



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 2019/072

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 2018**

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

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

Avant-propos

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

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Hébert, M., Surette T., Wade E., Landry J.-F. et Moriyasu, M. 2020. Évaluation du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, 12E et 12F) en 2018. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/072. iv + 55 p.

Also available in English:

*Hébert, M., Surette T., Wade E., Landry J.-F. and Moriyasu, M. 2020. The 2018 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. 2019/072. iv + 52 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. ÉCHANTILLONNAGE DU RELEVÉ AU CHALUT POUR L'ESTIMATION DE LA BIOMASSE	3
3.1.1. Relevé au chalut en 2018	4
3.1.2. Échantillonnage biologique.....	4
3.1.3. Estimation de l'abondance de crabe des neiges.....	6
3.2. ESTIMATION DE LA MORTALITÉ ANNUELLE TOTALE ET TAUX D'EXPLOITATION..	8
3.3. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE	8
3.4. INDICE DU RELEVÉ MULTI-ESPÈCE AU CHALUT DE FOND DE SEPTEMBRE	8
4.0. RÉSULTATS ET DISCUSSION	9
4.1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE ET EXPLOITATION EN 2018.....	9
4.1.1. Sud du golfe	9
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 2019	12
5.2. PRONOSTIC.....	13
5.3. RELEVÉ MULTI-ESPÈCE AU CHALUT DE FOND DE SEPTEMBRE	13
6.0. INCERTITUDES.....	13
6.1. CHANGEMENT AU PROTOCOLE DU RELEVÉ ET VARIABILITÉ DANS LA COMPOSITION DE LA BIOMASSE COMMERCIALE.....	13
6.2. CROISSANCE	14
6.3. CONSIDÉRATIONS ECOSYSTÉMIQUES.....	15
7.0. REMERCIEMENTS.....	16
8.0. RÉFÉRENCES CITÉES.....	16
9.0 TABLEAUX	20
10.0 FIGURES.....	30

RÉSUMÉ

L'évaluation de stock du crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, du sud du golfe du Saint-Laurent (sgSL) de 2018 est présentée (zones 12, 19 12E et 12F). Le crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent est considéré comme une seule unité biologique aux fins d'évaluation. L'évaluation de 2018 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. Le taux d'exploitation pour la pêche de 2018 dans le sgSL était de 36,9 %. Selon le relevé effectué après la pêche de 2018, la biomasse de crabes adultes de taille commerciale a été estimée à 80 746 t (intervalle de confiance de 95 %, 70 984 t à 91 467 t), une augmentation de 22,8 % par rapport à 2017. Le niveau de la biomasse pour la pêche de 2019, provenant du relevé de 2018, se situe dans la zone saine du cadre de l'approche de précaution. La biomasse résiduelle à partir du relevé de 2018 a été estimée à 21 432 t, une augmentation de 46,3 % par rapport à 2017. Soixante-quatorze pourcent (74 %) de la biomasse du relevé de 2018 exploitable pour la pêche de 2019 est composée de nouvelles recrues (59 609 t). Le recrutement à la biomasse commerciale estimé à partir du relevé de 2018 a augmenté de 16,6 % par rapport à 2017. La prédiction du recrutement des mâles adultes de taille commerciale pour la saison de pêche de 2020 a été estimée à 49 820 t (33 790 à 70 970 t). Une analyse de risque sur les options de captures pour la saison de pêche de 2019 est fournie.

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 (figure 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 (figure 1). En 1978, la zone 19 (figure 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 figure 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) (figure 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 en 2019 (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 2019 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 spermatozoaires 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. ÉCHANTILLONNAGE 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. Originellement, 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 supprimées ou ajoutées 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 carrées 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. De 2014 à 2017, le nombre de stations d'échantillonnage réussies, qui ont été utilisées comme stations

fixes, a varié entre 346 et 348. 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 2018

En 2018, le nombre de stations d'échantillonnage est demeuré à 355. Les 350 stations d'échantillonnage réussies du relevé de 2017 ont été utilisées comme stations fixes en 2018 et un nouvel ensemble de cinq stations d'échantillonnage (deux stations d'échantillonnage qui ont été abandonnées et les trois stations d'échantillonnage qui ont été effectuées à l'extérieur de leur grille assignée en 2017) a été généré aléatoirement (figure 2).

Le relevé au chalut a été effectué après la saison de pêche entre le 18 juillet et le 16 septembre couvrant les zones 12, 19, 12E et 12F (figure 2). 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 en 2018. Un total de 354 stations ont été réussies en 2018; une grille d'échantillonnage a été abandonnée en raison de l'impossibilité de chaluter avec succès la région. La description détaillée du relevé au chalut de 2018 est présentée dans Allain *et al.* (2019).

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 et de hauteur du système eSonar® révisés plus-tard en utilisant les données de la sonde température-profondeur du Minilog® 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 générât 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 (figure 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.

3.1.2. 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.

Il y a eu divergence dans l'identification des conditions de carapace durant le relevé au chalut de 2018. La condition de carapace est importante pour séparer le recrutement à la pêche (mâle adulte de taille supérieure à 95 mm LC avec conditions de carapace 1 et 2) et la biomasse résiduelle (mâle adulte de taille supérieure à 95 mm LC avec conditions de carapace 3, 4 et 5). Une mauvaise classification de la condition de carapace affecte aussi les taux de mortalité et ainsi, la prédiction du recrutement à la pêche et la biomasse commerciale. Depuis 2017, un nouvel outil, un colorimètre, a été utilisé pour objectivement identifier la condition de carapace en récoltant les mesures précises de la coloration des pinces de grands mâles (> 90 mm LC). Notre analyse est basée sur l'observation que les crabes avec une nouvelle carapace, c.-à-d. ceux qui ont mués au cours de l'année du relevé, sont plus blanchâtres que les crabes avec une vieille carapace, et que la couleur de la carapace devient progressivement plus jaune et foncé avec le temps. Malgré que cette méthode ne donne pas une classification absolue c.-à-d. il y a quelques chevauchements dans la coloration entre ces deux catégories, les différences sont suffisamment grandes que les proportions de crabes avec une nouvelle carapace versus les crabes avec une vieille carapace peuvent être raisonnablement estimées en utilisant les observations de la coloration des pinces.

La partie inférieure de l'intérieur de la pince pour un maximum de deux mâles adultes de grande taille (> 90 mm LC) par condition de carapace pour chaque trait de chalut ont été mesurées en utilisant un colorimètre durant les relevés de 2017 (n = 817 crabes) et de 2018 (n = 956 crabes). La figure 3 montre l'histogramme de fréquence pour les valeurs de b^* dans le triplet de couleur $L^*a^*b^*$, qui correspond approximativement au degré de jaunâtre dans la condition de la carapace. La valeur de L^* fait référence à la luminosité ou 'au blanchissement' de la couleur, la valeur a^* indique le niveau de verdâtre ou rougeâtre alors que la valeur b^* indique le niveau de bleuâtre ou jaunâtre. Ces trois paramètres sont nécessaires pour déterminer la couleur d'un objet. Deux modes sont visiblement apparents et nous interprétons ces modes comme correspondant aux différences de coloration entre les crabes avec une nouvelle carapace et les crabes avec une vieille carapace. Cette interprétation est supportée par les connaissances générales que les crabes avec une nouvelle carapace sont blancs, d'où son nom de crabe blanc, et devient progressivement jaune avec le temps. Ceci est aussi supporté par les données du colorimètre puisque la position des crabes avec une nouvelle carapace tend progressivement vers la partie jaune du spectre à mesure que la période du relevé progresse. La figure 3 montre aussi la disparité dans l'identification de la condition de la carapace en 2018, puisque plusieurs crabes avec condition de carapace 2 ont des valeurs de b^* suggérant fortement que ces crabes sont plutôt avec une vieille carapace, alors qu'en 2017, seulement une petite proportion de ces crabes ont été observés.

En se basant sur ces observations, nous avons analysé les données du colorimètre en utilisant un modèle Bayésien. Laissons $Z_i \sim \text{Bern}(\pi)$ être une variable binaire non-observée indiquant si une valeur de couleur observée y_i est une nouvelle carapace ($Z_i = 0$) ou une vieille carapace ($Z_i = 1$) avec probabilité π . Nous assumons que les observations de couleur, sont conditionnelles selon Z_i comme $Y_i/Z_i = j \sim N(\mu_j, \sigma_j^2)$, où $j = 0$ ou 1 . La moyenne des observations des crabes

avec une vieille carapace μ_1 est assumée d'être constant au cours de la saison, alors que la moyenne des crabes avec une nouvelle carapace peut varier. Des distributions à priori $\mu_1 \sim N(0, 10^6)$ et $\mu_{\alpha k} \sim N(m, s^2)$, avec $m \sim N(0, 10^6)$ et $s^2 \sim Gam(0.001, 0.001)$, avec k indiquant la semaine du relevé ont été ainsi définies. De plus, les proportions mixtes ont été assumées de varier selon la semaine et les observations de la condition de carapace, avec une distribution à priori hiérarchisée $logit(\pi_{jk}) \sim N(m_k', s_k'^2)$ et $m_k' \sim N(0, 10^3)$ et $s_k'^2 \sim Gam(0.1, 0.1)$. Cette distribution à priori a permis de tirer une conclusion sur la proportion de chacune des observations de condition de carapace qui ont été assignées aux crabes avec une nouvelle carapace et avec une vieille carapace selon les observations de la couleur b^* . Cette inférence postérieure a été basée à partir des tirages de MCMC dans le logiciel WinBugs.

Ce mixte hiérarchisé permet d'évaluer, selon la semaine du relevé, la probabilité de chaque condition de carapace d'être classifiée comme crabes avec une nouvelle carapace selon les données du colorimètre (tableau 1). On conclut qu'il y a eu une mauvaise classification dans les données de 2018, qui n'était généralement pas le cas dans les données de 2017. Des proportions significatives, environ 80% des échantillons, des crabes de condition de carapace 2 ont été classifiées dans les crabes avec une vieille carapace, tel qu'identifier par le colorimètre. Cette mauvaise classification semble être mineure en 2017. Comme correctif, une portion de mâles de grande taille identifiée comme condition de carapace 2 ont été réassignés comme condition de carapace 3 en utilisant les valeurs de probabilité de mauvaise classification dans le tableau 1. Ces valeurs ajustées ont été utilisées dans les estimés du recrutement à la pêche et de la biomasse résiduelle de la population.

Les données de colorimètre semblent être prometteurs mais ceci demeure toujours un outil en développement pour identifier objectivement et séparer correctement les conditions de carapace 2 et 3. Son utilisation doit être pris avec prudence surtout avec des échantillons pris durant l'automne lorsque la carapace des crabes avec une nouvelle carapace devient plus jaunâtre et pourrait être identifier comme condition de carapace 3 par les valeurs du colorimètre. Les critères utilisés dans l'identification de la condition de la carapace impliquent qu'une formation et communication adéquate de ces critères aux employés travaillant sur le relevé par des personnes expérimentées est primordiale afin d'assurer un standard comparable d'année en année.

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).

Des petits ajustements ont été faites en 2018 sur le polygone du relevé et sur les polygones des zones et sous-zones, ceux que l'on utilise pour le krigeage (qui inclue les zones de pêche, les zones tampons et la zone non-assignée) pour régler quelques points mineurs. La région d'étude du relevé avait une petite brèche localisée au nord des Iles de la Madeleine qui ajoute 2,8 km² au polygone du relevé. Quelques parties des zones tampons se retrouvaient à l'extérieur de la bordure du polygone du relevé alors que certaines petites régions n'étaient pas assignées à aucune zones de gestion ou à des zones tampons. Il y avait aussi des chevauchements du polygone dans certaines régions pouvant amener à un léger double comptage de l'abondance ou des estimés de biomasse. Les différences entre les surfaces originales et révisées du polygone sont montrées dans le tableau 2.

Le polygone révisé du krigeage (la région d'étude du relevé) possède une surface totale de 57 842,8 km² (figure 4) partitionnés en quatre zones de gestion pour nos analyses : 48 074 km² pour la zone 12, 3 813 km² dans la zone 19, 2 436,9 km² pour la zone 12E et 2 426,8 km² pour la zone 12F. Une zone additionnelle non-assignée A (au-dessus des zones 12E et 12F,

figure 4) 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 km² alors que les zones tampons B et C (figure 4) recouvrent une surface de 134,2 et 289,5 km², respectivement.

Les estimés de la biomasse du sgSL comprennent la zone non-assignée A et les zones tampons B et C (zones sans pêche) (figure 4). 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 2018 a été considérée comme une série homogène pour le polygone agrandi de 57 842,8 km² 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 programmes du krigeage développés à partir de MATLAB 7,10 par l'École Polytechnique de Montréal (bibliothèque MPOGEOS) ont été traduits en code R 3,4 pour une meilleure accessibilité et pour l'évaluation du stock de 2018. Durant le processus de translation, lorsque les résultats intermédiaires entre les deux langages de programmation ont été minutieusement comparés étape par étape, un défaut a été découvert dans la fonction principale du krigeage utilisée dans Matlab qui était appliqué depuis le dernier Atelier de travail sur l'Évaluation de stock en 2005 (DFO 2006). Lorsqu'en analysant une seule variable, par exemple pour la biomasse commerciale et pas d'autres catégories, il n'y avait aucune erreur. Cependant, lorsque plusieurs variables étaient analysées simultanément, le défaut avait pour effet de mélanger les paramètres du variogramme à partir des différentes variables, résultant à l'utilisation dans nos analyses des paramètres erronés du seuil et de l'effet de pépète. Seulement le paramètre de la portée, qui contrôle partiellement le degré de l'autocorrélation spatiale, était proprement assigné.

Malheureusement, ce problème affecte tous les estimés de krigeage faites depuis le dernier Atelier de travail sur l'Évaluation de stock de 2005, malgré que les effets sont généralement mineurs. Pour les grandes régions bien échantillonnées dans le sGSL, le variogramme a seulement des effets mineurs sur l'abondance totale ou les estimés de biomasse, mais en utilisant des paramètres du seuil et de l'effet de pépète erronés peuvent avoir des effets plus grands sur les estimés des intervalles de confiance. Nous avons donc ré-analysé la série entière des abondances et des estimés de biomasse de crabe des neiges.

Les différences entre les estimés originaux et révisés de la biomasse commerciale pour le sGSL en appliquant les corrections du polygone du relevé et des paramètres du variogramme de 1997 à 2017 sont montrés au tableau 3.

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:

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

avec $N_t^{3,4,5}$ 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 $N_{(t-1)}$ 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.

3.4. INDICE DU RELEVÉ MULTI-ESPÈCE AU CHALUT DE FOND DE SEPTEMBRE

Un second indice indépendant à la pêche a été calculé en utilisant les données du relevé multi-espèce de septembre de 2001 à 2018, selon la méthode présentée par Benoît et Cadigan (2013). Ce relevé suit un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié et couvre la même région d'étude que celle du relevé au crabe des neiges. Malgré que la capturabilité du chalut "Western

IIA” utilisé au relevé de septembre est beaucoup moins efficace pour capturer le crabe des neiges que celui utilisé dans le relevé au crabe des neiges, il a été montré que l’indice provenant du relevé de septembre suit généralement les mêmes tendances pour les crabes adultes de taille commerciale, quoique l’incertitude associée avec les estimations est plus grande étant donnée l’intensité plus faible d’échantillonnage.

4.0. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1. ESTIMATION DE LA BIOMASSE ET EXPLOITATION EN 2018

4.1.1. Sud du golfe

4.1.1.1 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 pépité, le seuil, et la portée. L’effet de pépité 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 2018 a donné un effet de pépité de $2,7 \times 10^6$, un seuil se situant à $4,1 \times 10^6$ et une portée de 98,3 km (figure 5). Le variogramme annuel pour 2018 indiquait un effet de pépité de $2,4 \times 10^6$, un seuil de $4,4 \times 10^6$ et une portée de 83,1 km (figure 6).

4.1.1.2 Estimé de la biomasse

La biomasse commerciale de 2018, estimé à partir du krigeage, a été de 80 746 t (intervalles de confiance (I.C.) de 95 % variant de 70 984 à 91 467 t), une augmentation de 22,8 % par rapport à 2017 qui était de 65 738 t (57 221 à 75 157 t) (tableau 4). Le recrutement à la pêcherie au moment du relevé de 2018 a été estimé à 59 609 t (51 755 à 68 310 t), une augmentation de 16,6 % par rapport à l’estimé de 2017 qui était de 51 127 t (43 976 à 59 103 t) et représente 74 % de la biomasse commerciale (tableau 4). La biomasse résiduelle en 2018 (mâles adultes de taille commerciale avec conditions de carapace 3, 4 et 5) a été estimée à 21 432 t (17 270 à 26 291 t), une augmentation de 46,3 % comparativement à l’estimé de 2017 qui était de 14 650 t (12 134 à 17 534 t) (tableau 4).

En 2018, les concentrations locales des crabes de taille commerciale ont été observées au banc Bradelle, dans la baie des Chaleurs, dans la vallée de Shediac, dans les parties centrale et sud du canal des Iles-de-la-Madeleine et dans la partie sud-est du sgSL (figure 7).

Par condition de carapace dans le relevé de 2018, les crabes de taille commerciale étaient composés de 72,6 % de recrutement à la pêcherie (conditions de carapace 1 et 2) et 27,4 % de biomasse résiduelle (conditions de carapace 3, 4 et 5), (tableau 5). Pour les autres séparations par condition de carapace, la biomasse résiduelle est composée de 23,8 % de crabes de taille commerciale de condition de carapace 3, 3,1 % de crabes avec condition de carapace 4 et 0,5 % de crabes avec condition de carapace 5 (tableau 5). Ceci suggère que la composition des crabes mâles de taille commerciale en 2018 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 2019 (47 700 t; I.C. de 95 % de 33 800 à 64 880 t) selon le modèle Bayésien et la biomasse du recrutement observée à partir du relevé de 2018 (59 609 t; 51 755 à 68 310 t) indique le recrutement estimé pour la pêche de 2019 est à l'intérieur des limites de la gamme des intervalles de crédibilité (95 %) de la valeur prédite (tableau 6; figure 8). 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 9. 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 (figure 10). En 2018, la proportion des crabes sauts de mue plus grand de 83 mm de LC a été de 33,8 % alors qu'il était de 52,6 % en 2015 (figure 10). 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 2018 a révélé une biomasse commerciale dans la zone 12 de 68 593 t (60 344 à 78 439 t) (tableau 7). Cet estimé correspond à 84,9 % de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion.

4.1.2.2. Zone 19

Le relevé au chalut post-saison de 2018 a révélé une biomasse commerciale de 6 825 t (4 955 à 9 173 t) (tableau 7). Cet estimé correspond à 8,5 % de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion.

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 2018 dans la zone 12E a été estimée à 425 t (21 à 2 155 t) (tableau 7). Cet estimé correspond à 0,5 % de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion.

Dans la zone 12F, la biomasse commerciale du relevé de 2018 a été estimée à 3 883 t (2 452 à 5 855 t) (tableau 7). Cet estimé correspond à 4,8 % de la somme des biomasses estimées dans les quatre zones de gestion.

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 (figure 4) était de 214 t (11 à 1 074 t) (tableau 7). La biomasse commerciale dans la zone tampon B (zone tampon de largeur de 2 milles nautique) adjacent à la zone 19 et 12F (figure 4)

a été estimée à 234 t (84 à 523 t) (tableau 7). La biomasse commerciale dans la zone tampon C (zone tampon de 5 milles nautiques) située au sud de la zone 19 (figure 4) était de 255 t (35 à 923 t) (tableau 7).

La somme des estimés de la biomasse commerciale dans les zones de gestion et des zones tampons et la zone non-assignée en 2018 était de 80 789 t, très près de l'estimé de la biomasse commerciale du sgSL, 80 746 (tableau 7).

4.1.3. Taux d'exploitation

Le taux d'exploitation en 2018 était de 36,9 % (tableau 8; figure 11). Les taux d'exploitation ont varié entre 21,0 % et 44,7 % de 1998 à 2018.

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

Le taux de mortalité totale annuelle, exprimée en proportion des crabes mâles adultes de taille commerciale dans le sgSL a été estimée à 67,4 % en 2018 et a varié entre 46,1 % et 85,1 % entre 1997 et 2018, excepté pour 2011 alors qu'elle a été estimée à 11,3 % (figure 11).

Sur la série temporelle (1997 à 2018), la biomasse commerciale d'après le relevé au chalut était en moyenne 29,5 % plus grande que la somme de la biomasse résiduelle et des débarquements de l'année suivante (figure 12). 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 30,5 % en 2018 (figure 12).

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 (figure 13). De 2010 à 2018, l'abondance de tous les mâles adultes a augmenté à des niveaux comparables à ceux de la période de 1999-2005 (figure 13). L'abondance des femelles matures (primipares et multipares) en 2018 est demeurée élevée par rapport aux faibles valeurs observées entre 2006 et 2009 (figure 14). Sur la série chronologique, la taille moyenne annuelle des femelles matures a varié entre 56,8 mm en 2018 et 61,7 mm LC en 2005 (figure 15).

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 conformément 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 41 300 t de mâles adultes de taille commerciale de toutes conditions de carapace, ce qui représente 80 % de la biomasse de rendement maximal durable (B_{RMD}) avec un estimation provisoire de B_{RMD} choisi correspondant à 50 % de la biomasse commerciale maximale pour la période de 1997 à 2008 (tableau 8; figure 16). La valeur révisée de B_{lim} est de 10 000 t (tableau 8; figure 16). 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 34,3 % (tableau 8; figure 16), 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 2008 (MPO 2010a).

5.1. ANALYSE DE RISQUE DES OPTIONS DE CAPTURE POUR 2019

L'estimation de la biomasse commerciale dans le sgSL disponible pour la pêche de 2019 est de 80 746 t (70 984 à 91 467 t, tableau 4), qui se situe dans la zone de santé du cadre de l'approche de précaution (figure 16).

Le recrutement prévu des crabes adultes de taille commerciale dans la pêche de 2019 basé selon le modèle Bayésien sur les prérecrues (Surette et Wade 2006; Wade *et al.* 2014) en utilisant les données du relevé de 2018 est de 49 820 t (33 790 à 70 970 t), (tableau 6; figure 17).

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, figure 18) 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 sgSL. La règle de décision auquel est attribué l'estimation de la biomasse commerciale correspondante de 80 746 t provenant du relevé de 2018 donne un taux d'exploitation de 40,9 % et un TAC correspondant de 33 025 t pour la pêche de 2019 (figure 18).

Une analyse de risques a été effectuée pour le TAC issu de la règle de décision et pour divers niveaux de capture en 2019 (tableau 9, figure 19). 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 9, figure 19). L'analyse de risques fournit aussi les prédictions de la biomasse commerciale au relevé de 2019 en assumant que le niveau de capture correspondant est pris en 2019. À la valeur de TAC de 33 025 t issue de la règle de décision pour la pêche de 2019, la biomasse commerciale prédite au relevé effectué après la pêche de 2019 et pour la pêche de 2020 est de 83 850 t, avec intervalle de confiance de 95 % de 72 820 à 94 870 t (tableau 9), au même niveau comparativement à celle du relevé de 2018. Une analyse de risque de différentes options de capture par rapport aux objectifs de gestion pour la pêche de 2019 est résumée au tableau 9.

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 sur deux ans de la biomasse commerciale, nous utilisons un taux de survie projeté de 0,71 calculé selon 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.

5.2. PRONOSTIC

Le recrutement à la pêche et la biomasse commerciale (en tenant compte de l'application de la règle de décision à un taux d'exploitation de 40,9 % lors de la pêche de 2019) sont prévus d'être 49 820 t (33 790 à 70 970 t, tableau 6) et 83 850 t (72 820 à 94 870 t, tableau 9), respectivement pour la pêche de 2020. Des petites vagues de petits mâles adolescents de LC entre 11 et 17 mm et entre 17 et 25 mm ont été observées dans le relevé de 2018 (figure 20). L'abondance des mâles avec une LC entre 34 et 44 mm en 2018, qui seront de taille commerciale dans 6 ans, est demeurée au même niveau qu'en 2017 (figure 21). L'abondance des prérecrues ≥ 56 mm LC (R-4, R-3, R-2) est demeurée élevée en 2018 (tableau 6). Ces prérecrues ≥ 56 mm LC en 2018 ont été surtout observés dans la baie des Chaleurs, dans la vallée de Shediac, sur le banc Bradelle et dans la partie sud-est du sgSL (figure 22).

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. 14 et 23). L'abondance des femelles matures est demeurée élevée en 2018 par rapport aux faibles valeurs observées entre 2006 et 2009 (figs. 14 et 23).

5.3. RELEVÉ MULTI-ESPÈCE AU CHALUT DE FOND DE SEPTEMBRE

L'indice du relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre montre des tendances généralement semblables de la biomasse (à l'intérieur des marges de précisions des estimations des relevés) des crabes adultes de taille commerciale entre 2001 et 2018 (figure 23), tout comme les estimations de biomasses commerciales provenant du relevé dédié au crabe des neiges (figure 12). L'indice du relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre indique une diminution de 8,1 % de la biomasse commerciale de crabe des neiges mâles adultes de taille commerciale en 2018 (figure 24), alors que le relevé sur le crabe des neiges indique une augmentation de 22,8% (figure 12). Des ajustements sur l'indice du relevé multi-espèce de septembre sont nécessaires afin de tenir compte de la surface balayée couverte par le chalut Western IIA. Les changements dans l'indice du relevé multi-espèce de septembre pourraient ne pas refléter précisément les changements dans l'état de stock si il y a des différences significatives au niveau de la surface moyenne annuelle balayée du chalut qui pourrait résulter à différentes capturabilités du bateau du relevé.

6.0. INCERTITUDES

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

Un certain nombre de modifications aux protocoles du relevé ont affaibli l'hypothèse d'homogénéité de la série temporelle de la biomasse.

Quatre 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, et
 - le “Jean-Mathieu” en 2013, un chalutier en acier de 65 pieds avec une puissance de 720 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 suivi du chalut (Moriyasu *et al.* 2008). Cependant d'autres facteurs peuvent contribuer à la variabilité dans la capturabilité entre les bateaux, mais aucune étude comparative n'a été effectuée. Une comparaison statistique préliminaire entre les données du relevé du crabe des neiges et celui du relevé multi-espèces de septembre suggère que les bateaux ont différentes capturabilités pouvant altérer notre perception de la dynamique des stocks (Benoît et Cadigan 2013). Des travaux sont en cours pour raffiner les estimations de la capturabilité relative des bateaux.

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.

Un examen cadre des méthodes d'évaluation du stock de crabe des neiges tenu en novembre 2011 a adressé ces préoccupations tout comme sur les changements au plan d'échantillonnage du relevé. Suite à cette revue, il a été conclu que la série temporelle de biomasse commerciale depuis 1997 était suffisamment cohérente pour les besoins de l'évaluation de l'état du stock de crabe des neiges et fournir des avis pour la pêche. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si la série temporelle d'estimations de biomasse pour les années 1989 à 1996, pour laquelle la couverture du relevé était moins grande que celle effectuée depuis 1997, pourrait servir pour les besoins de l'évaluation.

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 est complexe. 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 crabes sauts de mue est fortement et directement corrélée à la largeur de carapace, 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 crabes 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 influencer 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 3°C, 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 5°C) que celles dans la zone 12 (-1 à 2°C). Les températures de fond dans la zone 19 sont typiquement de 1 à 2°C plus élevées que celles observées dans les pêcheries traditionnelles du crabe des neiges de la zone 12 (Chassé et Pettipas 2009).

En septembre 2018, 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 portion nord de la zone 12, et dans la zone 19 (figure 25). Toutefois, les eaux de fond dans la partie sud de la zone 12, dans les zones 12E et 12F et la partie nord-ouest du sGSL (chenaux reliant la pente du chenal Laurentien au plateau madelinien) 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 (figure 25). Il y a une bande d'eaux de fond plus froide que la normale dans la partie sud-ouest de la zone 12 qui s'étendait de l'île de Miscou vers les entrées est et ouest du détroit de Northumberland, y compris la baie St. Georges (figure 25).

La plupart des lieux de pêche au crabe des neiges dans la partie nord de la zone 12 affichaient des températures semblables, ou légèrement plus froide, en 2018, par rapport à 2017, à l'exception de l'embouchure de la baie des Chaleurs où les températures près du fond ont été plus froides en 2018 (figure 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 (figure 25). Les températures des eaux près du fond dans la zone 19 en 2018 ont été semblables à celles de 2017. Les zones 12E et 12F avaient tendance à avoir des températures du fond plus froides qu'en 2017 (figure 25).

L'indice de l'habitat thermique (la zone du fond couvert par des températures d'eau entre -1 et 3°C) dans le sud du golfe était juste en-dessous de la moyenne de 1981 à 2010 (1% en dessous) en 2018 et a diminué de 5% par rapport à 2017 et était semblable à la valeur de 2016 (figure 26). En 2018, la température moyenne près du fond (1,2 °C) à l'intérieur de l'indice de l'habitat du crabe des neiges (-1 à 3°C) a augmenté d'environ 0,3°C par rapport à 2017 (0,9 °C, figure 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 (figure 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) et B. Pettipas (MPO, Région des Maritimes) pour les informations sur les conditions océanographiques en 2018. Les auteurs aimeraient aussi remercier R. Allain et R. Cormier pour leur assistance dans la collecte, l'entrée et la vérification des données.

8.0. RÉFÉRENCES CITÉES

- Allain, R., Surette, T., Landry, J.-F., Boudreau, S., Hébert, M., et Moriyasu, M. 2020. Sommaire des relevés au chalut de fond du crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent pour les années 2017 et 2018. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/071. x + 66 p.
- 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. 2013. [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.
- Chassé, J., and Pettipas, R.G. 2009. [Temperature Conditions in the southern Gulf of St. Lawrence during 2008 relevant to snow crab](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/087.
- 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., Mullaney 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. Longevity 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 du stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent (zones 12, 19, 12E et 12F) en 2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2012/080.
- 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. Adv. 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 2012/23.
- MPO. 2012b. [Points de référence révisés tenant compte des changements de la surface d'estimation de l'unité biologique du crabe des neiges du sud du golfe du Saint-Laurent](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/002.
- MPO. 2014. [Évaluation des règles de décision pour la pêche au crabe des neiges dans le sud du golfe du Saint-Laurent pour leur conformité au cadre de l'approche de précaution](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/007.
- 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.
-

-
- Stoner, A.W., Rose, C.S., Munk, J.E., Hammond, C.F., and Davis, M.W. 2008. An assessment of discard mortality for two Alaskan crab species, Tanner crab (*Chionoecetes bairdi*) and snow crab (*C. opilio*), based on reflex impairment. *Fish. Bull.* 106: 337-347.
- 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.
- 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.

9.0 TABLEAUX

Table 1. Probabilité d'identifier correctement les conditions de carapace (CC) 1 ou 2 (recrutement à la pêche) en se basant sur un colorimètre pris sur des échantillons de crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, selon la semaine dans les relevés au chalut de 2017 et 2018.

Année	Semaine	Probabilité d'identifier correctement les conditions de carapace (CC) 1 ou 2			
		CC1	CC2	CC3	CC4 et 5
2017	1	1,00	0,98	0,00	0,00
2017	2	1,00	0,98	0,00	0,00
2017	3	1,00	0,98	0,00	0,00
2017	4	0,99	0,99	0,00	0,00
2017	5	0,99	0,85	0,00	0,00
2017	6	0,99	0,59	0,00	0,00
2017	7	0,99	0,92	0,00	0,00
2017	8	0,99	0,98	0,00	0,00
2017	9	0,99	0,99	0,00	0,00
2017	10	0,99	0,99	0,00	0,00
2017	11	0,99	0,99	0,00	0,00
2018	1	0,97	0,33	0,01	0,00
2018	2	0,98	0,20	0,00	0,00
2018	3	0,98	0,02	0,00	0,00
2018	4	0,99	0,04	0,00	0,00
2018	5	0,99	0,02	0,00	0,00
2018	6	0,99	0,11	0,00	0,00
2018	7	0,98	0,40	0,00	0,00
2018	8	0,99	0,04	0,00	0,00
2018	9	0,99	0,60	0,01	0,00

Table 2. Différences dans le polygone du krigeage (original versus révisé) avec les ajustements effectués en 2018.

Golfe (polygone du relevé)	Original (km ²)	Révisé (km ²)	Différence
Zone 12	57 840	57 842,8	+0,005%
Zone 19	48 028	48 074,6	+0,097%
Zone 12E	3 833	3 813,2	-0,517%
Zone 12F	2 443	2 436,9	-0,250%
Zone non-assignée (12E et 12F)	2 438	2 426,8	-0,459%
Zone tampon zones 19 et 12F	674	667,9	-0,905%
Zone tampon zones 12 et 19	112	134,2	+19,821%
Golfe (polygone du relevé)	310	289,1	-6,742%
Total	57 838	57 842,7	+0,008%

Table 3. Différences dans les estimés de biomasse (t, moyenne et 95% intervalle de confiance en parenthèse) de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) pour les mâles adultes de taille commerciale entre le polygone révisé avec le variogramme corrigé et le polygone original dans le sud du golfe du Saint-Laurent par krigeage à partir des données du relevé au chalut de 1997 à 2018.

Année du relevé	Biomasse commerciale révisée (t)	Biomasse commerciale originale (t)	Différence (t)
1997	64 518 (54 105-76 345)	65 310 (54 801-77 239)	791
1998	57 813 (45 856-71 931)	57 595 (45 630-71 735)	-218
1999	56 757 (47 641-67 102)	57 051 (47 946-67 376)	294
2000	50,621 (41 843-60 692)	49,823 (40 473-60 682)	-798
2001	60 328 (49 851-72 351)	59 150 (47 740-72 460)	-1 178
2002	79 228 (67 983-91 791)	79 559 (66 688-94 181)	331
2003	84 448 (73 486-96 574)	84 423 (71 964-98 410)	-25
2004	103 146 (92 426-114 758)	103 429 (91 029-117 036)	283
2005	82 565 (73 514-92 415)	82 537 (73 487-92 387)	-28
2006	73 645 (65 681-82 302)	74 285 (66 192-83 087)	640
2007	66 371 (59 971-73 264)	66 660 (60 183-73 638)	289
2008	52 921 (47 167-59 178)	52 564 (46 658-59 006)	-357
2009	31 015 (27 519-34 829)	30 920 (27 237-34 959)	-95
2010	35 929 (32 049-40 147)	35 795 (31 681-40 291)	-134
2011	62 841 (55 985-70 299)	63 162 (55 965-71 022)	321
2012	74 778 (64 881-85 748)	74 997 (65 822-85 086)	219
2013	66 709 (54 294-81 108)	65 868 (56 283-76 610)	-841
2014	67 990 (59 802-76 978)	67 534 (60 994-74 579)	-456
2015	58 927 (51 368-67 278)	58 808 (52 754-65 466)	-119
2016	98 394 (87 150-110 677)	99 145 (87 749-111 600)	751
2017	65 738 (57 221-75 157)	66 021 (57 456-75 495)	283
Différence moyenne (%)	na	na	-2,238 %

Tableau 4. 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 2018. 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 (t)	Biomasse de recrutement (t)	Biomasse résiduelle (t)
1997	64 518 (54 105 à 76 345)	37 910 (30 911 à 46 018)	27 688 (21 982 à 34 422)
1998	57 813 (45 856 à 71 931)	30 603 (22 695 à 40 384)	28 295 (21 497 à 36 566)
1999	56 757 (47 641 à 67 102)	26 015 (20 709 à 32 265)	31 177 (25 044 à 38 356)
2000	50 621 (41 843 à 60 692)	40 734 (33 592 à 48 942)	9 979 (6 987 à 13 827)
2001	60 328 (49 851 à 72 351)	42 358 (33 800 à 52 422)	17 612 (13 853 à 22 077)
2002	79 228 (67 983 à 91 791)	66 076 (55 416 à 78 180)	13 060 (10 793 à 15 662)
2003	84 448 (73 486 à 96 574)	58 270 (50 270 à 67 175)	26 993 (22 124 à 32 613)
2004	103 146 (92 426 à 114 758)	83 764 (74 392 à 93 981)	21 259 (17 343 à 25 794)
2005	82 565 (73 514 à 92 415)	59 939 (53 551 à 66 870)	23 496 (18 902 à 28 868)
2006	73 645 (65 681 à 82 302)	54 541 (48 235 à 61 438)	19 621 (16 697 à 22 907)
2007	66 371 (59 971 à 73 264)	40 048 (35 286 à 45 269)	26 829 (23 232 à 30 821)
2008	52 921 (47 167 à 59 178)	32 241 (27 929 à 37 027)	20 981 (17 989 à 24 327)
2009	31 015 (27 519 à 34 829)	20 618 (17 747 à 23 818)	10 454 (8 687 à 12 474)
2010	35 929 (32 049 à 40 147)	20 477 (17 815 à 23 423)	15 490 (13 022 à 18 289)
2011	62 841 (55 985 à 70 299)	29 643 (25 676 à 34 045)	33 679 (28 430 à 39 613)
2012	74 778 (64 881 à 85 748)	49 010 (40 382 à 58 931)	25 615 (21 607 à 30 147)
2013	66 709 (54 294 à 81 108)	39 988 (31 504 à 50 055)	27 092 (22 041 à 32 952)
2014	67 990 (59 802 à 76 978)	44 285 (37 440 à 52 014)	23 863 (20 356 à 27 799)
2015	58 927 (51 368 à 67 278)	34 982 (29 145 à 41 643)	24 106 (20 290 à 28 429)
2016	98 394 (87 150 à 110 677)	74 124 (64 811 à 84 392)	24 309 (20 876 à 28 143)
2017	65 738 (57 221 à 75 157)	51 127 (43 976 à 59 103)	14 650 (12 134 à 17 534)
2018	80 746 (70 984 à 91 467)	59 609 (51 755 à 68 310)	21 432 (17 271 à 26 291)

Tableau 5. 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) à partir des données du relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2018.

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

Tableau 6. Données servant à l'analyse de risque : estimation de l'abondance (nombre par 10⁶) 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
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

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					
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	nd	nd	nd	nd	49 820 (33 790 à 70 970)	nd	nd	0,71

Tableau 7. Estimation de la biomasse commerciale (t, moyenne et intervalles de confiance de 95%) du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) en 2018 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	80 746	70 984 à 91 467
Zone 12	48 074	68 953	60 344 à 78 439
Zone 19	3 813	6 825	4 955 à 9 173
Zone 12E	2 436,9	425	21 à 2 155
Zone 12F	2 426,8	3 883	2 452 à 5 855
Somme des zones de gestion	56 742	80 086	nd
Zone non-assignée au-dessus de 12E (A)	667,9	214	11 à 1 074
Zone tampon 19/12F (B)	134,2	234	84 à 523
Zone tampon 12/19 (C)	289,5	255	35 à 923
Somme totale	57 842,7	80 789	nd

Tableau 8. 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 2018.

Année de la pêche	Débarquements (t)	Sud du golfe du Saint-Laurent		
		Biomasse (t) commerciale estimée du relevé de l'année - 1	Biomasse (t) 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	nd	80 746 (70 984 à 91 467)	21 432 (17 270 à 26 291)	nd

Tableau 9. 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 (B_{lim}), et que la biomasse totale des mâles adultes de taille commerciale soit au-dessus du point de référence du niveau supérieur du stock (B_{NRS}) pour divers niveaux de capture pour la saison de pêche de 2019. En caractère gras est l'option de capture (taux d'exploitation de 40,9% appliqué sur la biomasse commerciale de 80 746 t) selon la règle de décision acceptée de l'approche de précaution (variante 4, MPO 2014).

Niveaux de capture (t) en 2019	Probabilité de la biomasse des crabes adultes de taille commerciale à carapace dure soit		
	< B_{lim} (10 000 t)	≥ B_{NRS} (41 300 t)	Biomasse commerciale prédite pour 2020 (t)
30 000	0	1	86 880 (75 840 à 97 900)
31 000	0	1	85 880 (74 840 à 96 900)
32 000	0	1	84 880 (73 840 à 95 900)
33 000	0	1	83 880 (72 840 à 94 900)
33 025	0	1	83 850 (72 820 à 94 870)
34 000	0	1	82 880 (71 840 à 93 900)
35 000	0	1	81 880 (70 840 à 92 900)
36 000	0	1	80 880 (69 840 à 91 900)
37 000	0	1	79 880 (68 840 à 90 900)
38 000	0	1	78 880 (67 840 à 89 900)
39 000	0	1	77 880 (66 840 à 88 900)
40 000	0	1	76 880 (65 840 à 87 900)
41 000	0	1	75 880 (64 840 à 86 900)
42 000	0,1	1	74 880 (63 840 à 85 900)
43 000	0,1	1	73 880 (62 840 à 84 900)
44 000	0,2	1	72 880 (61 840 à 83 900)
45 000	0,3	1	71 880 (60 840 à 82 900)
46 000	0,4	1	70 880 (59,840 à 81 900)
47 326	0,5	1	69 550 (58 510 à 80 570)
75 518	1	0,5	41 360 (30 320 à 52 380)

10.0 FIGURES

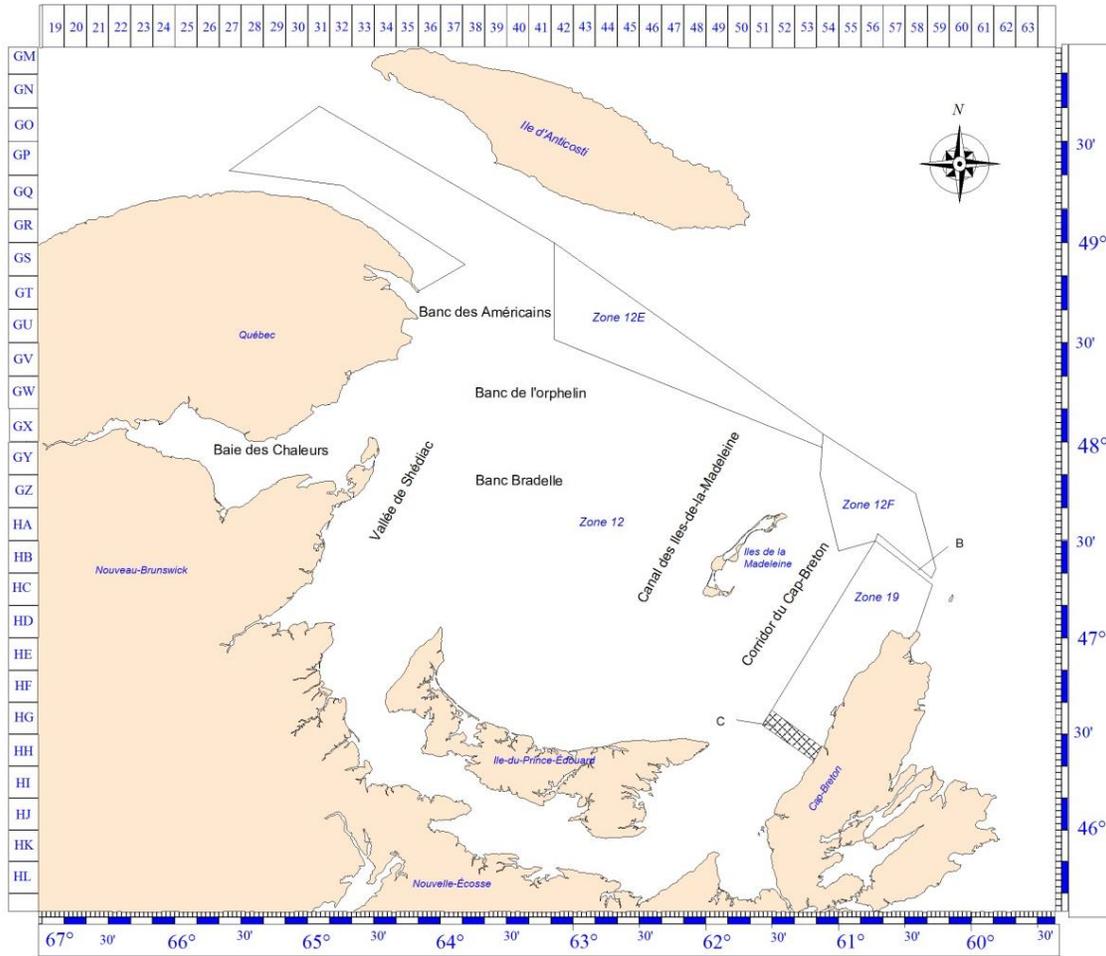


Figure 1. Carte du sud du golfe du Saint-Laurent montrant les zones de pêche du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*), les lieux des fonds de pêche, et les zones tampons de gestion (étiquetées B et C, régions ombragées).

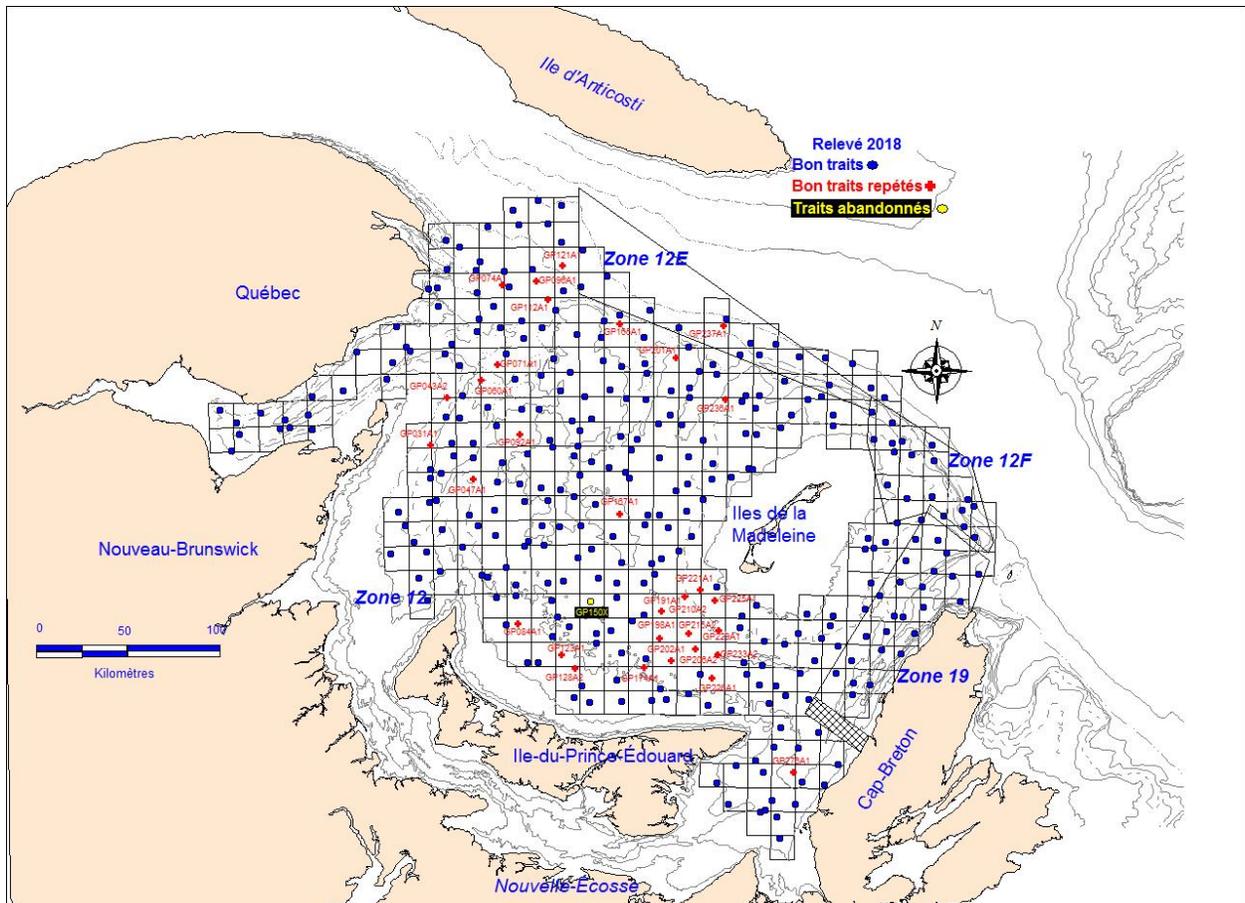


Figure 2. Positions des stations du relevé au chalut au crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) à l'intérieur du polygone d'estimation de 57 842,8 km² dans le sud du golfe du Saint-Laurent en 2019. Les points bleus sont des traits qui ont été réussis, les points rouges sont des traits qui ont été répétés et réussis et les points jaunes sont des traits qui ont été abandonnés.

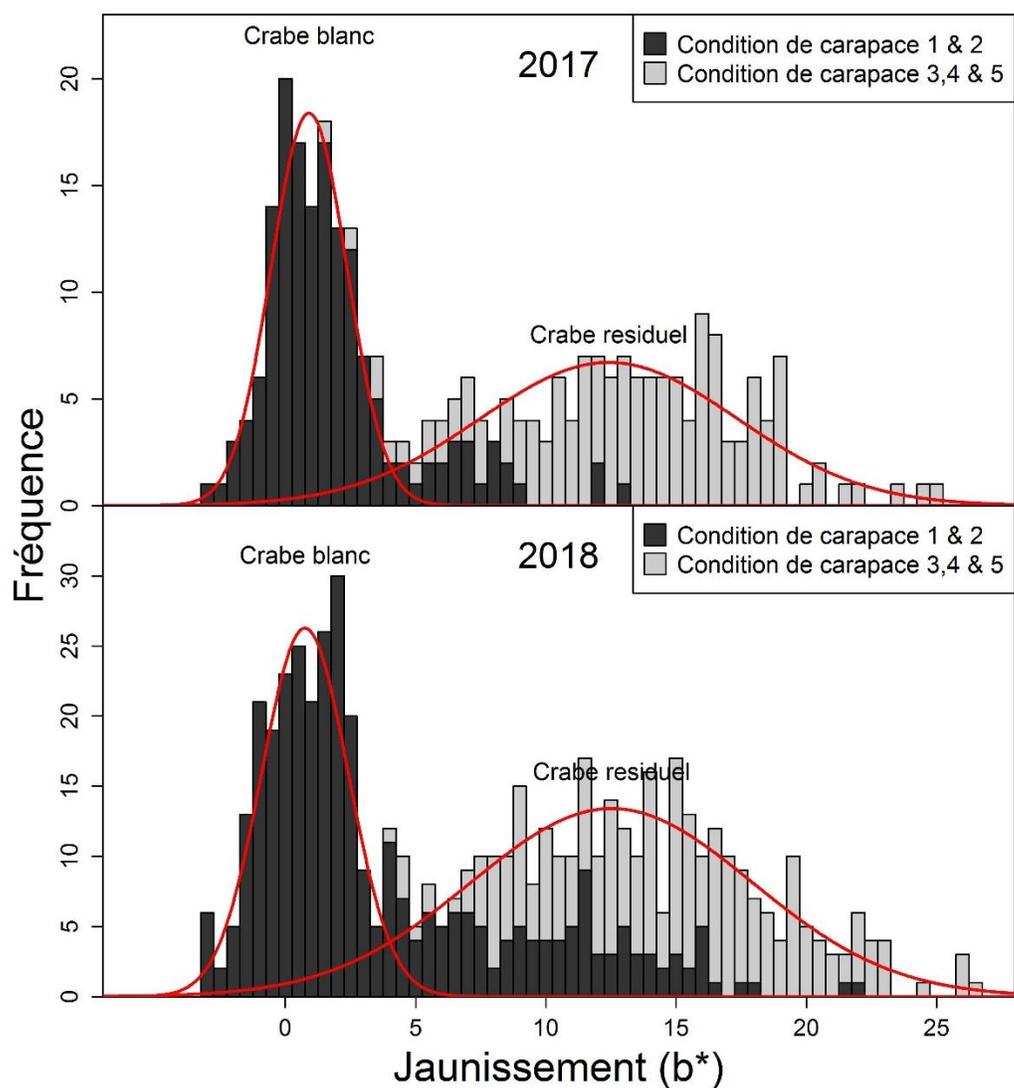


Figure 3. Histogramme de fréquence des valeurs des mesures de jaunâtre (valeurs de b^*) prises à partir d'un colorimètre sur la partie inférieure à l'intérieur de la pince durant les relevés en août 2017 (panneau en haut) et 2018 (panneau en bas). Les lignes rouges montrent l'ajustement des composantes des crabes avec une nouvelle carapace (i.e. couleur blanchâtre) et des crabes avec une vieille carapace (couleur jaunâtre) du modèle mixte. Pour fin de comparaison, les barres sont colorés selon la classification de la condition de la carapace.

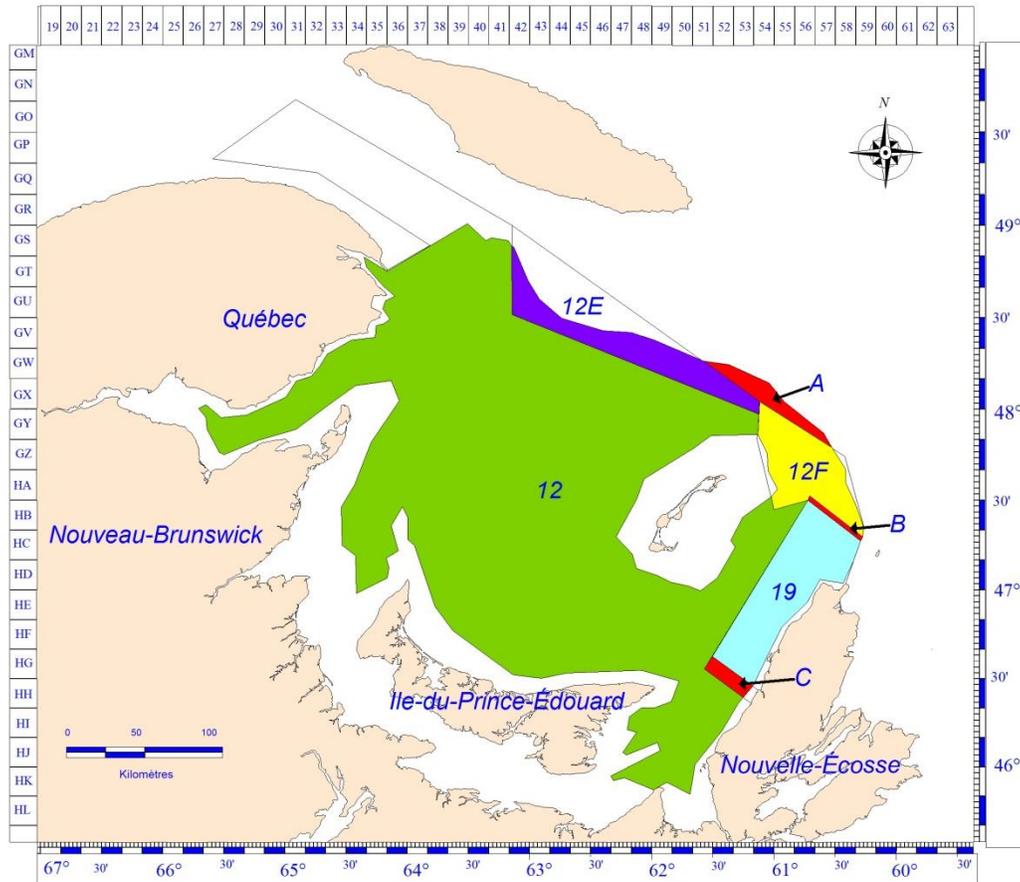


Figure 4. Le polygone d'estimation de 57 842,8 km² utilisé pour l'évaluation de stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) en 2018 dans le sud du golfe du Saint-Laurent (toutes les régions colorées) et les polygones d'estimation correspondants pour les quatre zones de pêche (12, 12E, 12F et 19). La zone non-assignée au nord des zones 12E et 12F (étiquetée A) et les zones tampons (étiquetées B et C) sont aussi indiquées.

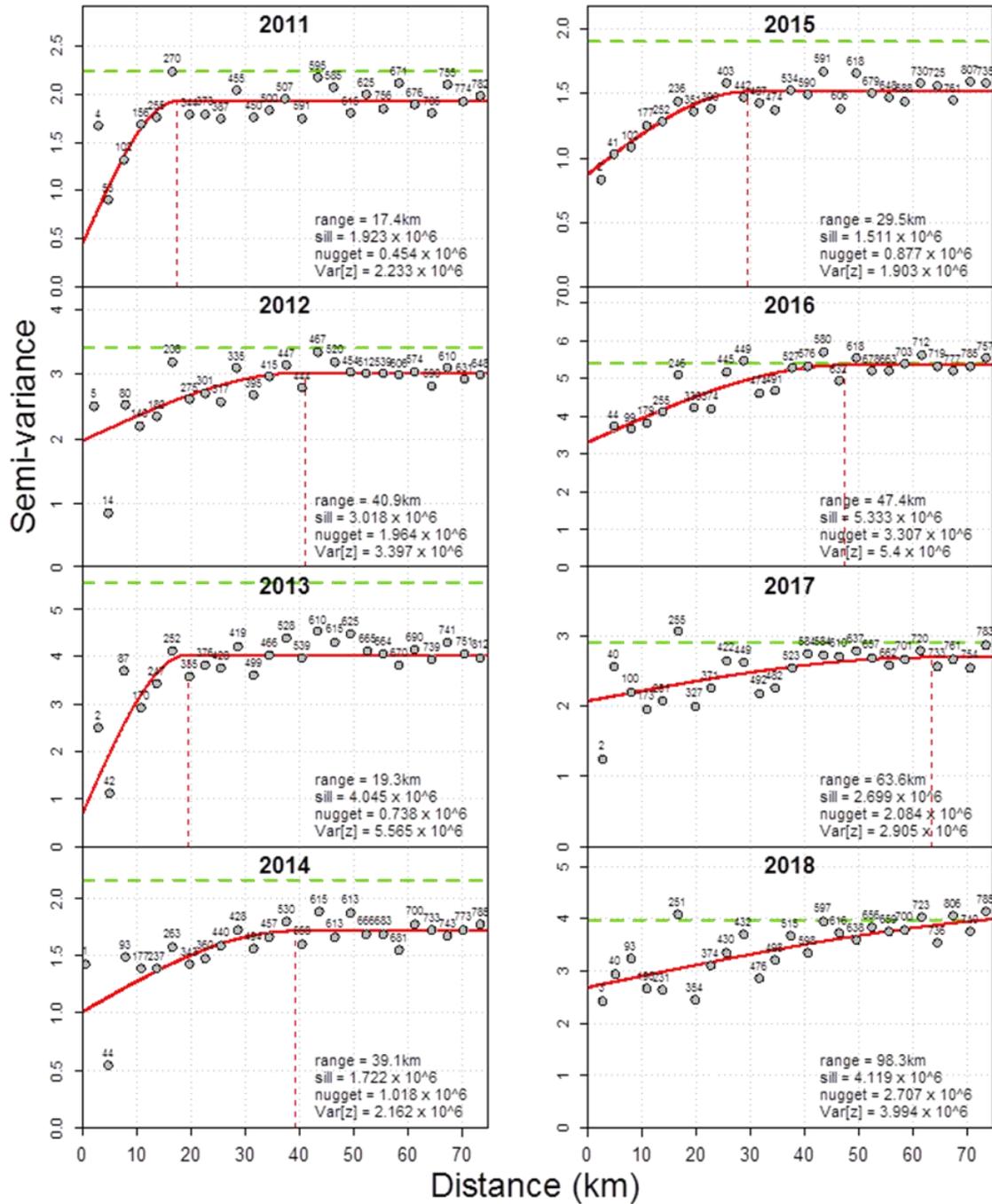


Figure 5. Modèles de variogrammes avec moyenne mobile sur trois ans pour les crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2011 à 2018. Indiqué est le nombre de paires d'observations utilisé dans le calcul de la semi-variance selon 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 pépité sur l'axe des y. La ligne verte pointillée indique la variance sur l'axe des y.

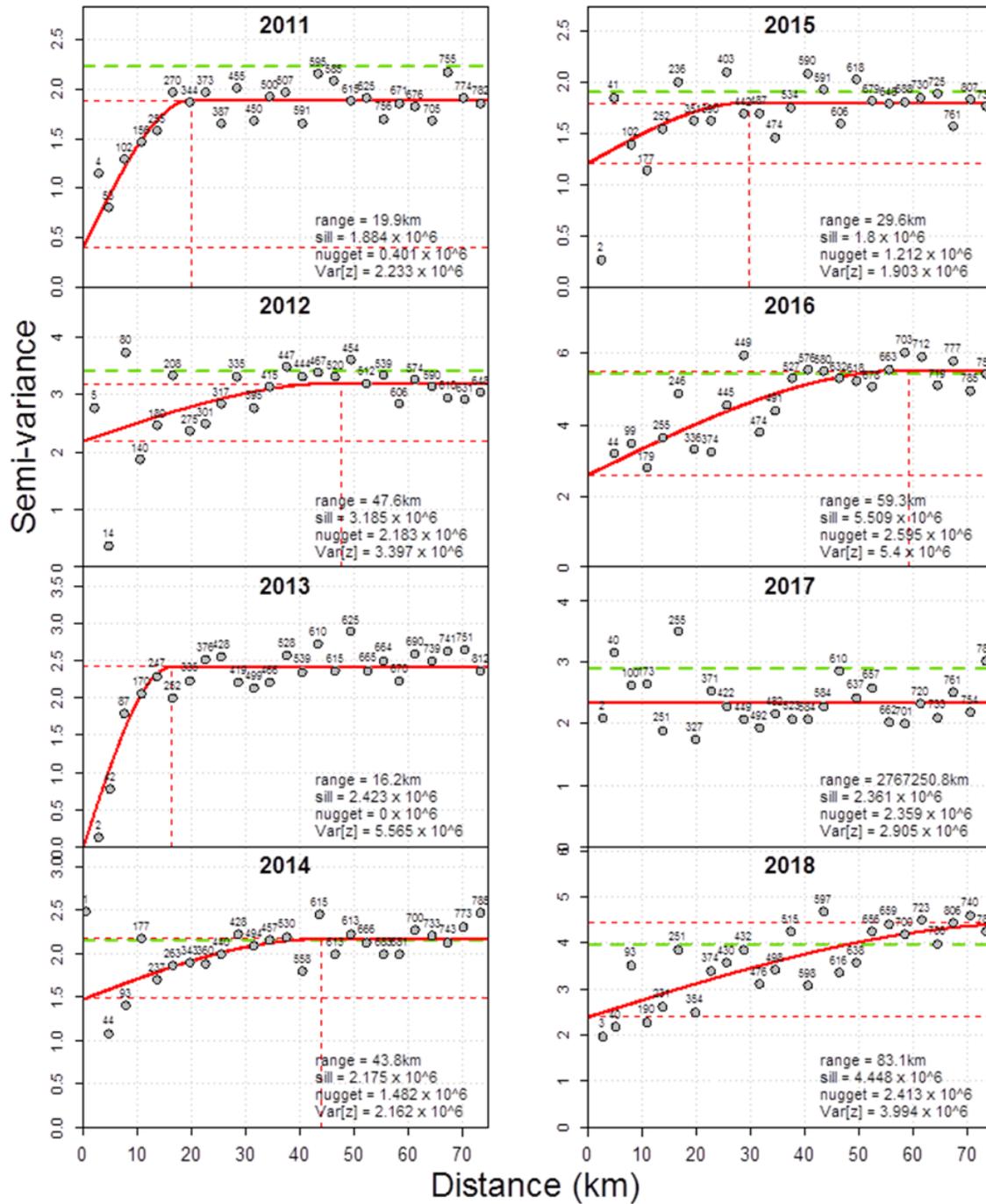


Figure 6. Modèles de variogrammes annuels pour les crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2011 à 2018. Indiqué est le nombre de paires d'observations utilisé dans le calcul de la semi-variance selon les distances décalées. 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.

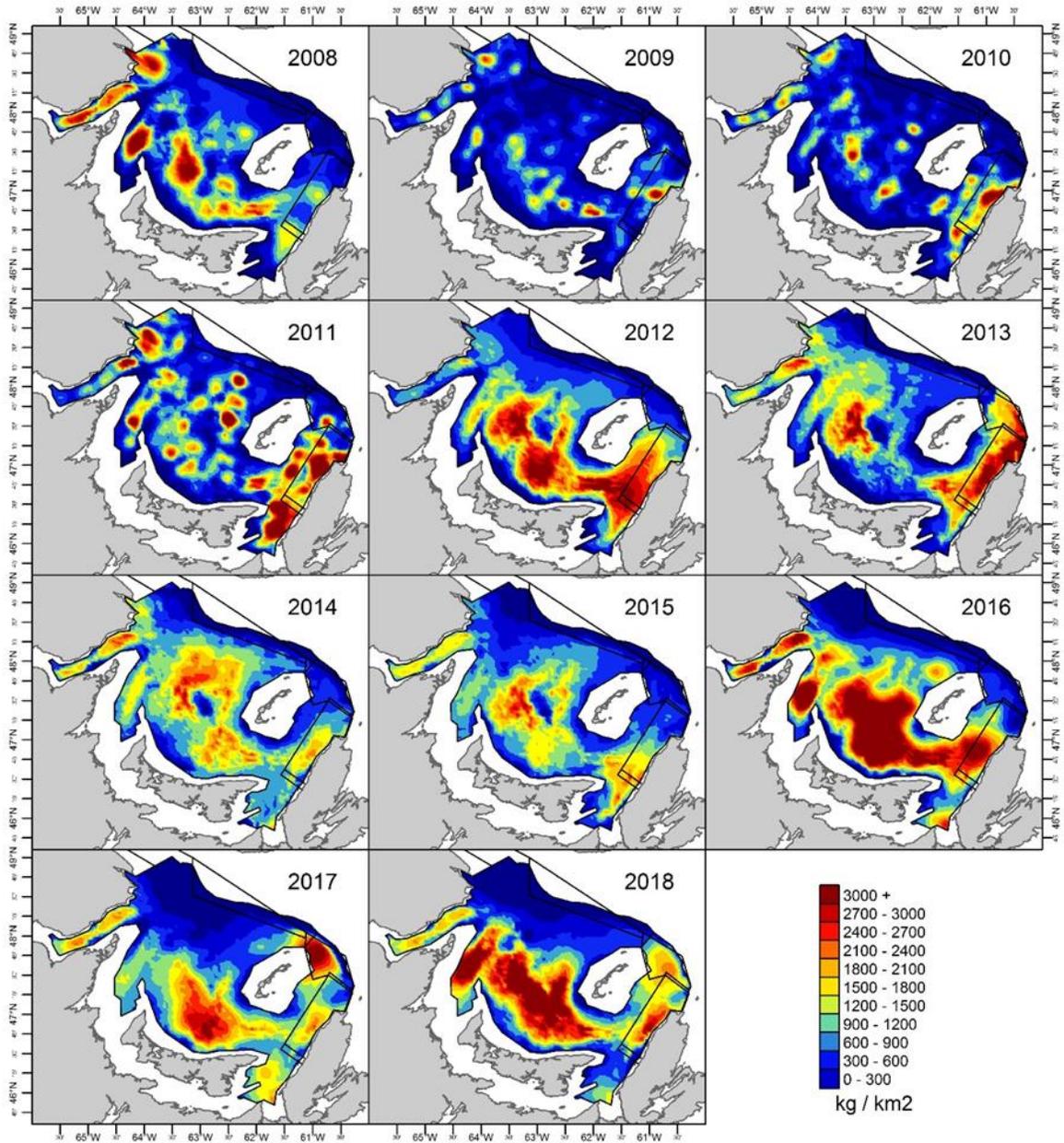


Figure 7. Contours de densités (kg par km²) de crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) adultes mâles de taille commerciale (≥ 95 mm de largeur de carapace) à partir des données des relevés au chalut effectués dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2008 à 2018.

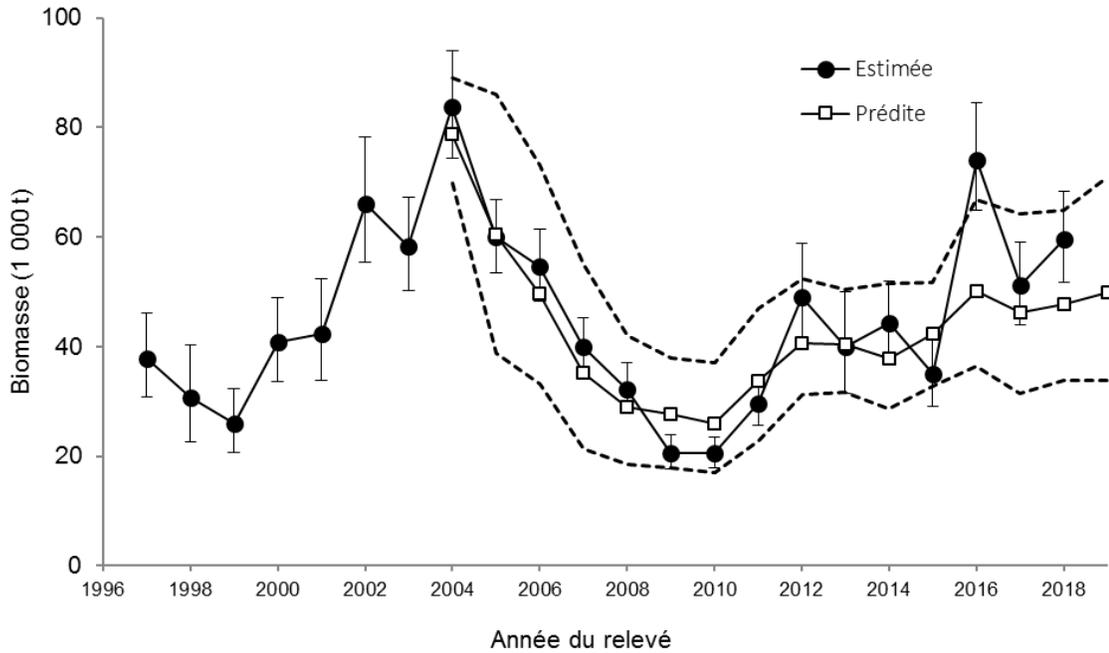


Figure 8. Comparaison entre le recrutement ($R-1$) observé (moyenne avec intervalle de confiance de 95 %) et prédit (moyenne avec intervalle de confiance de 95 %) du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâle selon le modèle Bayésien en se basant sur les pré-recrues (Surette et Wade 2006 ; Wade et al. 2014).

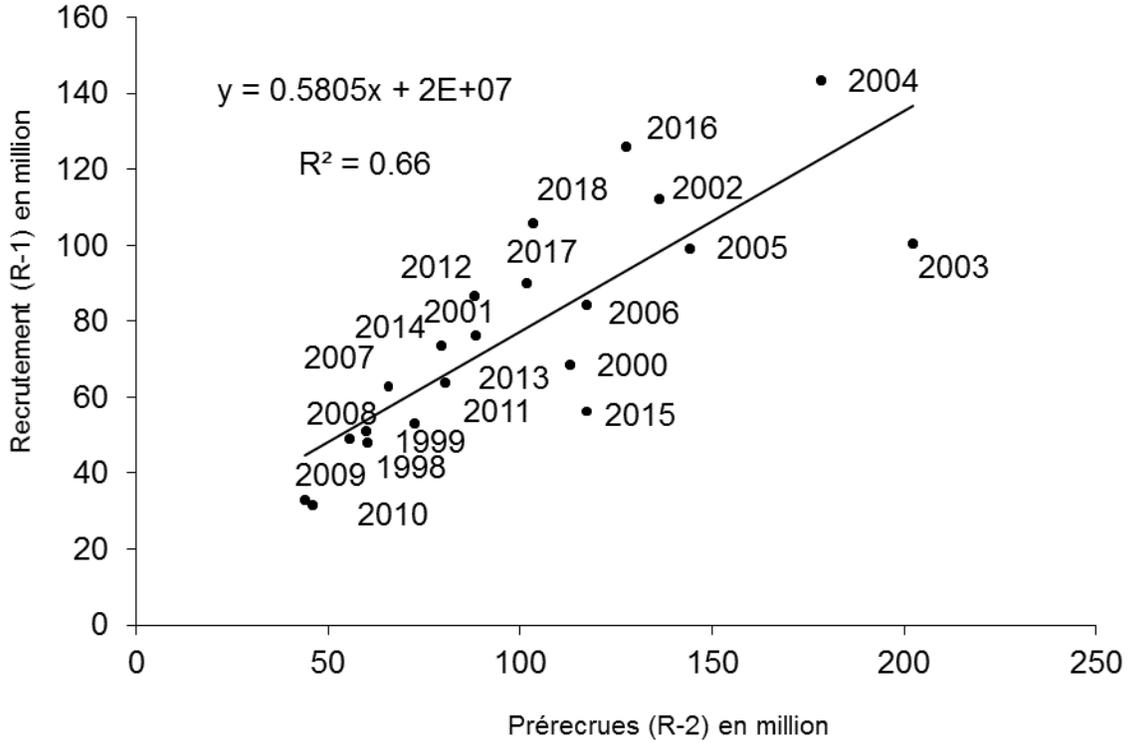


Figure 9. Relation entre l'estimé de l'abondance des prérecrues R-2 à l'année t et de l'estimé de l'abondance du recrutement à la pêcherie (R-1) à l'année t + 1 provenant des données du relevé au chalut pour l'évaluation de stock de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

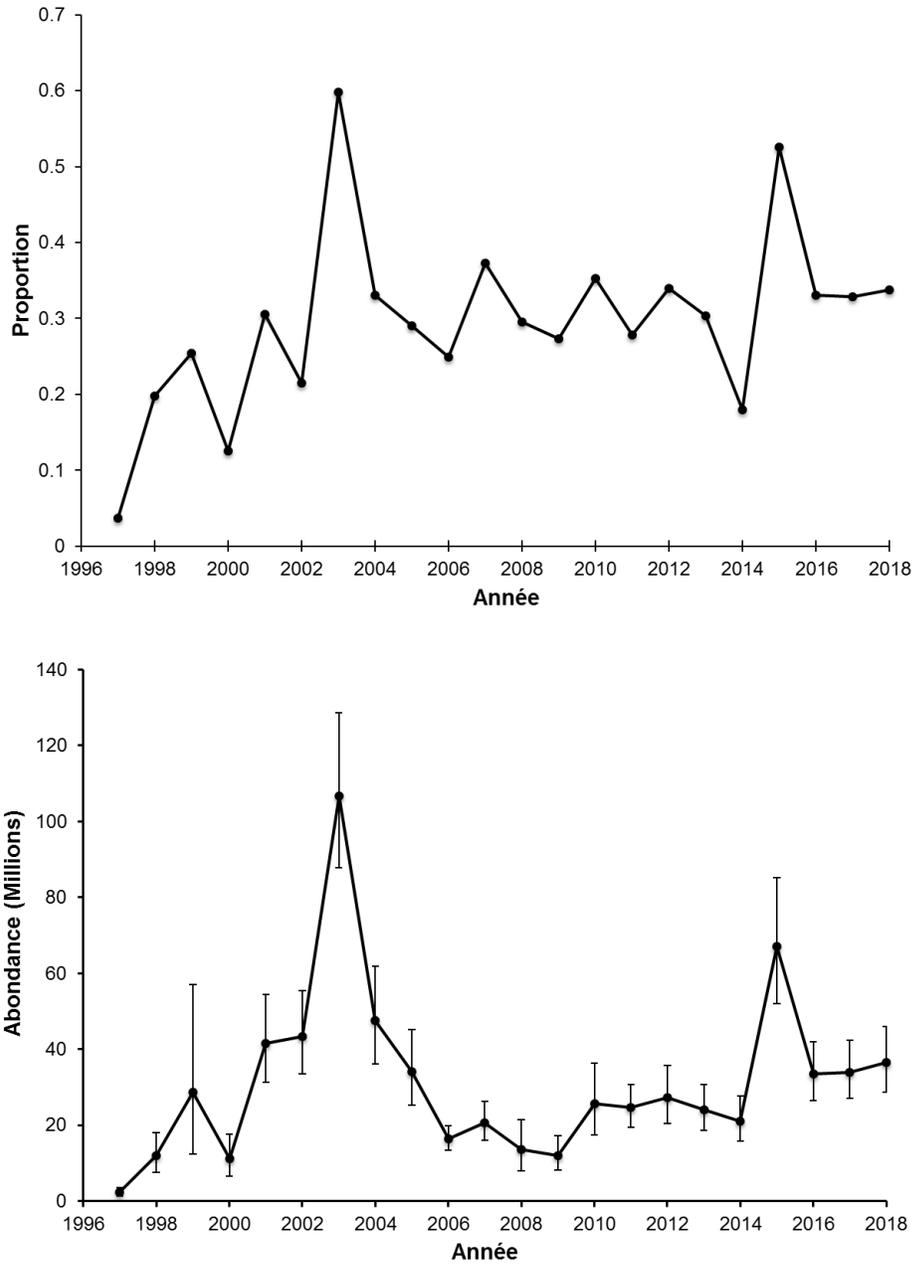


Figure 10. Abondance (en millions) (panneau du haut) et proportion (panneau du bas) de crabes mâles adolescents R-2 sauts de mue dans le sud du golfe du Saint-Laurent estimé à partir du relevé au chalut de 1997 à 2018.

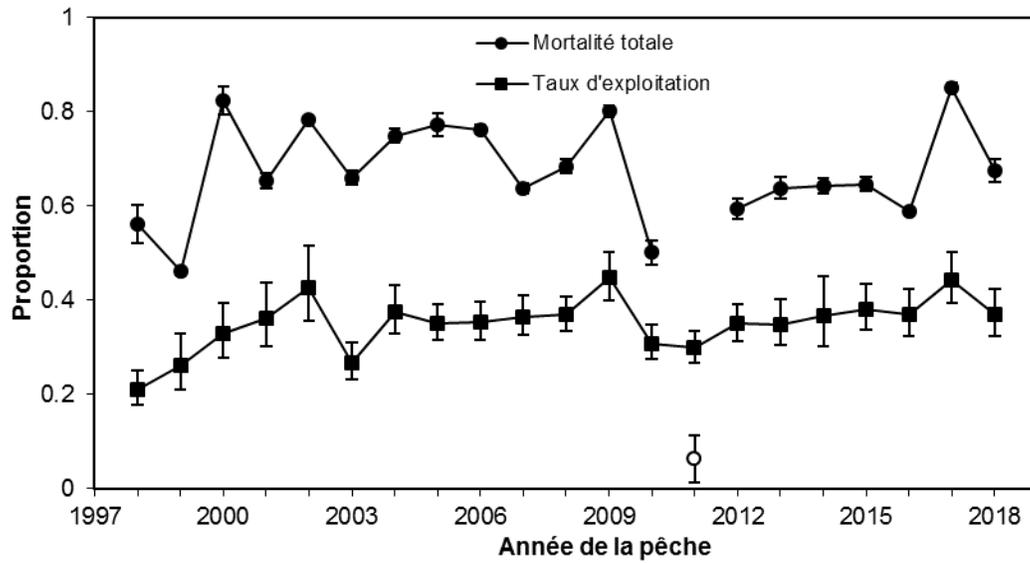


Figure 11. Estimations des taux annuels d'exploitation et de perte totale des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes de taille commerciale dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2018. La valeur de la mortalité totale de 2011 est aberrante dans la série (Hébert et al. 2012).

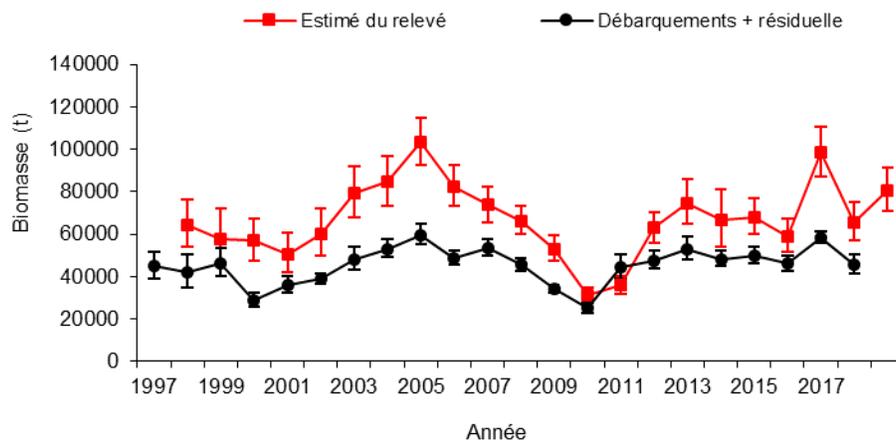


Figure 12. Comparaison de la biomasse calculée après la pêche (somme de la biomasse résiduelle et les débarquements à l'année $t+1$) et la biomasse avant la pêche des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes de taille commerciale (la somme du recrutement et la biomasse résiduelle à l'année t) estimées par le relevé au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent.

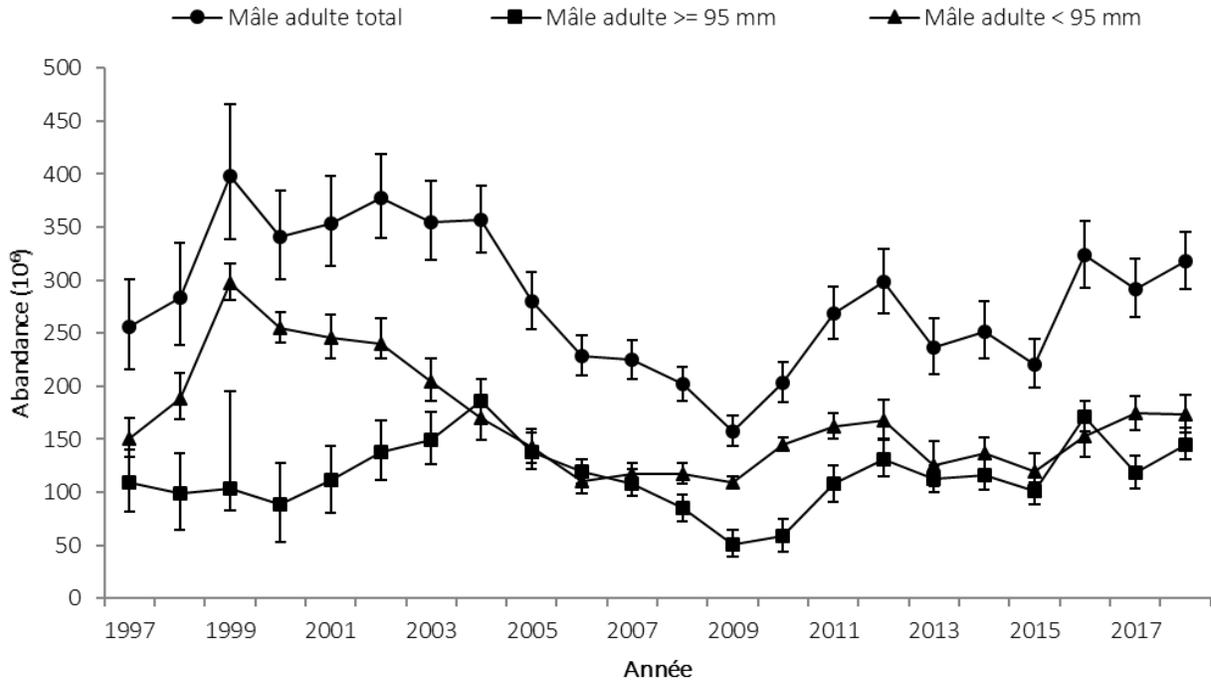


Figure 13. Abondance estimée des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adultes dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2018. LC = Largeur de carapace.

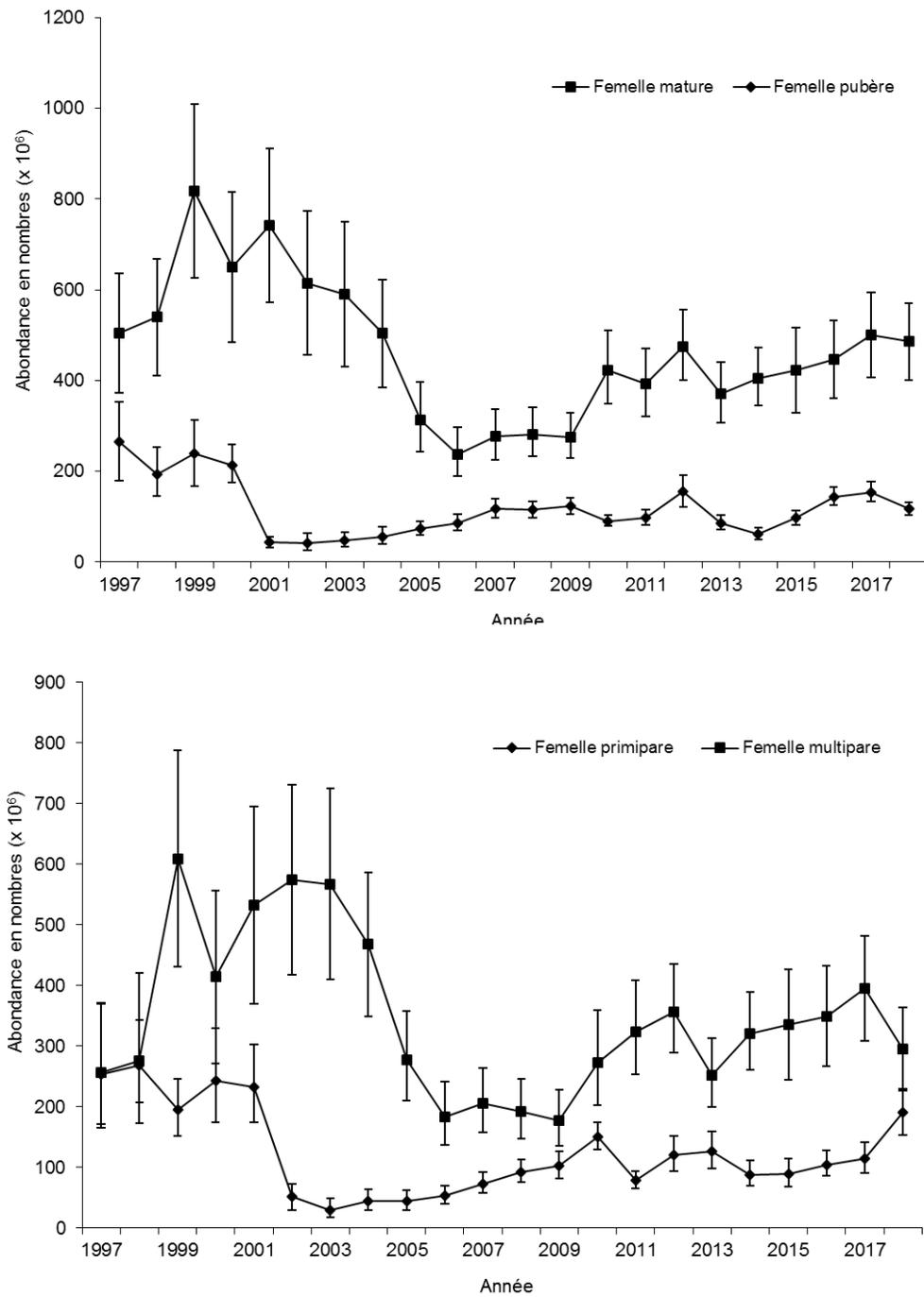


Figure 14. Abondance des femelles pubères et mature (au-dessus), et des femelles primipares et multipares (ci-dessous) du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2018.

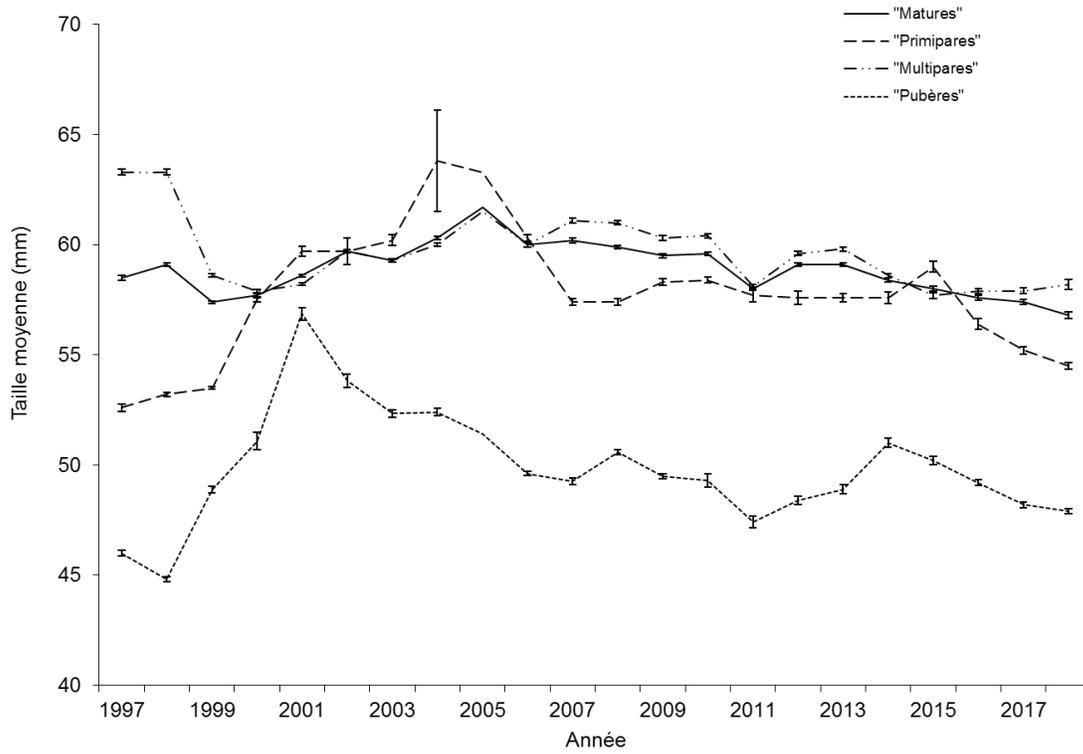


Figure 15. Taille moyenne (largeur de la carapace en mm) avec erreurs-types des femelles matures, primipares, multipares et pubères du crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) basée sur les échantillons provenant des relevés au chalut, 1997 à 2018.

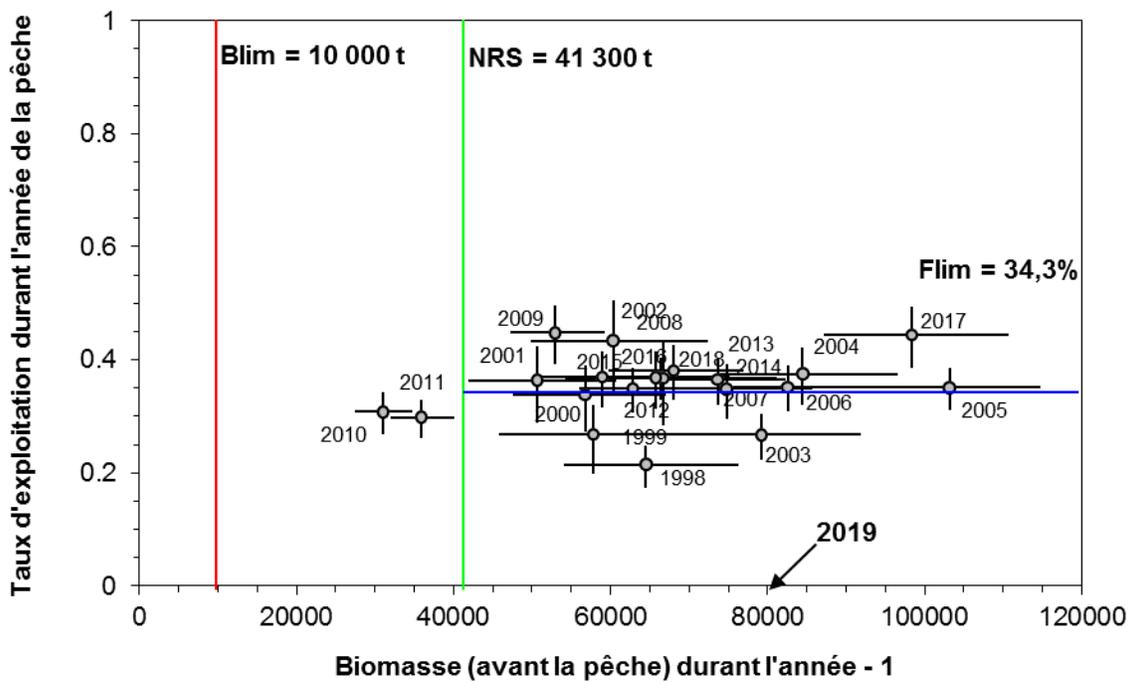


Figure 16. Trajectoire de l'abondance du stock (biomasse des crabes de neiges (*Chionoecetes opilio*) adultes de taille commerciale estimée d'après les résultats du relevé au chalut effectué à l'automne de l'année $t - 1$) par rapport au taux d'exploitation pour cette biomasse au cours de l'année t . 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.

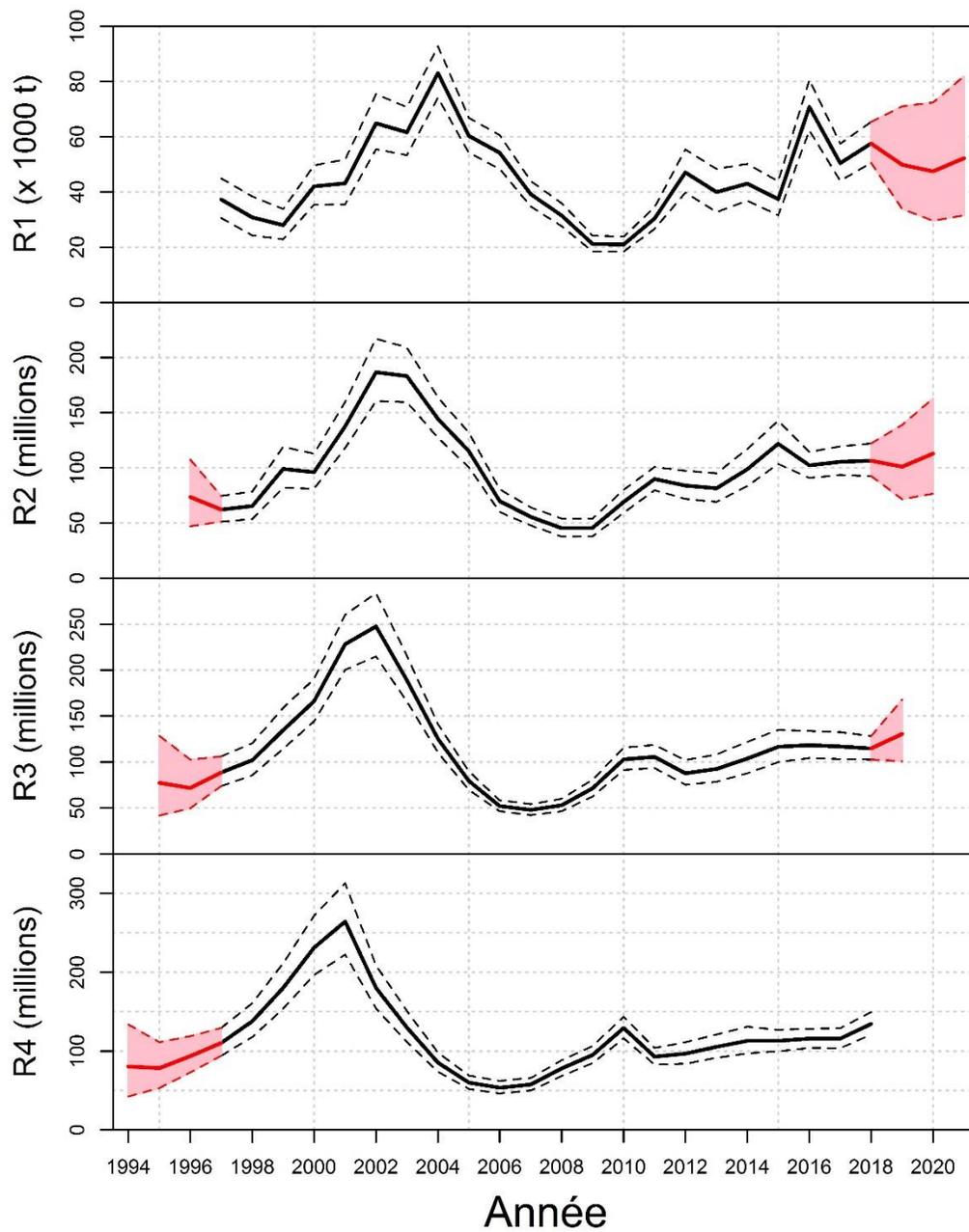


Figure 17. Abondances (nombre en millions ; moyenne avec intervalles de confiance à 95 %), de recrutement (R) de crabe des neiges, (*Chionoecetes opilio*), pour $R(j)$, où $j = 1, \dots, 4$ années avant le recrutement à la pêcherie. Les parties ombragées représentent les projections d'abondance à partir du modèle Bayésien (Wade et al. 2014).

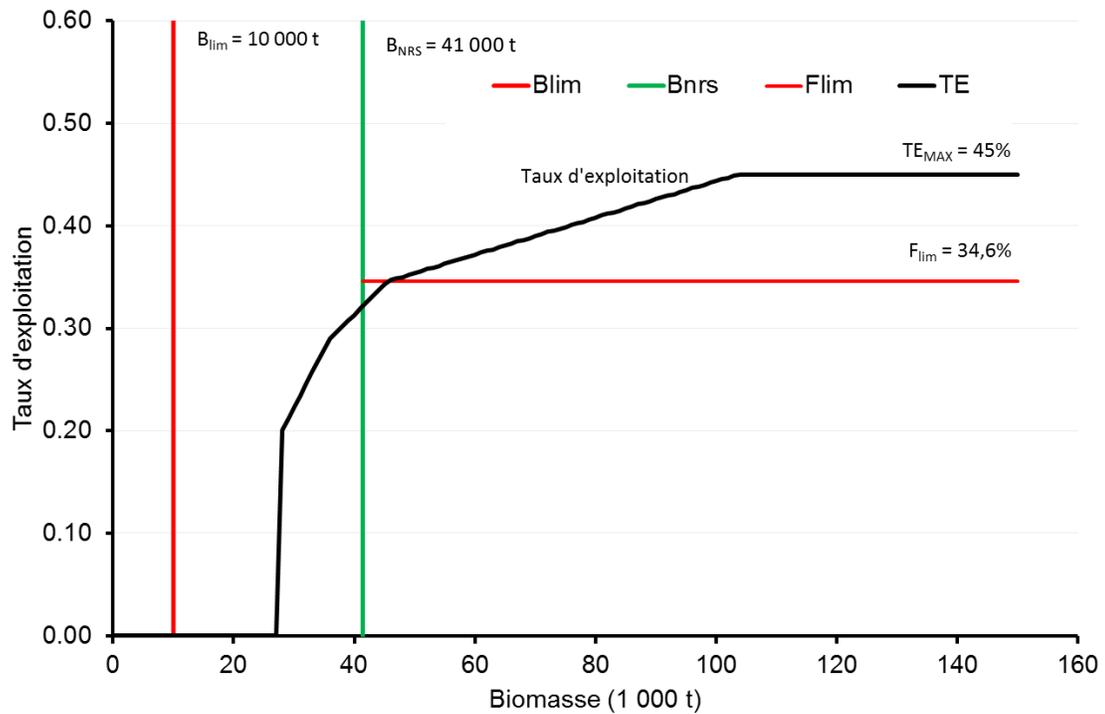


Figure 18. Règle de décision proportionnelle (variante 4) conforme à l'approche de précaution pour la pêche au crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud du golfe du Saint-Laurent. B_{lim} = le niveau de référence limite pour la biomasse ; F_{lim} = le niveau de référence pour le taux d'exploitation ; 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). TE_{max} = Le taux maximum d'exploitation basé sur la règle de décision proportionnelle.

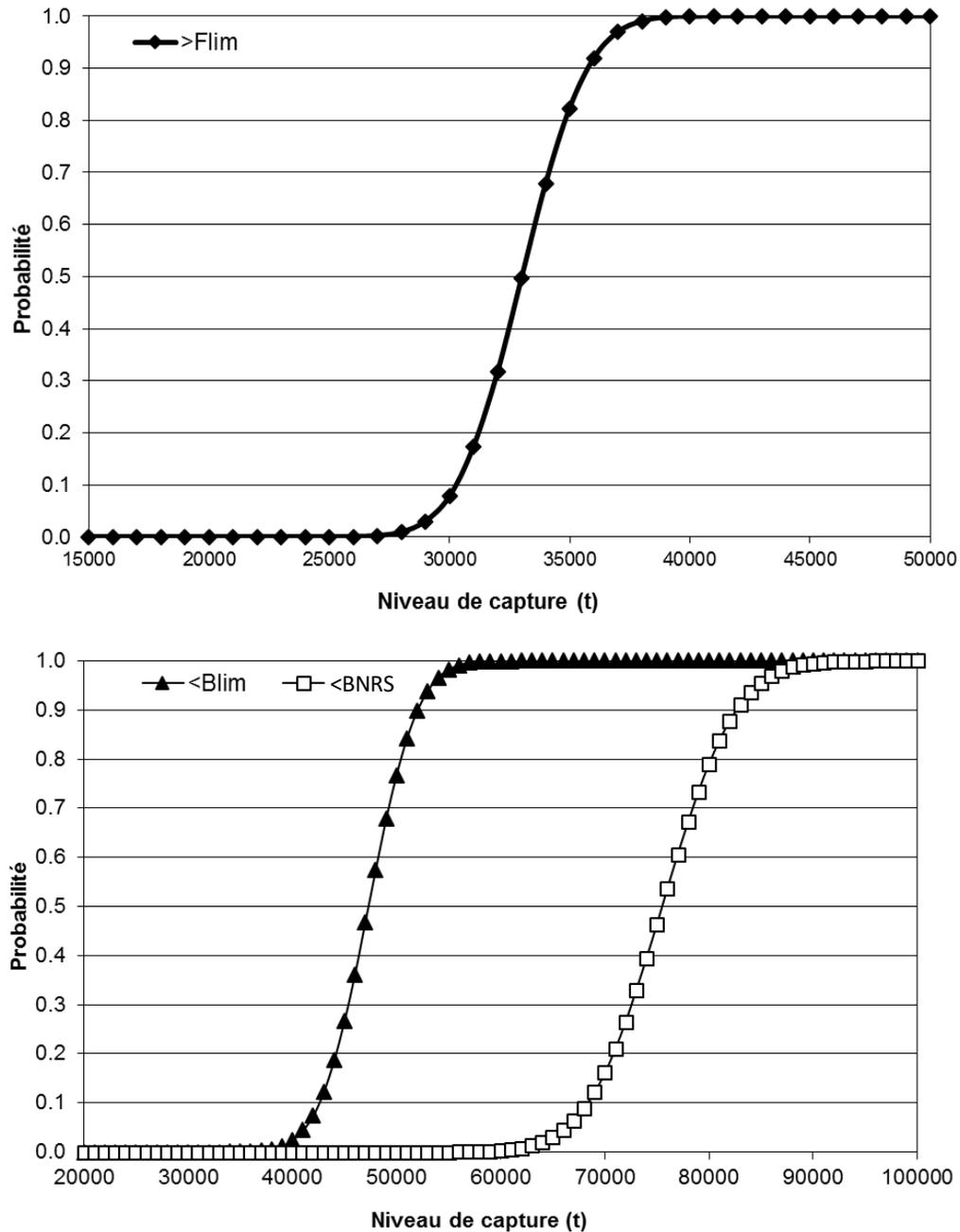


Figure 19. Analyse de risque à partir du polygone pour la pêche du crabe des neiges, *Chionoecetes opilio*, dans le sud du golfe du Saint-Laurent indiquant les probabilités de dépasser le niveau de référence pour le taux d'exploitation (Flim), que la biomasse résiduelle des mâles adultes de taille commerciale à carapace dure soit sous le niveau de référence limite pour la biomasse (Blim) et que la biomasse des mâles adultes de taille commerciale en 2019 soit sous le point de référence du niveau supérieur du stock (BNRS) après la pêche de 2019 pour divers niveaux de capture en 2019.

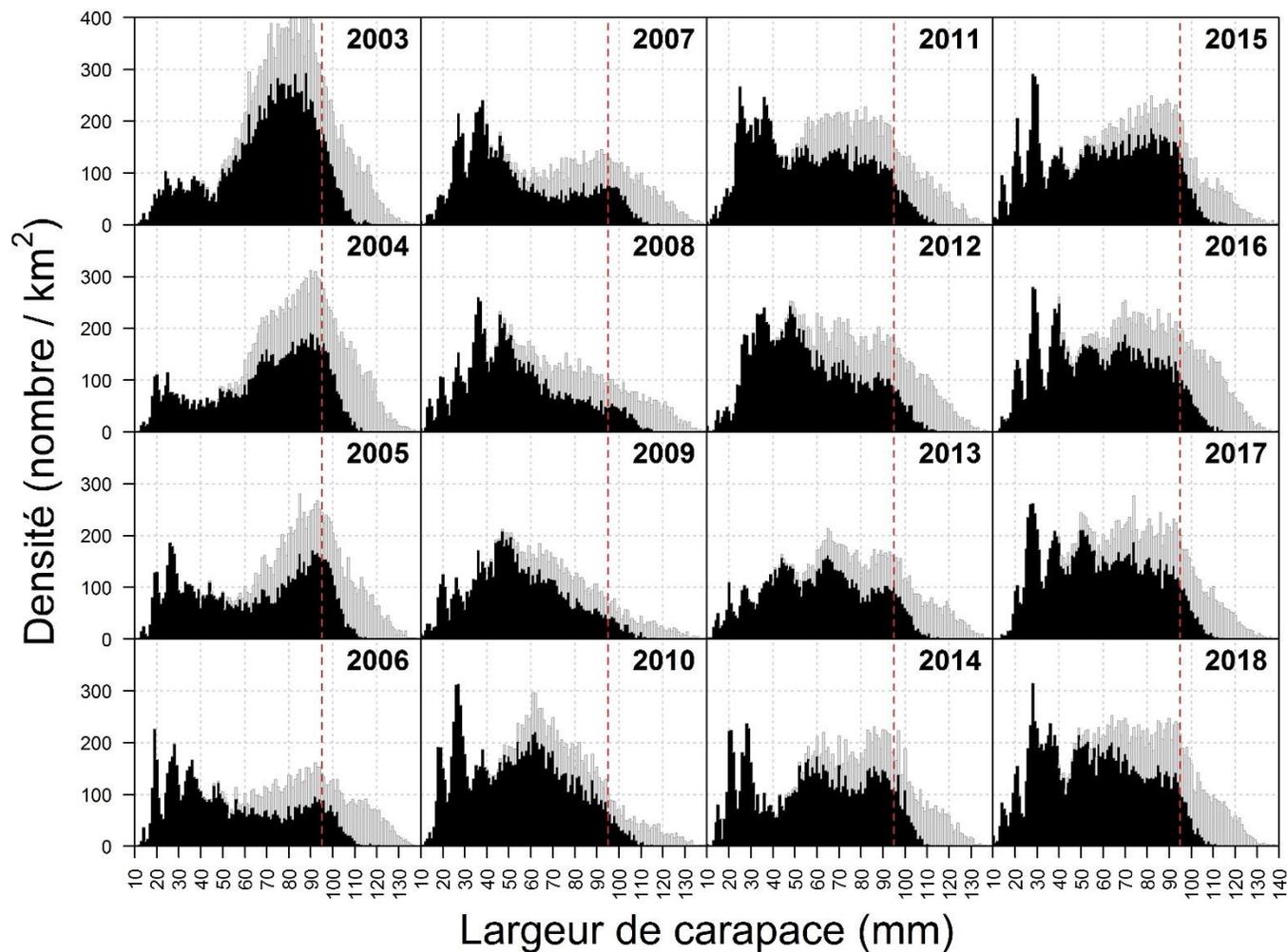


Figure 20. Distributions de fréquences de taille (par intervalle de 1 mm) des crabes des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles (barres grises sont les mâles adultes et les barres noires sont les mâles adolescents) basées sur les échantillons à partir des relevés au chalut effectués après la pêche dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2003 à 2018. 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.

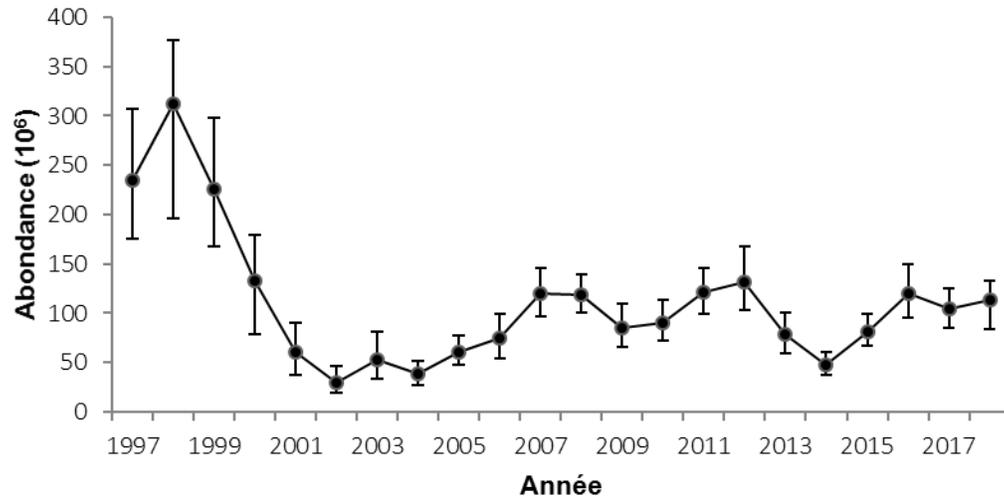


Figure 21. Indices d'abondance des petits crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) mâles adolescents avec largeur de carapace de 34 à 44 mm estimées à partir des données des relevés au chalut dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1997 à 2018. Ces crabes vont atteindre la taille commerciale dans environ six ans.

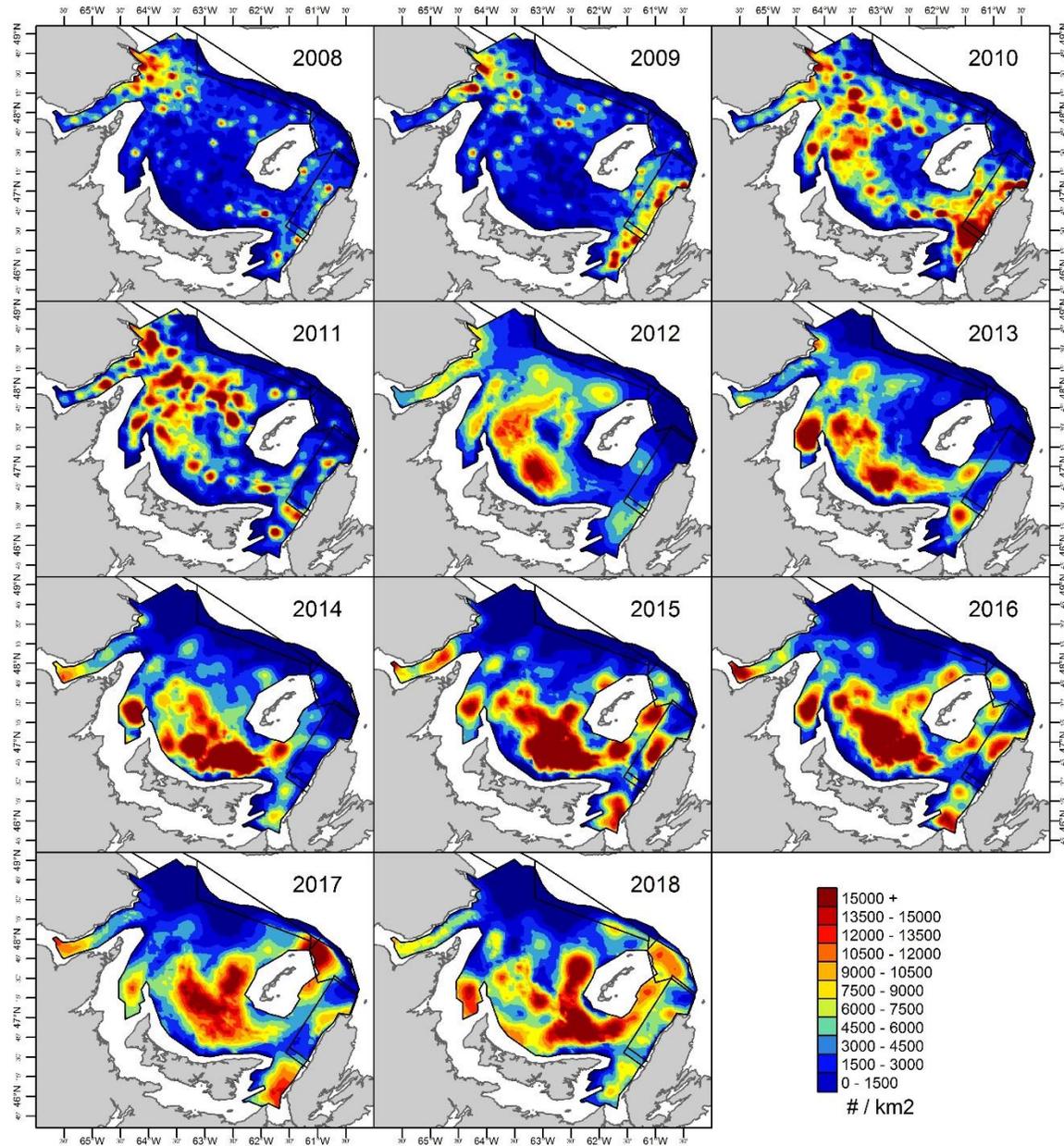


Figure 22. Contours de densités (nombre par km²) des crabes des neiges, (*Chionoecetes opilio*), adolescents mâles ≥ 56 mm de largeur de carapace (R-4, R-3 et R-2) à partir du relevé au chalut effectué dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2008 à 2018.

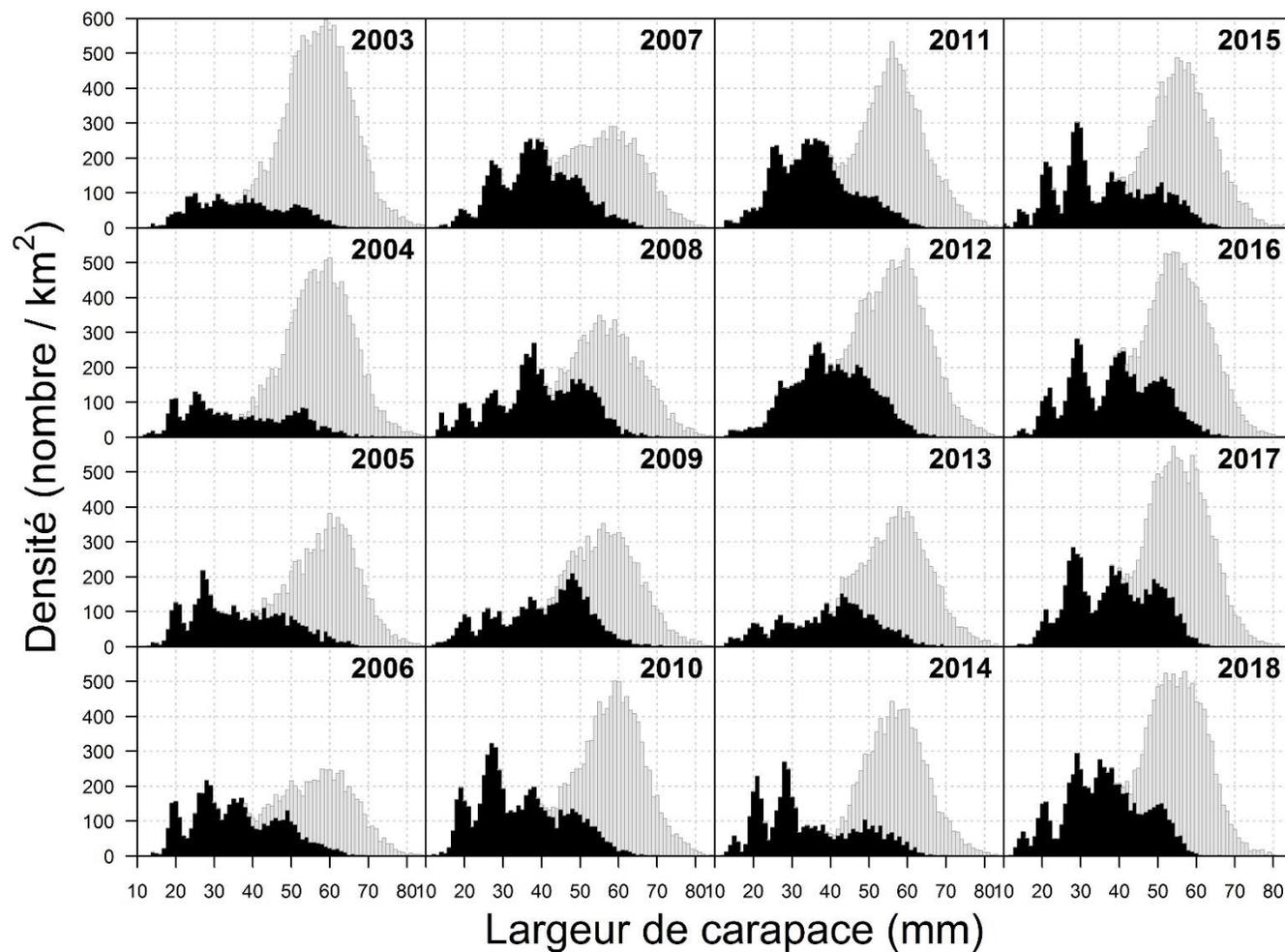


Figure 23. Distributions de fréquence des tailles (largeur de la carapace par intervalle de 1 mm) des femelles (barres blanches sont les femelles matures et les barres noirs sont les femelles pubescentes et immatures) de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*), basées sur les échantillons à partir des relevés au chalut effectués après la pêche dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 2003 à 2018. Ces distributions représentent le nombre moyen de crabes femelles par km^2 basés directement sur les échantillons du relevé au chalut.

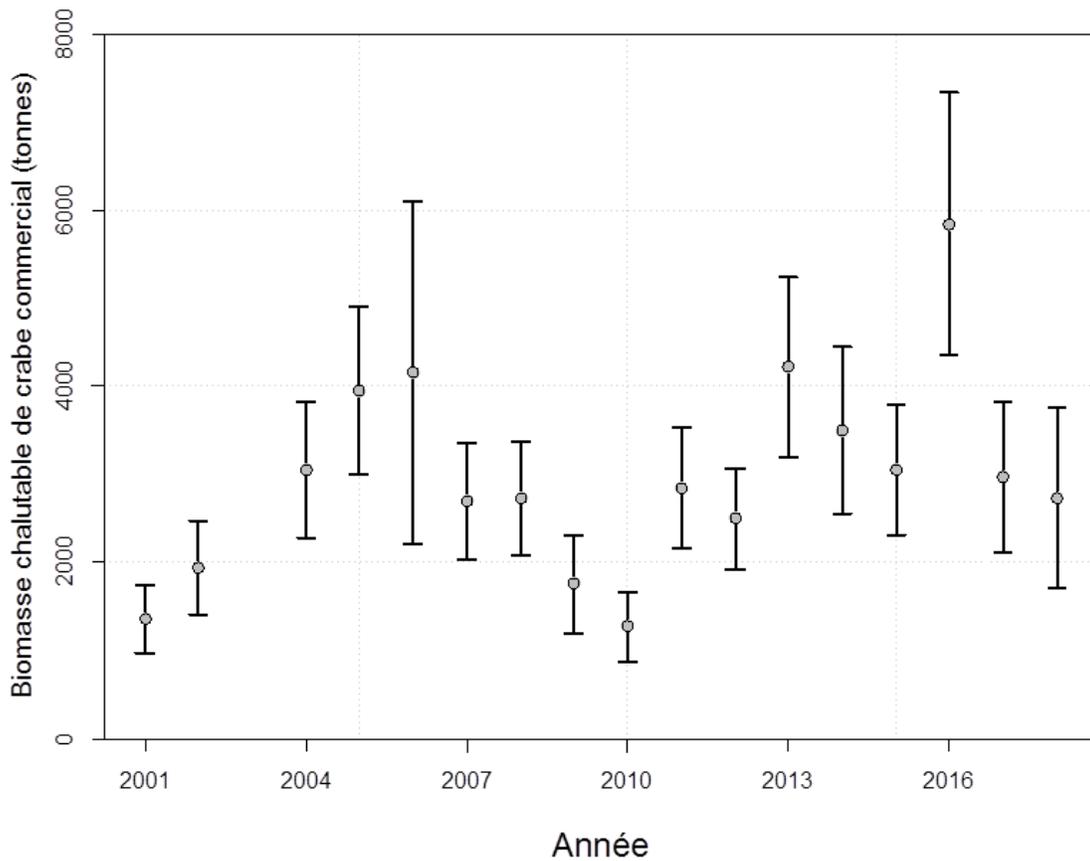


Figure 24. Biomasse chalutable (en tonnes, moyennes avec intervalles de confiance de 95 %) des crabes des neiges mâles adultes ayant une carapace d'au moins 95 mm de largeur dans le relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre, entre 2001 et 2018, excluant 2003, en fonction de la surface géographique comparable à celle présentement utilisée pour l'évaluation du crabe des neiges.

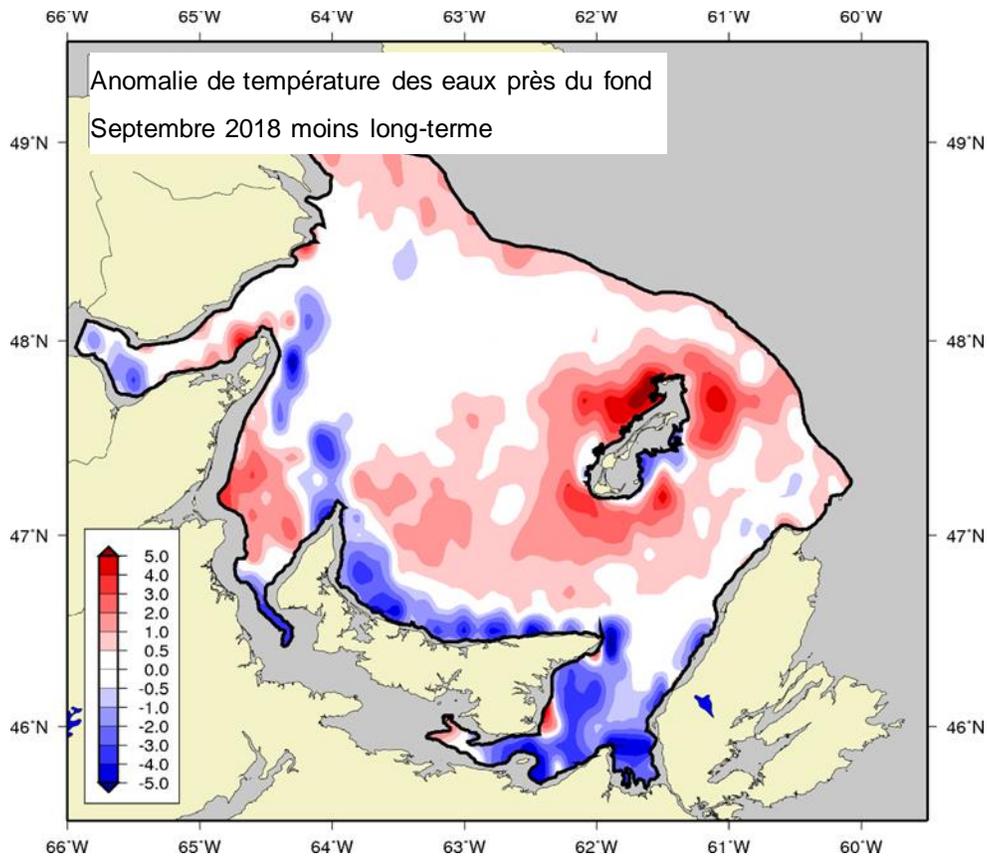


Figure 25. Anomalie de la température près du fond (°C) à partir de la moyenne à long-terme (1981 à 2010) dans le sud du golfe du Saint-Laurent selon les données provenant du relevé multi-espèce au chalut de fond de septembre de 2018. Les régions en bleu représentent les températures près du fond plus froides que la normale alors que les régions en rouge représentent les conditions plus chaudes que la normale.

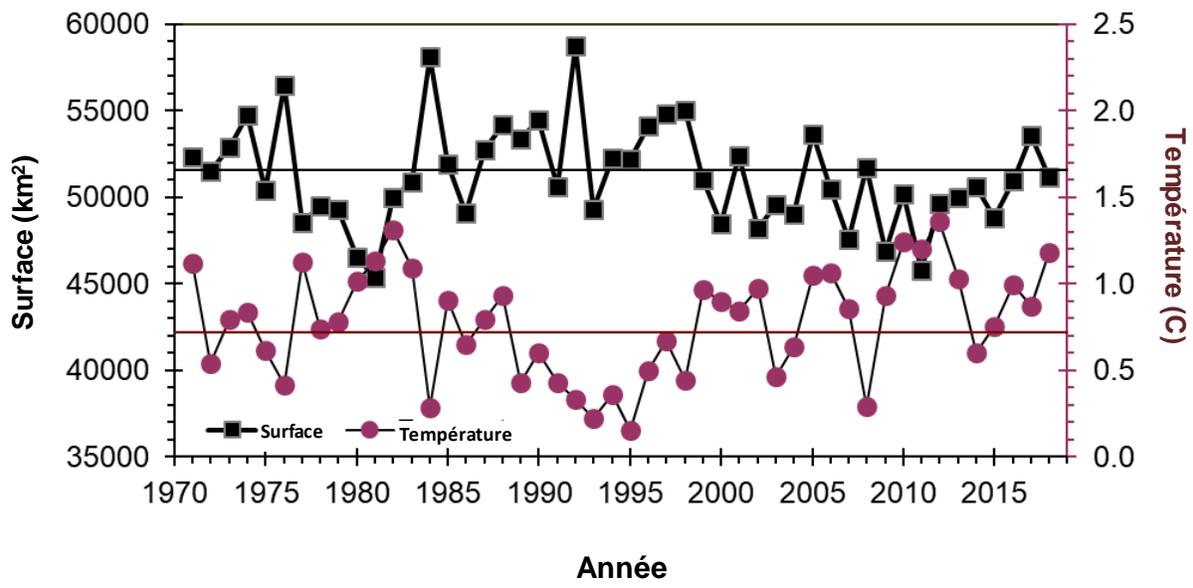


Figure 26. Indice d'habitat de température du crabe des neiges (km²) qui comprend les températures de l'eau près du fond de -1 et 3°C et la température moyenne (°C) à l'intérieur de cet indice d'habitat dans le sud du golfe du Saint-Laurent, 1971 à 2018.