Pêches et Océans Canada
Fisheries and Oceans Canada

Sciences des écosystèmes et des océans
Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2021/010

Région du Golfe

Évaluation du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, 12E et 12F) en 2019

M. Hébert, T. Surette, E. Wade, J.-F. Landry, et M. Moriyasu

Direction des Sciences, Région du Golfe
Pêches et Océans Canada
C. P. 5030
Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6

Février 2021

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 de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Hébert, M., Surette T., Wade E., Landry J.-F. et Moriyasu, M. 2021. Évaluation du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, 12E et 12F) en 2019. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/010. iv + 55 p.

Also available in English:

*Hébert, M., Surette T., Wade E., Landry J.-F. and Moriyasu, M. 2021. The 2019 assessment of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) stock in the southern Gulf of St. Lawrence (Areas 12, 19, 12E and 12F). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2021/010. iv + 56 p.*

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ IV
1.0. INTRODUCTION 1
2.0. APERÇU DE LA BIOLOGIE DU CRABE DES NEIGES 2
3.0. MÉTHODES 3
3.1. ÉCHANTILLONNGE DU RELEVÉ AU CHALUT POUR L'ESTIMATION DE LA BIOMASSE 3
3.1.1. Relevé au chalut en 2019 4
3.1.2. Échantillonnage biologique 6
3.1.3. Estimation de l'abondance de crabe des neiges 6
3.2. ESTIMATION DE LA MORTALITÉ ANNUELLE TOTALE ET TAUX D'EXPLOITATION 7
3.3. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE 7
4.0. RÉSULTATS ET DISCUSSION 8
4.1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE ET EXPLOITATION EN 2019 8
4.1.1. Sud du golfe 8
4.1.2. Estimation de la portion de la biomasse totale dans chacune des zones de gestion et des zones tampons 10
4.1.3. Taux d'exploitation 11
4.1.4. Mortalité annuelle totale et différence des crabes adultes de taille commerciale 11
4.1.5. Potentiel reproducteur du stock 11
5.0. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE ET PRONOSTIC 11
5.1. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE POUR 2020 12
5.2. PRONOSTIC 13
6.0. INCERTITUDES 14
6.1. CHANGEMENT AU PROTOCOLE DU RELEVÉ ET VARIABILITÉ DANS LA COMPOSITION DE LA BIOMASSE COMMERCIALE 14
6.2. CROISSANCE 17
6.3. CONSIDÉRATIONS ECOSYSTÉMIQUES 17
7.0. REMERCIEMENTS 18
8.0. RÉFÉRENCES CITÉES 18
TABLEAUX 22
FIGURES 31

RÉSUMÉ

L'évaluation du stock de crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, du sud du golfe du Saint-Laurent (sgSL) de 2019 est présentée (zones 12, 19 12E et 12F). Le crabe des neiges dans le sgSL est considéré comme une seule unité de stock aux fins d'évaluation. L'évaluation de 2019 a été effectuée selon les recommandations suite à l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sgSL tenu en novembre 2011. La capturabilité pour les crabes mâles adultes de taille commerciale est présumée constante sur l'ensemble de la série temporelle et égale à 1. Les indices de crabe des neiges à partir du relevé de 2019 sont probablement biaisés positivement, résultant d'un changement de bateau et des procédures de pêche au chalut en 2019. Le chalut aurait pêché et capturé du crabe des neiges sur une plus grande surface que celle estimée selon les procédures de pondération de cette évaluation. Pour les fins de cette évaluation, les estimés de la biomasse commerciale et de toutes les abondances de mâles et femelles présentées ici n'ont pas été corrigées par rapport à ce biais. Le taux d'exploitation pour la pêche de 2019 dans le sgSL était de 39,3 %. Selon le relevé effectué après la pêche de 2019, la biomasse de crabes adultes de taille commerciale a été estimée à 79 066 t (intervalle de confiance de 95 %, 69 072 t à 90 091 t), ce qui est similaire à celle de 2018 (80 746 t). Le niveau de la biomasse pour la pêche de 2020, provenant du relevé de 2019, se situe dans la zone saine du cadre de l'approche de précaution (AP). La biomasse résiduelle à partir du relevé de 2019 a été estimée à 20 291 t, une diminution de 5,3 % par rapport au relevé de 2018 (21 432 t). Soixante-quinze pourcent (75 %) de la biomasse du relevé de 2019 exploitable pour la pêche de 2020 est composée de nouvelles recrues (58 995 t). Le recrutement à la biomasse commerciale estimé à partir du relevé de 2019 est similaire à celui de 2018 (59 609 t). Compte tenu de la règle de décision convenue qui a été évaluée comme conforme à l'AP, l'estimation ponctuelle de la biomasse du relevé de 2019 de 79 066 t correspond à un taux d'exploitation de 40,6 % et à un total autorisé des captures de 32 101 t pour la pêche de 2020. À ce niveau d'exploitation, il n'y aurait aucune chance que la biomasse résiduelle, après la pêche de 2020, se retrouve dans la zone critique. Une analyse de risque pour atteindre les objectifs de l'AP selon de possibles biais positifs dans l'estimé de la biomasse commerciale de 2019 est fournie. Malgré les inquiétudes sur la possible surestimation de l'évaluation de 2019, la biomasse des mâles adultes de taille commerciale est considérée être à un niveau élevé et dans la zone saine de l'AP. Il y a une vaste distribution de crabe des neiges dans le sgSL et des signes positifs continuels de recrutement soutenu et d'abondances élevées de femelles.

1.0. INTRODUCTION

Le crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, est commercialement exploité dans le sud du golfe du Saint-Laurent (sgSL) depuis le milieu des années 1960. Jusqu'en 1994, la pêche dans la zone 12 (Fig. 1) était exploitée par 130 pêcheurs semi-hauturiers provenant du Nouveau-Brunswick, Québec et de la Nouvelle-Écosse. En 1997, la zone côtière de l'Île-du-Prince-Édouard (IPÉ), formellement appelées zones 25/26, a été intégrée à la zone 12. En 2003, une partie de la pêche côtière du Cap-Breton (formellement appelée zone 18) a aussi été intégrée à la zone 12 et la partie nord de la zone 18 a été désignée comme une zone de tampon (zone interdite de pêche au crabe des neiges, étiquetée C dans la figure 1). Pour le besoin de cette évaluation, la zone 12 fait référence à cette nouvelle unité de gestion (Fig. 1). En 1978, la zone 19 (Fig. 1) a été établie comme une zone de gestion de pêche exclusive aux pêcheurs côtiers du Cap-Breton avec des bateaux d'une longueur inférieure à 13,7 m (45 pieds). Les zones de gestion 12E et 12F ont été établies en 1995 comme zones de pêches exploratoires. Une zone tampon de deux milles nautiques a été créée entre la zone 12F et la zone adjacente 19 en 1996, étiquetée B dans la Fig. 1. En 2002, le statu des zones de pêche 12E et 12F a été changé de zones exploratoires à des zones de gestion de pêche commerciale.

Il y a quatre zones de pêche individuelle (zones 12, 19, 12E et 12F) (Fig. 1) parmi lesquelles la zone 12 délimite la plus grande pêcherie en terme de débarquements, d'habitat convenable et du nombre de participants. Il n'y a aucune base biologique pour la délimitation des quatre zones de gestion du crabe des neiges dans le sgSL (Chiasson et Hébert 1990; Hébert et al. 2008; MPO 2009). Les crabes provenant de ces zones de gestion font partie d'une plus grande population biologique et le sgSL est considéré comme une unité pour les fins d'évaluation (Hébert et al. 2008).

La gestion de ces pêches est basée sur des quotas (par zone de gestion et distribués parmi les détenteurs de permis) et des contrôles de l'effort (nombre de permis, allocation de casiers, la dimension des casiers, et les saisons).

Dans les zones 12, 12E et 12F, la saison de pêche débute généralement en avril-mai aussitôt que le sgSL est libre de glace et se termine à la fermeture de la saison de pêche en mi-juillet ou avant lorsque le quota est atteint. Dans la zone 19, la pêche débute en juillet et se termine à la mi-septembre ou lorsque le quota est atteint. L'exploitation des femelles est interdite. Seuls les mâles à carapace dure, dont la taille minimale légale est de 95 mm de largeur de carapace (LC), sont exploités commercialement. Différentes limites de casiers sont assujetties à chaque permis dépendamment du groupe de pêcheurs ou de la zone de pêche.

De nouvelles mesures de gestion ont été adoptées en 1990 suite à la fermeture prématurée de la pêche de la zone 12 en 1989 en raison d'un déclin rapide des taux de capture, associé avec une incidence élevée de mâles à carapace molle dans les captures. Une des mesures utilisées consiste à fixer une allocation totale des captures (ATC) ou quota selon une certaine proportion de la biomasse de crabes mâles adultes > 95 mm LC, estimée à partir du relevé au chalut. Une autre stratégie de gestion est d'éviter de capturer des mâles à carapace molle afin de maximiser le rendement et le potentiel reproducteur en fermant des parties de la zone de pêche basées sur le pourcentage de crabe mou ou de crabe blanc.

L'évaluation suit les recommandations issues de l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sgSL qui a eu lieu le 21-25 novembre 2011 (MPO 2012a).

Ce document présente l'évaluation et les estimés de biomasse sur l'état de la pêcherie du crabe des neiges dans le sgSL pour 2020 (zones 12, 19, 12E et 12F). Les estimations de la biomasse et les caractéristiques de la population par stade de vie sont dérivées à partir d'un relevé au

chalut effectué après la saison de la pêche et qui couvre l'habitat du crabe des neiges. Une analyse de risque des options de capture pour la pêche de 2020 est aussi présentée.

2.0. APERÇU DE LA BIOLOGIE DU CRABE DES NEIGES

Dans le sgSL, la mue du crabe des neiges a lieu en décembre à avril, avant le début de la saison de pêche (Watson 1972; Conan et al. 1988; Sainte-Marie et al. 1995; Benhalima et al. 1998; Hébert et al. 2002). Le crabe mue normalement annuellement jusqu'à ce qu'il atteigne la phase adulte par une mue terminale (Conan et Comeau 1986). Les mâles atteignent la phase adulte à des tailles variant entre 40 et 150 mm LC et les femelles entre 30 et 95 mm LC (Conan et Comeau 1986). L'estimé de la longévité des crabes mâles adultes (après avoir atteint la mue terminale) est entre 5 (Sainte-Marie et al. 1995) et 8 ans (Fonseca et al. 2008).

Contrairement aux femelles immatures, les femelles pubères (adolescentes) ont un abdomen plus large et des gonades orange complètement développées en automne. Ces femelles entreprendront une mue terminale entre décembre et avril afin de devenir des femelles nullipares ayant un abdomen élargi et des ovaires matures. Généralement, elles vont s'accoupler et produire des œufs fertilisés pour la première fois, immédiatement après la mue alors que leur carapace est encore molle et deviendront des femelles primipares (Watson 1969; Moriyasu et Conan 1988). Les femelles multipares désignent les femelles qui pondent pour la deuxième fois ou plus, dont la période de reproduction a lieu entre la fin mai et début juin après l'éclosion des œufs (Conan et Comeau 1986; Moriyasu et Conan 1988; Sainte-Marie et Hazel 1992; Moriyasu et Comeau 1996; Sainte-Marie et al. 1999). Dans le sgSL, les femelles matures portent normalement leurs œufs pendant 2 ans sous leur abdomen (Mallet et al. 1993; Moriyasu et Lanteigne 1998), alors que quelques femelles suivent un cycle de reproduction de un an dans la Baie Sainte-Marguerite (Sainte-Marie et al. 1995). Cependant, Khun and Choi (2011) ont rapporté qu'au-dessus de 80 % des femelles matures ont été estimés à suivre un cycle de reproduction de 1 an sur le plateau néo-écossais.

Les femelles matures, soient les primipares et multipares, peuvent aussi produire plus qu'une portée d'œufs viables à partir des spermes emmagasinés dans leurs spermathèques lors du premier accouplement sans d'autre accouplement subséquent (Sainte-Marie et Carrière 1995). Cependant, la probabilité qu'une seule reproduction est suffisante pour fertiliser une production d'œufs durant toute la vie d'une femelle a été démontrée comme peu probable (Rondeau et Sainte-Marie 2001). La reproduction après le relâchement des œufs semble être la règle générale pour le crabe des neiges dans le sgSL (Conan et al. 1988).

Après la mue, le crabe possède une carapace molle dont le corps est rempli d'eau. Le crabe adulte mâle à carapace molle prend environ 8-10 mois avant que sa carapace devienne dure (Hébert et al. 2002) et un an pour atteindre un rendement en chair maximal (Dufour et al. 1997). Les crabes adultes mâles à carapace molle sont incapables de se reproduire durant la période de la postmue mais deviennent prêts à participer à la reproduction l'année suivante avec les femelles nullipares en février et avec les femelles multipares en mai-juin (Conan et al. 1988; Moriyasu et al. 1988). Les crabes mâles adultes de taille commerciale avec une carapace molle représentent le recrutement annuel à la pêcherie puisqu'ils deviendront commercialisables la saison de pêche suivante (Conan et Comeau 1986; Sainte-Marie et al. 1995; Comeau et al. 1998; Hébert et al. 2002). La terminologie décrite par Sainte-Marie et al. (1995) pour la maturité morphométrique est utilisée dans ce rapport: les «crabes adolescents» et les «crabes adultes» représentent les crabes morphométriquement immatures et matures (Conan et Comeau 1986), respectivement.

3.0. MÉTHODES

3.1. ÉCHANTILLONNGE DU RELEVÉ AU CHALUT POUR L'ESTIMATION DE LA BIOMASSE

Il y a eu des changements progressifs au niveau du plan d'échantillonnage et des protocoles dans le relevé au chalut dans le sgSL depuis le début en 1988. Originairement, la région d'étude du relevé a été divisée en utilisant des quadrilatères de 10 minutes latitude par 10 minutes longitude. Une ou deux stations d'échantillonnage ont été alors choisies au hasard et utilisées comme stations fixes lors des années subséquentes du relevé. Initialement, la région d'étude du relevé couvrait seulement la zone 12 mais s'est étendue pour couvrir la zone 19 en 1990. La zone 12 a été échantillonnée après la saison de pêche (juillet à octobre) à chaque année (à l'exception de 1996 où il n'y a pas eu de relevé) et la zone 19 a été échantillonnée avant la pêche de 1990 à 1992 et après la pêche à partir de 1993 (Moriyasu et al. 2008).

En 1997, la couverture du relevé au chalut s'est étendue pour couvrir les nouvelles zones de gestion 12E et 12F. De nouvelles stations ont été ajoutées au hasard à l'intérieur des quadrilatères à mesure que le polygone du relevé s'étendait ou si des régions ont été ciblées pour des échantillonnages plus intensifs afin de réduire la variance de l'estimé. Tous les détails sur ces changements dans le plan d'échantillonnage du relevé sont décrits par Moriyasu et al. (2008).

Le plan d'échantillonnage du relevé au chalut de 2006 à 2011 a été modifié selon les recommandations de l'Atelier de Travail sur l'Évaluation du stock du crabe des neiges du sgSL en 2005 (MPO 2006; Moriyasu et al. 2008). Le nouveau modèle d'échantillonnage a été introduit pour obtenir une homogénéité spatiale dans l'échantillonnage du relevé. Ce plan d'échantillonnage était spatialement non biaisé en ce sens que le nombre prévu de stations dans chaque quadrilatère de 10 par 10 minutes était proportionnel à sa surface mais dans la pratique, le nombre réalisé de stations dans chaque quadrilatère était de une ou deux stations et des quadrilatères à la périphérie de la région d'étude du relevé avaient souvent aucune stations. Les stations du relevé du passé ont été retenues autant que possible, mais d'autres stations ont été supprimés ou ajoutés aux quadrilatères, telle que prescrit par la méthode d'échantillonnage (Hébert et al. 2007; Moriyasu et al. 2008).

En 2012, le plan d'échantillonnage a encore été modifié en fonction des recommandations de la revue des Sciences de l'examen sur les méthodes d'évaluation du crabe des neiges tenue en 2011 (MPO 2012a). La région d'étude du relevé a été étendue aux isobathes de 20 à 200 brasses, correspondant à la surface recouverte par les eaux avec des températures de fond < 5°C, qui comprend la vaste majorité de l'habitat favorable du crabe des neiges, soit l'unité biologique du sgSL. Afin d'améliorer d'avantage l'homogénéité spatiale, des grilles carrés au lieu de rectangulaires ont été utilisées avec des dimensions définies en fonction du nombre total de stations, ainsi chaque grille possède une seule station d'échantillonnage (MPO 2012a). Ce nouveau plan d'échantillonnage a résulté à un nouvel ensemble de stations d'échantillonnage. Le plan d'échantillonnage révisé du relevé de 2012 est présenté dans Wade et al. (2014). En 2013, le nombre de stations a augmenté passant de 325 à 355 suivant les recommandations du comité consultatif du crabe des neiges afin d'augmenter la précision des estimations de biomasse dans les petites zones. Pour ce niveau d'intensité d'échantillonnage, la région d'étude du relevé a été partitionnée en des grilles carrées de 12,7 par 12,7 km et un nouvel ensemble de stations d'échantillonnage a été généré.

Depuis 2014, le nombre de stations d'échantillonnage est demeuré à 355 et les stations d'échantillonnage réussies du relevé précédent ont été utilisées comme stations fixes. Un nouvel ensemble d'échantillonnage a été généré aléatoirement lorsque les stations

d’échantillonnage ont été abandonnées ou si les stations d’échantillonnage ont été effectuées à l’extérieur de leur grille assignée.

3.1.1. Relevé au chalut en 2019

En 2019, le nombre de stations d’échantillonnage est demeuré à 355. Les 351 stations d’échantillonnage réussies du relevé de 2018 ont été utilisées comme stations fixes en 2019 et un nouvel ensemble de quatre stations d’échantillonnage (une station d’échantillonnage qui a été abandonnée et les trois stations d’échantillonnage qui ont été effectuées à l’extérieur de leur grille assignée en 2018) a été généré aléatoirement (Fig. 2).

Le relevé au chalut a été effectué après la saison de pêche entre le 12 juillet et le 25 septembre couvrant les zones 12, 19, 12E et 12F (Fig. 2). Un nouveau bateau, ‘’L’Avalon Voyager II’’, un chalutier en fibre de verre de 65 pieds ayant une puissance de moteur de 850 ch et déploiement par la poupe a été utilisé pour effectuer le relevé en 2019. Le bateau précédent, le “Jean-Mathieu’’, un chalutier en fer de 65 pieds ayant une puissance de moteur de 720 ch et déploiement par la poupe a été utilisé pour effectuer le relevé au chalut de 2013 à 2018. Une comparaison de bateaux côte-à-côte a été effectuée à 40 stations prédéterminées dans la partie sud-est du golfe, au large du Cap-Breton. Un total de 352 stations ont été réussies en 2019; trois grilles d’échantillonnage ont été abandonnées en raison de l’impossibilité de chaluter avec succès la région.

Un chalut de fond à langoustines de type Bigouden a été utilisé pour le relevé. Ce chalut a été mis au point à l'origine pour la pêche de la langoustine (*Nephrops norvegicus*) en France (ouverture de 20 m avec ralingue inférieure de 28,2 m). Le filet est fait à partir de nylon tressé de 2,5 mm de diamètre et les dimensions des mailles sont de 80 mm dans les ailes, 60 mm dans le ventre et 40 mm dans la poche (voir Moriyasu et al. 2008 pour plus de détails sur la description du chalut).

Toutes les stations ont été chalutées entre le crépuscule du matin et du soir. La longueur des câbles d’aciers déroulée est déterminée en fonction de la profondeur (trois fois la profondeur). Le début du trait, après le blocage des treuils, a été déterminé grâce à un suivi à partir des capteurs de profondeur, de la distance des ailes et de hauteur du système eSonar révisés plus-tard en utilisant les données des sondes de température-profondeur et d’inclinaison du Star-Oddi attachés au chalut. La durée cible des traits était de cinq minutes, à une vitesse cible de deux nœuds. L'ouverture horizontale du chalut a été recueillie à toutes les quatre secondes au moyen du capteur de distance du système eSonar. La distance parcourue par le chalut a été mesurée à partir de la position (latitude/longitude) prise à toutes les secondes avec un système mondial de localisation différentiel (DGPS). La surface balayée pour chaque trait de chalut a été calculée en multipliant la distance parcourue et l’ouverture horizontale du chalut pendant la durée du trait.

Les traits étaient rejetés si le filet était déchiré ou que le système eSonar ne générait aucune données utilisable pour déterminer le début du trait, ou encore la durée du trait a été inférieure à quatre minutes. Un trait de remplacement a été effectué près du point de départ original ou aux stations d’échantillonnage alternatives à l’intérieur de la grille assignée (Fig. 2).

Lorsque le trait satisfait les critères du protocole du relevé mais que la qualité des signaux pour les données du système eSonar n’étaient pas adéquates pour calculer la surface balayée du trait, la surface balayée du trait a été déterminée en utilisant la moyenne des valeurs des 10 stations environnantes.

3.1.1.1 Captures élevées en 2019

Les captures de crabe des neiges dans le relevé au chalut de 2019 semble être déraisonnablement élevées, avec un sommet de 46 328 crabes des neiges capturés, soit 25,7 % plus élevées que le dernier sommet observé en 1999 et 37,5 % plus élevées que le total de 2018 de 33 684 crabes, une année par laquelle la population était déjà considérée être en grande abondance. De plus, cette augmentation a été observée partout dans le sgSL, pour toutes les tailles et sexes. Ceci est contraire aux résultats préliminaires du relevé comparatif, qui semble indiquer qu'il n'y a pas de différences majeures entre les bateaux du relevé. Pour enquêter sur ces captures élevées, nous avons vérifié pour les possibles différences dans le comportement des bateaux et du chalut pour les relevés de 2017, 2018 et 2019.

En particulier, nous avons vérifié si il y avait évidence que le chalut gratte le fond après la période nominale de cinq minutes de chalutage. Présentement, l'aire balayée est calculée lorsque les treuils sont bloqués et que le chalut touche au fond jusqu'à ce que le signal d'arrêt soit donné à la marque de 5 minutes, après quoi le bateau ralentit et les treuils sont activés. Afin de clarifier cette discussion, nous avons divisé la période où le chalut demeure sur le fond pendant la phase active et la phase passive (Fig. 3).

- La phase active : Après que la longueur prédéterminée des câbles est atteinte, les treuils sont bloqués et le bateau ralentit vers sa vitesse cible de deux nœuds. Lorsque le chalut touche au fond, déterminées par les sondes de profondeur, de hauteur et de distance des ailes du chalut du système eSonar attachées au chalut, la phase active de chalutage débute pour une durée de cinq minutes (300 secondes) jusqu'au signal d'arrêt donné par le scientifique en chef.
- La phase passive : Après le signal d'arrêt, les treuils sont activés et commence à remonter le chalut. Durant cette phase, la bateau ralentit et le chalut demeure sur le fond et continue à gratter le fond par le mouvement du bateau et aussi par l'action des treuils. Cette phase se termine lorsque le chalut lève du fond, déterminée par la sonde d'inclinaison du Star-Oddi attachée sur la ralingue inférieure du chalut.

3.1.1.2 Analyse de la phase passive :

Les caractéristiques du comportement des bateaux et du chalut pendant la phase passive de chalutage lors du relevé de 2019 ont été comparées aux relevés de 2017 et 2018. Les données enregistrées et les méthodes utilisées ont été identiques entre les années. L'air balayée durant la phase passive peut être calculée en multipliant la distance parcourue par le chalut sur le fond et l'ouverture du chalut déterminée par les sondes de distance des ailes du système eSonar. Le mouvement vers l'avant du chalut est provoquée par la combinaison de deux forces : le mouvement du bateau vers l'avant et de l'activation des treuils poussant le chalut vers le bateau. Si nous assumons que le bateau a plus ou moins la même position au cours de la phase passive, nous pouvons calculer la contribution du bateau au mouvement du chalut l_v en utilisant : $l_v = v_p \times t_p$, où v_p est la vitesse moyenne du bateau et t_p est la durée de la phase passive. Lorsque la vitesse des treuils v_w est connue, la distance que les treuils traînent le chalut sur le fond est donnée par :

$$l_w = \sqrt{c_0^2 - d^2} - \sqrt{\left(c_0 - v_w \times t_p\right)^2 - d^2}$$

où d est la profondeur de l'eau, c_0 est la longueur de câble d'acier durant le chalutage régulier (phase active) (i.e. $c_0 \approx 3d$). L'air balayée totale de la phase passive pour chaque trait est donnée par: $s = w \times (l_v + l_w)$, où w est l'ouverture moyenne des ailes du chalut. L'angle de

levée du chalut entre les câbles du chalut et le fond marin est donnée par : $\phi = \arcsin\left(\frac{d}{c_0 - v_w t_p}\right)$. Pour un ratio 3 :1 des câbles, $\phi \approx 20^o$ au cours de la phase active jusqu'au début de la phase passive. À mesure que le chalut approche du bateau, ϕ va augmenter jusqu'à une certaine valeur jusqu'à ce que le chalut lève finalement du fond (Fig. 4).

3.1.2. Échantillonnage biologique

Les prises du chalut ont été triées sur le pont du bateau. Les crabes des neiges ont été mis de côté pour un échantillonnage détaillé. Tous les autres organismes ont été triés par espèce ou groupe d'espèce et comptés. Depuis 2010, des mesures sur la longueur individuelle de toutes les espèces de poissons ont été effectuées à 100 stations sélectionnées au hasard. L'échantillonnage sur la longueur des poissons a été basé sur un sous-échantillon d'au moins 100 individus de chaque espèce de poissons dans une station sélectionnée. Débutant en 2013, toutes les espèces ou groupe d'espèce ont été pesés.

L'information qui suit a été notée pour tous les crabes capturés: la LC, la hauteur de la pince (pour les mâles seulement) au 0,1 mm près, et la condition de la carapace (Hébert et al. 1997). Pour les femelles, la couleur (orange, orange foncé, brun ou noir) et la quantité (en pourcentages) des œufs externes chez les femelles ovigères, ainsi que la couleur (blanche, beige ou orange) des gonades chez les femelles immatures ont aussi été notées.

Les distributions de fréquence de taille pour la population ont été dérivées à partir des échantillons pondérés par l'air chaluté (km^2) de chaque trait correspondant.

3.1.3. Estimation de l'abondance de crabe des neiges

L'évaluation suit les recommandations de l'examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges dans le sgSL tenu en novembre 2011 (MPO 2012a).

Le polygone révisé du krigeage (la région d'étude du relevé) possède une surface totale de 57 842,8 km^2 (Fig. 5) partitionnés en quatre zones de gestion pour nos analyses, 48 074 km^2 pour la zone 12, 3 813 km^2 dans la zone 19, 2 436,9 km^2 pour la zone 12E et 2 426,8 km^2 pour la zone 12F. Une zone additionnelle non-assignée A (au-dessus des zones 12E et 12F, Fig. 5) est maintenant incluse avec l'expansion du nouveau polygone et est située où il n'y a pas d'activité de pêche. Cette région couvre une surface de 667,9 km^2 alors que les zones tampons B et C (Fig. 5) recouvrent une surface de 134,2 et 289,5 km^2, respectivement.

Les estimés de la biomasse du sgSL comprennent la zone non-assignée A et les zones tampons B et C (zones sans pêche) (Fig. 5). Les estimés de la biomasse dans chacune des zones de gestion sont calculées excluant les zones tampons. Les estimés de la biomasse ont aussi été calculées dans chaque zones tampons (B et C) ainsi que pour la zone non-assignée (A).

Le modèle actuel, le krigeage avec dérive externe (KDE) en utilisant la profondeur comme variable secondaire, est adéquat pour estimer la biomasse de crabe des neiges (MPO 2012a).

Un variogramme global basé sur une moyenne de trois ans a été calculé puisqu'il est considéré comme une méthode plus stable pour la modélisation de l'autocorrélation entre les points échantillonnés (Wade et al. 2014).

La série d'estimation de biomasses de 1997 à 2019 a été considérée comme une série homogène pour le polygone agrandit de 57 842,8 km^2 pour les besoins de l'évaluation de stock, le développement des points de référence et de fournir l'avis sur les options de capture.

Les analyses de krigeage ont été effectuées en utilisant le langage de programmation R 3,4 pour l'évaluation de stocks de 2019.

La biomasse a été estimée en utilisant le KDE basé sur le poids de chaque crabe adulte de taille commerciale (Wade et al. 2014) estimé selon une relation taille-poids.

$$P = (2{,}665 \times 10^{-4})\ LC^{3{,}098}$$

où P est le poids en grammes et LC est la largeur de la carapace en mm (Hébert et al. 1992).

Les biomasses totales ont été estimées pour les catégories de crabes mâles suivantes :

- les mâles adultes de taille commerciale ≥ 95 mm LC pour toutes les conditions de carapace,
- les mâles adultes de taille commerciale ≥ 95 mm LC avec conditions de carapace 1 et 2 au moment du relevé qui représentent le recrutement annuel à la pêcherie (appelés R-1), et
- les mâles adultes ≥ 95 mm LC avec conditions de carapace 3, 4 et 5 (carapace dure) au moment du relevé, qui représentent la biomasse résiduelle ou restante après la pêche.

Les indices d'abondance des prérecrues (R-4, R-3 et R-2) au moment du relevé ont été utilisés pour prédire le recrutement à la pêcherie pour les quatre prochaines années. Les termes R-4, R-3 et R-2 désignent les crabes mâles adolescents dont la LC varie de 56-68 mm, 69-83 mm et supérieure à 83 mm, respectivement et qui seront vraisemblablement recrutés à la pêcherie dans quatre, trois et deux ans, respectivement. Les augmentations de taille à la mue des prérecrues R-4, R-3 et R-2 ont été basées sur un modèle de croissance des crabes des neiges mâles adolescents (Hébert et al. 2002).

L'abondance des mâles adolescents du stade VIII avec une LC entre 34 et 44 mm a aussi été estimée comme un indice du recrutement à long-terme. Au moins six ans sont nécessaires pour qu'un mâle adolescent du stade VIII atteigne la taille commerciale de 95 mm LC. De plus, les indices d'abondance des femelles pubères, primipares et multipares ont été estimés.

3.2. ESTIMATION DE LA MORTALITÉ ANNUELLE TOTALE ET TAUX D'EXPLOITATION

Le taux de mortalité totale annuelle des crabes mâles adultes de taille commerciale, sous forme d'une proportion, est estimé comme :

$$N_t^{3,4,5} / N_{t-1}$$

Où N_t^{345} est l'abondance des mâles adultes de taille commerciale avec conditions de carapace 3, 4 et 5 après la pêche à l'année *t* (la biomasse résiduelle) et $N_{(t-1)}$ est l'abondance des mâles adultes de taille commerciale avec conditions de carapace de 1 à 5 après la pêche à l'année *t-1* (la biomasse commerciale de l'année précédente).

Le taux d'exploitation *(TE)* a été calculé comme étant le ratio des débarquements (*t*) de la pêche à l'année *t* ($C_t^{3,4,5}$) et la biomasse commerciale (B_{t-1}) estimée à l'année précédente *t-1*.

$$TE = C_t^{3,4,5} / B_{t-1}$$

Ce taux d'exploitation ne tient pas compte de la mortalité naturelle avant et durant la pêche.

3.3. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE

Le modèle Bayésien décrit par Surette et Wade (2006) et Wade et al. (2014) a été utilisé pour prédire la biomasse du recrutement à la pêcherie (R-1) à partir des abondances des prérecrues R-4, R-3 et R-2 pour le sgSL à partir du relevé au chalut, pour faire une projection dans trois,

deux et une année dans le futur, respectivement. Le modèle incluait les incertitudes comme les erreurs d'observation.

4.0. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE ET EXPLOITATION EN 2019

4.1.1. Sud du golfe

4.1.1.1. Caractéristiques du chalutage durant le relevé de 2019

Il y a eu quelques différences entre ''l'Avalon Voyager II'' et l'ancien bateau du relevé le ''Jean-Mathieu''. Premièrement, les treuils à bord de ''l'Avalon Voyager II'' possèdent deux réglages de vitesse, un réglage à grande vitesse causant des emmêlements de l'engin de pêche au cours du premier voyage du relevé, amenant ainsi le capitaine à utiliser le réglage à basse vitesse. Cependant, cette vitesse était plus lente que celle du ''Jean-Mathieu''. Deuxièmement, ''l'Avalon Voyager II' n'est pas équipé d'un contrôle de vitesse variable du propulseur qui a amené à une perte de contrôle fine lors du chalutage, i.e. la cible de deux nœuds pour le chalutage était difficile à maintenir.

En 2019, la durée médiane de la phase passive était de 89 secondes sur ''l'Avalon Voyager II'', presque le double de celle sur le ''Jean-Mathieu'' en 2017 (50,5 secondes) et 2018 (43 secondes) (tableau 1). La vitesse moyenne de ''l'Avalon Voyager II'' durant la phase passive en 2019 était similaire au ''Jean-Mathieu'' en 2018 et 2017 à 0,8 mètres par secondes (1,6 nœuds) (tableau 1). L'augmentation de la durée a amené à des augmentations correspondantes de la distance médiane parcourue par le bateau durant la phase passive, avec 68,4 m en 2019 pour ''l'Avalon Voyager II'' alors que pour le ''Jean-Mathieu'', elle était de 35,4 m en 2017 et 32,7 m en 2018 (Fig. 6; tableau 1). L'ouverture médiane des ailes du chalut durant la phase passive a légèrement diminué en 2019 (6,4 m) sur ''l'Avalon Voyager II'' comparativement à 2017 (6,9 m) et 2018 (7,0 m) sur le ''Jean-Mathieu'' (tableau 1).

Les vitesses calculées des treuils ont été comparables durant les relevés de 2017 et 2018 avec des valeurs médianes de 1,26 mètres par seconde, alors qu'en 2019, la vitesse médiane a tombé à 0,9 mètres par seconde (tableau 1). Les angles de la levée du chalut ont augmenté légèrement à une médiane de 34,0 ° en 2019, comparativement à 27,9 ° en 2017 et 28 ° en 2018 (tableau 1). Des angles plus élevées de levée du chalut en 2019 implique que le chalut a été ramené plus près du bateau avant que le chalut lève du fond. Ainsi, nous voyons une augmentation correspondante de la distance parcourue par le chalut en raison de l'action des treuils à une valeur médiane de 87,6 m en 2019 par rapport à 65,9 m en 2017 et 56,9 m en 2018 (tableau 1).

Les estimés de l'air balayée totale pour la phase passive a augmenté à 992 m2 en 2019 par rapport à 688 m2 en 2017 (44 % d'augmentation) et 605 m2 en 2018 (64 % d'augmentation). Les estimés de l'aire balayée médiane représentent 24,8 %, 22,3 % et 32,2 % de l'aire balayée estimée pour la phase active de chalutage, des 2 278m^2, 2 709 m2 et 2 739 m2, pour 2017, 2018 et 2019, respectivement (tableau 1). Cette composante de l'aire balayée n'est pas prise en compte dans la standardisation des captures. En prenant la phase passive en compte, on note une augmentation de l'aire balayée totale de 12,6 % de 2018 à 2019.

Des vitesses plus lentes des treuils en 2019 a amené à une plus longue période du chalut sur le fond au cours de la phase passive de chalutage. L'augmentation de la distance parcourue par le chalut est causée par deux facteurs principaux : premièrement, le bateau voyage plus loin en

suivant sa trajectoire, et deuxièmement, le chalut est traîné plus près du bateau avant la levée du chalut sur le fond durant la remontée.

4.1.1.2. Variogramme

Un variogramme est un modèle qui décrit l'évolution de la variance en fonction de la distance entre les mesures et permet donc de modéliser l'autocorrélation spatiale entre les données. Les trois propriétés du variogramme sont l'effet de pépite, le seuil et la portée. L'effet de pépite représente la variation entre deux mesures très rapprochées, qui peut être causée par la variabilité naturelle du paramètre mesuré, une variabilité de l'instrument de mesure ou une variation brutale du paramètre mesuré. Le seuil dénote la variance à laquelle le plateau est atteint alors que la portée représente qu'à partir d'une certaine distance, il n'y a plus d'autocorrélation entre les données. Le variogramme moyenné sur trois ans pour les mâles adultes de taille commerciale en 2019 a donné un effet de pépite de 3,109 x 10^6, un seuil se situant à 3,978 x 10^6 et une portée de 82,1 km (Fig. 7). Le variogramme de 2019 a la même forme que celle de 2018 montrant un effet de pépite plus grand, un seuil et une portée plus petits. En 2019, la portée selon laquelle il n'y a plus d'autocorrélation entre les échantillons est de 82,1 km (Fig. 7).

4.1.1.3. Estimé de la biomasse

La capturabilité pour les crabes mâles adultes de taille commerciale est présumée constante sur l'ensemble de la série temporelle et égale à 1. Les indices de crabe des neiges à partir du relevé de 2019 sont probablement biaisés positivement, résultant d'un changement de bateau et des procédures de pêche au chalut en 2019. Le chalut aurait pêché et capturé du crabe des neiges sur une plus grande surface que celle estimée selon les procédures de pondération de cette évaluation. Pour les fins de cette évaluation, les estimés de la biomasse commerciale et toutes les abondances de mâles et femelles présentées ici n'ont pas été corrigées en fonction de ce biais.

L'estimé de la biomasse commerciale des mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe en 2019, a été de 79 066 t (intervalles de confiance (I.C.) de 95 % variant de 69 072 à 90 091t), similaire à l'estimer de 2018 qui était de 80 746 t (70 984 à 91 467 t) (tableau 2). En se basant sur les abondances de prérecrues R-2 du relevé au chalut de 2018, la biomasse commerciale projetée pour la pêche de 2020 était estimée à 75 443 t (68 512 à 83 055 t). Le recrutement à la pêcherie au moment du relevé de 2019 a été estimé à 58 995 t (50 215 à 68 863 t), similaire à l'estimer de 2018 qui était de 59 609 t (51 755 à 83 310 t) et représente 75 % de la biomasse commerciale (tableau 2). La biomasse résiduelle en 2019 (mâles adultes de taille commerciale avec conditions de carapace 3, 4 et 5) a été estimée à 20,291 t (16 940 à 24 109 t), une diminution de 5,3 % comparativement à l'estimer de 2018 qui était de 21 432 t (17 270 à 26 291 t) (tableau 2).

En 2019, les concentrations locales des crabes de taille commerciale ont été observées au banc Bradelle, dans la vallée de Shédiac, dans la zone 12F, dans les parties centrale et sud du canal des Iles-de-la-Madeleine et dans la partie sud-est du sgSL (Fig. 8).

Par condition de carapace dans le relevé de 2019, les crabes de taille commerciale étaient composés de 73 % de recrutement à la pêcherie (conditions de carapace 1 et 2) et 27 % de biomasse résiduelle (conditions de carapace 3, 4 et 5), (tableau 3). Pour les autres séparations par condition de carapace, la biomasse résiduelle est composée de 20 % de crabes de taille commerciale de condition de carapace 3, 6.5 % de crabes avec condition de carapace 4 et 0,5 % de crabes avec condition de carapace 5 (tableau 3). Ceci suggère que la composition des crabes mâles de taille commerciale en 2019 est jeune et il n'y a pas de signes de vieillissement de la population à ce moment-ci. Un suivi de la composition des prises à partir des

échantillonnages des observateurs en mer et des données du relevé au chalut est nécessaire pour suivre le vieillissement de la population des mâles de taille commerciale dans les prochaines années.

Une comparaison entre la prédiction du recrutement à la pêcherie pour 2020 (49 820 t; I.C. de 95 % de 33 700 à 70 970 t) selon le modèle Bayésien et la biomasse du recrutement observée à partir du relevé de 2019 (58 995 t; 50 215 à 68 863 t) indique le recrutement estimé pour la pêche de 2020 est à l'intérieur des limites de la gamme des intervalles de crédibilité (95 %) de la valeur prédite, mais représente une grande augmentation par rapport à la valeur prédite (tableau 4; Fig. 9). La relation entre l'abondance des prérecrues R-2 à l'année *t* et du recrutement à la pêcherie à l'année *t + 1* est présentée à la figure 10. Un nombre de facteurs peut contribuer à la variabilité dans cette relation incluant la variabilité de la mortalité des prises accidentelles, de la mortalité naturelle, dans le processus de la mue des prérecrues (sauts de mue, mue à la phase adolescente ou à la phase adulte) et à des erreurs d'échantillonnage. Depuis 1997, la proportion de crabes sauts de mue plus grand de 83 mm de LC, qui font parties des prérecrues R-2, a varié de 3,7 % en 1997 à 59,8 % en 2003 tout comme leur abondance (Fig. 11). En 2019, la proportion des crabes sauts de mue plus grand de 83 mm de LC a été de 29,8 % alors qu'il était de 52,6 % en 2015 (Fig. 11). D'autres études sont nécessaires afin de mieux prédire l'arrivée et la croissance des crabes sauts de mue dans la population.

4.1.2. Estimation de la portion de la biomasse totale dans chacune des zones de gestion et des zones tampons

4.1.2.1. Zone 12

Le relevé au chalut de 2019 a révélé une biomasse commerciale dans la zone 12 de 67 590 t (58 787 à 77 331 t) (tableau 5). Cet estimé correspond à 86,2 % de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion. Depuis 1997, cette proportion a varié de 78,1 % (2013) à 92,8 % (2004) avec une moyenne de 86,6 %.

4.1.2.2. Zone 19

Le relevé au chalut post-saison de 2019 a révélé une biomasse commerciale de 5 639 t (3 834 à 8 004 t) (tableau 5). Cet estimé correspond à 7,2 % de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion. Depuis 1997, cette proportion a varié de 4,3 % (2004) à 15,0 % (2013) avec une moyenne de 9,1 %.

4.1.2.3. Zones 12E et 12F

Les zones 12E et 12F se situent sur les marges de l'habitat du crabe des neiges dans le sGSL et contiennent peu de stations d'échantillonnage et ont en conséquence, des estimés de biomasse incertaines avec des intervalles de confiance larges.

La biomasse commerciale du relevé de 2019 dans la zone 12E a été estimée à 554 t (50 à 2 342 t) (tableau 5). Cet estimé correspond à 0,7 % de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion. Depuis 1997, cette proportion a varié de 0,4 % (2016) à 3,1 % (1999) avec une moyenne de 1,1 %.

Dans la zone 12F, la biomasse commerciale du relevé de 2019 a été estimée à 4 613 t (3 202 à 6 439 t) (tableau 5). Cet estimé correspond à 5,9 % de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion. Depuis 1997, cette proportion a varié de 1,2 % (2008) à 7,1 % (2017) avec une moyenne de 3,2 %.

4.1.2.4. Zones tampons et la zone non-assignée

Les estimés de la biomasse commerciale dans les zones tampons et dans la zone non-assignée ont des intervalles de confiance très larges étant donné le nombre peu élevé de stations à l'intérieur de ces petites zones.

La biomasse commerciale dans la zone non-assignée A au-dessus de la zone 12E et 12F (Fig. 5) était de 89 t (1 à 589 t) (tableau 5). La biomasse commerciale dans la zone tampon B (zone tampon de largeur de 2 milles nautique) adjacente à la zone 19 et 12F (Fig. 5) a été estimée à 224 t (76 à 521 t) (tableau 5). La biomasse commerciale dans la zone tampon C (zone tampon de 5 milles nautiques) située au sud de la zone 19 (Fig. 5) était de 427 t (124 à 1 086 t) (tableau 5).

La somme des estimés de la biomasse commerciale dans les zones de gestion et des zones tampons et la zone non-assignée en 2019 était de 79 136 t, très près de l'estimé de la biomasse commerciale du sgSL, 79 066 (tableau 5).

4.1.3. Taux d'exploitation

Le taux d'exploitation en 2019 était de 39,3 % (tableau 6; Fig. 12). Les taux d'exploitation ont varié entre 21,0 % et 44,7 % de 1998 à 2019.

4.1.4. Mortalité annuelle totale et différence des crabes adultes de taille commerciale

Le taux de mortalité totale annuelle des crabes mâles adultes de taille commerciale dans le sgSL a été estimée à 74,9 % en 2019 et a varié entre 46,1 % et 85,1 % entre 1997 et 2019 (Fig. 12), excepté pour 2011 alors qu'elle a été estimée à 11,3 % (Hébert et al. 2012).

Sur la série temporelle (1997 à 2019), la biomasse commerciale d'après le relevé au chalut était en moyenne 29,8 % plus élevée que la somme de la biomasse résiduelle et des débarquements de l'année suivante (Fig. 13). Cette différence (appelée la mortalité non-reliée à la pêche) peut être attribuée à un nombre de facteurs, notamment une mauvaise attribution dans la catégorisation du recrutement et de la biomasse résiduelle, une variabilité dans les estimations du relevé, la mortalité naturelle, la mortalité accidentelle liée aux prises accessoires, les débarquements non déclarés et à l'immigration ou l'émigration des crabes. La différence a été de 35,6 % en 2019 (Fig. 13).

4.1.5. Potentiel reproducteur du stock

L'abondance de tous les mâles adultes a augmenté de 1997 à 1999, a demeuré stable jusqu'en 2004 et a diminué graduellement jusqu'en 2009 (Fig. 14). De 2009 à 2019, l'abondance de tous les mâles adultes a augmenté à des niveaux comparables à ceux de la période de 1999-2005 (Fig. 13). L'abondance des femelles matures (primipares et multipares) en 2019 est demeurée élevée par rapport aux faibles valeurs observées entre 2006 et 2009 (Fig. 15). Sur la série chronologique, la taille moyenne annuelle des femelles matures a varié entre 56,5 mm en 2019 et 61,7 mm LC en 2005 (Fig. 16).

5.0. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE ET PRONOSTIC

Dans le cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution (MPO 2009), le niveau de référence limite pour la biomasse (B_{lim}) établit la ligne de démarcation entre la zone critique et la zone de prudence, et le niveau de référence supérieur pour le stock (B_{NRS}) établit la ligne de démarcation entre la zone de prudence et la zone saine sur l'axe de l'état d'un stock.

Le niveau de référence limite pour le taux d'exploitation (F_{lim}) définit le taux d'exploitation maximum dans la zone saine. Les points de référence conforment à l'approche de précaution ont été développés en 2010 pour l'unité biologique du crabe des neiges du sgSL (MPO 2010a). Le changement dans la méthodologie selon les recommandations de la revue des Sciences de l'examen sur les méthodes d'évaluation du crabe des neiges en 2011 a nécessité de recalculer les estimés de biomasse de la série chronologique et des points de référence de l'Approche de précaution (MPO 2012b).

Le point de référence révisé du B_{NRS} est de 41 400 t de mâles adultes de taille commerciale de toutes conditions de carapace, ce qui représente 80 % de la biomasse de rendement maximal durable (BRMD) avec un estimation provisoire de B_{RMD} choisi correspondant à 50 % de la biomasse commerciale maximale pour la période de 1997 à 2008 (tableau 7; Fig. 17). La valeur révisée de B_{lim} est de 10 000 t (tableau 7; Fig. 17). Le B_{lim} a été choisi comme étant la plus basse biomasse des mâles adultes de taille commerciale à carapace dure qui a été observée en 2000 (biomasse résiduelle estimée à partir du relevé) (MPO 2010a). Le F_{lim} révisé a été établi à 34,6 % (tableau 7; Fig. 17), qui est le taux d'exploitation annuel moyen calculé en divisant les débarquements (poids) à l'année *t+1* par la biomasse des mâles adultes de taille commerciale à partir du relevé au chalut post-saison à l'année *t* pour la période de 1997 à 2009 (MPO 2010a).

5.1. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE POUR 2020

L'estimation de la biomasse commerciale dans le sgSL disponible pour la pêche de 2020 est de 79 066 t (69 072 à 90 091 t, tableau 2), qui se situe dans la zone de santé du cadre de l'approche de précaution (Fig. 17).

Le recrutement prévu des crabes adultes de taille commerciale dans la pêche de 2021 basé selon le modèle Bayésien sur les prérecrues (Surette et Wade, 2006; Wade et al. 2014) en utilisant les données du relevé de 2019 est de 66 850 t (44 590 à 95 800 t), (tableau 4; Fig. 18). Cette prédiction du recrutement de crabe commerciale pour la pêche de 2021 représente la plus élevée de la série temporelle et devrait être prise avec prudence étant donné le saut dans l'abondance des prérecrues R-2 observée durant le relevé de 2019.

Des règles de décision pour la pêche conformes à l'AP ont été développées (MPO 2014). Ces règles de décision conformes à l'AP comprennent des règles pour lesquelles le taux d'exploitation dépasse le F_{lim} lorsque le stock est dans la zone saine (MPO 2014). Le comité consultatif du crabe des neiges s'est mis d'accord sur la règle de décision proportionnelle (variante 4 dans MPO 2014, Fig. 19) afin de déterminer le taux d'exploitation et le TAC en se basant sur l'estimation de la biomasse provenant du relevé du crabe des neiges du sud du golfe. Cette règle de décision et l'estimation de la biomasse commerciale correspondante de 79 066 t provenant du relevé de 2019 résulte à un taux d'exploitation sélectionné de 40,6 % correspondant à un TAC de 32 101 t pour la pêche de 2020 (Fig. 19).

Une analyse de risques a été effectuée pour le TAC issu de la règle de décision et pour divers niveaux de capture en 2020 (tableau 7, Fig. 20). L'analyse de risques indique que le TAC issu de la règle de décision va conduire à près de 100 % de chances que la biomasse de la prochaine année soit au-dessus du B_{NRS} et soit dans la zone saine de l'AP (tableau 7, Fig. 20). L'analyse de risques fournit aussi les prédictions de la biomasse commerciale au relevé de 2020 en assumant que le niveau de capture correspondant est pris en 2020.

La possible surestimation dans l'abondance des prérecrues R-2 durant le relevé au chalut de 2019 pourrait également surestimer la projection du recrutement à la pêche pour la saison de 2021, qui a été estimé à 66 850 t (44 590 à 95 800 t; tableau 5) et la biomasse commerciale correspondante pour 2021 montrée au tableau 7 selon différents taux de capture pour la pêche

de 2020. Malgré une possible surestimation, la biomasse des mâles adultes de taille commerciale est prévue d'être à un niveau élevé, avec des signes positifs de recrutement et de productivité (nombre de femelles). En utilisant la biomasse des mâles adultes de taille commerciale de 79 066 t estimée à partir du relevé au chalut de 2019 pour calculer le quota pour la pêche de 2020 selon la même méthode présentement utilisée ne devrait pas mettre le stock en grands risques.

Le biais introduit par le chalutage pendant la phase passive pourrait surestimer le recrutement à la pêche pour la saison de 2021 affecter les probabilités pour la composante du B_{NRS} et les biomasses correspondantes pour la pêche de 2021 selon les différentes options de capture pour la pêche de 2020.

Un nombre de facteurs peut contribuer à la variabilité dans le taux de recrutement des prérecrues jusqu'au stade des mâles adultes de taille commerciale incluant la mortalité des prises accidentelles non-reportées, les incertitudes en raison de l'échantillonnage, la mortalité naturelle et des variations dans le processus de la mue des prérecrues (sauts de mue, mue à la phase adolescente ou à la phase adulte) spécialement si les phénomènes de densité-dépendance se produisent. De plus, dans ces projections de la biomasse commerciale sur deux ans, nous utilisons un taux de survie projeté de 0,70, qui est une moyenne mobile de cinq ans. Dans le passé, le taux de survie a varié considérablement d'une année à l'autre, ce qui affecte directement les projections de la biomasse commerciale.

Il y a eu un changement de bateau en 2019 et un grand nombre d'indicateurs dans les taux de capture de crabe des neiges et les paramètres de la performance de pêche du chalut suggèrent qu'il y aurait eu une surestimation des indices du relevé en 2019 par rapport à 2018. Il est estimé que l'augmentation en 2019 par rapport à 2018 dans l'aire balayée totale, qui inclue l'aire balayée non-comptabilisée précédemment, était en moyenne de 12,6 %. Si l'aire balayée était sous-estimée par ce montant, alors les indices de crabe des neiges, incluant l'estimation de la biomasse commerciale des mâles adultes de taille commerciale, pourraient être gonflés proportionnellement.

Aucune correction n'est fournie pour l'estimation de la biomasse de 2019. Plutôt, une évaluation du risque pour l'atteinte des objectifs de l'AP dans un contexte de surestimation de la biomasse est présentée au tableau 8. Dans le cas d'un potentiel biais positif dans l'estimation de la biomasse commerciale, la plus grande inquiétude est que la biomasse résiduelle tombe dans la zone critique. Avec un biais positif de 10 % ou moins sur la biomasse des mâles adultes de taille commerciale en 2019, il y a moins de 2 % de chance que la biomasse résiduelle après la pêche de 2020 soit dans la zone critique si le TAC de 32 101 t tiré de la règle de décision et de l'estimation de la biomasse de 2019 de 79 066 t est appliquée pour la pêche de 2020. Avec un biais de 15 %, la probabilité que la biomasse résiduelle au relevé de 2020 soit dans la zone critique augmente à 8 % (tableau 8).

5.2. PRONOSTIC

Des petites vagues de petits mâles juvéniles de LC entre 12 et 17 mm, 17 et 25 mm et entre 25 et 30 mm ont été observées dans le relevé de 2019 (Fig. 20). L'abondance des mâles avec une LC entre 34 et 44 mm en 2019, qui seront de taille commerciale dans 6 ans, a augmenté par rapport à 2018 (Fig. 22). L'abondance des prérecrues ≥ 56 mm LC (R-4, R-3, R-2) a augmenté en 2019 comparativement à 2018 (tableau 4). Ces prérecrues ≥ 56 mm LC en 2019 ont été surtout observés dans la baie des Chaleurs, dans la vallée de Shédiac, sur le banc Bradelle et dans la partie sud-est du sgSL (Fig. 23).

L'abondance des femelles immatures et pubères a augmenté de 2001 à 2012, a diminué en 2013 et 2014 et a augmenté depuis 2014 (figs. 15 et 24). L'abondance des femelles matures a

augmenté en 2019 par rapport aux faibles valeurs observées entre 2006 et 2009 (figs. 15 et 24).

6.0. INCERTITUDES

6.1. CHANGEMENT AU PROTOCOLE DU RELEVÉ ET VARIABILITÉ DANS LA COMPOSITION DE LA BIOMASSE COMMERCIALE

Les estimations d'abondance de crabe des neiges, pour tous les stades de vie, dans le modèle d'évaluation sont considérées être des indices non-biaisés proportionnels de la population dans le sgSL sur l'ensemble de la série temporelle de 1997 à 2019. Comme telle, la capturabilité pour les crabes mâles adultes de taille commerciale est présumée être constante sur la série temporelle et dans le cadre de cette évaluation être égale à 1. Des biais dans les indices d'abondance, suite à des changements directionnels dans la capturabilité au fil du temps pourraient survenir en raison d'un nombre de facteurs dans le relevé au chalut au crabe des neiges.

L'introduction d'un biais en raison de modifications aux protocoles du relevé, du changements de bateaux et des opérations d'engins de pêche ont affaibli l'hypothèse d'homogénéité de la série temporelle de la biomasse. Cependant, l'identification d'un biais n'est pas nécessairement inquiétante si elle peut être assumée que l'ampleur du biais ne change pas au cours des années.

Cinq différents bateaux ont été utilisés pour effectuer le relevé au chalut :

- le "Emy-Serge" (1988 à 1998), un chalutier en bois de 65 pieds ayant une puissance de moteur de 375 ch avec déploiement sur le côté,
- le "Den C. Martin" (1999 à 2002), un chalutier en acier de 65 pieds avec une puissance de moteur de 402 ch et déploiement par la poupe,
- le "Marco-Michel'' (2003 à 2012), un chalutier en fibre de verre de 65 pieds ayant une puissance de moteur de 660 ch et déploiement par la poupe,
- le "Jean-Mathieu'' (2013-2018), un chalutier en acier de 65 pieds avec une puissance de 720 ch et déploiement par la poupe et
- "l'Avalon Voyager II'' utilisé en 2019, un chalutier en fibre de verre de 65 pieds avec une puissance de 850 ch et déploiement par la poupe.

Les traits individuels ont été normalisés selon la surface balayée par le chalut à l'aide des données provenant des capteurs acoustique de distances de l'ouverture des ailes du chalut (Moriyasu et al. 2008). Cependant, il peut y avoir d'autres possibles sources de biais dans cette normalisation. Par exemple, il a été montré que l'aire balayée de la phase passive de chalutage, qui n'est présentement pas prise en compte, varie en fonction de la vitesse des treuils, qui par la suite, peut varié selon le bateau et l'opérateur. Il peut également varié en fonction des manœuvres du bateau à la fin de chaque trait. Il est présentement inconnu à savoir si ces manœuvres ont changé au cours des années (Fig. 6).

D'autres facteurs pourraient affecter la capturabilité des crabes qui se retrouvent devant le chalut. Par exemple, il est connu que la vitesse de chalutage pendant la phase passive est généralement plus élevée que celle de la phase active de chalutage. De plus, la configuration du chalut pourrait être moins optimale durant cette phase, amenant à une possible capturabilité plus faible. En particulier, l'asymétrie des câbles d'acier durant la remontée du chalut pourrait

amener à une efficacité plus faible dans l'ouverture des ailes à gratter le fond et ainsi, à des aires balayées effectives plus faibles.

Les aires balayées de la phase passive représentent une source de biais précédemment pas comptabilisée dans nos indices de biomasse et d'abondance. Les résultats dans ce document suggèrent fortement que la grande augmentation dans toutes les captures de crabe des neiges en 2019 par rapport à 2018 est en partie en raison de l'augmentation de l'aire balayée durant la phase passive de chalutage. Nous avons noté que la phase passive a été souligné comme une source de biais négatif pour les estimés de biomasses et d'abondances, il y a également d'autres sources qui sont présentement ignorées dans la normalisation. Le plus grand parmi ceux-ci est la capturabilité du chalut, qui pour les crabes de grandes tailles est assumé d'être 1, et par conséquent, représente une source positive de biais pour les estimés.

Il doit être noté que les estimés de l'aire balayée de la phase passive se base sur un nombre de suppositions simples, la violation de celles-ci pourrait amener à des biais dans ces estimations. Le modèle trigonométrique décrit ci-haut repose que les câbles soient en ligne droite avec le bateau du relevé alors qu'en réalité, ils vont s'affaisser en raison de leur poids. Ceci implique que le chalut est généralement plus près du bateau du relevé que nous le considérons ici, donnant une distance parcourue en raison de l'activation des treuils, et ainsi, à leur contribution d'une aire balayée, plus petites par comparaison. Aussi, les estimés des temps de la levée du chalut sur le fond, malgré qu'ils ont été calculés selon la même méthode pour toutes les années, pourraient être surestimés. La levée du fond de la ralingue inférieure du chalut est un processus plus proactif que le touché du chalut. En particulier, le contact de la ralingue inférieure du chalut autres que la partie centrale, qui est suivi par la sonde d'inclinaison, est inconnu durant la remontée du chalut, ce qui pourrait faire lever les ailes du chalut.

Pour le prochain relevé en 2020, des efforts seront mis en ouvres pour rendre la durée de la phase passive de chalutage similaire à celle du ''Jean-Mathieu''.

Le polygone de krigeage ou la région d'étude sur laquelle l'abondance ou la biomasse est estimée a augmenté au cours des années. La différence entre la région d'étude du relevé, c'est-à-dire celle sur lesquelles des traits d'échantillonnage au chalut sont extraites, et le dernier polygone de krigeage est plus prononcée lorsque nous remontons dans le temps. Donc, il y a plus d'extrapolation et de biais potentiels pour ces années antérieures.

Sur la période de 1997 à 2019, cinq bateaux ont été utilisés et jusqu'à 2019, aucune expérience comparative n'a été effectuée pour évaluer les différences dans la capturabilité entre les bateaux. La capturabilité du chalut et les procédures de chalutage n'ont pas été estimées directement mais sont présumées constantes sur l'ensemble de la série temporelle. Benoît et Cadigan (2016) ont modélisé les données du relevé au chalut du crabe des neiges simultanément avec les données du relevé de recherche multi-espèces du poisson de fond et ont indiqué qu'il y avait des différences appréciables dans la capturabilité entre les bateaux, avec une capturabilité plus faible pour le Jean-Mathieu par rapport aux bateaux précédents, un effet qui n'est présentement pas inclus dans les calculs de la biomasse de la série temporelle.

En 2019, un relevé comparatif de 40 stations a été effectué avec le nouveau bateau et le bateau précédent. Malgré qu'il n'y avait pas de différence statistique significative dans les taux de capture pour les crabes mâles adultes de taille commerciale entre les deux bateaux dans l'expérience de 2019, l'augmentation systématique dans les captures de crabes des neiges femelles et de crabes des neiges mâles de taille sous-légale en 2019 par rapport à 2018 sur l'ensemble des échantillons du sgSL, suggère qu'il y avait peut-être eu une différence dans la capturabilité en 2019 par rapport à 2018. Un des aspects dans la performance de chalutage qui était différent en 2019 comparativement à 2018 et 2017 qui aurait pu avoir des impacts sur l'estimation de l'aire échantillonnée, et ainsi sur la capturabilité, est la durée plus longue de la

phase passive durant laquelle le chalut est encore en train de pêcher. Le chalut peut avoir continué à capturer du crabe des neiges durant cette phase, ce qui a pu contribuer aux augmentations relatives dans les taux de capture en 2019 comparativement à 2018.

Un certain nombre de paramètres sur la configuration du chalut sont présentement enregistrés durant le relevé au chalut du crabe des neiges et ces paramètres sont utilisés pour estimer directement l'aire balayée de chaque trait individuel. Les captures individuelles du relevé sont pondérées par l'aire balayée du chalut en utilisant les données de la distance entre les ailes du chalut et les données sur le contact du chalut sur le fond à partir des sondes acoustiques installées sur le chalut. Cependant, ce ne sont pas tous les aspects de la configuration du chalut lors du chalutage qui sont bien connus. Autres que les observations sur l'augmentation de la durée moyenne de la phase passive en 2019 par rapport à 2018 et 2017, on ignore présentement comment les autres caractéristiques dans le comportement du chalut peuvent avoir variées au fil du temps, et aussi leurs effets sur la série temporelle des indices d'abondance.

La capturabilité, indépendamment des changements de bateaux, peut aussi avoir changée selon le protocole de sélection des stations. Le remplacement de la station primaire lorsque le trait n'est pas réussi par une station alternative qui est chalutée avec succès dans une grille d'échantillonnage dans les années subséquentes pourrait amener à un biais systématique au fil du temps à échantillonner seulement dans les endroits chalutables. Les substrats chalutables, des fonds vaseux mous ou sablonneux contrairement aux régions aux fonds durs et rocheux, peuvent aussi être des habitats de crabe des neiges plus productifs. Si il y a une dérive systématique au cours des années d'échantillonner plus souvent dans ces habitats préférentiels, la capturabilité peut augmenter au fil du temps, indépendamment des effets du chalut ou des bateaux.

Il est incertain de prédire le recrutement à la pêche en raison d'un nombre de facteurs incluant les variations dans la capturabilité sur les indices du relevé entre les années, dans la mortalité, dans la croissance entre les stades et dans la proportion de crabes qui mue au cours d'une année donnée. L'indice élevé d'abondance des prérecrues R-2 en 2019 était imprévu en se basant sur l'indice d'abondance des prérecrues R-3 de 2018 et peut être expliqué par une capturabilité plus grande en 2019 associée avec le changement du bateau pour le relevé. Le recrutement R-1 prédit au relevé de 2020 est conséquemment élevé et toutes les estimations de biomasse disponibles pour la pêche de 2021 devraient être traitées avec prudence. Les pronostics pour la pêche de 2021 seraient mieux évalués en utilisant l'évaluation du relevé de 2020.

Les conditions environnementales dans le sgSL varient d'une année à l'autre et ces variations peuvent affecter certains éléments du cycle de vie, y compris la mue et la croissance, la reproduction et le développement larvaire. Le réchauffement des eaux profondes du chenal Laurentien peut influencer les températures de fond dans les régions adjacentes. Les répercussions de ces changements sur le stock de crabe des neiges sont incertaines. Le crabe des neiges dans les régions périphériques du sgSL adjacentes à la pente du chenal Laurentien et aux chenaux le long de la côte ouest de l'île du Cap-Breton pourrait être particulièrement susceptible à ces tendances de température plus chaudes.

Les indicateurs de performance de pêche en terme de taux de capture par unité d'effort ne sont pas utilisés pour déduire l'abondance des crabes mâles adultes de taille commerciale. La relation entre les taux de capture par unité d'effort non pondérés de la pêche et la biomasse estimée dans l'évaluation est faible. Ceci peut entraîner une perception différente de l'abondance du stock à partir des observations de l'industrie de la pêche (changements en

cours de saison et entre les années des taux de capture par unité d'effort) par rapport à celles de l'estimé de la biomasse commerciale du relevé au chalut.

6.2. CROISSANCE

Le recrutement à la pêche chez le crabe des neiges est très variable d'une année à l'autre (Comeau et Conan 1992; Sainte-Marie et al. 1995; Comeau et al. 1998; Moriyasu et al. 1998) et dépend des conditions environnementales, la prédation et des niveaux de population. Dans les stocks de crabe des neiges du sgSL, la biomasse des crabes mâles adultes de taille commerciale semble fluctuer par des périodes de l'arrivée d'une grande abondance de recrutement pendant trois à quatre ans, suivi d'un creux dans le recrutement sur une période de trois à quatre ans (Sainte-Marie et al. 1995; Comeau et al. 1998; Moriyasu et al. 1998). Puisque la mue chez les crabes mâles adolescents atteint un sommet en janvier pour les adolescents sauts de mue et en mars pour les adolescents de mue normale, la plupart des crabes en postmue sont potentiellement capturable par les casiers commerciaux aussitôt que la pêche commence (généralement à la mi-avril). Les crabes à carapace molle sont présents dans les prises commerciales d'avril jusqu'à août dans le sgSL (Hébert et al. 2002).

Le mécanisme responsable pour la mue terminale des adolescents. Conan et al. (1988), et Comeau et al. (1998) ont émis l'hypothèse que la mue pour la phase terminale, pour un groupe d'une taille donnée, pourrait être provoquée par des facteurs reliés à la densité plutôt qu'à des caractères génétiques. Waiwood et Elner (1982) ont émis l'hypothèse que le retrait des vieux crabes de grande taille aurait permis à la population du crabe des neiges de quitter une phase de "croissance stagnante" pour une phase de croissance élevée. Comeau et al. (1998) suggèrent qu'une forte abondance des crabes mâles adultes de grande taille dans la population encouragerait les adolescents à muer à une phase adolescente de plus grande taille au lieu de muer pour la phase terminale. En contrepartie, ceci pourrait également provoquer une inhibition de la croissance qui occasionnerait une augmentation de l'abondance des crabes sauts de mue dans la population. Le relevé annuel au chalut effectué depuis 1988 a révélé un taux élevé des crabes sauts de mue (jusqu'à 50-60 % lors des années de grandes abondances) chez les adolescents mâles plus grand que 50 mm de LC. Ce taux élevé pourrait suggérer un effet relié à la densité sur la synchronisation de la mue des crabes adolescents mâles de grande taille. Dawe et al. (2012) ont montré que la fréquence de mue chez les crabs sauts de mue est fortement et directement corrélée à la largeur de carapace (i.e. largeur plus grande que 50 mm LC), et celle-ci est aussi inversement corrélée à la température de l'eau. La prédiction à une taille donnée des crabs mâles appartenant à la population du futur recrutement (R-2, R-3 et R-4) est difficile, ce qui augmente les incertitudes sur les prédictions et les abondances du recrutement à la pêcherie. Le taux de crabes sauts de mue pourrait être le facteur déclencheur pouvant influencer l'ampleur et l'arrivée du recrutement à la pêcherie.

6.3. CONSIDÉRATIONS ECOSYSTÉMIQUES

Des facteurs environnementaux, comme la température de l'eau, peuvent influer sur la mue et la dynamique de reproduction ainsi que sur les déplacements du crabe des neiges. Les températures de fond pour la plus grande partie du sgSL ont typiquement été entre -1 et 3ºC, ce qui a été considéré comme étant un habitat thermique approprié pour le crabe des neiges (Chassé et Pettipas 2009). Les températures de fond dans les zones 12E et 12F sont plus élevées (1 à 5ºC) que celles dans la zone 12 (-1 à 2ºC). Les températures de fond dans la zone 19 sont typiquement de 1 à 2ºC plus élevées que celles observées dans les pêcheries traditionnelles du crabe des neiges de la zone 12 (Chassé et Pettipas 2009).

En septembre 2019, les températures près du fond se trouvaient près de la valeur moyenne pour la période de 1981 à 2010 dans la majeure partie de la zone 12, et dans la baie des

Chaleurs (Fig. 25). Toutefois, les eaux de fond dans la périphérie de la zone 12, de la zone 19, les parties profondes des zones 12E et 12F et la partie ouest du sgSL ont été plus chaudes que la normale. Les eaux du fond à l'extérieur de la baie de Miramichi ont aussi été plus chaudes que la moyenne (Fig. 25). Les canaux connectant la pente du canal Laurentien à l'embouchure de la baie des Chaleurs ont également été plus chaudes que la normale (Fig. 25). Des eaux de fond plus froide que la normale ont été observées dans la partie ouest de la baie des Chaleurs et dans les eaux côtières de la partie nord-est de IPE (Fig. 25).

La plupart des lieux de pêche au crabe des neiges dans la majeure partie de la zone 12 affichaient des températures semblables, ou légèrement plus froide, en 2019, par rapport à 2018, à l'exception de l'embouchure de la baie des Chaleurs et dans la partie ouest du sgSL où les températures près du fond ont été plus chaudes en 2019 (Fig. 25). La partie est de l'entrée du Détroit de Northumberland (incluant la baie Saint-Georges) et la zone 19 affichaient également des eaux de fond plus chaudes comparativement à 2018 (Fig. 25) La partie sud de la zone 12, couvrant les fonds de pêche, affichaient des températures des eaux près du fond plus chaudes en 2018 par rapport à 2017 (Fig. 25). Malgré des températures plus élevées que la normale, les températures de fond dans les zones 12E et 12F en 2019 étaient similaires à celles observées en 2018 (Fig. 25).

En septembre 2019, l'indice de l'habitat thermique (la zone du fond couvert par des températures d'eau entre -1 et 3ºC) dans le sgSL était le troisième niveau le plus bas de la série temporelle de 1971 à 2019 (Fig. 26). L'indice d'habitat en 2019 était 10 % plus bas que la moyenne de 1981 à 2010 et a diminué de 9 % par rapport à la valeur de 2018 et de 13 % par rapport à 2017 (Fig. 26). En 2019, la température moyenne près du fond (1,0 ºC) à l'intérieur de l'indice de l'habitat du crabe des neiges (-1 à 3ºC) a diminué d'environ 0,2ºC par rapport à 2018 (1,2 ºC, Fig. 26). La température moyenne près du fond a été la plus élevée de la série chronologique des 48 dernières années en 2012, a diminué en 2013 et 2014, et elle demeure, depuis, au-dessus de la moyenne à long-terme (Fig. 26).

Le crabe des neiges est une espèce sténothermique qui a une préférence pour les températures d'eau plus froides. Un changement de régime de température du froid vers le chaud peut avoir des impacts sur la dynamique de population du crabe des neiges tels que des cycles reproductifs raccourcis, une fécondité par individu accrue, une taille à la maturité accrue, une mortalité naturelle plus grande, une contraction spatiale de son habitat, et un ratio sexuel biaisé pour la reproduction. En outre, le résultat du changement climatique peut être relativement brusque et même nuisible, et les effets peuvent être difficiles à prédire (Sainte-Marie et al. 2008).

7.0. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient J. Chassé (MPO, Région du Golfe) pour les informations sur les conditions océanographiques en 2019. Les auteurs aimeraient aussi remercier R. Allain, M. McWilliams et Y. Larocque pour leur assistance dans la collecte, l'entrée et la vérification des données.

8.0. RÉFÉRENCES CITÉES

Benhalima, K., Moriyasu, M., and Hébert, M. 1998. A technique for identifying the early-premolt stage in the male snow crab, *Chionoecetes opilio*, (Brachyura: Majidae) in Baie des Chaleurs, southern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Zool. 76: 609-617.

Benoît, H.P., and Cadigan, N. 2014. Model-based estimation of commercial- sized snow crab (*Chionoecetes opilio*) abundance in the southern Gulf of St. Lawrence, 1980-2012, using data from two bottom trawl surveys. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/114. v + 46 p.

Chassé, J., and R.G. Pettipas. 2010. Temperature conditions in the southern Gulf of St. Lawrence during 2008 relevant to snow crab. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/087. vi + 24 p.

Chiasson, Y., and Hébert, M. 1990. Literature review on stock delimitation pertaining to the Western Cape Breton Island snow crab (*Chionoecetes opilio*) and advice on a spring fishery in Area 18. DFO Can. Atl. Fish. Stock Assess. Comm. Res. Doc. 90/65.

Comeau, M., and Conan, G.Y. 1992. Morphometry and gonad maturity of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2460-2468.

Comeau, M., Conan, G.Y., Maynou, F., Robichaud, G., Therriault, J.-C., and Starr, M. 1998. Growth, spatial distribution, and abundance of benthic stages of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) in Bonne Bay, Newfoundland, Canada. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 262-279.

Conan, G.Y., and Comeau, M. 1986. Functional maturity of male snow crab, (*Chionoecetes opilio*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1710-1719.

Conan, G.Y., Moriyasu, M., Comeau, M., Mallet, P., Cormier, R., Chiasson, Y., and Chiasson, H. 1988. Growth and maturation of snow crab (*Chionoecetes opilio*), p. 45-66. In G.S. Jamieson and W.D. McKone (eds.). Proceedings of the international workshop on snow crab biology, December 8-10, 1987, Montréal Québec. Can. Manus. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2005.

Dawe E., Mullowney D., Moriyasu M., and Wade E. 2012. Effects of temperature on size-at-terminal molt and molting frequency in snow crab *Chionoecetes opilio* from two Canadian Atlantic ecosystems. Mar. Ecol. Prog. Ser. 469: 279-296.

Dufour, R., Bernier, D., and Brêthes, J.-C. 1997. Optimization of meat yield and mortality during snow crab (*Chionoecetes opilio*, O. Fabricius) fishing operations in Eastern Canada. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2152.

Fonseca, D.B., Sainte-Marie, B., and Hazel, F. 2008. Longetivity and change in shell condition of adult male snow crab, *Chionoecetes opilio*, inferred from dactyl wear and mark-recapture data. Trans. Amer. Fish. Soc., 137 :4, 1029-1043.

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. pour l'évaluation des stocks du MPO. Doc. de rech. 1997/086.

Hébert, M., Benhalima, K., Miron, G., and Moriyasu, M. 2002. Molting and growth of male snow crab, *Chionoecetes opilio*, (O. Fabricius, 1788) (Crustacea: Majidae) in the southern Gulf of St. Lawrence. Crustaceana 75: 671-702.

Hébert, M., Wade, E., Surette, T., DeGrâce, P., et Moriyasu, M. 2007. Évaluation de stock de crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, E et F) en 2006. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2007/028.

Hébert, M., Wade, E., DeGrâce, P., Bélanger, P., et Moriyasu, M. 2008. Évaluation de stock de crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, E et F) en 2007. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2008/040.

Hébert, M., Wade, E., Biron, M., DeGrâce, P., Landry, J.-F., et Moriyasu, M. 2012. Évaluation de 2011 du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, 12E et 12F). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/080. iii + 75 p.

Kuhn P.S., and Choi, J.S. 2011. Influence of temperature on embryo developmental cycles and mortality of female *Chionoecetes opilio* (snow crab) on the Scotian Shelf, Canada. Fish. Res. 107: 245-252.

Mallet, P., Conan, G.Y., and Moriyasu, M. 1993. Periodicity of spawning and duration of incubation time for *Chionoecetes opilio*, in the Gulf of St. Lawrence. ICES CM/1993: K:26.

Moriyasu, M., and Conan, G.Y. 1988. Aquarium observation on mating behaviour of snow crab, *Chionoecetes opilio*. ICES C. M., 1988/K: 9.

Moriyasu, M., Conan, G.Y., Mallet, P. Chiasson, Y.J., and Chiasson, H. 1988. Growth at molt, molting season and mating of snow crab, *Chionoecetes opilio*, in relation to functional and morphometric maturity. ICES CM/1987 K:21.

Moriyasu, M., and Comeau, M. 1996. Grasping behavior of male snow crab, (*Chionoecetes opilio* O. Fabricius, 1788, Decapoda, Majidae). Crustaceana 69: 211-222.

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. Zool. 76: 2040-2048.

Moriyasu, M., Wade, E., Sinclair, A., and Chiasson, Y. 1998. Snow crab, *Chionoecetes opilio*, stock assessment in the southwestern Gulf of St. Lawrence by bottom trawl survey. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 125:29-40.

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.

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. 2011. Évaluation du crabe des neiges de la Nouvelle-Écosse (4VWX). Secr. Can. De consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/045.

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 consut. 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 consut. sci. du MPO, Avis sci. 2014/007.

Rondeau, A., and Sainte-Marie, B. 2001. Variable mate-guarding time and sperm allocation by male snow crab, *Chionoecetes opilio*, in response to sexual competition, and their impact on the mating success of females. Biol. Bull. 201: 204-217.

Sainte-Marie, B., and Hazel, F. 1992. Moulting and mating of snow crabs, *Chionoecetes opilio* (O. Fabricius), in shallow waters of the northwestern Gulf of Saint Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 1282-1293.

Sainte-Marie, B., and Carrière, C. 1995. Fertilization of the second clutch of eggs of snow crab, *Chionoecetes opilio*, from females mated once or twice after their molt to maturity. Fish. Bull. 93: 759-764.

Sainte-Marie, B., Raymond, S., and Brêthes, J.-C. 1995. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 903-924.

Sainte-Marie, B., Urbani, N., Sévigny, J.-M., Hazel, F., and Kuhnlein, U. 1999. Multiple choice criteria and the dynamics of assortative mating during the first breeding season of female snow crab *Chionoecetes opilio* (Brachyura, Majidae). Mar. Ecol. Prog. Ser. 181: 141-153.

Sainte-Marie, B., Gosselin, T., Sévigny, J.-M., and Urbani, N. 2008. The snow crab mating system: opportunity for natural and unnatural selection in a changing environment. Bull. Mar. Sci. 83: 131-161.

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., Marcotte, D., and Wade, E. 2007. Predicting snow crab (*Chionoecetes opilio*) abundance using kriging with external drift with depth as a covariate. DFO Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2763.

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. v + 50 p.

Waiwood, K.G., and Elner, R.W. 1982. Cod predation of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in the Gulf of St. Lawrence. In: Proceedings of the International Symposium on the genus *Chionoecetes*. p. 449-520. Lowell Wakefield Symposium Series, Alaska Sea Grant Report. 82:10. University of Alaska Fairbanks.

Watson, J. 1969. Biological investigation on the spider crab, *Chionoecetes opilio*, p. 23-47. In Proc. Meeting on Atlantic Crab Fishery Development. Can. Fish. Rep. 13.

Watson, J. 1972. Mating behavior in the spider crab, *Chionoecetes opilio*. J. Fish. Res. Board Can. 29: 447-449.

TABLEAUX

Tableau 1. Sommaire des statistiques de la durée, de la distance parcourue, la vitesse du bateau et la distance des ailes du chalut durant la phase passive lors des relevés au chalut de 2017, 2018 et 2019.

			Percentiles					
Année	**Variable**	**Unité**	**2,5 %**	**25 %**	**50 %**	**75 %**	**97,5 %**	**Moyenne**
2017	Vitesse du navire	m/s	0,24	0,61	0,82	0,99	1,44	0,81
2018	Vitesse du navire	m/s	0,32	0,66	0,81	1,00	1,32	0,82
2019	Vitesse du navire	m/s	0,46	0,65	0,81	1,03	1,45	0,86
2017	Durée	s	9	25	50	82	439	82,1
2018	Durée	s	8	24	43	75	441	74,6
2019	Durée	s	15	58,75	89	117	544	116,2
2017	Distance du navire	m	25,5	60,0	102,6	154,7	715,2	149,2
2018	Distance du navire	m	22,2	57,1	89,9	137,7	749,7	135,6
2019	Distance du navire	m	39,4	113,5	158,5	202,8	965,4	203,1
2017	Vitesse des treuils	m/s	1,01	1,21	1,26	1,30	1,39	1,25
2018	Vitesse des treuils	m/s	1,03	1,22	1,26	1,30	1,36	1,25
2019	Vitesse des treuils	m/s	0,71	0,84	0,90	0,97	1,31	0,92
2017	Angle de levée	degré	19,1	24,9	27,9	32,2	56,1	29,3
2018	Angle de levée	degré	19,7	24,7	28,0	31,5	47,6	29,2
2019	Angle de levée	degré	20,5	26,7	34,0	42,6	64,2	35,5
2017	Distance des treuils	m	13,0	35,8	65,9	105,4	511,1	100,3
2018	Distance des treuils	m	11,9	33,5	56,9	89,3	515,3	89,9
2019	Distance des treuils	m	20,9	58,4	87,6	113,8	482,6	112,1
2017	Ouverture des ailes	m	4,5	6,3	6,9	7,5	9,4	6,9
2018	Ouverture des ailes	m	4,2	6,4	7,0	7,5	9,5	6,9
2019	Ouverture des ailes	m	3,3	5,5	6,5	7,2	8,9	6,3
2017	Aire balayée	m^2	160	425	688	1118	4932	1014
2018	Aire balayée	m^2	135	394	605	945	4781	938
2019	Aire balayée	m^2	227	613	992	1392	6067	1270

*Tableau 2. Estimations de la biomasse (t, moyenne et intervalle de confiance de 95 % en parenthèses) des crabes (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes de taille commerciale à partir des données du relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent (toutes zones) par krigeage en poids, 1997 à 2019. Recrutement désigne le crabe des neiges avec conditions de carapace 1 et 2 alors que la biomasse résiduelle désigne le crabe des neiges avec conditions de carapace 3 à 5.*

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

Tableau 3. Abondance (nombre en millions; moyenne et intervalle de confiance à 95 %) des crabes (Chionoecetes opilio) mâles adultes de taille commerciale par condition de carapace (CC1+2, CC3, CC4 et CC5) avec 95 % intervalle de confiance à partir des données du relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2019.

Année du relevé	Condition de carapace 1+2			Condition de carapace 3			Condition de carapace 4			Condition de carapace 5		
	Moyenne	Intervalle de confiance		Moyenne	Intervalle de confiance		Moyenne	Intervalle de confiance		Moyenne	Intervalle de confiance	
1997	59,069	47 129	73,109	28,326	21,710	36,327	17,726	13,242	23,246	5,184	3,071	8,215
1998	51,382	38,994	66,464	24,903	18,569	32,709	16,030	11,367	21,975	8,608	5,213	13,411
1999	48,144	38,377	59,636	32,735	25,346	41,608	16,810	13,091	21,259	7,830	5,292	11,172
2000	68,440	57,669	80,631	10,295	7,750	13,410	7,406	4,336	11,845	2,522	1,701	3,605
2001	76,373	61,187	94,183	28,091	22,978	34,000	5,360	3,017	8,834	1,579	0,546	3,619
2002	112,257	95,352	131,282	21,725	18,201	25,730	4,308	2,925	6,125	0,892	0,477	1,529
2003	100,276	86,379	115,761	38,003	31,365	45,626	11,660	7,928	16,553	1,755	0,882	3,142
2004	143,279	127,523	160,430	28,162	22,442	34,895	9,862	7,794	12,311	1,156	0,785	1,643
2005	99,125	88,636	110,505	29,991	23,604	37,392	10,507	8,172	13,302	0,574	0,277	1,058
2006	84,164	74,958	94,181	29,213	24,788	34,197	5,762	4,408	7,402	1,009	0,636	1,523
2007	62,847	55,660	70,699	31,499	26,656	36,963	13,993	11,240	17,215	1,036	0,646	1,579
2008	49,118	42,877	56,008	23,030	19,338	27,219	11,420	9,172	14,052	3,034	2,099	4,245
2009	31,675	27,381	36,449	12,531	10,433	14,926	5,261	3,713	7,240	1,268	0,711	2,095
2010	32,789	28,700	37,294	20,640	16,940	24,906	4,179	3,271	5,260	1,565	1,092	2,314
2011	52,955	46,067	60,576	44,301	36,962	52,665	9,845	7,754	12,325	1,794	1,147	2,677
2012	86,737	71,647	104,057	37,886	31,920	44,640	5,706	4,192	7,590	1,195	0,678	1,957
2013	63,668	48,784	81,669	30,117	22,610	39,324	18,335	14,516	22,850	0,660	0,341	1,159
2014	73,424	59,839	89,165	29,594	23,955	36,160	13,078	10,490	16,110	0,646	0,335	1,132
2015	56,250	46,833	66,999	27,205	21,810	33,530	17,265	14,431	20,490	0,504	0,208	1,032
2016	125,923	109,938	143,565	30,564	25,904	35,817	14,700	11,999	17,826	0,071	0,011	0,245
2017	90,108	77,318	104,399	21,561	17,650	26,080	6,110	4,908	7,518	0,376	0,160	0,756
2018	105,779	91,984	121,047	34,588	28,017	42,233	4,493	3,326	5,939	0,765	0,437	1,247
2019	105,179	90,101	122,045	28,839	24,456	33,778	9,347	6,126	11,371	0.768	0,402	1,335

Tableau 4. Données servant à l'analyse de risque : estimation de l'abondance (nombre par 10^6) des crabes des neiges (Chionoecetes opilio) mâles prérecrues (R-4, R-3 et R-2), la biomasse résiduelle (t) et la biomasse commerciale (t) dans le sud du golfe du Saint-Laurent basée sur les données du relevé au chalut, les valeurs observées et prédites (à partir du modèle Bayésien) de la biomasse de recrutement (R-1), et le taux de survie (S). S est calculé sur une moyenne mobile de 5 ans.

Année du relevé	Prérecrues (millions)			Recrutement à la pêche (R - 1; t)	Recrutement projeté (R - 1 ; t)	Biomasse résiduelle (t)	Biomasse commerciale (t)	Taux de survivant (S)
	R – 4	R - 3	R - 2					
1997	114,0	98,2	59,7	37 910 (30 911 à 46 018)	nd	27 688 (21 982 à 34 422)	64 518 (54 105 à 76 345)	nd
1998	135,3	91,3	60,3	30 603 (22 695 à 40 384)	nd	28 295 (21 497 à 36 566)	57 813 (45 856 à 71 931)	nd
1999	195,6	151,1	112,9	26 015 (20 709 à 32 265)	nd	31 177 (25 044 à 38 356)	56 757 (47 641 à 67 102)	nd
2000	237,5	159,1	88,4	40 734 (33 592 à 48 942)	nd	9 979 (6 987 à 13 827)	50 621 (41 843 à 60 692)	nd
2001	310,8	227,3	136,3	42 358 (33 800 à 52 422)	nd	17 612 (13 853 à 22 077)	60 328 (49 851 à 72 351)	nd
2002	164,3	242,2	202,2	66 076 (55 416 à 78 180)	nd	13 060 (10 793 à 15 662)	79 228 (67 983 à 91 791)	nd
2003	132,2	202,3	178,5	58 270 (50 270 à 67 175)	nd	26 993 (22 124 à 32 613)	84 448 (73 486 à 96 574)	nd
2004	85,8	122,9	144,1	83 764 (74 392 à 93 981)	nd	21 259 (17 343 à 25 794)	103 146 (92 426 à 114 758)	nd
2005	62,2	79,8	117,2	59 939 (53 551 à 66 670)	60 500 (38 800 à 86 000)	23 496 (18 902 à 28 868)	82 565 (73 514 à 92 415)	nd
2006	54,1	49,6	65,7	54 541 (48 235 à 61 438)	49 700 (33 200 à 73 000)	19 621 (16 697 à 22 907)	73 645 (65 681 à 82 302)	nd
2007	56,5	47,6	55,4	40 048 (35 286 à 45 269)	35 200 (21 300 à 55 000)	26 829 (23 232 à 30 821)	66 371 (59 971 à 73 264)	nd
2008	80,6	54,6	45,8	32 241 (27 929 à 37 027)	29 000 (18 500 à 42 000)	20 981 (17 989 à 24 327)	52 921 (47 167 à 59 178)	nd
2009	88,5	69,3	43,8	20 618 (17 747 à 23 818)	27 700 (17 800 à 38 000)	10 454 (8 697 à 12 474)	31 015 (27 519 à 34 829)	nd
2010	140,8	110,3	72,5	20 477 (17 815 à 23 423)	25 900 (17 100 à 37 000)	15 490 (13 022 à 18 289)	35 929 (32 049 à 40 147)	0,64
2011	91,4	99,2	88,2	29 643 (25 676 à 34 045)	33 700 (22 900 à 47 000)	33 679 (28 430 à 39 613)	62 841 (55 985 à 70 299)	0,64
2012	95,7	86,4	80,5	49 010 (40 382 à 58 931)	40 700 (31 300 à 52 400)	25 615 (21 607 à 30 147)	74 778 (64 881 à 85 748)	0,69
2013	103,1	85,1	79,4	39 988 (31 504 à 50 055)	40 380 (31 670 à 50 380)	27 092 (22 041 à 32 952)	66 709 (54 294 à 81 108)	0,72

Année du relevé	Prérecrues (millions)			Recrutement à la pêche (R - 1; t)	Recrutement projeté (R - 1 ; t)	Biomasse résiduelle (t)	Biomasse commerciale (t)	Taux de survivant (S)
	R – 4	R - 3	R - 2					
2014	105,1	93,6	117,2	44 285 (37 440 à 52 014)	37 893 (28 568 à 49 114)	23 863 (20 356 à 27 799)	67 990 (59 802 à 76 978)	0,72
2015	107,1	124,7	127,5	34 982 (29 145 à 41 643)	42 300 (32 760 à 51 840)	24 309 (20 876 à 28 143)	58 927 (51 368 à 67 278)	0,73
2016	113,1	124,8	101,6	74 124 (64 811 à 84 392)	50 000 (36 400 à 66 900)	24 650 (21 369 à 28 793)	98 394 (87 150 à 110 677)	0,75
2017	113,0	119,6	103,3	51 127 (43 976 à 59 103)	46 200 (31 400 à 64,230)	14 759 (12 134 à 17 534)	65 738 (57 221 à 75 157)	0,74
2018	135,6	116,5	108,3	59 609 (33 790 à 68 310)	47 700 (33 800 à 64 880)	21 432 (17 270 à 26 291)	80 746 (70 984 à 91 467)	0,71
2019	190,7	185,9	185,7	59 995 (50 215-68 863	49 820 (33 790 à 70 970)	20 291 (16 940-24 109)	79 066 (69 072-90 091)	0,71
2020	nd	nd	nd	nd	66 850 (44 590-95 800)	nd	nd	0,70

Tableau 5. Estimation de la biomasse commerciale (t, moyenne et intervalles de confiance de 95 %) du crabe des neiges (Chionoecetes opilio) en 2019 à partir des données du relevé au chalut dans le sud du golfe en utilisant le krigeage avec dérive externe dans les zones de gestion 12, 19, 12E et 12F et les zones tampons.

Zones	Superficie de la zone (km^2)	Biomasse commerciale (t)	
		Moyenne	Intervalle de confiance à 95 %
Sud du golfe	57 842,8	79 066	69 072 à 90 091
Zone 12	48 074	67 590	58 787 à 77 331
Zone 19	3 813	5 639	3 834 à 8 004
Zone 12E	2 436,9	554	50 à 2 342
Zone 12F	2 426,8	4 613	3 202 à 6 439
Somme des zones de gestion	56 742	78 396	nd
Zone non-assignée au-dessus de 12E **(A)**	667,9	89	1 à 589
Zone tampon 19/12F **(B)**	134,2	224	76 à 521
Zone tampon 12/19 **(C)**	289,5	427	124 à 1 086
Somme totale	57 842,7	79 136	nd

Tableau 6. Données (des relevés de 1997 à 2008, en utilisant krigage en poids) utilisées pour définir les points de référence pour la pêche du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent et les taux d'exploitation de la pêche de 1998 à 2019.

Année de la pêche	Débarquements (t)	Sud du golfe du Saint-Laurent		
		Biomasse commerciale estimée du relevé de l'année - 1	Biomasse résiduelle estimée du relevé de l'année - 1	Taux d'exploitation (%) (débarquements de l'année t / biomasse commerciale de l'année t-1)
1998	13 575	64 518 (54 105 à 76 345)	27 688 (21 982 à 34 422)	21,0
1999	15 110	57 813 (45 856 à 71 931)	28 295 (21 497 à 36 566)	26,1
2000	18 712	56 757 (47 641 à 67 102)	31 177 (25 044 à 38 356)	33,0
2001	18 262	50 621 (41 843 à 60 692)	9 979 (6 987 à 13 827)	36,1
2002	25 691	60 328 (49 851 à 72 351)	17 612 (13 853 à 22 077)	42,6
2003	21 163	79 228 (67 983 à 91 791)	13 060 (10 793 à 15 662)	26,7
2004	31 675	84 448 (73 486 à 96 574)	26 993 (22 124 à 32 613)	37,5
2005	36 118	103 146 (92 426 à 114 758)	21 259 (17 343 à 25 794)	35,0
2006	29 121	82 565 (73 514 à 92 415)	23 496 (18 902 à 28 868)	35,3
2007	26 867	73 645 (65 681 à 82 302)	19 621 (16 697 à 22 907)	36,5
2008	24 458	66 371 (59 971 à 73 264)	26 829 (23 232 à 30 821)	36,9
2009	23 642	52 921 (47 167 à 59 178)	20 981 (17 989 à 24 327)	44,7
2010	9 549	31 015 (27 519 à 34 829)	10 454 (8 697 à 12 474)	30,8
2011	10 708	35 929 (32 049 à 40 147)	15 490 (13 022 à 18 289)	29,8
2012	21 956	62 841 (55 985 à 70 299)	33 679 (28 430 à 39 613)	34,9
2013	26 049	74 778 (64 881 à 85 748)	25 615 (21 607 à 30 147)	34,8
2014	24 479	66 709 (54 294 à 81 108)	27 092 (22 041 à 32 952)	36,7
2015	25 905	67 990 (59 802 à 76 978)	23 863 (20 356 à 27 799)	38,1
2016	21 725	58 927 (51 368 à 67 278)	24 309 (20 876 à 28 143)	36,9
2017	43 656	98 394 (87 150 à 110 677)	24 650 (21 369 à 28 793)	44,4
2018	24 260	65 738 (57 221 à 75 157)	14 759 (12 134 à 17 534)	36,9
2019	31 707	80 746 (70 984 à 91 467)	21 432 (17 270 à 26 291)	39,3
2020	nd	79 066 (69 072 à 90 091)	20 291 (16 940 à 24 109)	nd

Tableau 7. Analyse de risque pour la pêche du crabe des neiges (Chionoecetes opilio) dans le sud du golfe du Saint-Laurent indiquant les probabilités que la biomasse des crabes adultes de taille commerciale à carapace dure soit sous le niveau de référence limite pour la biomasse (Blim), et que la biomasse totale des mâles adultes de taille commerciale soit au-dessus du point de référence du niveau supérieur du stock (BNRS) pour divers niveaux de capture pour la saison de pêche de 2020. En caractère gras est l'option de capture (taux d'exploitation de 40,6 % appliqué sur la biomasse commerciale de 79 066 t) selon la règle de décision acceptée de l'approche de précaution (variante 4, MPO 2014).

Niveaux de capture (t) en 2020	Probabilité de la biomasse des crabes adultes de taille commerciale à carapace dure soit		
	$< B_{lim}$ (10 000 t)	$\geq B_{NRS}$ (41 300 t)	Biomasse commerciale prédite pour 2021 (t)
28 000	0	1	93 522 (67 097 à 120 002)
29 000	0	1	92 522 (66 097 à 119 002)
30 000	0	1	91 522 (65 097 à 118 002)
31 000	0	1	90 522 (64 097 à 117 002)
32 000	0	1	89 522 (63 097 à 116 002)
32 101	**0**	**1**	**89 422 (62 996 à 115 901)**
33 000	0	1	88 522 (62 097 à 115 002)
34 000	0	1	87 522 (61 097 à 114 002)
35 000	0	1	86 522 (60 097 à 113 002)
36 000	0	1	85 522 (59 097 à 112 002)
37 000	0	1	84 522 (58 097 à 111 002)
38 000	0	1	83 522 (57 097 à 110 002)
39 000	0,1	1	82 522 (56 097 à 109 002)
40 000	0,1	1	81 522 (55 097 à 108 002)
41 000	0,2	1	80 522 (54 097 à 107 002)
42 000	0,2	1	79 522 (53 097 à 106 002)
43 000	0,3	1	78 522 (52 097 à 105 002)
44 000	0,4	1	77 522 (51 097 à 104 002)
44 800	0,5	1	76 722 (50 297 à 103 202)
72 440	1	0,5	49 082 (22 657 à 75 562)

Tableau 8. Analyse de risque pour tenir compte de la possible surestimation de la biomasse des mâles adultes de taille commerciale de 2019 (biais positif) assumant que le TAC tiré de la règle de décision est appliqué à l'estimation de la biomasse non-corrigée de 79 066 t (69 072t à 90 091 t) en 2019 pour ensuite être appliquée aux valeurs ajustées du biais de la biomasse exploitable. Indiqués dans le tableau sont les valeurs de la biomasse moyenne corrigée pour le niveau de biais variant entre 0 et 30 %, le taux d'exploitation réalisable sur les valeurs de biomasse corrigée pour le biais, et les probabilités que la biomasse résiduelle des mâles adultes de taille commerciale après la pêche de 2020 tombe en dessous du point de référence limite pour la biomasse ($B_{lim;}$ probabilité d'être dans la zone critique), et que la biomasse totale des mâles adultes de taille commerciale au relevé de 2020 se retrouve au-dessus du point de référence supérieur du stock ($B_{NRS;}$ dans la zone saine).

Biais (%)	Biomasse réelle (t) (corrigée pour tenir compte du biais)	Taux d'exploitation (%) en supposant un TAC de 32,101 t	Probabilité de biomasse résiduelle après la pêche < Blim	Probabilité de la biomasse totale des mâles adultes de taille commerciale dans l'étude en 2020 > Busr
0	79,066	40.6	0	1
5	75,113	42.7	0	1
10	71,159	45.1	0.015	0.999
15	67,206	47.8	0.078	0.997
20	63,253	50.8	0.279	0.992
25	59,300	54.1	0.639	0.978
30	55,346	58.0	0.925	0.941

FIGURES

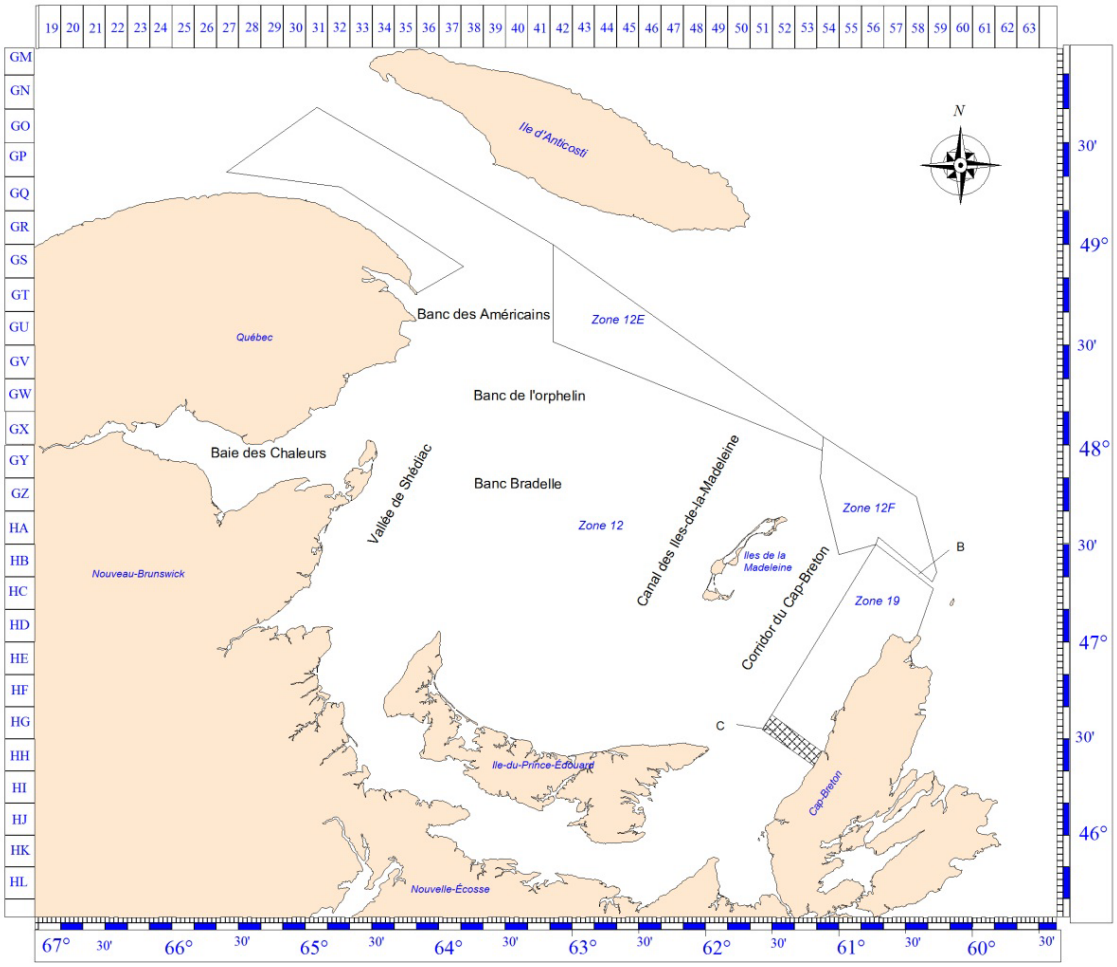


*Figure 1. Carte du sud du golfe du Saint-Laurent montrant les zones de pêche du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*), les lieux des fonds de pêche, et les zones tampons de gestion (étiquetées B et C, régions ombragées).*

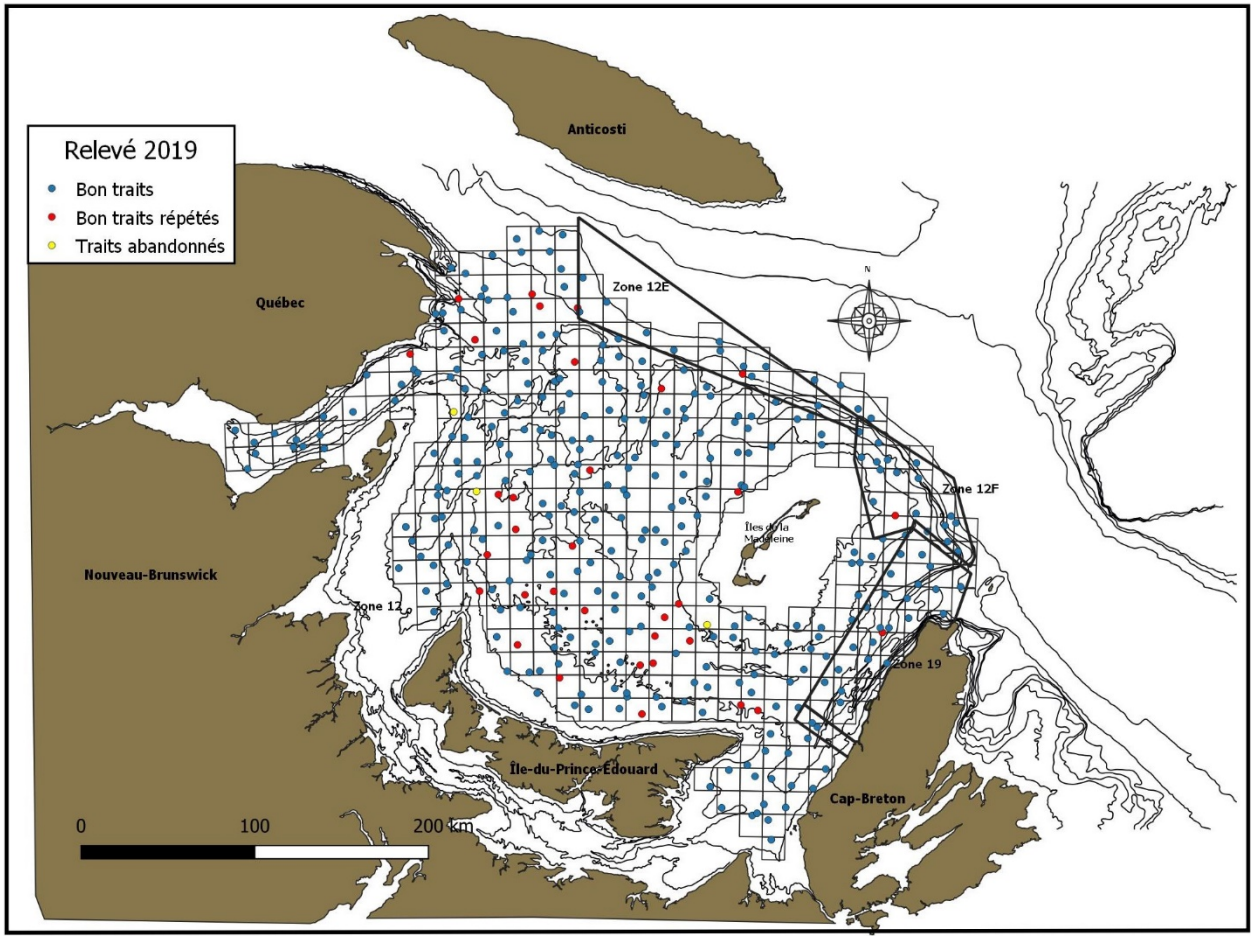


*Figure 2. Positions des stations du relevé au chalut au crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) à l'intérieur du polygone d'estimation de 57 842,8 km^2 dans le sud du golfe du Saint-Laurent en 2019. Les points bleus sont des traits qui ont été réussis, les points rouges sont des traits qui ont été répétés et réussis et les points jaunes sont des traits qui ont été abandonnés.*

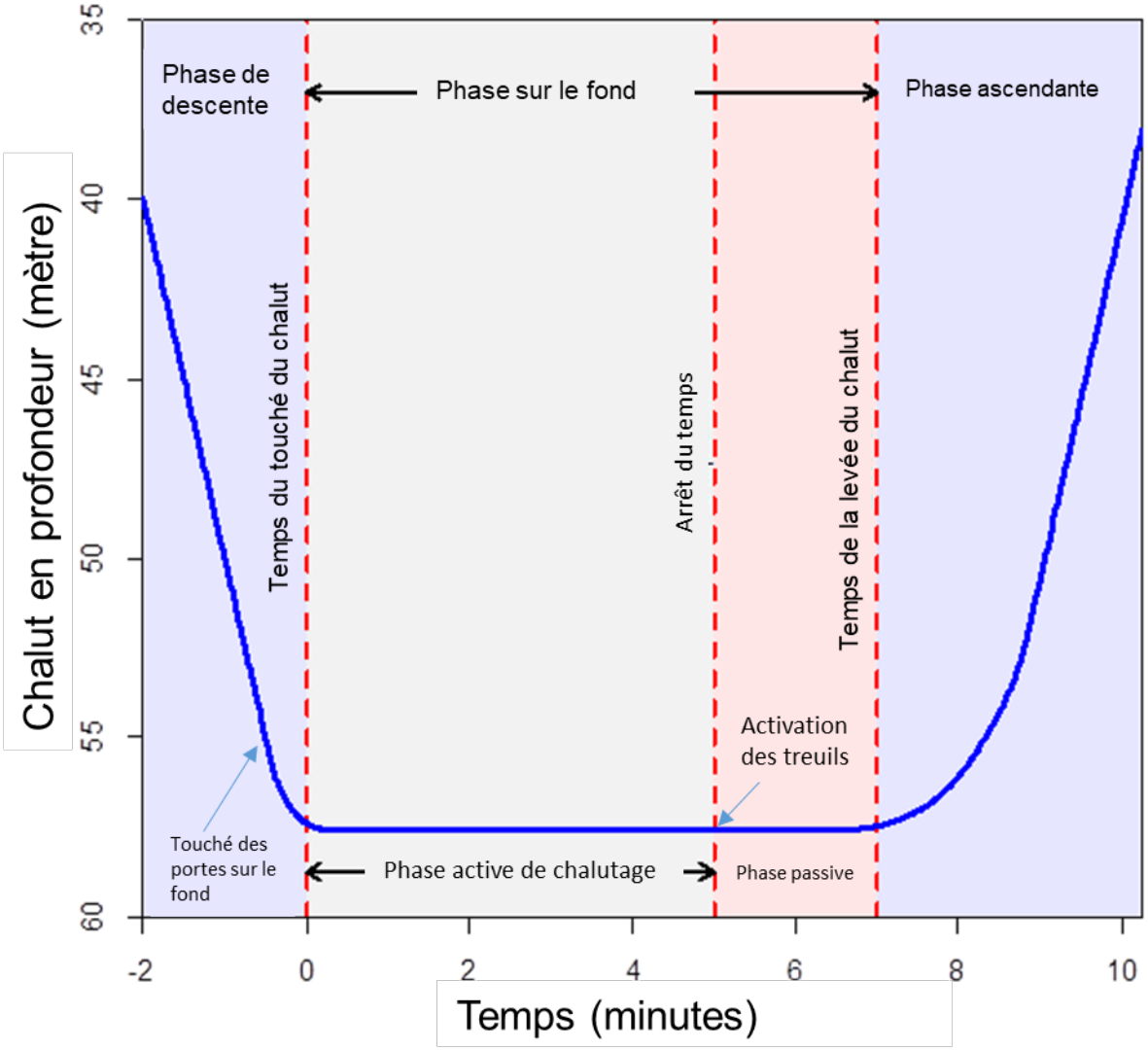


Figure 3. Profile du chalut d'un trait typique du relevé au crabe des neiges montrant les quatre phases distinctes de chalutage.

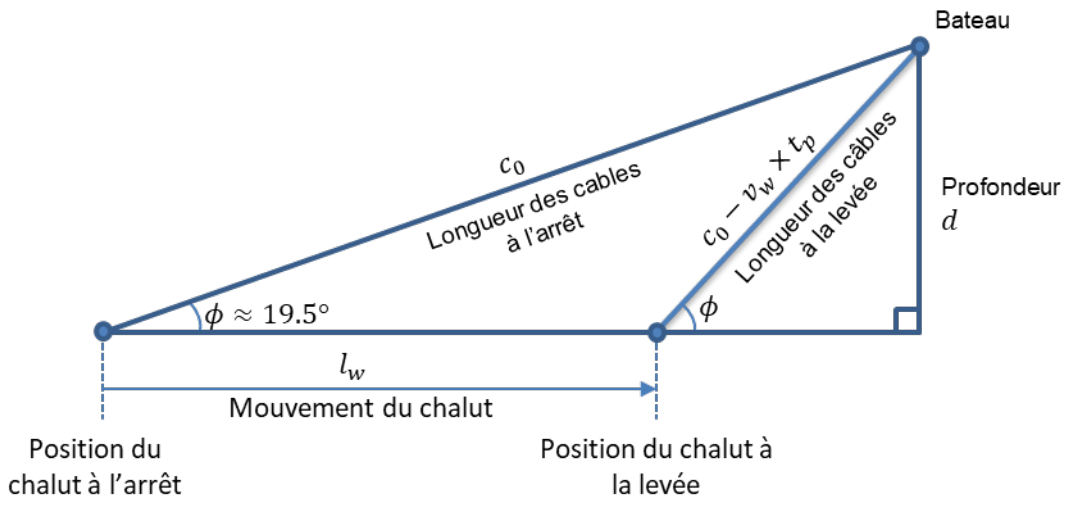


Figure 4. Caractéristiques du mouvement du chalut et du bateau lors de la phase passive durant le relevé au crabe des neiges de 2019.

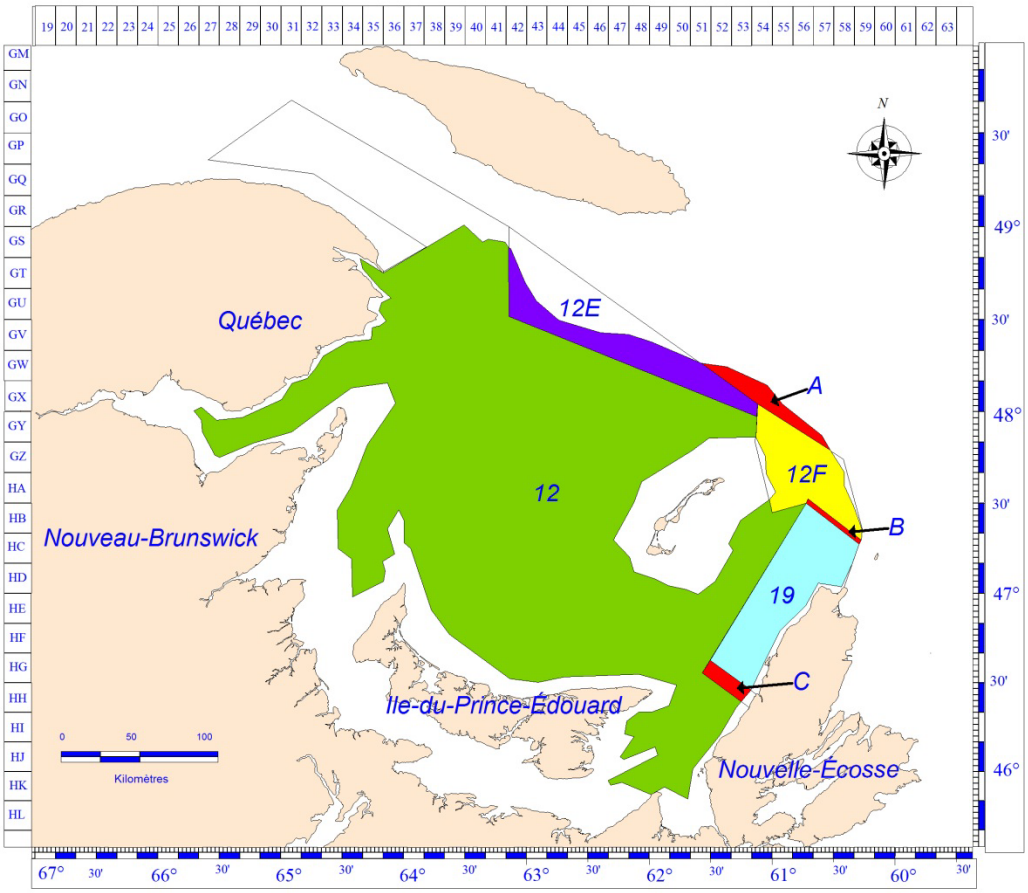


*Figure 5. Le polygone d'estimation de 57 842,8 km² utilisé pour l'évaluation de stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) en 2019 dans le sud du golfe du Saint-Laurent (toutes les régions colorées) et les polygones d'estimation correspondants pour les quatre zones de pêche (12, 12E, 12F et 19). La zone non-assignée au nord des zones 12E et 12F (étiquetée A) et les zones tampons (étiquetées B et C) sont aussi indiquées.*

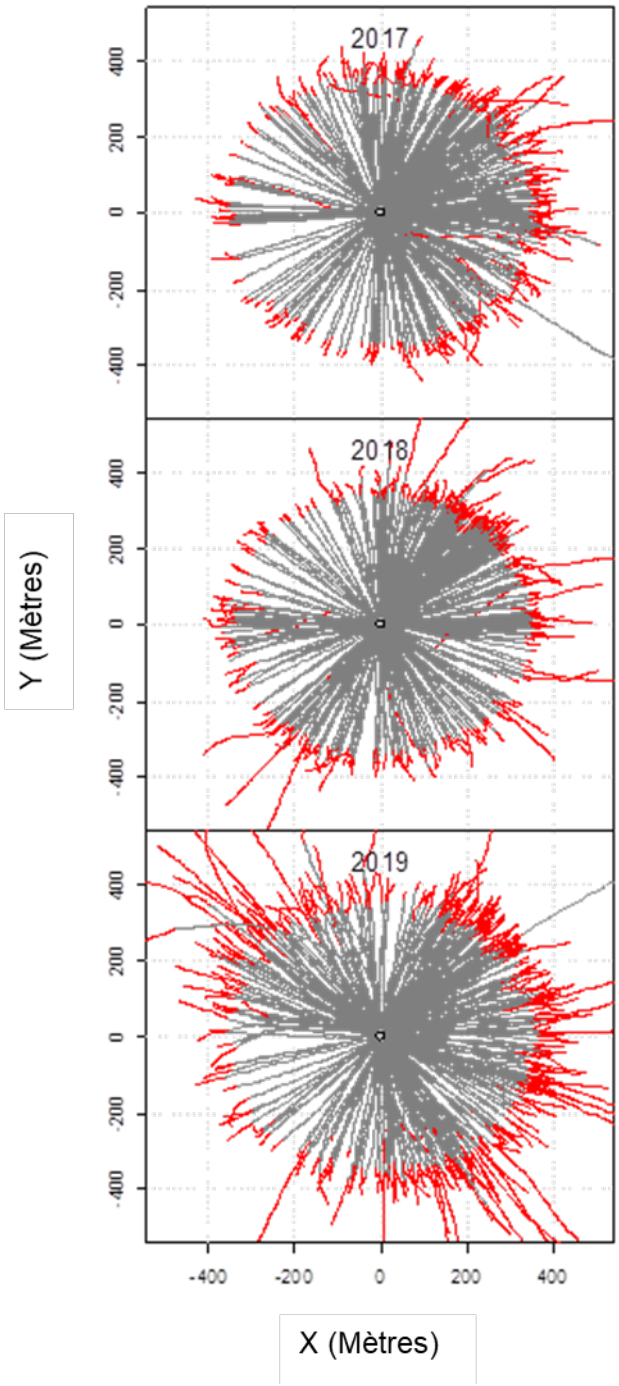


Figure 6. Les trajectoires du navire du relevé durant la phase active de chalutage (lignes grises) et durant la phase passive (lignes rouges). Les trajectoires sont ajustées à la position relative du bateau au temps du touché de la sonde d'inclinaison (point central).

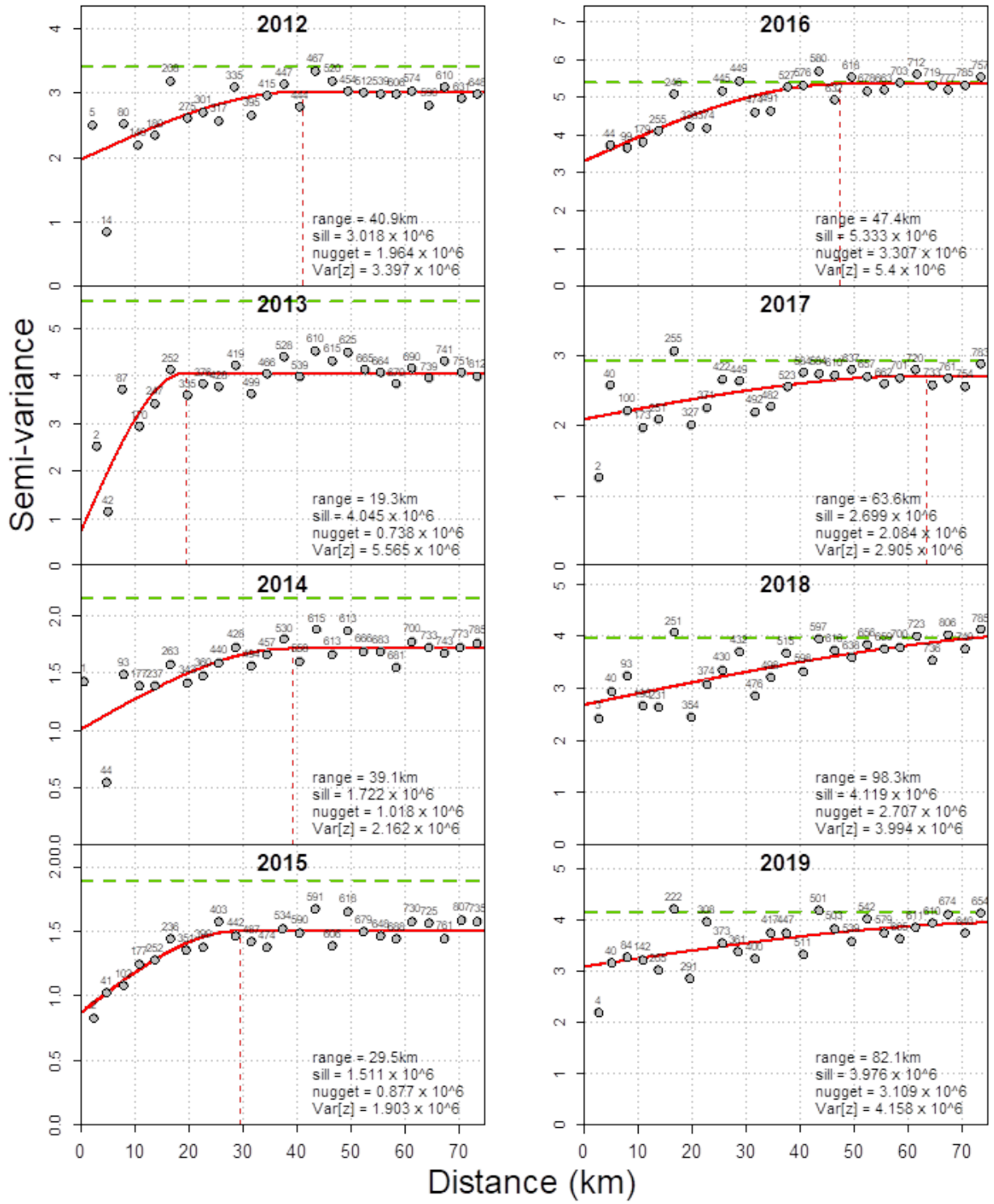


*Figure 7. Modèles de variogrammes avec moyenne mobile sur trois ans pour les crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2012 à 2019. Indiqué est le nombre de pairs d'observations utilisé dans le calcul de la semi-variance selon les distances décalées. Les lignes rouges pointillées indiquent la valeur de la portée sur l'axe de l'abscisse et les valeurs du seuil et de l'effet de pépite sur l'axe des y. La ligne verte pointillée indique la variance sur l'axe des y.*

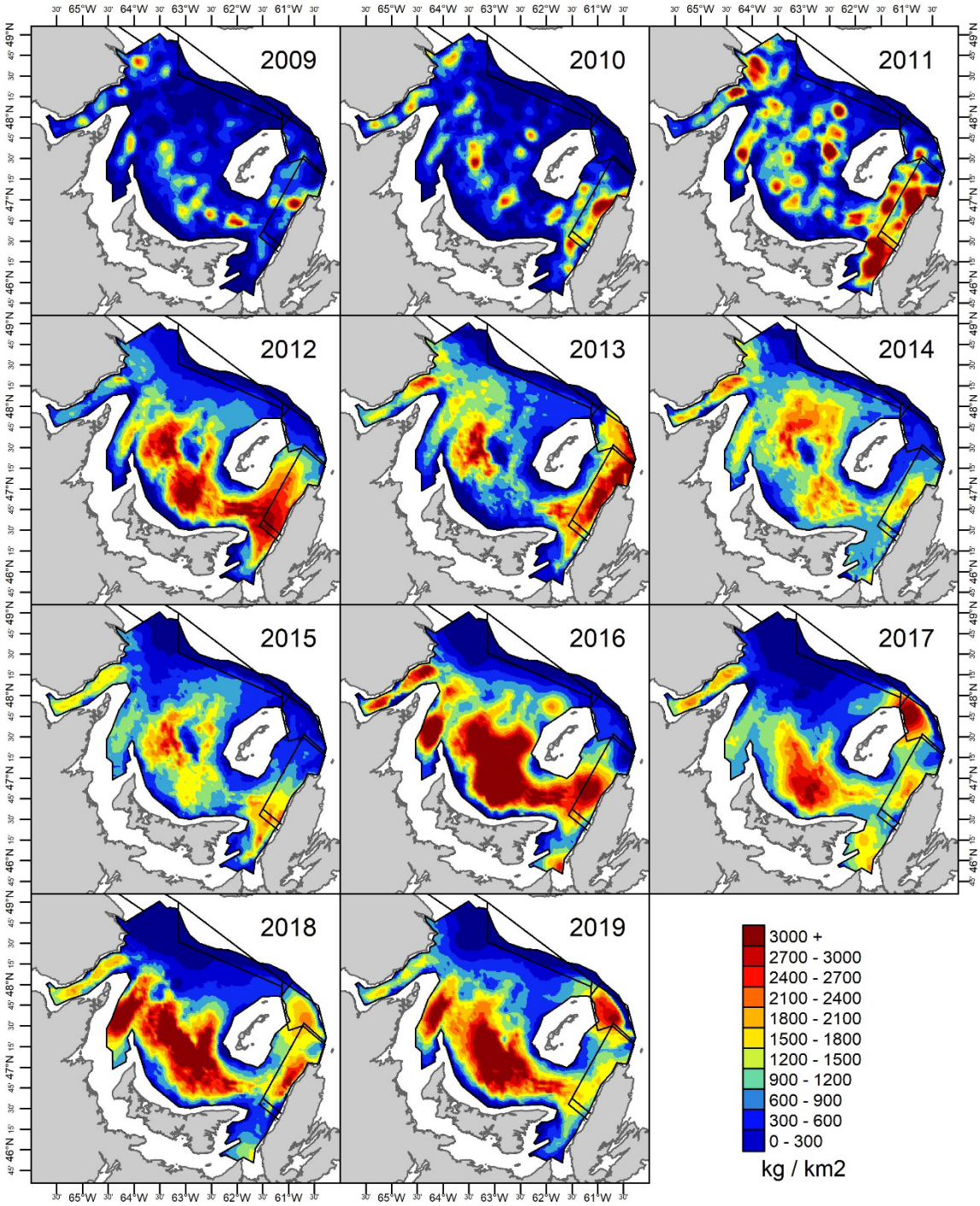


*Figure 8. Contours de densités (kg par km²) de crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) adultes mâles de taille commerciale (≥ 95 mm de largeur de carapace) à partir des données des relevés au chalut effectués dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2009 à 2019.*

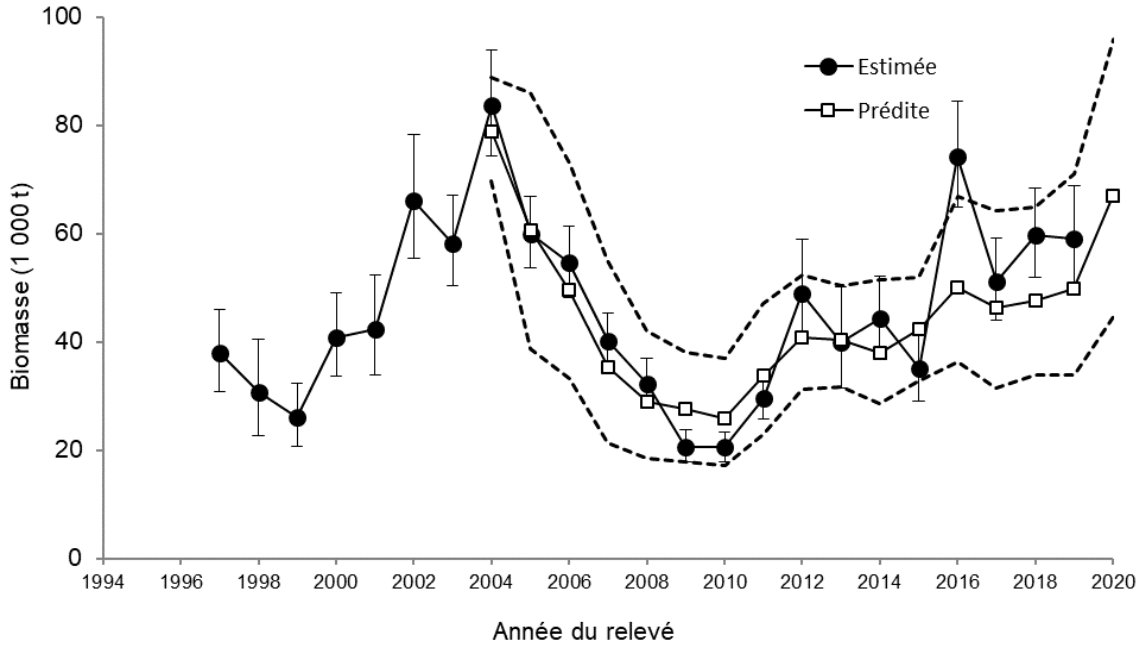


*Figure 9. Comparaison entre le recrutement (R-1) observé (moyenne avec intervalle de confiance de 95 %) et prédit (moyenne avec intervalle de confiance de 95 %) du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâle selon le modèle Bayésien en se basant sur les prérecrues (Surette et Wade 2006 ; Wade et al. 2014).*

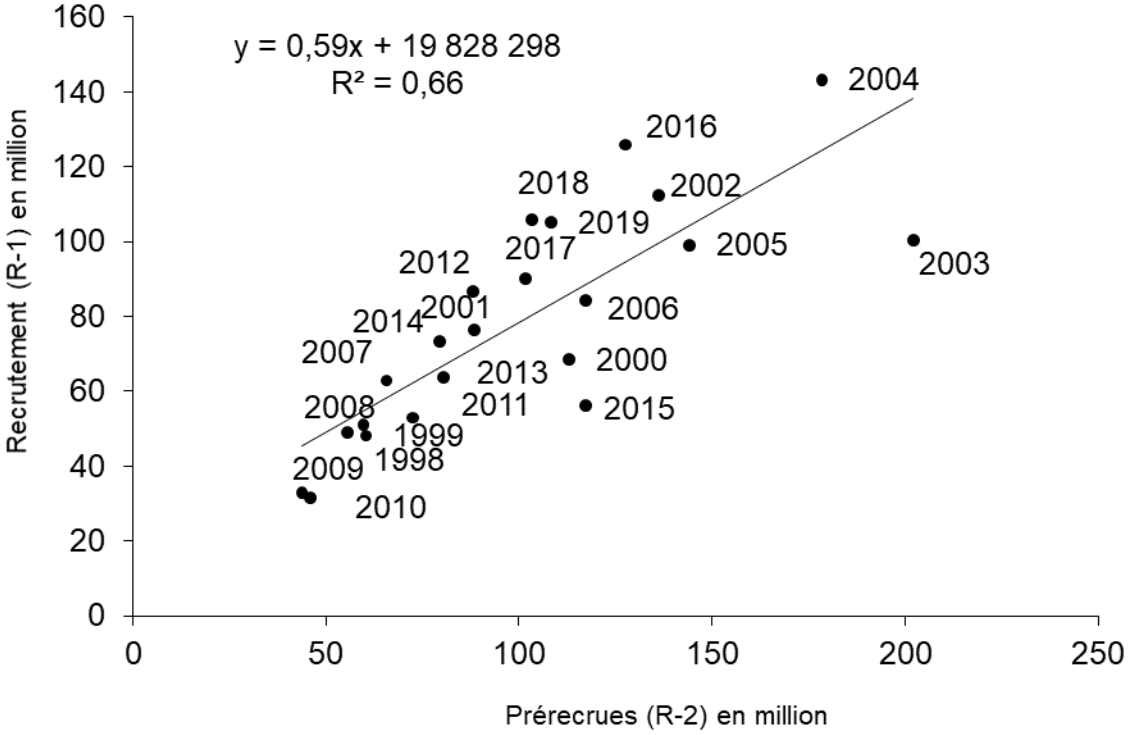
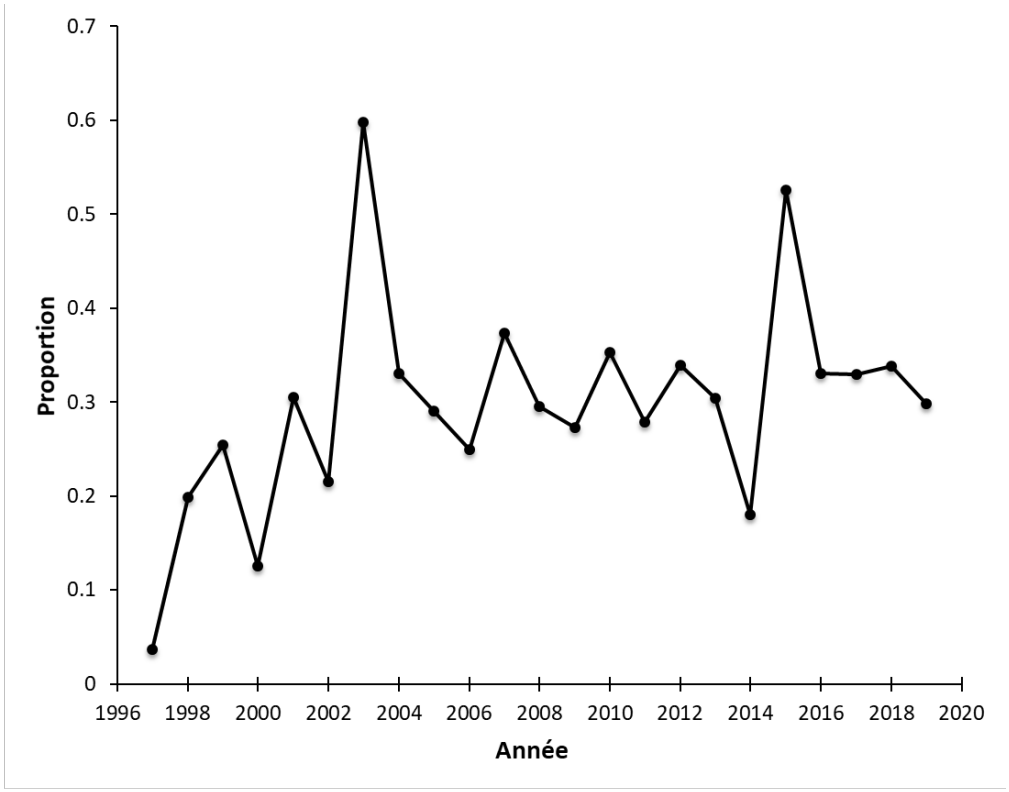


*Figure 10. Relation entre l'estimé de l'abondance des prérecrues R-2 à l'année t - 1 et de l'estimé de l'abondance du recrutement à la pêcherie (R-1) à l'année t provenant des données du relevé au chalut pour l'évaluation de stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent.*



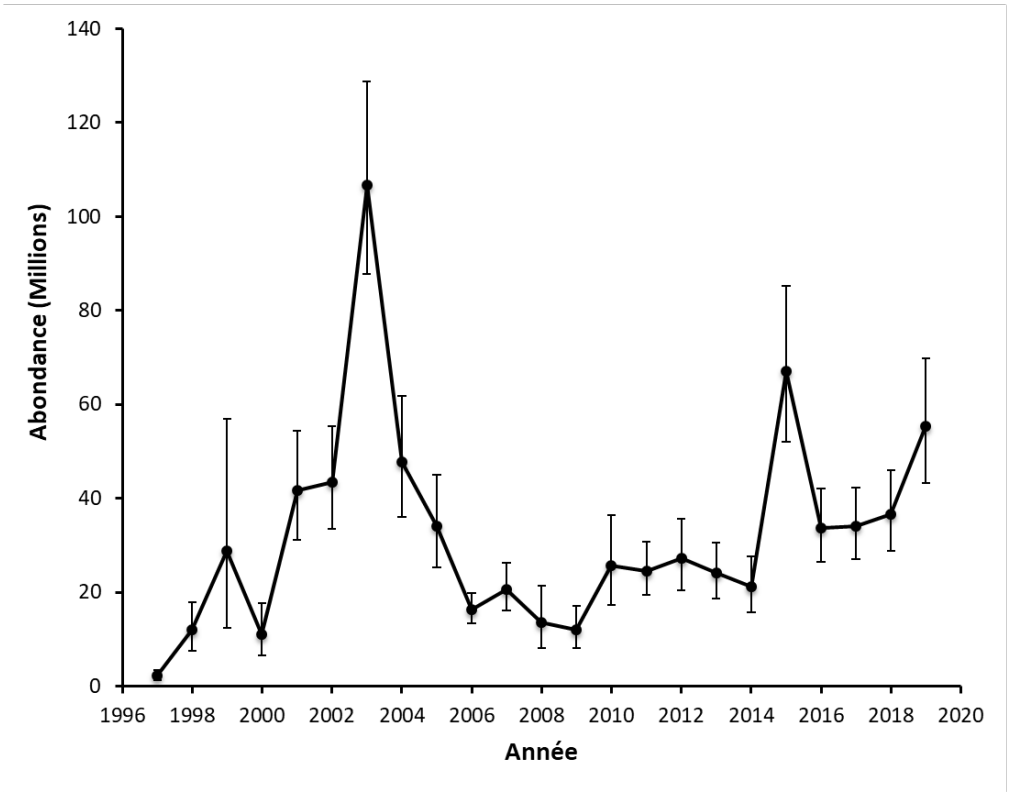


Figure 11. Abondance (en millions) (panneau du haut) et proportion (panneau du bas) de crabes mâles adolescents R-2 sauts de mue dans le sud du golfe du Saint-Laurent estimé à partir du relevé au chalut de 1997 à 2019.

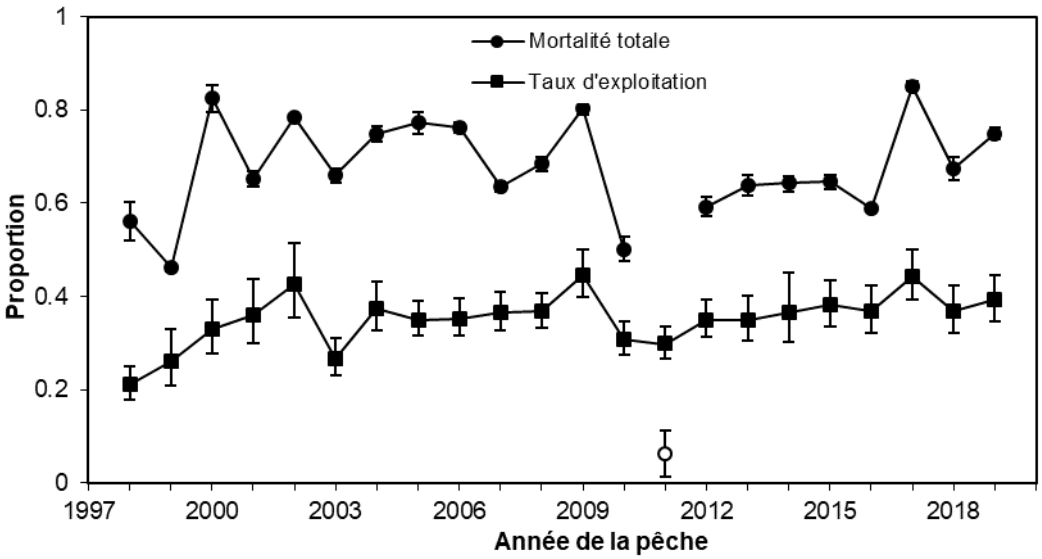


*Figure 12. Estimations des taux annuels d'exploitation et de perte totale des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2019. La valeur de la mortalité totale de 2011 est aberrante dans la série (Hébert et al. 2012).*

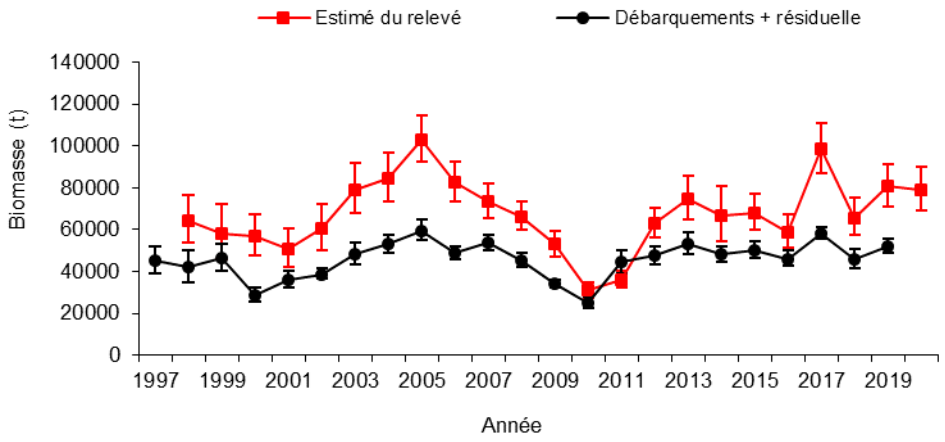


*Figure 13. Comparaison de la biomasse calculée après la pêche (sommation de la biomasse résiduelle et les débarquements à l'année t+1) et la biomasse avant la pêche des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes de taille commerciale (la sommation du recrutement et la biomasse résiduelle à l'année t) estimées par le relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent.*

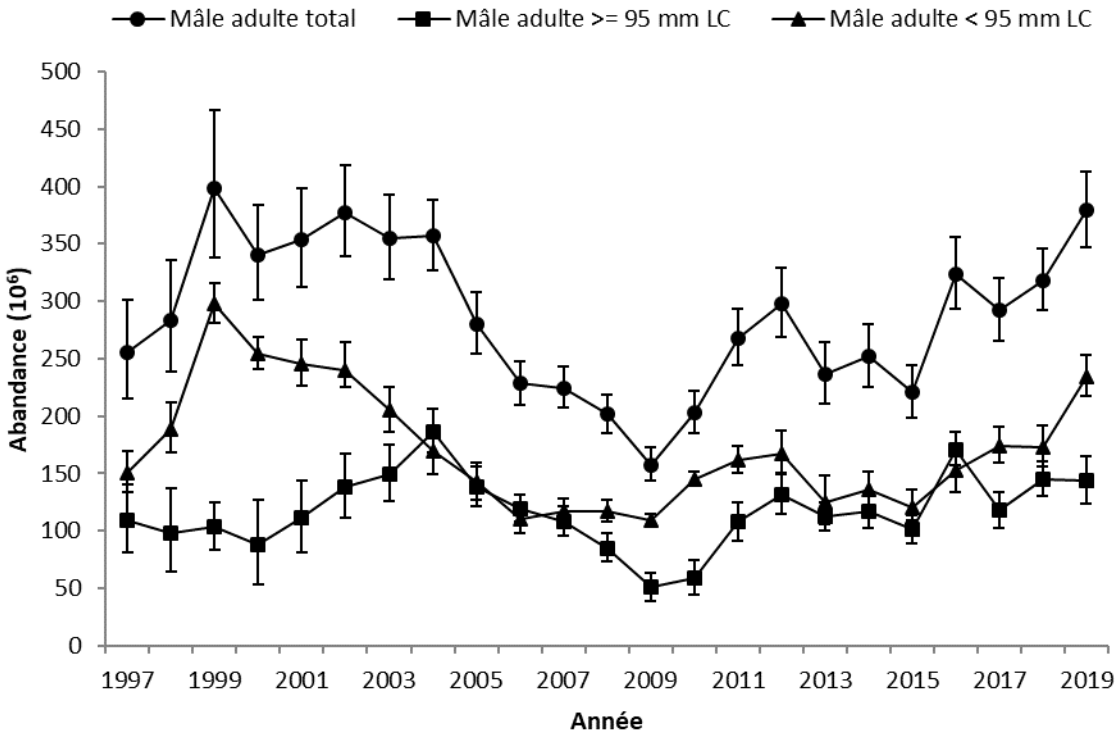
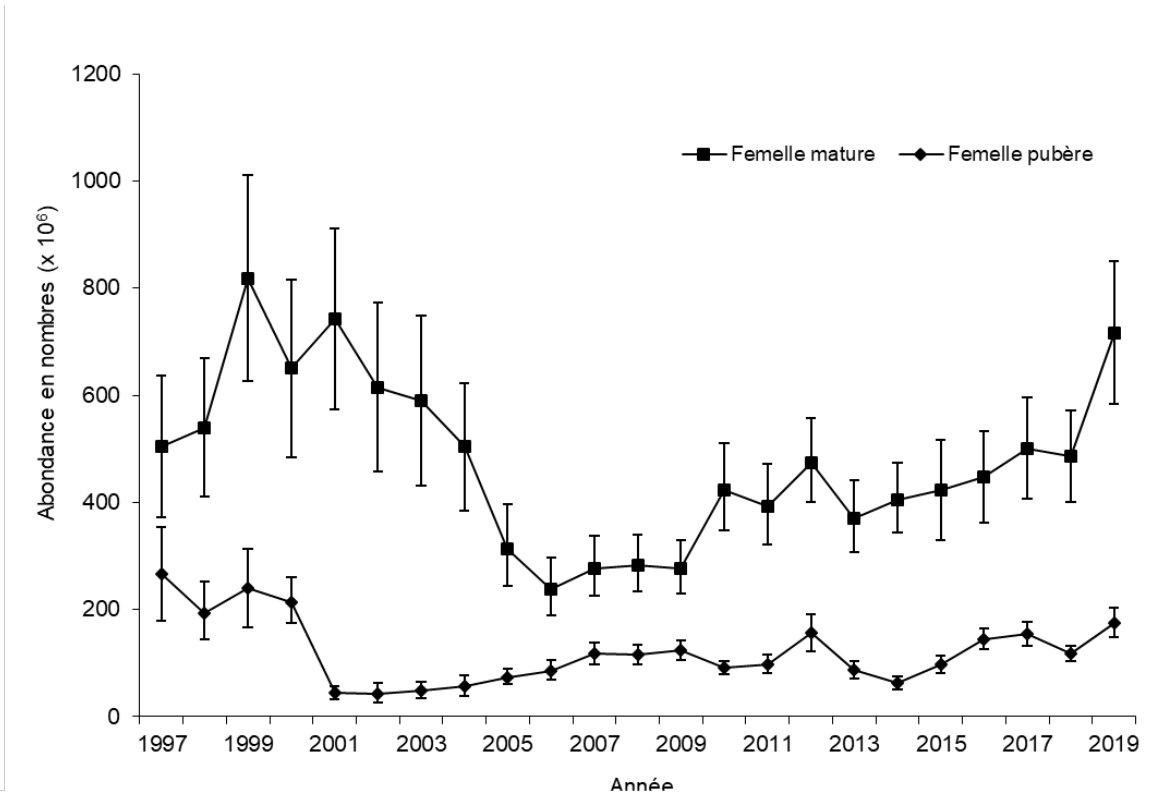


*Figure 14. Abondance estimée des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2019. LC = Largeur de carapace.*



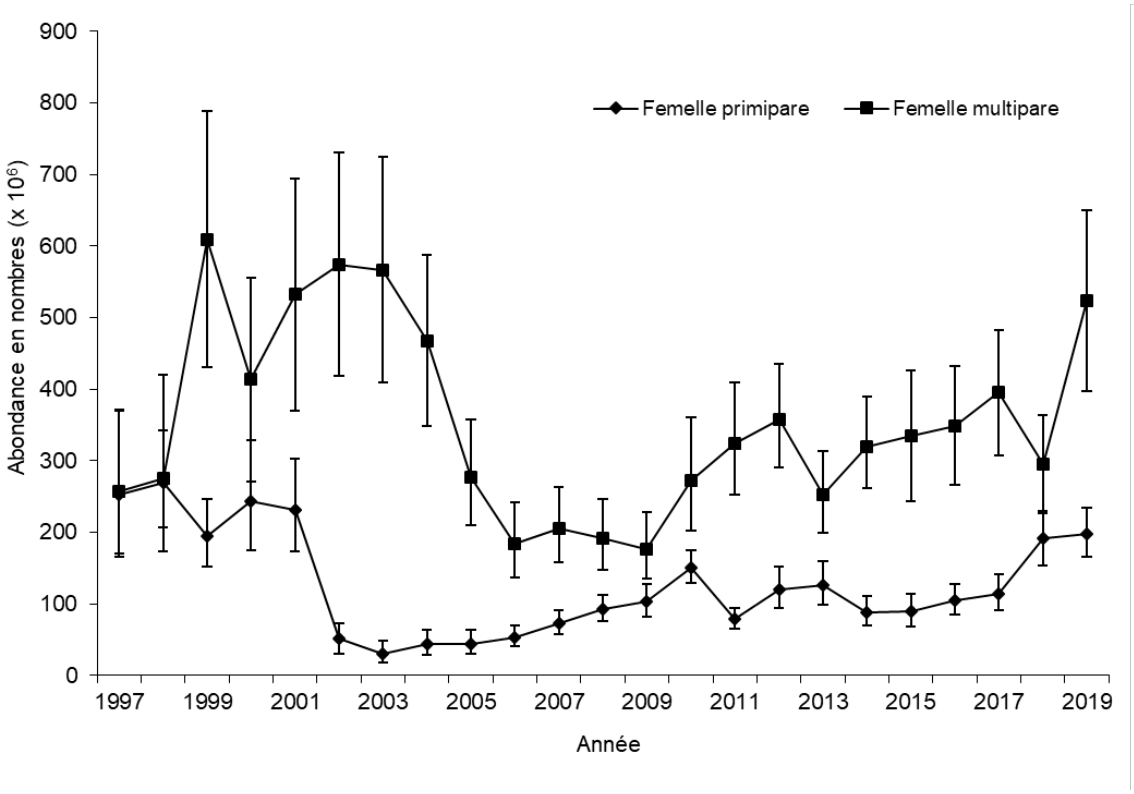


*Figure 15. Abondance des femelles pubères et mature (au-dessus), et des femelles primipares et multipares (ci-dessous) du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2019.*

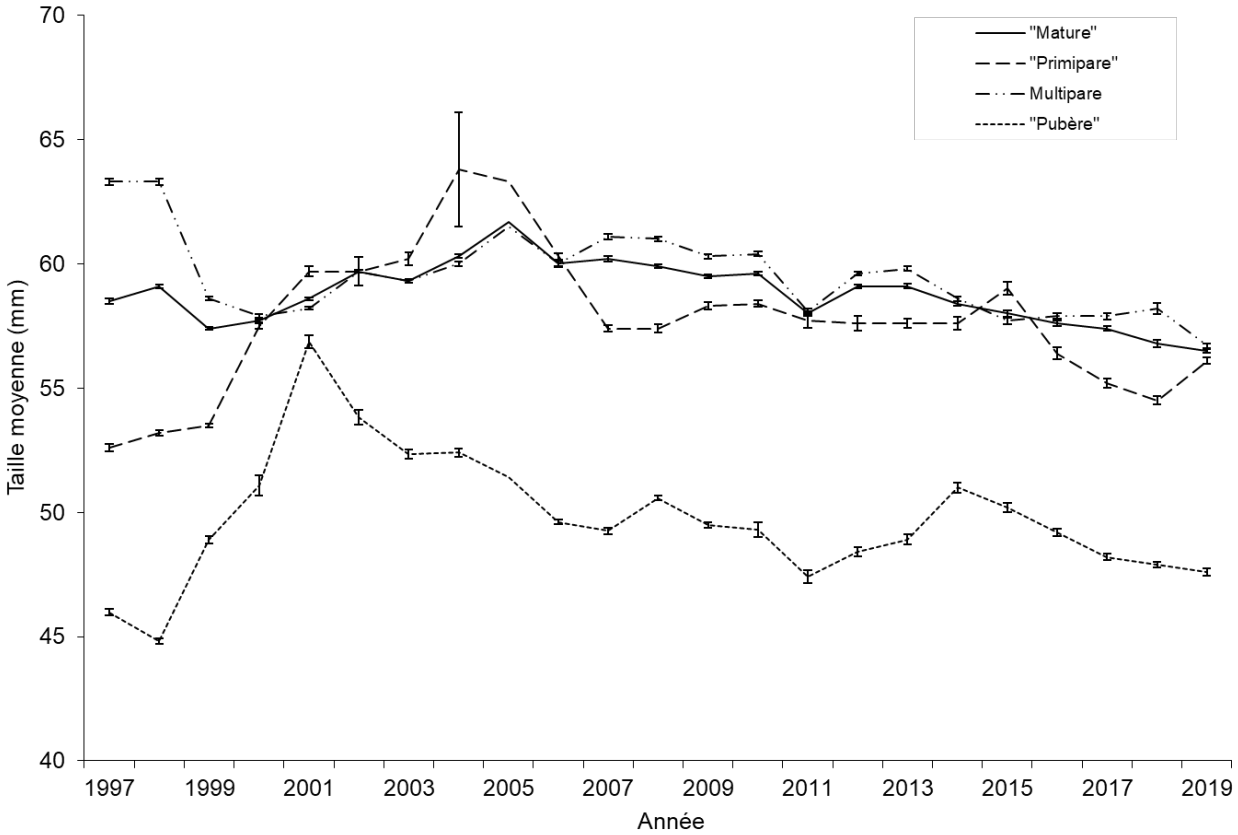


*Figure 16. Taille moyenne (largeur de la carapace en mm) avec erreurs-types des femelles matures, primipares, multipares et pubères du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) basée sur les échantillons provenant des relevés au chalut, 1997 à 2019.*

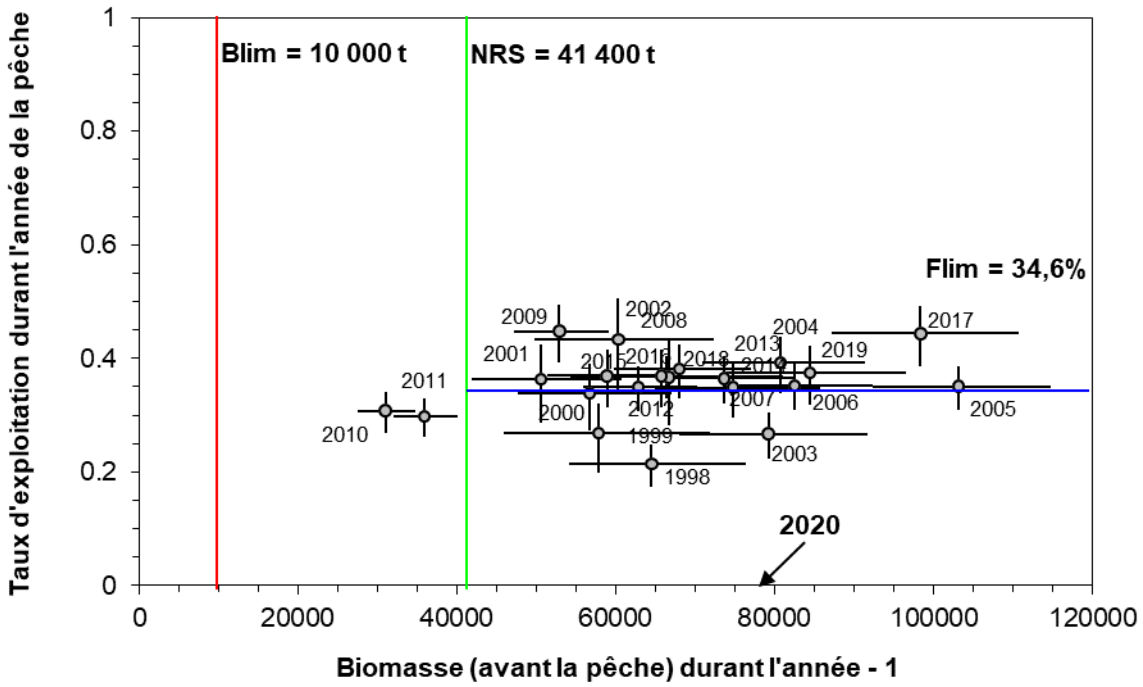


*Figure 17. Trajectoire de l'abondance du stock (biomasse des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) adultes de taille commerciale estimée d'après les résultats du relevé au chalut effectué à l'automne de l'année t – 1) par rapport au taux d'exploitation pour cette biomasse au cours de l'année t. Les années de pêche sont identifiées sur la figure. B_{lim} = le niveau de référence limite pour la biomasse ; F_{lim} = le niveau de référence pour le taux d'exploitation; NRS = le niveau de référence supérieur du stock.*

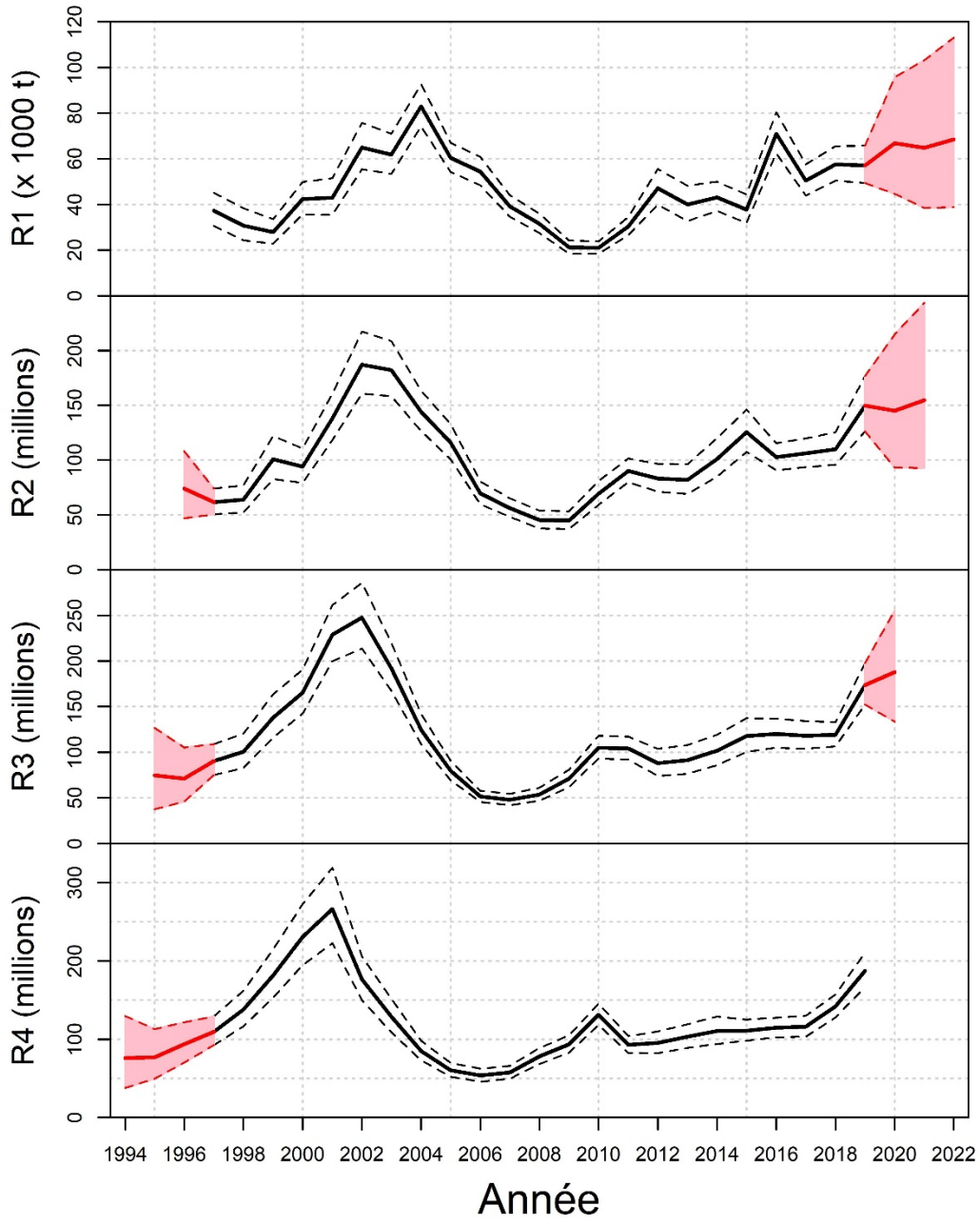


*Figure 18. Abondances (nombre en millions ; moyenne avec intervalles de confiance à 95 %), de recrutement (R) de crabe des neiges, (*Chionoecetes opilio*), pour R(j), où j =1,…,4 années avant le recrutement à la pêcherie. Les parties ombragées représentent les projections d'abondance à partir du modèle Bayésien (Wade et al. 2014).*

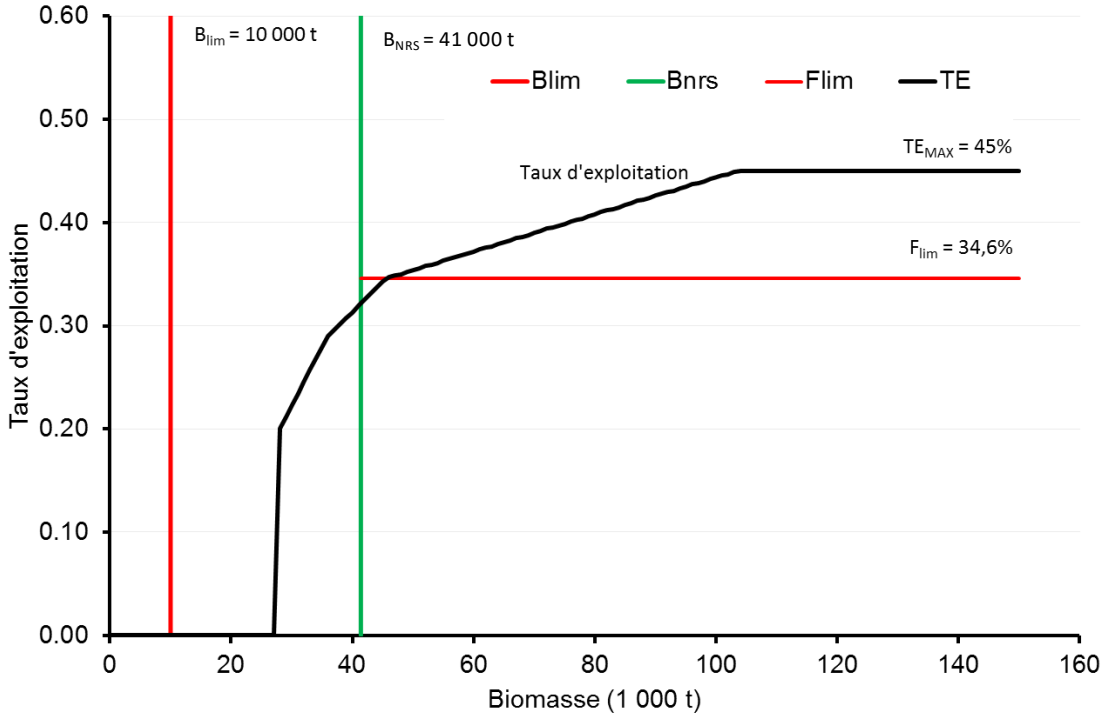


*Figure 19. Règle de décision proportionnelle (variante 4) conforme à l'approche de précaution pour la pêche au crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent. B_{lim} = le niveau de référence limite pour la biomasse ; F_{lim} = le niveau de référence pour le taux d'exploitation; B_{NRS} = Le point de niveau de référence supérieur du stock. TE = Les taux d'exploitations basés sur la règle de décision proportionnelle (variante 4) (MPO 2014b). TEmax = Le taux maximum d'exploitation basé sur la règle de décision proportionnelle.*

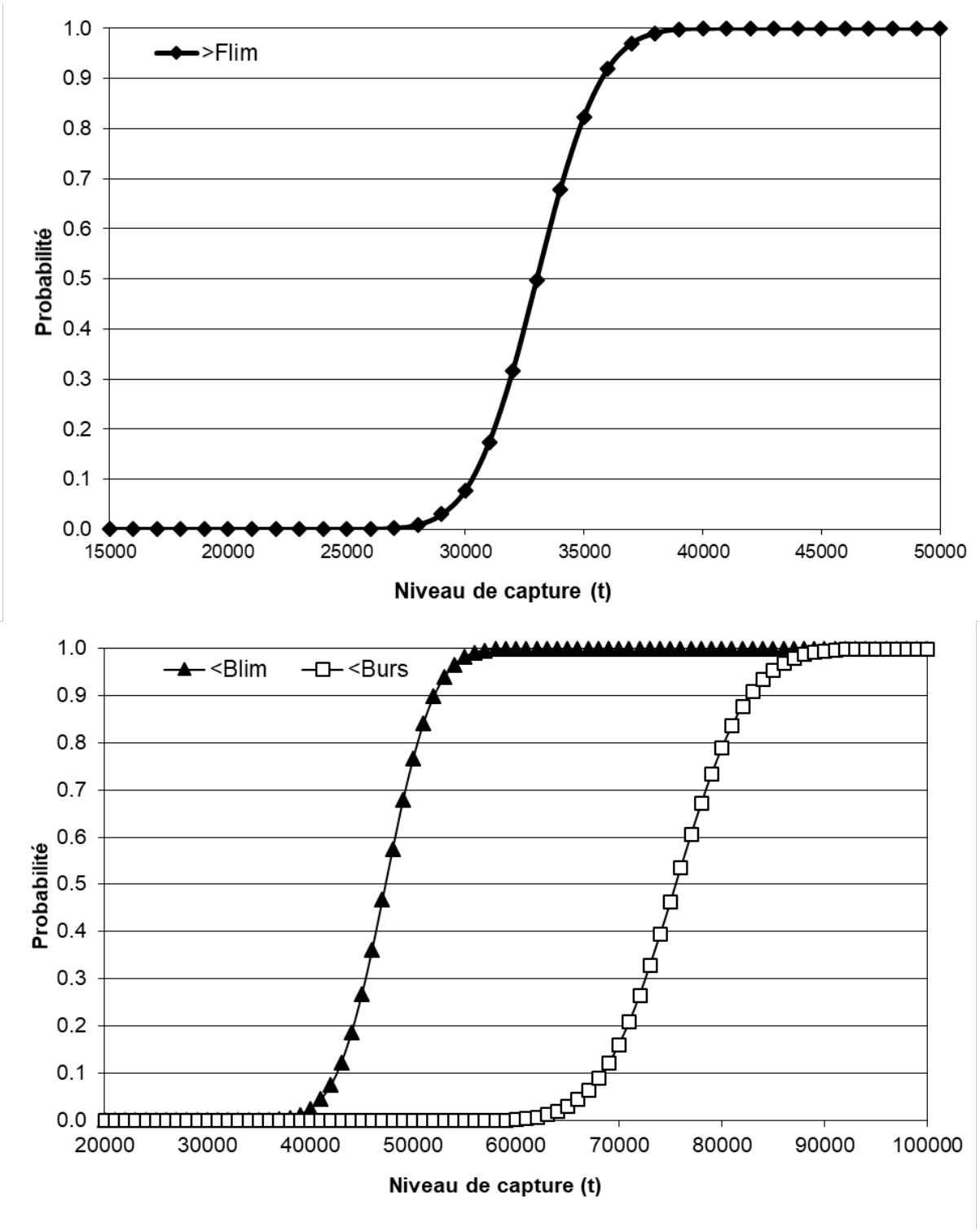


Figure 20. Analyse de risque à partir du polygone pour la pêche du crabe des neiges, Chionoecetes opilio*, dans le sud du golfe du Saint-Laurent indiquant les probabilités de dépasser le niveau de référence pour le taux d'exploitation (F_{lim}),que la biomasse résiduelle des mâles adultes de taille commerciale à carapace dure soit sous le niveau de référence limite pour la biomasse (B_{lim}) et que la biomasse des mâles adultes de taille commerciale en 2020 soit sous le point de référence du niveau supérieur du stock (B_{NRS}) après la pêche de 2020 pour divers niveaux de capture en 2020.*

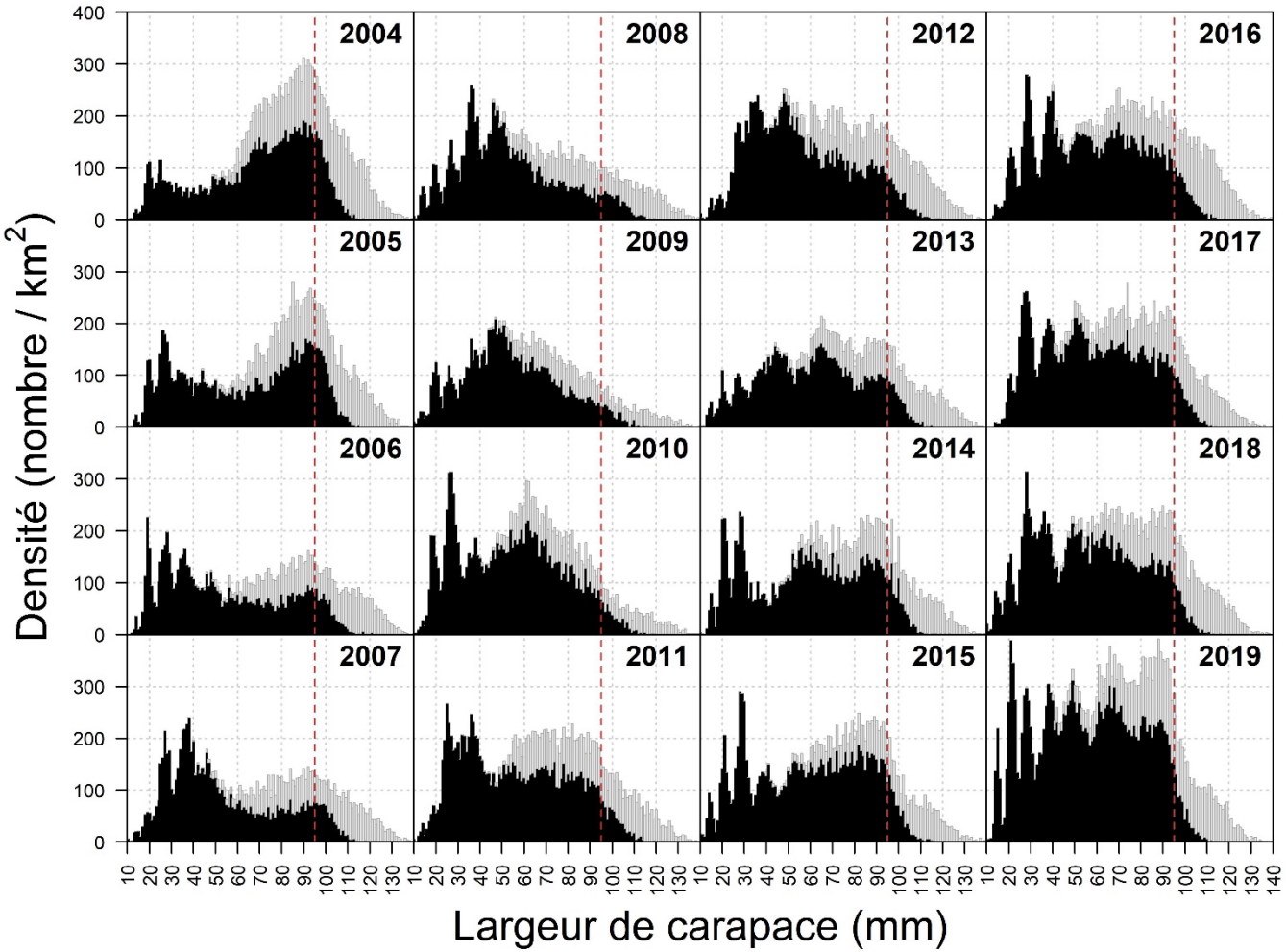


*Figure 21. Distributions de fréquences de taille (par intervalle de 1 mm) des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles (barres blanches sont les mâles adultes et les barres noirs sont les mâles adolescents) basées sur les échantillons à partir des relevés au chalut effectués après la pêche dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2004 à 2019. Ces distributions représentent le nombre moyen de crabes mâles par km² basés directement sur les échantillons du relevé au chalut. La ligne rouge pointillée dénote la taille minimum réglementaire de 95 mm de largeur de carapace.*

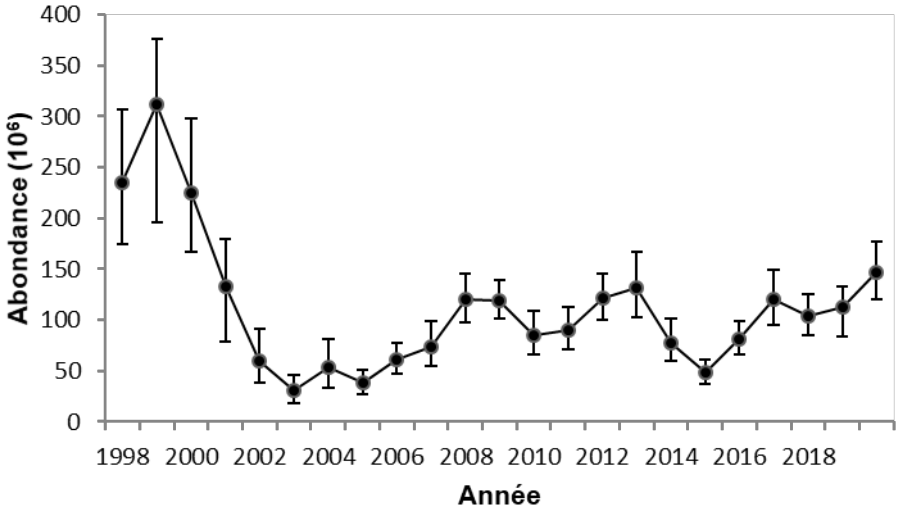


*Figure 22. Indices d'abondance des petits crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adolescents avec largeur de carapace de 34 à 44 mm estimées à partir des données des relevés au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2019. Ces crabs vont atteindre la taille commerciale dans environ six ans.*

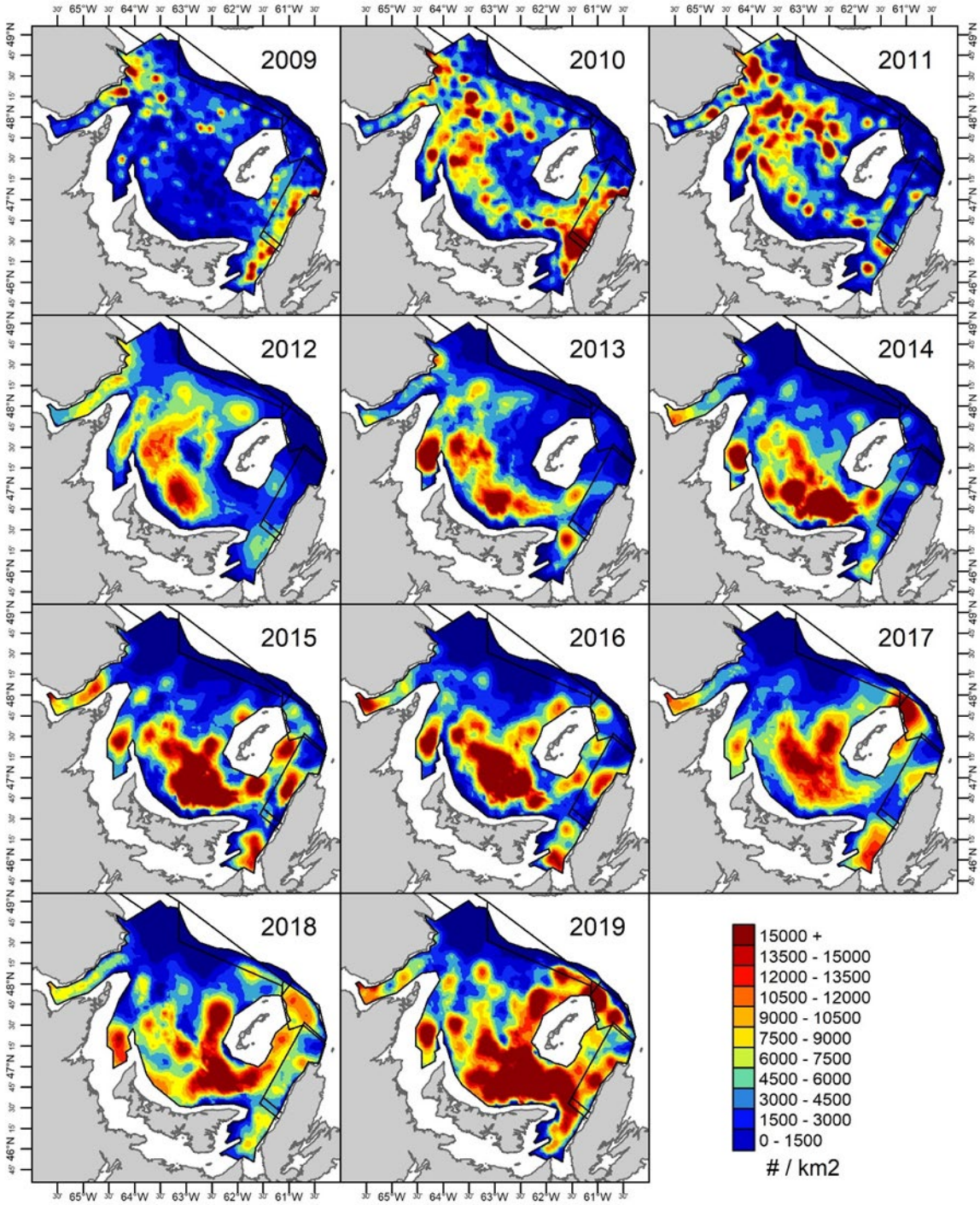


*Figure 23. Contours de densités (nombre par km²) des crabes des neiges, (*Chionoecetes opilio*), adolescents mâles ≥ 56 mm de largeur de carapace (R-4, R-3 er R-2) à partir du relevé au chalut effectué dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2009 à 2019.*

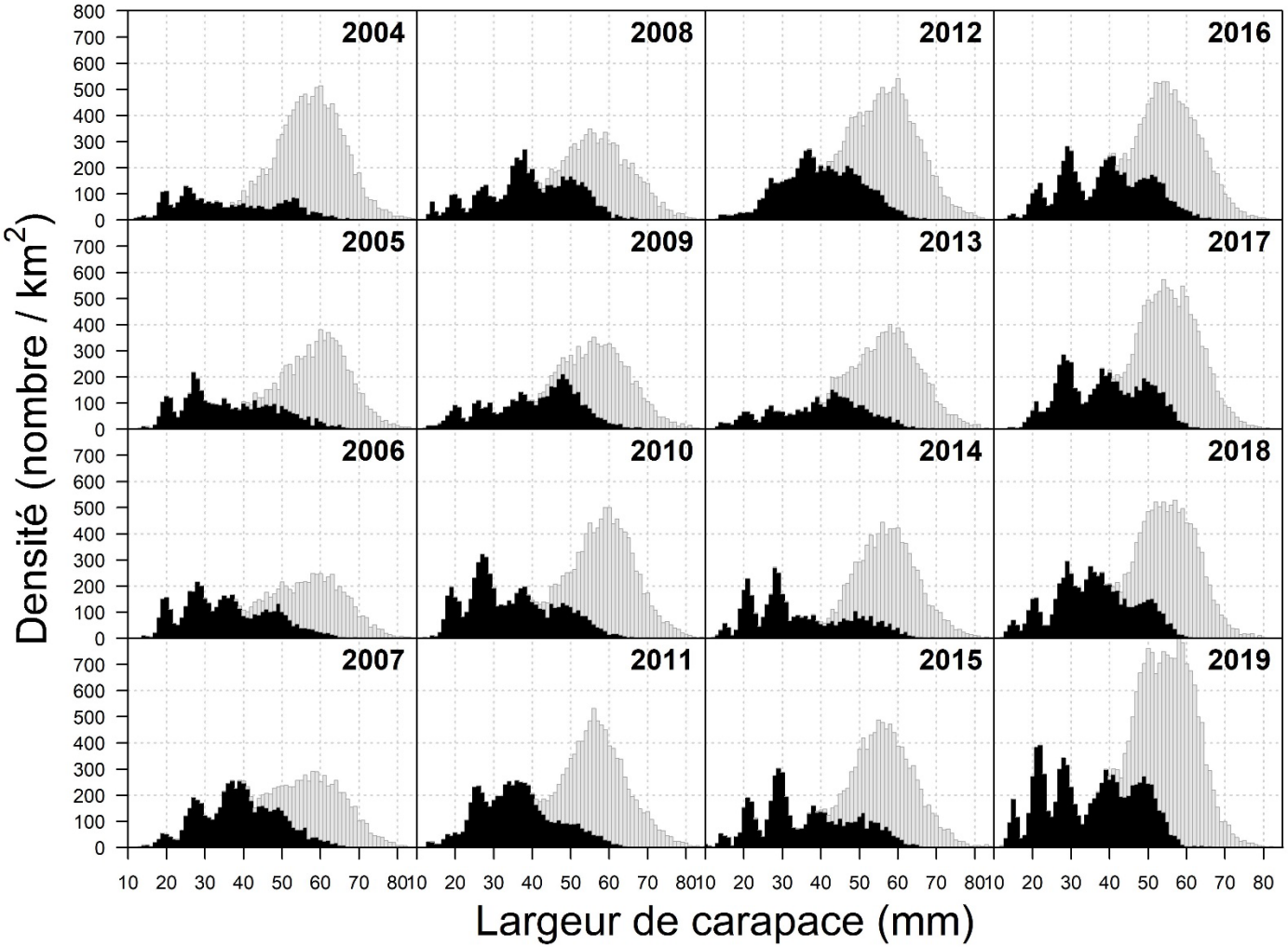


*Figure 24. Distributions de fréquence des tailles (largeur de la carapace par intervalle de 1 mm) des femelles (barres blanches sont les femelles matures et les barres noirs sont les femelles pubescentes et immatures) de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*), basées sur les échantillons à partir des relevés au chalut effectués après la pêche dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2004 à 2019. Ces distributions représentent le nombre moyen de crabes femelles par km² basés directement sur les échantillons du relevé au chalut.*

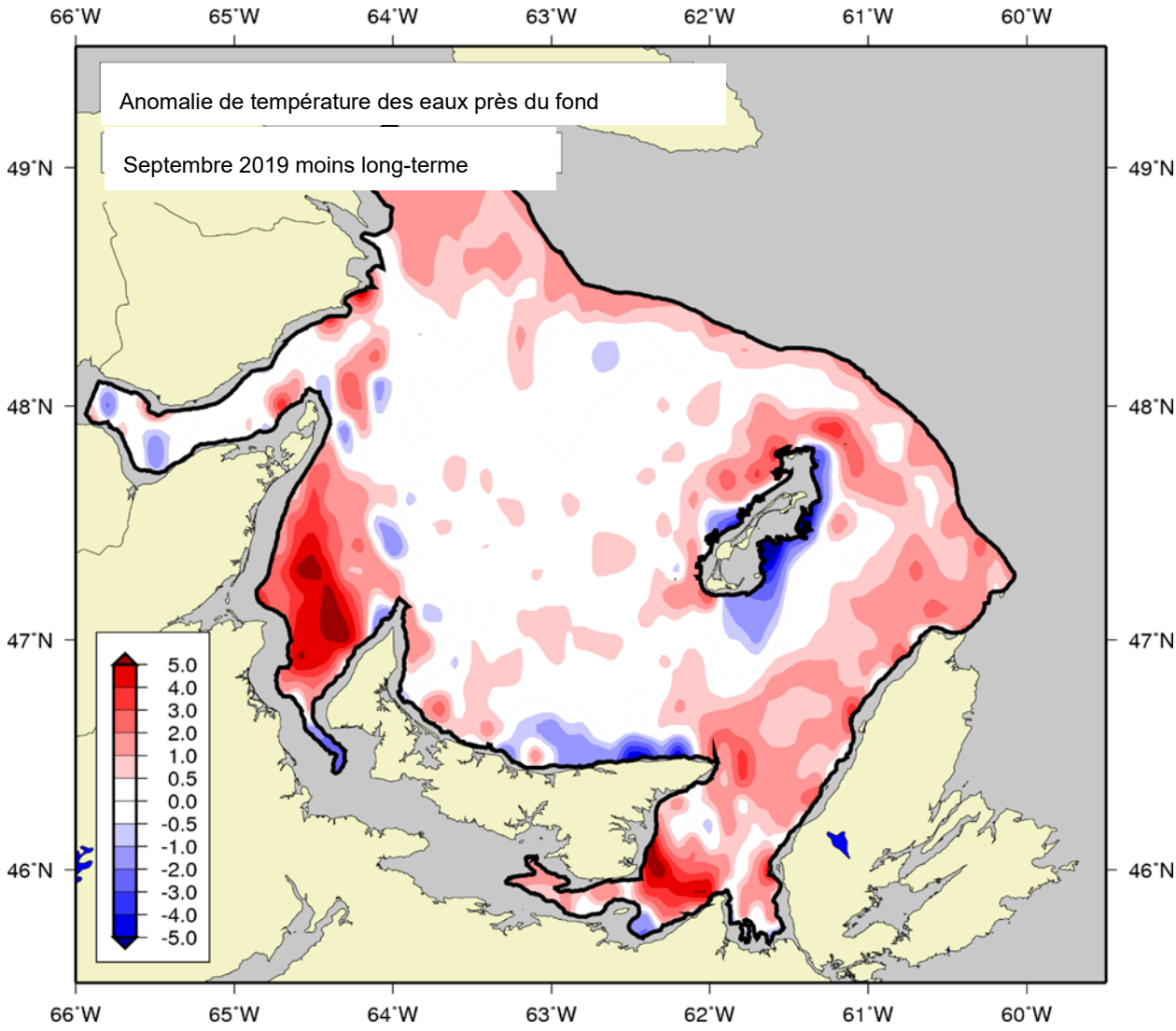


Figure 25. Anomalie de la température près du fond (°C) à partir de la moyenne à long-terme (1981 à 2010) dans le sud du golfe du Saint-Laurent durant le relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre de 2019. Les régions en bleu représentent les températures près du fond plus froides que la normale alors que les régions en rouge représentent les conditions plus chaudes que la normale.

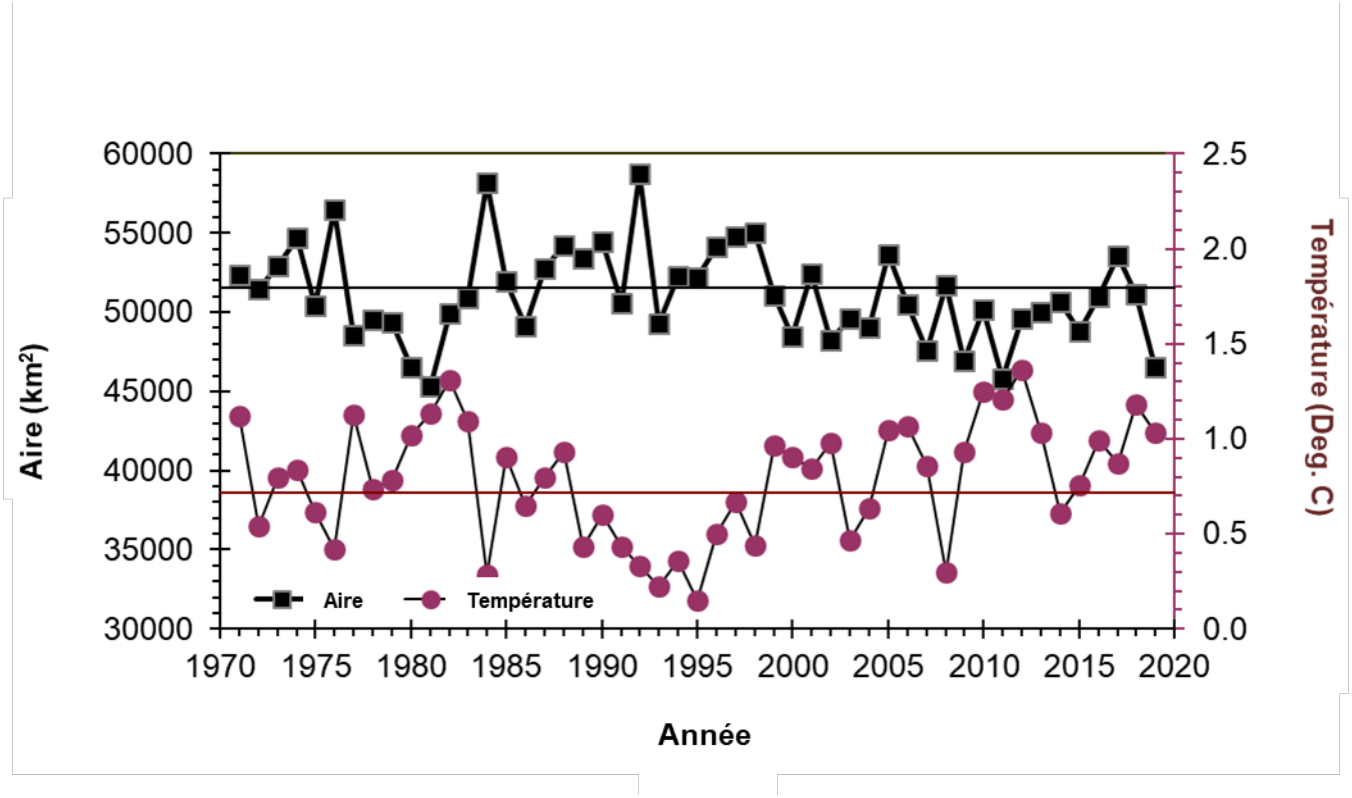


Figure 26. Indice d'habitat de température du crabe des neiges (km²) qui comprend les températures de l'eau près du fond de -1 et 3°C et la température moyenne (°C) à l'intérieur de cet indice d'habitat dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1971 à 2019.