



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 2019/073

Région du Centre et de l'Arctique

Évaluation des répercussions potentielles sur les populations de morue arctique (*Boreogadus saida*) de la mortalité attribuable aux prises accessoires dans la pêche de la crevette nordique (*Pandalus borealis*) et de la crevette ésope (*Pandalus montagui*) dans les zones de pêche à la crevette 1, 2, et 3

Wojciech Walkusz, Sheila Atchison, Kevin Hedges et David Deslauriers

Institut des eaux douces
Pêches et Océans Canada
501 University Crescent
Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

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

[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 :

Walkusz, W., Atchison, S., Hedges, K., et Deslauriers, D. 2020. Évaluation des répercussions potentielles sur les populations de morue arctique (*Boreogadus saida*) de la mortalité attribuable aux prises accessoires dans la pêche de la crevette nordique (*Pandalus borealis*) et de la crevette ésope (*Pandalus montagui*) dans les zones de pêche à la crevette 1, 2, et 3. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/073. iv + 9 p.

Also available in English:

Walkusz, W., Atchison, S., Hedges, K., and Deslauriers, D. 2020. Assessment of potential impacts of bycatch mortality on the Arctic Cod (*Boreogadus saida*) populations from the Northern (*Pandalus borealis*) and Striped (*Pandalus montagui*) Shrimp fisheries in Shrimp Fishing Areas 1, 2, and 3. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/073. iv + 8 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iv
INTRODUCTION	1
EXAMEN DE LA BIOLOGIE ET DE L'ÉCOLOGIE DE LA MORUE ARCTIQUE.....	2
PROFILS DE RÉPARTITION ET INDICES DE BIOMASSE.....	3
BESOINS ÉCOSYSTÉMIQUES.....	3
ANALYSE DES PRISES ACCESSOIRES HISTORIQUES	4
ANALYSE DES INCERTITUDES	6
Manque général de connaissances sur la biologie de la morue arctique dans la zone étudiée.	6
Collecte insuffisante de données pour une analyse adéquate de l'indice de biomasse.	6
Données insuffisantes sur la répartition et l'abondance des prédateurs de la morue arctique.	7
Biais potentiel dans les données des observateurs.	7
DISCUSSION.....	7
RÉFÉRENCES	8

RÉSUMÉ

La morue arctique (*Boreogadus saida*) est considérée comme une espèce fourragère clé dans les écosystèmes marins de l'Arctique en raison de son rôle central dans le réseau trophique, car elle sert de proie à de nombreux animaux marins (phoques, baleines, oiseaux et poissons) et est un consommateur important de production secondaire (zooplancton). Au cours des dernières années (c.-à-d., depuis 2017), les crevettiers opérant dans les zones de pêche à la crevette 1 (baie de Baffin) et 3 (détroit d'Hudson) ont occasionnellement déclaré de grandes quantités (400 à 2 300 kg par trait) de prises accessoires de morue arctique. La Gestion des ressources de Pêches et Océans Canada (MPO) s'est adressée aux Sciences du MPO pour obtenir des conseils sur les niveaux de retrait écologiquement et biologiquement responsables de la morue arctique dans les zones de pêche à la crevette (ZPC) dans le Nord. Le présent document de recherche passe en revue la biologie et l'écologie de la morue arctique, examine les tendances de répartition, et analyse les prises accessoires historiques dans les pêches à la crevette de l'est de l'Arctique canadien. De plus, une tentative a été faite de quantifier la taille de la population de morue arctique dans la zone d'intérêt. En raison du peu de données disponibles pour cette analyse, les besoins de l'écosystème (c.-à-d., les demandes de consommation des prédateurs de la morue arctique) ont été utilisés comme estimation indirecte de la taille de la population. En comparant la taille de la population estimée de morue arctique avec les niveaux de prises accessoires, l'hypothèse a été faite que l'effet du retrait des prises accessoires dans chaque zone de pêche à la crevette sur la population de morue arctique est minimal. Des niveaux de prélèvement de la morue arctique qui sont écologiquement et biologiquement responsables dans les zones de pêche à la crevette (ZPC) individuelles sont impossibles d'établir à présent, à cause d'une portée limitée des données sur la biomasse de la morue arctique et un degré élevé d'incertitude entourant les indices de la biomasse. Par conséquent, il faut faire preuve de prudence lorsqu'on modifie les conditions de permis en réponse à l'augmentation des prises accessoires de morue arctique, ce qui entraînerait une augmentation des prélèvements.

INTRODUCTION

La morue arctique (*Boreogadus saida*; figure 1) est considérée comme une espèce fourragère clé dans les écosystèmes marins arctiques (Bradstreet *et al.* 1986). En tant qu'espèce pélagobenthique, elle est présente à la fois dans le royaume pélagique et près du plancher océanique (Geoffroy *et al.* 2016).



Figure 1. Morue arctique (*Boreogadus saida*). Photo : Claude Nozères, MPO.

Les larves et les juvéniles de morue arctique se concentrent principalement dans la colonne d'eau supérieure, tirant parti de la base alimentaire du zooplancton (copépodes) (Geoffroy *et al.* 2016). Après avoir atteint un certain âge et une certaine longueur (à partir d'un an, environ 60 mm; Walkusz *et al.* 2013), les individus descendent vers des profondeurs plus importantes et restent démersaux pour le reste de leur vie (Majewski *et al.* 2016). Dans les habitats benthiques, la morue arctique se nourrit d'amphipodes et de petits poissons (Walkusz *et al.* 2013). Étant donné que des individus plus jeunes et plus âgés se trouvent à la fois dans les zones pélagique et benthique (figure 2), il est difficile d'étudier une population entière de morue arctique, car cela nécessiterait l'utilisation simultanée d'engins de pêche pélagiques et démersaux. Récemment, les méthodes hydroacoustiques se sont avérées utiles pour l'étude des populations de morue arctique; cependant, les signaux hydroacoustiques doivent encore être vérifiés au sol pour valider les observations à distance.

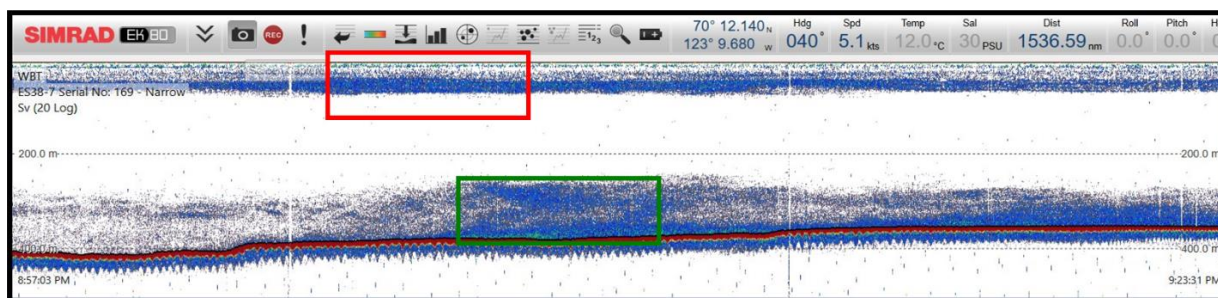


Figure 2. Échogramme enregistré avec le système acoustique SIMRAD EK-80 (38 kHz) à une station de 353 m dans le golfe Amundsen. Le rectangle rouge (en haut) indique une agrégation souterraine de jeunes poissons de l'année, tandis que le rectangle vert (en bas) indique une agrégation benthique d'individus plus grands. Noter l'extension verticale (épaisseur, 80 à 100 m) de chacune des agrégations par rapport à la capacité d'échantillonnage des engins de pêche (ouverture verticale de quelques mètres). Avec la permission d'Andy Majewski (MPO, données inédites).

La morue arctique est extrêmement importante dans les écosystèmes marins de l'Arctique en tant que nourriture pour de nombreux animaux marins (phoques, baleines, oiseaux et poissons) et en tant que consommateur important de production secondaire (zooplancton). En raison de son rôle de liaison clé dans les réseaux trophiques, la morue arctique intéresse également les peuples autochtones, qui profitent directement de la santé des populations de ressources marines par leurs récoltes de subsistance et la pêche commerciale. La position intermédiaire de la morue arctique dans les réseaux trophiques marins de l'Arctique se reflète dans le nombre relativement élevé de projets scientifiques consacrés à la compréhension de son aire de répartition, de son alimentation et de son cycle vital. Grâce à ces observations, la morue arctique a été observée dans des agrégations denses au large (Majewski *et al.* 2016) et dans des bancs littoraux denses (Welch *et al.* 1996). Ce profil de répartition inégale pourrait accroître le risque pour les populations de morue arctique découlant des activités de pêche commerciale lorsque les lieux de pêche chevauchent des zones de forte densité de morue arctique.

Depuis 2017, les crevettiers opérant dans les zones de pêche à la crevette (ZPC) 1 (baie de Baffin) et 3 (détroit d'Hudson) ont occasionnellement déclaré de grandes quantités (400 à 2 300 kg par trait) de prises accessoires de morue arctique. Dans l'est du Canada, la morue arctique fait partie des espèces de poisson de fond (Atlantic Fishery Regulations 1985), ce qui signifie qu'une quantité élevée de prises accessoires de morue arctique peut déclencher une disposition standard de permis « de déplacement », conformément aux conditions de permis (MPO 2018), qui stipule que : « *Si le nombre total de prises accessoires de toutes les espèces de poissons de fond dans un trait dépasse 2,5 % ou 100 kg en poids total, le titulaire de permis ou l'exploitant doit immédiatement changer de zone de pêche et s'éloigner d'au moins 10 milles nautiques de l'emplacement du dernier trait de chalut.* » Les prises accessoires élevées de morue arctique, bien qu'elles ne soient pas courantes, représentent un fardeau important pour l'industrie de la pêche et ont des conséquences écologiques actuellement inconnues. Comme le temps alloué à la pêche de la crevette est limité chaque année (en raison d'une période relativement courte en eau libre et de longs temps de transit à partir des ports d'origine du sud de l'Arctique), l'industrie de la pêche de l'Arctique de l'Est a demandé à la Gestion des ressources une plus grande souplesse pour les prises accessoires de morue arctique, les dispositions relatives aux déplacements étant fondées sur les quantités moyennes prises pendant un certain nombre de traits consécutifs.

Par conséquent, la Gestion des ressources du MPO s'est adressée aux Sciences du MPO pour obtenir des conseils sur les niveaux de prélèvement de morue arctique écologiquement et biologiquement responsables dans chaque ZPC.

Étant donné l'absence d'une évaluation complète des stocks de morue arctique, le présent rapport a pour objet d'examiner les niveaux écologiquement et biologiquement tolérables des prélèvements de morue arctique dans les ZPC 1 à 3 et s'il est possible de créer un système de « plafond » pour le niveau annuel total des prises accessoires.

EXAMEN DE LA BIOLOGIE ET DE L'ÉCOLOGIE DE LA MORUE ARCTIQUE

La morue arctique est un poisson relativement petit ([taille maximale : 400 mm, moyenne : 140 mm](#); Matley *et al.* 2013) avec une durée de vie maximale de sept ans. Elle coexiste parfois avec la morue polaire (*Arctogadus glacialis*), dont l'apparence est similaire, et l'on peut les confondre. La morue arctique fraie en hiver (Hop *et al.* 1995) et les larves éclosent entre avril et juin selon l'emplacement géographique (Bouchard et Fortier 2011). Les larves de morue arctique se nourrissent d'abord de petites proies (p. ex., copépodes nauplius, rotifères), puis de proies plus grosses au fur et à mesure de leur croissance (p. ex., copépodes calanus; Walkusz *et al.* 2011). Les juvéniles (environ 35 mm de long) continuent de se nourrir de copépodes.

Après avoir atteint la taille de la descendance (environ 50 mm; Falk-Petersen *et al.* 1986, Majewski *et al.* 2016), la morue arctique adopte une vie démersale et, en plus des copépodes calanus, se nourrit d'amphipodes et de poissons, et pratique le cannibalisme. La morue arctique est considérée comme un poisson se rassemblant en bancs (Hop *et al.* 1997), mais le terme « poisson se regroupant » semble plus approprié si l'on considère les agrégations denses d'individus de taille ou d'âge différents et les mouvements non unidirectionnels observés par Geoffroy *et al.* (2011, 2016).

PROFILS DE RÉPARTITION ET INDICES DE BIOMASSE

La morue arctique est largement répandue dans l'Arctique. Elle est souvent dispersée dans la colonne d'eau (figure 2) et il est donc difficile de la quantifier correctement en utilisant un seul type d'engin d'échantillonnage direct (démersal ou pélagique). Walkusz *et al.* (2019) ont calculé les indices de biomasse de la morue arctique pour les ZPC 1, 2 et 3 à partir des estimations de la biomasse provenant des relevés scientifiques démersaux seulement (2005 à 2017). Ces estimations de la biomasse (maximum 138 t, 47 000 t et 30 000 t dans les ZPC 1, 2 et 3, respectivement) ont certainement été sous-estimées, car la morue arctique peut essentiellement occuper toute la colonne d'eau et sa répartition est extrêmement inégale. La morue arctique a été observée dans de grands bancs littoraux du détroit de Barrow (Welch *et al.* 1996), que les agrégations ont été estimées avec une biomasse de 20 000 t. De plus, Welch *et al.* (1992) ont affirmé que les agrégations de morue arctique près du rivage le long de l'archipel arctique canadien sont courantes et ont été estimées à environ 75 000 t. En utilisant des méthodes acoustiques qui intègrent la biomasse dans la colonne d'eau et près du fond, Benoit *et al.* (2008) ont enregistré de grandes agrégations de morue arctique dans la baie Franklin, avec une biomasse moyenne de 11,2 kg m⁻² (égale à 11 200 t km⁻² en répartition continue) de février à avril, le maximum atteignant 55 kg m⁻² (égal à 55 000 t km⁻² en répartition continue). Ces fortes densités ont été assumées d'être localisées. En utilisant des méthodes similaires, Geoffroy *et al.* (2011) ont détecté une importante agrégation hivernale dans le golfe Amundsen. Ils ont calculé qu'en février, la biomasse a culminé à 0,732 kg m⁻² (soit 732 t km⁻² en répartition continue); cependant, l'agrégation était très probablement confinée à la partie nord du golfe Amundsen.

BESOINS ÉCOSYSTÉMIQUES

L'utilisation des populations de prédateurs pour estimer les besoins alimentaires de base a été utilisée dans la recherche marine. Par exemple, Stenson (2013) a estimé les besoins énergétiques de chaque population de proies individuelles nécessaire pour soutenir la population de phoques du Groenland. Walkusz *et al.* (2013) ont montré que pour le plateau continental canadien de la mer de Beaufort (superficie de 63 000 km²), la biomasse calculée à partir des relevés au chalut démersal ne représente qu'une petite fraction de toute la biomasse nécessaire pour répondre aux besoins bioénergétiques de l'écosystème (c.-à-d., alimentation des phoques, baleines, oiseaux et poissons). Welch *et al.* (1992) ont présenté des conclusions semblables en affirmant que les estimations de la biomasse provenant de poissons « dispersés » produisent des valeurs nettement sous-estimées. Walkusz *et al.* (2013) ont estimé qu'en utilisant l'hypothèse prudente d'environ 20 000 bélugas qui consomment au total 440 t de poissons par jour et 500 000 phoques annelés ou barbus qui consomment au total 2 500 t de poissons par jour, il faudrait au total 3 000 t de morue arctique par jour pour satisfaire les besoins des prédateurs dans la mer de Beaufort. Cela signifie que 500 000 à 1 000 000 t de poissons sont consommées au cours de l'année (les baleines et les oiseaux sont absents de la zone après l'englacement). Cette quantité, bien qu'élevée, ne serait pas exceptionnelle, étant

donné que Welch *et al.* (1992) ont estimé que 148 000 t de morue arctique sont consommées annuellement dans le détroit de Lancaster (superficie de 98 000 km²).

Selon des estimations récentes des populations de poissons, d'oiseaux, de phoques et de baleines de la baie de Baffin et du détroit de Davis (tableau 1), les besoins en biomasse de morue arctique pour le maintien de l'écosystème sont semblables (ou supérieurs) à ceux de la mer de Beaufort (c.-à-d., > 500 000 t par année, si l'on suppose que 10 % des populations des mammifères marins de l'Atlantique Nord-Ouest utilisent la zone d'intérêt). Bien que cette approche place très probablement l'estimation de la biomasse de morue arctique nécessaire pour soutenir leurs prédateurs du côté conservateur, elle fournit une estimation générale de l'ordre de grandeur de la biomasse de morue arctique conservée dans l'écosystème.

Tableau 1. Espèces et abondances des prédateurs connus de la morue arctique présents dans la région de la baie de Baffin et du détroit de Davis (source : Treble 2017, NIRB 2018).

Espèce	Abondance
<u>Poissons (t)</u>	
Flétan noir	200 000
<u>Oiseaux (individus)</u>	
Guillemot de Brünnich	860 000
Mergule nain	30 000 000
Fulmar boréal	Non quantifié, mais non négligeable
<u>Phoques (individus)</u>	
Phoque annelé	1 200 000
Phoque barbu	Non quantifié, mais considéré comme très abondant
Phoque du Groenland	7 400 000 dans l'Atlantique Nord-Est
<u>Baleines (individus)</u>	
Béluga	20 000
Narval	45 000

ANALYSE DES PRISES ACCESSOIRES HISTORIQUES

La morue arctique, dont la taille est semblable à celle de la crevette, est une espèce de prise accessoire courante dans la pêche à la crevette de l'Arctique de l'Est du Canada. Bien que la quantité de prises accessoires de morue arctique par trait soit habituellement faible, des prises importantes sont parfois signalées. Les prises de morue arctique n'ont aucune valeur économique et sont rejetées en mer.

Les données historiques sur les prises accessoires de morue arctique dans la ZPC 1 varient de zéro par année sans pêche à 143 t en 1993 (figure 3; Walkusz *et al.* 2019). Dans la ZPC 2, les prises accessoires de morue arctique ont culminé à 31 t en 2004-2005 (figure 4).

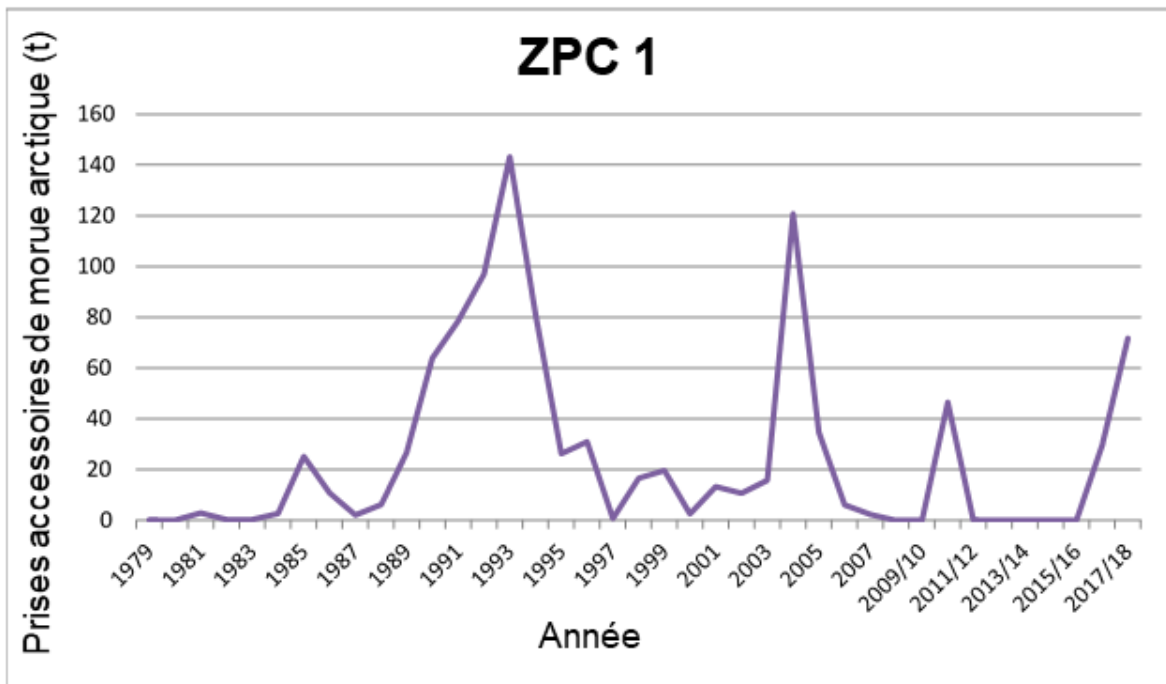


Figure 3. Prises accessoires de morue arctique dans la ZPC 1 de 1979 à 2018 (Walkusz *et al.* 2019).

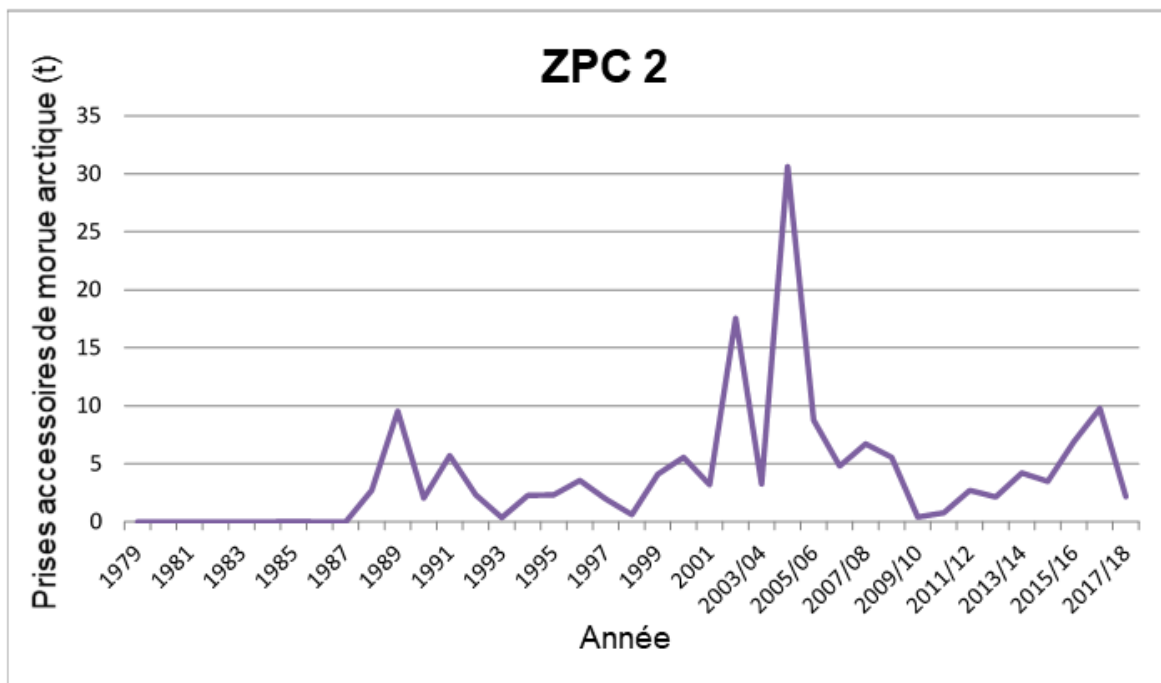


Figure 4. Prises accessoires de morue arctique dans la ZPC 2 de 1979 à 2018. Le cycle de gestion de la pêche à la crevette a changé d'année civile à année financière à partir de 2003.

Dans la ZPC 3, les prises accidentelles de morue arctique étaient faibles jusqu'à ces dernières années; 47 t ont été capturées en 2018 (figure 5). La taille des prises de morue arctique est fortement liée aux processus de concentration; par conséquent, les prises accidentelles refléteront les fluctuations de ces processus.

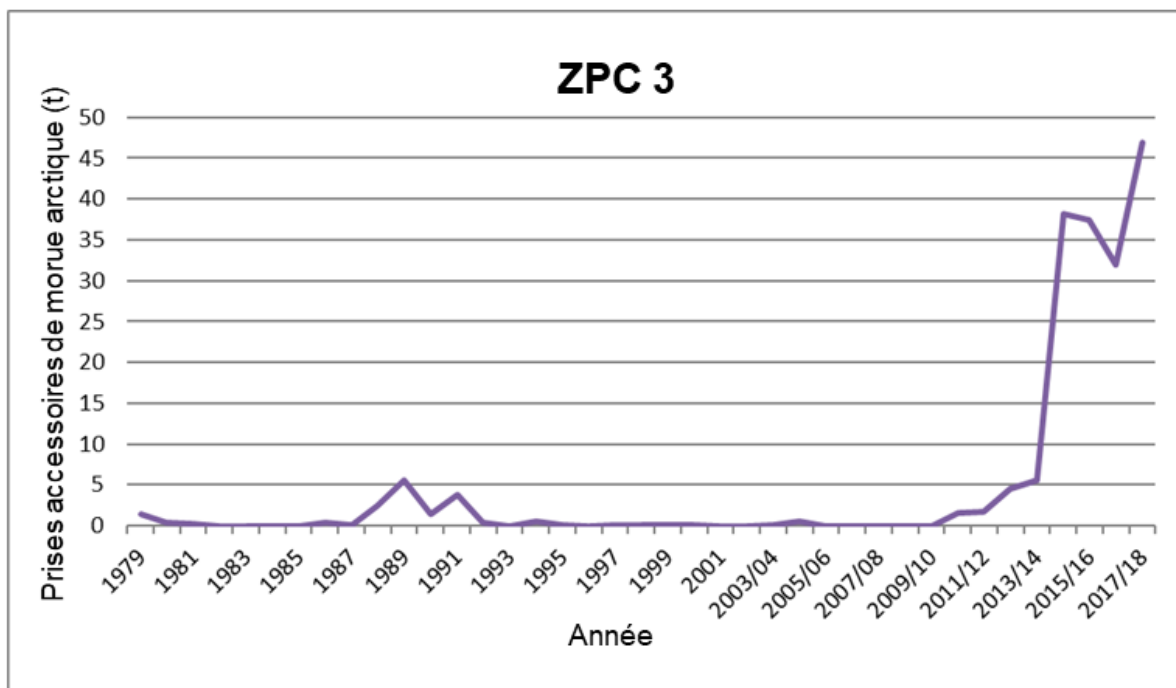


Figure 5. Prises accessoires de morue arctique dans la ZPC 3 de 1979 à 2018. Le cycle de gestion de la pêche à la crevette a changé d'année civile à année financière à partir de 2003.

ANALYSE DES INCERTITUDES

Manque général de connaissances sur la biologie de la morue arctique dans la zone étudiée.

Bien que la biologie générale de la morue arctique ait fait l'objet d'études approfondies à divers endroits dans l'Arctique, sa biologie est mal comprise dans la région géographique considérée dans la présente étude. Cette limitation s'applique au moment où les juvéniles de morue arctique descendent des habitats pélagiques aux habitats benthiques (c.-à-d., lorsqu'ils deviennent vulnérables à la mortalité due à la pêche à la crevette). L'échantillonnage multisaisonnier et l'analyse de la longueur des individus capturés permettraient de mieux comprendre les migrations verticales ontogénétiques de la morue arctique.

Collecte insuffisante de données pour une analyse adéquate de l'indice de biomasse.

Dans cette analyse, l'indice de biomasse était fondé uniquement sur les prises benthiques; toutefois, la morue arctique est considérée comme une espèce pélogo-benthique. Le manque d'information sur la partie pélagique de la population peut conduire à des sous-estimations significatives de la biomasse. L'application de méthodes acoustiques et l'échantillonnage au chalut pélagique permettraient de combler ce manque de connaissances.

Données insuffisantes sur la répartition et l'abondance des prédateurs de la morue arctique.

L'analyse de la pression de prédation sur la morue arctique a été effectuée à l'aide des abondances publiées de prédateurs en supposant qu'une partie de la population de prédateurs (c.-à-d., 10 %) serait présente dans la zone visée. À partir de cette hypothèse, la biomasse de morue arctique nécessaire pour soutenir ses prédateurs a été estimée. Bien que cette généralisation donne un aperçu de l'abondance de la morue arctique, elle ne constitue pas une mesure directe de la biomasse du poisson et l'incertitude associée à cette approche peut être importante.

Biais potentiel dans les données des observateurs.

Tous les navires hauturiers opérant dans la zone d'intérêt sont tenus, en vertu des conditions de permis, d'avoir un observateur en mer à bord. Les données recueillies par l'observateur en mer sont censées être indépendantes de la pêche; toutefois, on peut s'attendre à ce qu'il y ait des cas où des traits particuliers ne sont pas surveillés en raison des limites d'un seul observateur en mer à bord, ce qui peut créer un biais dans les renseignements déclarés.

DISCUSSION

Compte tenu de la mortalité totale relativement faible de la morue arctique attribuable à la pêche à la crevette dans l'est du Canada (moins de 0,1 % du stock chaque année, tel que proposé ci-dessus en fonction des besoins des prédateurs), on peut supposer que l'effet du chalutage de la crevette sur la population de morue arctique est minimal. Il convient aussi de noter que les bateaux de pêche ne conservent pas les prises accessoires de morue arctique et les rejettent, de sorte que la biomasse n'est pas retirée de l'écosystème.

Des niveaux de prélèvement de la morue arctique qui sont écologiquement et biologiquement responsables dans les zones de pêche à la crevette (ZPC) individuelles sont impossibles d'établir à présent, à cause d'une portée limitée des données sur la biomasse de la morue arctique et un degré élevé d'incertitude entourant les indices de la biomasse. Par conséquent, il faut faire preuve de prudence lorsqu'on modifie les conditions de permis en réponse à l'augmentation des prises accessoires de morue arctique, ce qui entraînerait une augmentation des prélèvements.

Afin de répondre à la question des niveaux de prélèvement de la morue arctique qui sont écologiquement et biologiquement responsables dans les zones de pêche à la crevette (ZPC) individuelles, il faudrait suivre ces étapes;

- Étudier la biologie/écologie de la morue arctique. Y compris des habitudes migratoires, événements d'agrégation et les modèles de distribution verticale (répartition de la population entre les habitats pélagiques et benthiques). Ces données pourraient être réalisées par un relevé spécialisé qui allie un relevé acoustique avec un échantillonnage au chalut pélagique et benthique pour vérifier la réalité de terrain des données acoustiques.
- Étudier le rôle de la morue arctique dans l'écosystème. Y compris de son rôle comme consommateur (de zooplancton) et de nourriture pour les niveaux trophiques supérieurs (poissons, phoques, baleines, oiseaux). Cette information pourrait être découverte avec des études du contenu de l'estomac de la morue arctique et des biomarqueurs (isotopes stables et acides gras), et avec une meilleure évaluation de la population mammifères marins et d'oiseaux dans la région.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Atlantic Fishery Regulations, 1985. Canada Gazette Part II, 120 (1), SOR 86-21.
- Benoit, D., Simard, Y., and Fortier, L. 2008. Hydroacoustic detection of large winter aggregations of Arctic cod (*Boreogadus saida*) at depth in ice-covered Franklin Bay (Beaufort Sea). J. Geophys. Res. 113: C06S90. doi:10.1029/2007JC004276
- Bouchard, C., and Fortier, L. 2011. Circum-arctic comparison of the hatching season of polar cod *Boreogadus saida*: a test of the freshwater winter refuge hypothesis. Prog. Oceanogr. 90: 105–116.
- Bradstreet, M.S.W., Finley, K.J., Sekerak, A.D., Griffiths, W.B., Evans, C.R., Fabijan, M.F., and Stallard, H.E. 1986. Aspects of the biology of arctic cod (*Boreogadus saida*) and its importance in arctic marine food chains. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1491: 193 p.
- Falk-Petersen, I.B., Frivoll, V., Gulliksen, B., and Haug, T. 1986. Occurrence and size/age relations of polar cod, *Boreogadus saida* (Lepechin), in Spitsbergen coastal waters. Sarsia 71: 235–245.
- Geoffroy, M., Majewski, A., LeBlanc, M., Gauthier, S., Walkusz, W., Reist, J.D., and Fortier, L. 2016. Vertical segregation of age-0 and age-1+ polar cod (*Boreogadus saida*) over the annual cycle in the Canadian Beaufort Sea. Polar Biol. 39: 1023–1037.
- Geoffroy, M., Robert, D., Darnis, G., and Fortier, L. 2011. The aggregation of polar cod (*Boreogadus saida*) in the deep Atlantic layer of ice-covered Amundsen Gulf (Beaufort Sea) in winter. Polar Biol. 34: 1959–1971.
- Hop, H., Graham, M. and Wordeau, V.L., 1995. Spawning energetics of Arctic cod (*Boreogadus saida*) in relation to seasonal development of the ovary and plasma sex steroid levels. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 541–550.
- Hop, H., Welch, H., and Crawford, R., 1997. Population structure and feeding ecology of Arctic cod schools in the Canadian High Arctic. American Fisheries Society Symposium 19: 68–80.
- Majewski, A.R., Walkusz, W., Lynn, B.R., Atchison, S., Eert, J., and Reist, J.D., 2016. Distribution and diet of demersal Arctic Cod, *Boreogadus saida*, in relation to habitat characteristics in the Canadian Beaufort Sea. Polar Biol. 39: 1087–1098.
- Matley, J.K., Fisk, A.T., and Dick, T.A. 2013. The foraging ecology of Arctic cod (*Boreogadus saida*) during open water (July–August) in Allen Bay, Arctic Canada. Mar. Biol. 160: 2993–3004
- MPO. 2018. [Crevette nordique et crevette ésope – Zones de pêche à la crevette \(ZPC\) 0, 1, 4-7, zones d'évaluation est et ouest et division 3M de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest \(OPANO\)](#). Pêches et Océans Canada, Ottawa ON. 97 p.
- NIRB (Nunavut Impact Review Board). 2018. Strategic Environmental Assessment for Baffin Bay and Davis Strait: Environmental Setting and Review of Potential Effects of Oil and Gas Activities. Nunami Stantec. 584 pp.
- Stenson, G.B. 2013. Estimating consumption of prey by Harp Seals, (*Pagophilus groenlandicus*) in NAFO Divisions 2J3KL. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/156. iii + 26 p.
- Treble, M. 2017. Report on Greenland halibut caught during the 2016 trawl survey in Divisions 0A and 0B. NAFO SCR Doc. 17-028: 30 p.

-
- Walkusz, W., Hedges, K., Atchison, S., and Deslauriers, D. 2019. Arctic Cod (*Boreogadus saida*) Bycatch in Shrimp Fishing Areas 1-3: 1979-2018. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3340: v + 16 p.
- Walkusz, W., Majewski, A.R., and Reist, J.D. 2013. Distribution and diet of the bottom dwelling Arctic cod in the Canadian Beaufort Sea. J. Mar. Syst. 127: 65–75.
- Walkusz, W., Paulic, J.E., Williams, W.J., Kwasniewski, S., and Papst, M.H. 2011. Distribution and diet of larval and juvenile Arctic cod (*Boreogadus saida*) in the shallow Canadian Beaufort Sea. J. Mar. Syst. 84: 78–84.
- Welch, H.E., Bergmann, M.A., Siferd, T.D., Martin, K.A., Curtis, M.F., Crawford, R.E., Conover R.J., and Hop, H. 1992. Energy flow through the marine ecosystem of the Lancaster Sound Region, Arctic Canada. Arctic 45: 343–357.
- Welch, H.E., Crawford, R.E., and Hop, H. 1996. Occurrence of Arctic Cod (*Boreogadus saida*) schools and their vulnerability to predation in the Canadian High Arctic. Arctic 46: 331–339.