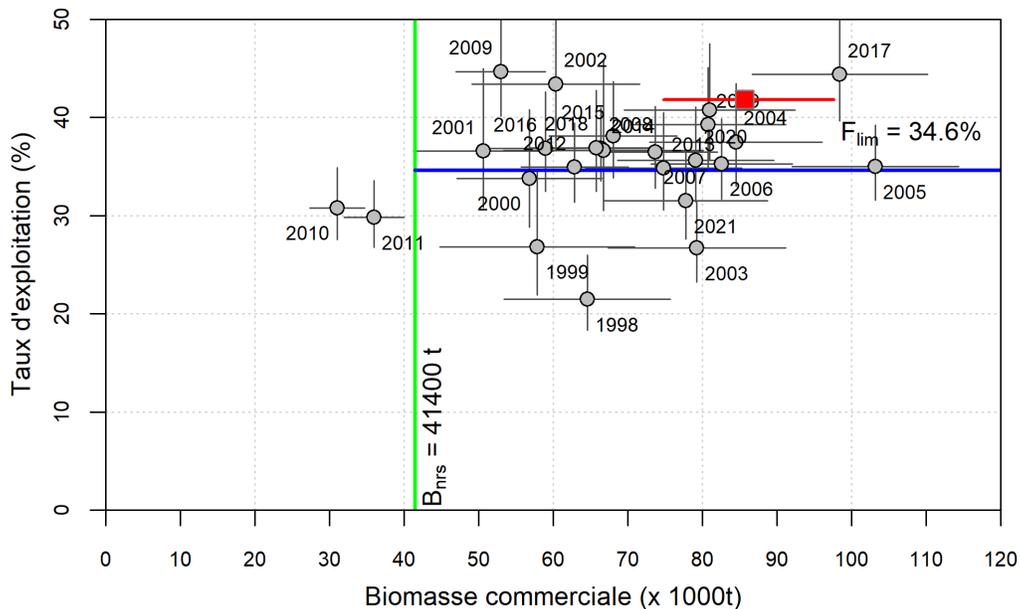


Figure 28. Taux d'exploitation par rapport à la biomasse commerciale, avec les intervalles de confiance à 95 %. Les étiquettes d'année représentent l'année de pêche. Les lignes colorées représentent les points de référence, F_{lim} (ligne bleue) est le point de référence limite pour le taux d'exploitation cible, et B_{nrs} (ligne verte) est le point de référence supérieur du stock pour la biomasse commerciale. Le carré rouge correspond à l'estimation de la biomasse commerciale avec le taux d'exploitation cible pour la pêche de 2023.

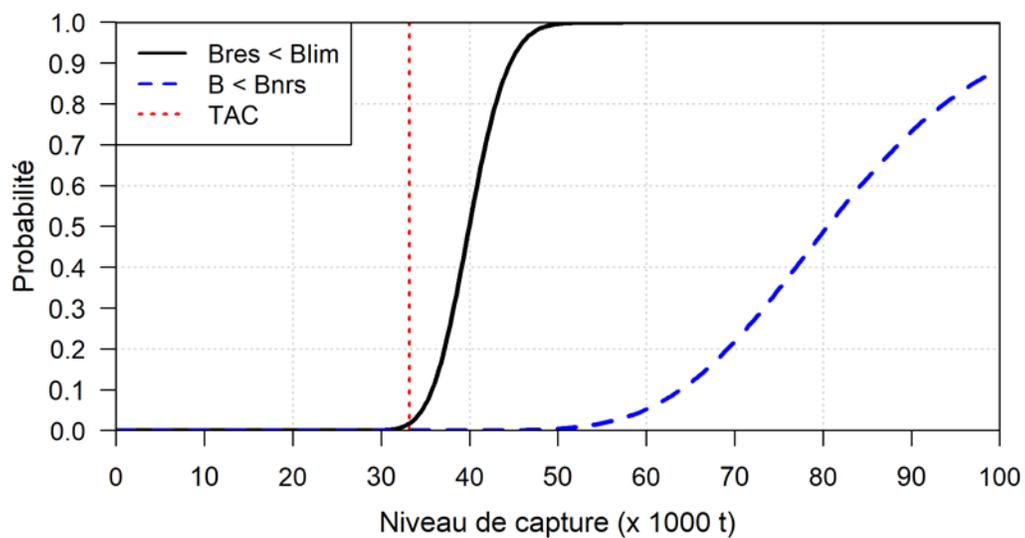


Figure 29. Analyse de risque indiquant les probabilités que la biomasse résiduelle des mâles adultes de taille commerciale soit sous le niveau de référence limite pour la biomasse (ligne noir) et que la biomasse des mâles adultes de taille commerciale soit sous le point de référence du niveau supérieur du stock (ligne bleu pointillé) après la pêche de 2022. Le TAC pour 2023 est représenté par la ligne pointillée rouge.