



CADRE D'ÉVALUATION DE LA MORUE FRANCHE DU NORD (2J3KL)



Image : Morue franche (*Gadus morhua*)

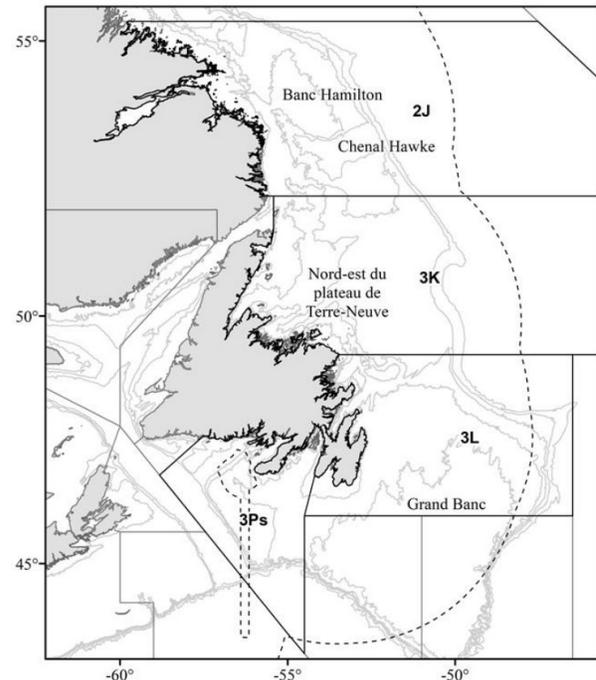


Figure 1. Zone de stock de la morue du Nord (2J3KL). Le trait discontinu indique les limites de la zone économique exclusive (ZEE) de 200 milles marins du Canada.

Contexte

La morue franche (*Gadus morhua*) vivant dans les divisions 2J et 3KL de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) (figure 1), et communément appelée « morue du Nord », est une espèce sur laquelle reposait autrefois l'une des plus grandes pêches du monde. Cependant, ce stock a connu un déclin soudain, chutant de plus de 90 % au début des années 1990 (COSEWIC 2003). Son importance historique a suscité un grand intérêt, ce qui a engendré la mise en place de multiples programmes de surveillance à long terme. Ces initiatives ont fait en sorte que la morue du Nord est l'un des stocks faisant l'objet des évaluations les plus étudiées de façon exhaustive et les plus riches en données dans le monde.

Depuis 2016, ce stock est évalué à l'aide d'un modèle de population état-espace intégré, c'est-à-dire le modèle d'évaluation de la morue du Nord (MEMN; Cadigan 2015; DFO 2016). Ce modèle utilise l'information provenant de relevés hauturiers au chalut, de relevés acoustiques côtiers, des compositions des prises selon l'âge, de débarquements partiels de pêches et de projets de marquage. Bien que ces données constituent la majorité des données accessibles pour ce stock, de nombreuses données historiques n'ont pas été directement intégrées. Il reste également à incorporer l'information relative aux programmes de surveillance des juvéniles et aux répercussions des effets écosystémiques,

dont la disponibilité des proies. Pour combler certaines de ces lacunes, un nouveau processus-cadre a été mis en place pour examiner et mettre en œuvre les modifications apportées à l'approche d'évaluation de ce stock.

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs régional sur le cadre d'évaluation de la morue du Nord (2J3KL) qui s'est tenue du 16 au 20 octobre 2023. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera accessible, sur la page du [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

SOMMAIRE

- Le modèle d'évaluation de la morue franche dans les divisions 2J3KL de l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest (OPANO) remonte maintenant jusqu'en 1954 (il commençait auparavant en 1983) grâce à l'inclusion de données supplémentaires provenant du marquage et des débarquements. Ce modèle étendu a approfondi notre compréhension des tendances passées relatives à ce stock.
- Les données sur la morue juvénile issues de relevés provenant des programmes de surveillance côtière ont été incorporées dans le modèle, ce qui a permis l'établissement d'une relation stock-recrutement.
- Des études nouvelles et antérieures ont démontré que le capelan influe sur la dynamique de ce stock de morue. Un indice pour le capelan a été inclus dans le modèle d'évaluation mis à jour.
- Les effets du phoque du Groenland sur la morue dans les divisions 2J3KL ont également été étudiés. Toutefois, un indice pour le phoque du Groenland n'a pas pu être inclus dans le modèle d'évaluation actuel, car il était difficile de quantifier les effets propres à la taille et de séparer les effets du phoque des effets environnementaux.
- Le point de référence limite (PRL) a été mis à jour à la suite des modifications importantes apportées au modèle et de l'extension de la série chronologique; il a été fixé à 40 % de la B_{RMD} (biomasse au rendement maximal durable), conformément aux lignes directrices de l'approche de précaution. Dans ce nouveau cadre, la biomasse du stock reproducteur a été estimée à 1,16 fois le PRL en 2021, avec une probabilité de 29 % d'être inférieure au PRL. L'état actuel du stock n'a pas été mis à jour lors de cette réunion.

INTRODUCTION

Depuis 2016, le stock de morue franche (*Gadus morhua*) dans les divisions 2J3KL de l'OPANO est évalué à l'aide d'un modèle de population état-espace intégré, c'est-à-dire le modèle d'évaluation de la morue du Nord (MEMN; Cadigan 2015; DFO 2016). Depuis la dernière évaluation (MPO 2022a), le MEMN comprend des données provenant des relevés d'automne plurispécifiques au chalut de navires de recherche hauturier (1983–2020), des relevés de la pêche sentinelle (1995–2020), des relevés effectués dans le détroit de Smith (1995–2009), du programme de marquage (1983–2020) et des pêches commerciales (prises selon l'âge et débarquements déclarés; 1983–2020). En utilisant diverses données, le MEMN permet de relever des défis complexes, notamment l'estimation de la mortalité annuelle naturelle et par la pêche (M et F, respectivement) et la correction des biais introduits par la déclaration partielle des débarquements de la pêche. L'objectif premier du MEMN était d'améliorer les projections pour le stock et d'évaluer les effets des prises de la pêche proposées.

Ce qui manquait à l'évaluation basée sur le MEMN, c'était une perspective à plus long terme sur l'historique et la dynamique du stock, puisque les données antérieures à 1983 n'étaient pas incluses. Cette limitation a non seulement nuit à notre compréhension des variations dans la productivité du stock, mais a également compliqué l'examen des points de référence, ce qui a mené à étendre le modèle jusqu'en 1954. Les principales sources de données ayant permis cette extension comprennent les données des séries chronologiques existantes sur les prises selon l'âge et les débarquements déclarés, ainsi que les données du programme de marquage couvrant plusieurs années (1954–55, 1962–66 et 1978–96).

Les résultats obtenus dans le cadre des programmes de recherche en cours ont entraîné d'autres changements dans l'approche d'évaluation. Tout d'abord, la poursuite des travaux dans deux programmes de surveillance de la morue juvénile, les relevés des détroits de Fleming et de Newman, semble indiquer que ces données pourraient s'avérer utiles pour en apprendre plus sur les tendances de recrutement (Lunzmann-Cooke *et al.* 2021; Lewis *et al.* 2022). Deuxièmement, des études récentes portant sur les répercussions du capelan (*Mallotus villosus*) sur la productivité de la morue du Nord soutiennent les appels répétés à intégrer les effets de cette proie importante dans l'évaluation (Koen-Alonso *et al.* 2021; Regular *et al.* 2022). Finalement, les incertitudes entourant l'incidence du phoque du Groenland (*Pagophilus groenlandicus*), ci-après désigné « phoque », sur la morue soulignent la nécessité de prendre en compte ces effets dans un contexte d'évaluation. Par conséquent, le modèle d'évaluation a été étendu pour intégrer les données sur la morue juvénile issues de relevés et tenter d'estimer les effets du capelan et du phoque sur le stock.

Ces extensions ont facilité un examen plus complet de la dynamique historique et de la productivité de la morue du Nord, et ont amélioré notre compréhension de la relation entre la taille du stock et le recrutement. Les tentatives d'intégration des effets du capelan et du phoque sur la morue ont représenté une étape vers une approche écosystémique de la gestion des pêches pour ce stock (Pepin *et al.* 2023). Enfin, le cadre de modélisation étendu a permis de revoir le PRL pour la morue du Nord. L'objectif principal du nouveau cadre était d'approfondir notre compréhension des tendances historiques, d'améliorer nos projections des tendances futures et, au bout du compte, de produire des avis scientifiques plus solides.

ANALYSE

Extensions du modèle d'évaluation

Une série de changements progressifs a été mise en œuvre pour améliorer la version de base du MEMN (formulation acceptée avec le dernier cadre; DFO 2016), qui a servi de fondement au modèle d'évaluation étendu (MEMN étendu). La structure centrale du MEMN a été décrite par Cadigan (2015, 2016), et les détails de ses extensions seront présentés par Regular et ses collaborateurs (en préparation^{1,2}). En gros, chacune des étapes avait un objectif :

1. améliorer l'ajustement du modèle aux données sur la composition des prises;

¹Regular, P.M., Robertson, G.J., Kumar, R., Varkey, D.A., Gregory, R.S., Lewis, R.S., Skanes, K., Gullage, N., Koen-Alonso, M. et Dwyer, K.S. En prép. Extending the Northern Cod (*Gadus morhua*) Assessment Model. Part I: Bridging Gaps with Additional Data and Model Variations. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.

²Regular, P.M., Kumar, R., Varkey, D.A., Koen-Alonso, M., et Stenson, G.B. En prép. Extending the Northern Cod (*Gadus morhua*) Assessment Model. Part II: Quantifying the Impact of Capelin and Seals. Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech.

2. réduire au minimum les conflits entre les indices de relevé;
3. étendre la série chronologique jusqu'en 1954;
4. intégrer les données des programmes de surveillance côtière de la morue juvénile;
5. établir une relation stock-recrutement et calculer des points de référence par recrue;
6. estimer les niveaux de référence de la mortalité naturelle (M);
7. quantifier les effets du capelan et du phoque sur le stock de morue.

La plupart de ces objectifs ont été énumérés comme des recommandations de recherche dans les processus précédents du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) pour la morue du Nord (p. ex. MPO 2019, 2023a).

Les modifications apportées aux étapes 1 et 2 représentent une tentative d'améliorer l'ajustement du modèle aux données sur les prises selon l'âge, ainsi qu'aux données des relevés du navire de recherche et de la pêche sentinelle, respectivement. En ce qui concerne l'étape 1, la version de base du MEMN utilisait un ajustement ponctuel des écarts-types de la composition des prises. Nous avons remplacé cet ajustement ponctuel par une estimation indépendante de l'écart-type pour les âges ≤ 2 , 3–4 et ≥ 5 . Cette modification a permis d'apporter des améliorations mineures aux diagnostics, incitant ainsi à les conserver pour l'étape 2.

Pour l'étape 2, nous voulions résoudre les tendances contradictoires entre les relevés côtiers de la pêche sentinelle et les relevés hauturiers du navire de recherche. L'application d'un processus autorégressif en 2D plus flexible pour la capturabilité a permis de résoudre les schémas contradictoires, tout comme le fait d'exclure du modèle l'indice dérivé de la pêche sentinelle. Bien que la formulation plus flexible de la capturabilité résolve les schémas contradictoires en réduisant efficacement l'effet de l'indice dérivé de la pêche sentinelle dans le modèle, cette formulation a été gardée dans les étapes subséquentes afin de conserver l'information relative à la zone côtière dans le modèle. Cela peut s'avérer utile, en particulier si les tendances dans l'indice dérivé de la pêche sentinelle complètent les données provenant de la portion hauturière.

L'étape 3 a consisté à intégrer dans le modèle des données qui n'avaient pas été utilisées auparavant. Deux sources de données clés ont permis d'étendre la série chronologique de 1983 à 1954 : la série chronologique existante des débarquements déclarés et des prises selon l'âge, et les données du programme de marquage. Les débarquements déclarés et les données sur les prises selon l'âge remontant à 1962 ont été utilisés dans des évaluations antérieures de la morue du Nord, mais ont été exclus lorsque l'évaluation est passée à un modèle basé sur des relevés, puis au MEMN (Bratley *et al.* 2018). Les débarquements déclarés remontant jusqu'en 1954 et les prises selon l'âge remontant jusqu'en 1962 ont été intégrés dans le modèle à l'étape 3, et ces données ont été jumelées aux données de marquage provenant des campagnes de 1954–55, 1962–66 et 1978–96 (Taggart *et al.* 1995). Les modifications apportées au cours de cette étape ont permis d'effectuer la première reconstitution du stock structuré selon l'âge jusqu'en 1954. L'ajout des données tirées du relevé printanier de la division 3L a été envisagé puisqu'elles remontent à 1971, mais cela n'a pas été fait, car la couverture partielle de l'ensemble de la zone de stock compliquait l'ajout de ces données.

L'étape 4 a également consisté à intégrer dans le modèle des données qui n'avaient pas été utilisées auparavant. Des données provenant de deux programmes de surveillance de la morue juvénile, les relevés des détroits de Fleming (1959–64, 1992–97, 2020; Lewis *et al.* 2022) et de

Newman (1996, 1998–2020; Gregory *et al.* 2019), ont été intégrées dans le modèle étendu. Ces programmes ont fourni des données sur la morue d'âges 0 et 1, ce qui a permis d'obtenir de l'information essentielle sur la dynamique des morues juvéniles. On a supposé que la capturabilité était constante d'un relevé à l'autre et dans le temps, étant donné que des méthodes similaires sont utilisées dans les deux programmes. L'intégration des données sur la morue juvénile issues de relevés, en plus de l'extension des séries chronologiques de l'étape 3, a permis d'explorer les relations stock-recrutement à l'étape 4.

Toutes les versions du modèle antérieures à l'étape 4 laissent supposer que le recrutement suit une marche aléatoire avec un point de rupture en 1992 (c'est-à-dire l'approche utilisée dans la version de base du MEMN; Cadigan 2016). Cette hypothèse a été considérée comme une mesure provisoire jusqu'à ce que des données supplémentaires soient accessibles pour estimer de manière fiable une relation stock-recrutement (N. Cadigan, communication personnelle). Les extensions susmentionnées ont permis l'estimation interne de trois relations stock-recrutement à l'étape 5 : linéaire, Beverton-Holt (Beverton et Holt 1957), et Beverton-Holt sigmoïde (Myers *et al.* 1995). Malgré les indications d'études antérieures selon lesquelles la relation entre la taille du stock et le recrutement est linéaire (Rose et Rowe 2022), les courbes de Beverton-Holt ont été davantage soutenues par les données, toutes deux laissant supposer une relation asymptotique. Il y avait également peu de preuves d'effets dépressifs dans la relation sigmoïde de Beverton-Holt (c'est-à-dire qu'il n'y avait pas de point évident en dessous duquel les taux de recrutement étaient réduits), ce qui contraste avec le stock voisin de morues dans la sous-division 3Ps de l'OPANO (Perälä *et al.* 2022; Varkey *et al.* 2022). La formulation standard de la courbe de Beverton-Holt a donc été acceptée comme une description plausible de la relation entre la taille du stock et le recrutement. Cette modification a également permis l'estimation interne de points de référence, tels que la biomasse du stock reproducteur (BSR) au rendement maximal durable (RMD), B_{RMD} (Albertsen et Trijoulet 2020), qui a servi de référence pour un PRL actualisé pour la morue du Nord à l'étape 5 (voir la section « Point de référence limite » pour obtenir plus de détails).

À l'étape 6, d'autres approches ont été envisagées pour estimer les taux de référence de M. Avant cette étape, l'approche par défaut consistait à supposer les valeurs de « variation-M » utilisées dans la version de base du MEMN. Cette formulation « variation-M » a été conçue pour relever les grandes variations de M en utilisant les données accessibles sur le stock et sa dynamique; elle établit des valeurs fixes de M avec une plage de 0,36–0,43 pendant les périodes antérieures à l'effondrement (avant 1991) et postérieures à l'effondrement (après 1994), et un grand pic pendant les années d'effondrement (1991–94) avec des valeurs dépassant 2,0 pour la plupart des âges (Bratley *et al.* 2018). À l'étape 6, plutôt que d'utiliser des valeurs fixées a priori, trois approches ont été envisagées pour estimer la valeur de référence de M : constante pour tous les âges et toutes les années, allométrique (c'est-à-dire qu'elle diminue avec l'augmentation de la taille; Lorenzen 2022), ou « variation-M-2 » qui laisse supposer une valeur de M constante pour les mêmes périodes que la formulation « variation-M » de la version de base du MEMN, mais, au lieu d'utiliser des valeurs fixes, les valeurs de M pour ces périodes ont été estimées. Ces trois approches ont été utilisées à l'étape 7.

L'étape 7, la dernière, représente les tentatives pour expliquer les variations de M en estimant les effets du capelan et du phoque sur le stock dans le cadre général du MEMN étendu. On s'attendait à ce que la disponibilité du capelan ait un effet ascendant sur la morue en influant sur les taux de mortalité par famine (Regular *et al.* 2022). Les estimations par relevé acoustique pour le capelan (MPO 2022b) ont donc été utilisées pour prévoir les variations des valeurs de M de la morue pour les âges 2–14 (invariable selon l'âge) ou pour des blocs d'âge (2–3, 4–8, 9+), puisque la dépendance relative au capelan peut varier en fonction de la taille/de l'âge. En

revanche, on s'attendait à ce que le phoque ait un effet descendant sur la morue, en influant sur les taux de mortalité par prédation. Deux formulations ont été utilisées pour estimer les effets du phoque; l'une utilisant des estimations de la consommation de morue par le phoque, ainsi que la composition selon l'âge de la morue consommée, obtenue au moyen des otolithes dans les échantillons alimentaires du phoque, et l'autre utilisant des estimations de l'abondance du phoque (Tinker *et al.* 2023) pour prévoir les variations des valeurs de M de la morue dans les blocs d'âge (0–3, 4–8).

La disponibilité du capelan s'est avérée utile pour expliquer les variations de M (voir la section « Effets du capelan » pour obtenir plus de détails). Parmi les différentes formulations comprenant le capelan, le modèle utilisant une valeur de référence constante de M à l'étape 6 et un effet du capelan invariable selon l'âge a été sélectionné comme la formulation préférée. Il a été choisi en raison de sa simplicité relative et de sa capacité équivalente à expliquer les variations dans le stock. L'hypothèse plus simpliste d'une valeur de référence de M constante a été préférée à l'effet allométrique, car les données étaient insuffisantes pour relever les diminutions de M d'un âge à l'autre, tandis que la formulation « variation-M-2 » a été écartée en raison de l'incapacité à prévoir quand, ou si, une prochaine variation pourrait se produire dans la série.

Pour ce qui est du phoque, l'incertitude des données et la possibilité de confondre les effets avec des facteurs environnementaux non inclus dans les modèles ont empêché d'arriver à une conclusion claire pour les effets du phoque sur la morue (voir la section « Effets du phoque » pour obtenir plus de détails).

À l'issue de l'ensemble de ce processus, le modèle utilisant une valeur de référence constante de M à l'étape 6 et un effet du capelan invariable selon l'âge a été sélectionné comme nouveau modèle d'évaluation, ci-après désigné comme le MEMN étendu.

Dynamique historique du stock

Conformément aux évaluations précédentes (Lilly 2008; Bratley *et al.* 2018), le MEMN étendu indique que le stock a décliné au cours des années 1960 et 1970, qu'il s'est partiellement rétabli dans les années 1980, qu'il a considérablement diminué au début des années 1990 et qu'il a lentement augmenté au cours des trois dernières décennies (figure 2). Alors que l'on pensait auparavant que la taille du stock dans les années 1950 était équivalente ou supérieure à celle des années 1960 (Rose 2004; Schijns *et al.* 2021), le MEMN étendu indique que le stock a augmenté entre le milieu des années 1950 et les années 1960, révélant ainsi une dynamique historique qui était passée inaperçue jusqu'à ce jour. En comparant les résultats du MEMN étendu à ceux de la dernière évaluation basée sur le MEMN (MPO 2022a), les estimations des paramètres tels que le recrutement à l'âge 2, la BSR et les F et M moyennes pour les âges 5+ à partir de 1980 étaient effectivement les mêmes (figure 2). Le principal avantage du MEMN étendu est qu'il offre une perspective plus complète de l'histoire du stock et de sa productivité. Plus particulièrement, l'utilisation de données remontant jusqu'à 1954 ainsi que l'intégration des données issues de relevés sur les juvéniles se sont avérées utiles pour établir une relation stock-recrutement et réévaluer le PRL pour la morue du Nord (voir la section « Point de référence limite »). De plus, l'incorporation du capelan dans le MEMN étendu devrait permettre d'améliorer les projections pour le stock en tirant parti de sa capacité de prédiction des variations de M (voir la section « Effets du capelan » pour obtenir plus de détails).

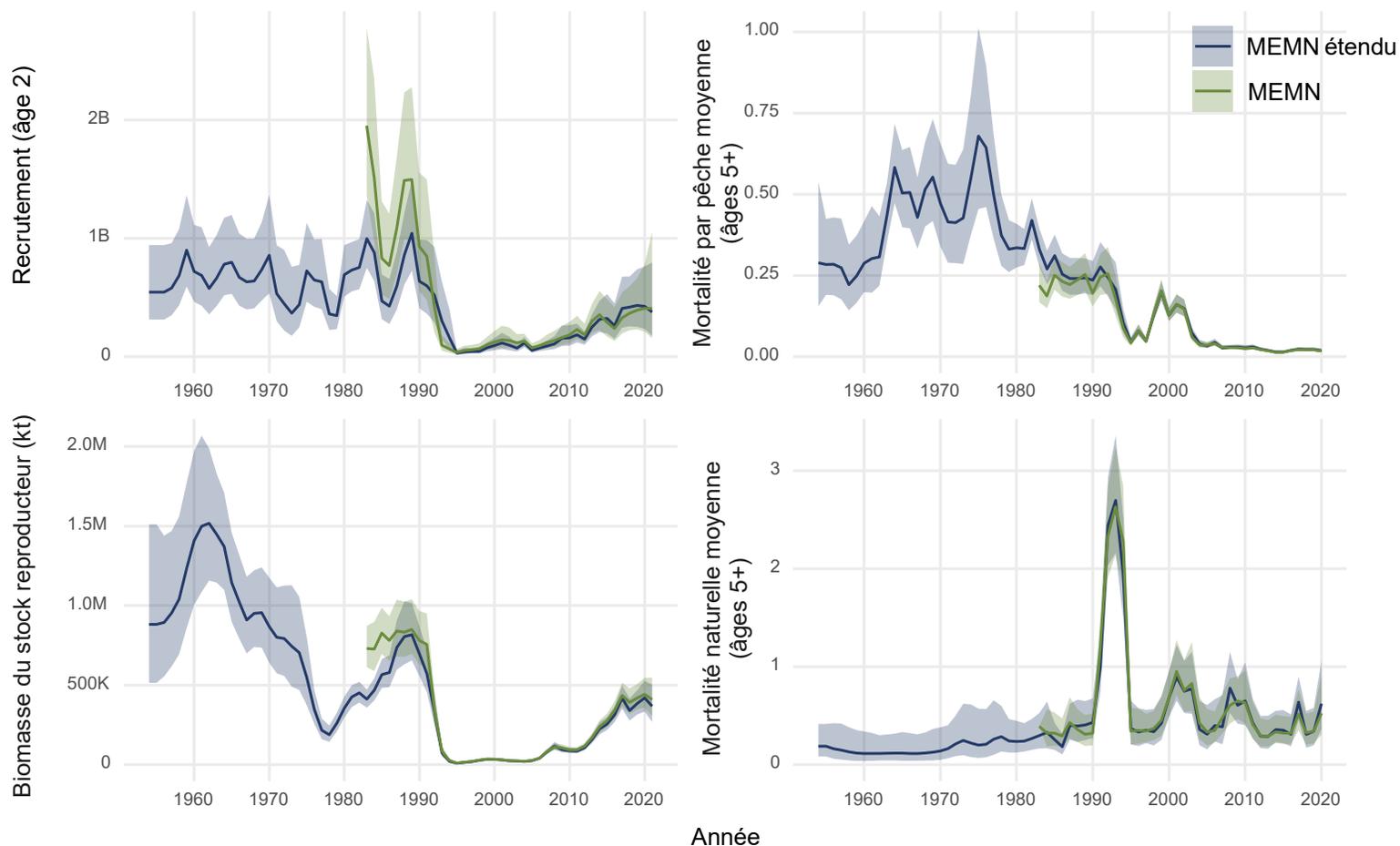


Figure 2. Tendances du recrutement de la morue du Nord à l'âge 2 (en haut à gauche), de la biomasse du stock reproducteur (en bas à gauche), de la mortalité par pêche moyenne pondérée selon la population (en haut à droite) et de la mortalité naturelle (en bas à droite) pour les âges 5+, obtenues à partir du modèle d'évaluation étendu, MEMN étendu (lignes bleues), et du modèle d'évaluation précédent, MEMN (lignes vertes). Les zones ombrées représentent les intervalles de confiance à 95 %.

Effets du capelan

On sait depuis longtemps que le capelan est une proie importante pour la morue du Nord (Templeman 1965), et de nombreuses études ont établi un lien entre la disponibilité du capelan et les variations dans la productivité de la morue (p. ex. Rose et O'Driscoll 2002; Buren *et al.* 2014; Koen-Alonso *et al.* 2021; Regular *et al.* 2022). En bref, le stock devrait rester stable ou diminuer lorsque la morue n'a pas suffisamment de proies, en particulier le capelan, et la mortalité par la famine est considérée comme un mécanisme clé des variations dans la productivité. Ces attentes ont été soutenues par une mise à jour du modèle capelan-morue, un modèle bioénergétique-allométrique utilisé pour décrire la dynamique de la biomasse de la morue (Koen-Alonso *et al.*, en préparation³), et par la version acceptée du MEMN étendu qui inclut la disponibilité du capelan comme prédicteur de M.

Bien que les prévisions de M basées sur le capelan ne parviennent pas à saisir toute l'ampleur des variations de M estimées par le MEMN étendu, ce qui n'est pas surprenant puisqu'une espèce proie ne devrait pas expliquer à elle seule toutes les variations dans la productivité, elles révèlent tout de même certaines des augmentations et des diminutions de M qui ont été observées depuis 1984 – l'année après laquelle les données issues de relevés ont été accessibles pour être utilisées comme variable explicative (figure 3). Étant donné que M est un facteur clé de la productivité de la morue du Nord, il s'agit d'une avancée importante qui nous permet d'expliquer davantage les tendances passées et de prévoir les trajectoires futures.

L'un des aspects les plus difficiles de l'évaluation de la morue du Nord a été d'expliquer l'effondrement des années 1990 et la lenteur du rétablissement qui a suivi. Bien que le MEMN ait indiqué que M était un facteur clé (Cadigan 2015), les facteurs contribuant aux variations importantes de M demeurent difficiles à cerner. Des analyses indépendantes portent à croire qu'une grande portion des données considérées comme étant associées à M par le MEMN pourrait plutôt faire partie de F, et ce, en raison des débarquements non déclarés (Rose et Walters 2019), tandis qu'une autre étude a indiqué qu'une grande portion pourrait provenir de la mortalité induite par la famine (Regular *et al.* 2022). Les résultats du MEMN étendu ne peuvent pas être utilisés pour écarter la possibilité qu'une partie de M soit en fait attribuée à F, mais ils indiquent que la disponibilité du capelan a contribué aux variations de M. En effet, le pic le plus important dans les prévisions de M basées sur le capelan s'est produit en 1992, à la suite de l'effondrement du capelan. Les augmentations ultérieures de M ont également été associées à des variations dans la disponibilité du capelan (figure 3). Ces résultats sont également cohérents avec ceux du modèle capelan-morue (Koen-Alonso *et al.* 2021, en préparation³). Cela dit, des variations considérables et inexpliquées de M subsistent et, à ce titre, des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer si ces variations sont liées à des facteurs tels que la disponibilité d'autres espèces proies, les conditions climatiques océaniques, la prédation et/ou les débarquements non déclarés.

L'explication des variations de M à l'aide du capelan constitue une amélioration importante, car il s'agit d'un moyen de renforcer les projections relatives à la morue du Nord. Les évaluations précédentes basées sur le MEMN utilisaient effectivement les estimations terminales de M pour prévoir M. Bien qu'il s'agissait d'une approche raisonnable, les prévisions ont pu être biaisées si les facteurs clés de M ont augmenté ou diminué au cours de la fenêtre de projection d'un à deux ans. Vu la capacité explicative associée au capelan, les prévisions de la mortalité future

³Koen-Alonso, M., Munro, H., Deering, R., and Regular, P.M. 2024. Revisiting the role of Capelin and Harp seals as drivers of the Northern cod dynamics. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. En préparation.

de la morue et, par conséquent, de la taille du stock devraient être améliorées en utilisant des prévisions à court terme du capelan (Lewis *et al.* 2019; MPO 2022b). Ces prévisions n'ont pas été élaborées pour la réunion sur le cadre d'évaluation, mais elles sont en cours d'élaboration pour l'évaluation de la morue du Nord de mars 2024.

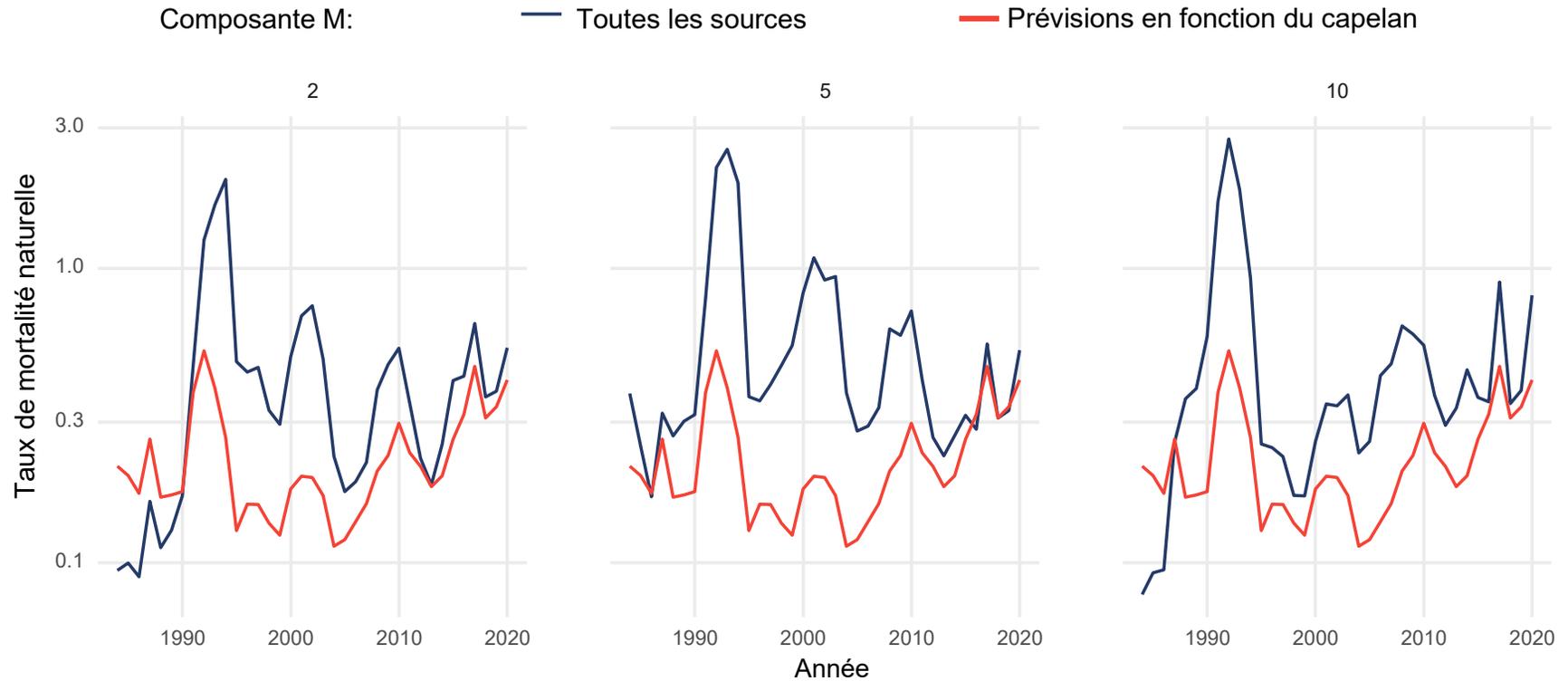


Figure 3. Taux de mortalité naturelle de la morue du Nord estimés avec le MEMN étendu, présentés pour les principaux groupes d'âge (2, 5 et 10) et provenant de toutes les sources accessibles (lignes bleues), et taux prédits en utilisant la disponibilité du capelan comme seule variable explicative (lignes rouges). L'axe des x commence en 1984, année après laquelle les données issues de relevés ont été accessibles pour être utilisées comme variable explicative, tandis que l'axe des y est présenté en échelle logarithmique.

Effets du phoque

Les études antérieures de Buren et ses collaborateurs (2014) ont permis de conclure que le phoque du Groenland n'est pas un facteur déterminant pour la biomasse de la morue du Nord. Cette conclusion a été réexaminée avec le cadre d'évaluation de la morue du Nord en utilisant le modèle capelan-morue (Koen-Alonso *et al.* 2021; une mise à jour du modèle utilisé dans Buren *et al.* 2014) et avec des analyses de la structure de la communauté de poissons et de la consommation de morue par les phoques et les poissons, et les conclusions sont cohérentes avec les résultats précédents.

Toutefois, on a constaté que le modèle capelan-morue est axé sur la dynamique de la biomasse totale et qu'il pourrait ne pas détecter l'effet de la consommation par les phoques sur les morues juvéniles, qui représentent une fraction relativement petite de la biomasse totale de la morue. Afin de quantifier l'effet de la consommation par les phoques par groupe d'âge de la morue, deux nouvelles approches ont été présentées pour l'intégration des données sur les phoques dans le MEMN étendu (Regular *et al.*, en préparation²). La première approche incorpore plusieurs sources de données, notamment la consommation de morue par les phoques et la composition selon l'âge de la morue consommée obtenue avec les otolithes dans les échantillons alimentaires des phoques. La deuxième approche utilise l'abondance du phoque de Tinker *et al.* (2023). Les deux indiquent que le phoque peut être un facteur important pour la morue du Nord juvénile. Cependant, des inquiétudes ont été soulevées, à savoir que les effets du phoque détectés pourraient être confondus avec des facteurs environnementaux qui n'ont pas été examinés dans le modèle. Par exemple, les effets prédits du phoque sont corrélés avec l'indice climatique de Terre-Neuve-et-Labrador (Cyr et Galbraith 2021). En outre, les incertitudes associées aux données sur le phoque (p. ex. les données sur la composition selon l'âge de la morue provenant des échantillons alimentaires des phoques) n'ont pas pu être résolues au cours de la réunion.

Avec le cadre d'évaluation, on a conclu qu'un indice pour le phoque du Groenland n'a pas pu être inclus dans le modèle d'évaluation actuel, car il était difficile de quantifier les effets propres à la taille et de séparer les effets du phoque des effets environnementaux. Des recommandations d'études ont été formulées pour faciliter les progrès sur cette question.

Point de référence limite

Selon le Cadre décisionnel pour les pêches en conformité avec l'approche de précaution du MPO, un PRL est défini comme l'état en dessous duquel le stock subit de graves dommages (MPO 2009). Depuis 2010, le PRL pour la morue du Nord a été défini comme la BSR moyenne des années 1980, car c'est la dernière fois que des niveaux modérés de recrutement ont été observés (DFO 2011, MPO 2023a). Cette définition a été officiellement revue à l'aide de la relation stock-recrutement de Beverton-Holt en calculant le niveau de la BSR qui produit 50 % du recrutement maximal prévu. Une approximation fondée sur le RMD, 40 % de la B_{RMD} , a également été prise en compte, de même que deux approximations empiriques (moyenne de la BSR des années 1980 et 1970).

Si les approximations empiriques ont été jugées utiles à des fins de comparaison, les options théoriques basées sur le recrutement ou le RMD ont été considérées comme étant plus appropriées pour ce stock associé à un grand nombre de données. Bien qu'il soit conceptuellement cohérent avec le PRL précédent, le niveau de la BSR produisant 50 % du recrutement maximal prévu a été considéré comme moins complet que l'option basée sur le RMD, car il ne tient compte que d'une seule source de productivité, à savoir le nombre de recrues par reproducteur. En revanche, l'estimation du RMD nécessite une comptabilisation à la

fois des recrues par reproducteur et des reproducteurs par recrue. Cependant, ce sera un défi de déterminer la période à utiliser pour faire la moyenne des paramètres variables dans le temps, comme la sélectivité des pêches et M . L'approche de précaution du MPO suggère l'utilisation de la plus longue série chronologique possible pour la définition des points de référence (MPO 2009), c'est pourquoi des moyennes de séries chronologiques entières ont été utilisées. L'approximation de 40 % de la B_{RMD} a ensuite été sélectionnée comme nouveau PRL pour la morue du Nord en raison de sa comptabilisation plus inclusive de la productivité et de sa cohérence avec la politique et l'orientation (MPO 2009, 2023b).

Avec le modèle d'évaluation et le PRL révisés, le stock de la morue du Nord a été placé dans la zone de prudence du cadre de l'approche de précaution entre 2016 et 2021 (figure 4). Pour 2021, la BSR a été évaluée comme étant 1,16 fois le PRL et, compte tenu des incertitudes statistiques, la probabilité que le stock se trouve dans la zone critique a été estimée à 29 %. Cela diffère de la dernière évaluation de la morue du Nord qui indiquait que la BSR se situait bien dans la zone critique, à 0,52 fois le PRL précédent (MPO 2022a). Notamment, les estimations de la BSR en 2021 provenant du modèle précédent (411 kilotonnes [kt]; IC à 95 % = 307-549 kt) et du modèle révisé (368 kt; IC à 95 % = 269-503 kt) s'harmonisent étroitement. La modification de l'état relatif du stock résulte d'une révision à la baisse du PRL et non d'une augmentation de la quantité de morue estimée par le modèle révisé. La prochaine évaluation, en mars 2024, déterminera si la morue du Nord demeure dans la zone de prudence. Il importe de savoir qu'un point de référence supérieur (PRS), délimitant la zone de prudence et la zone saine, n'a pas encore été établi pour ce stock.

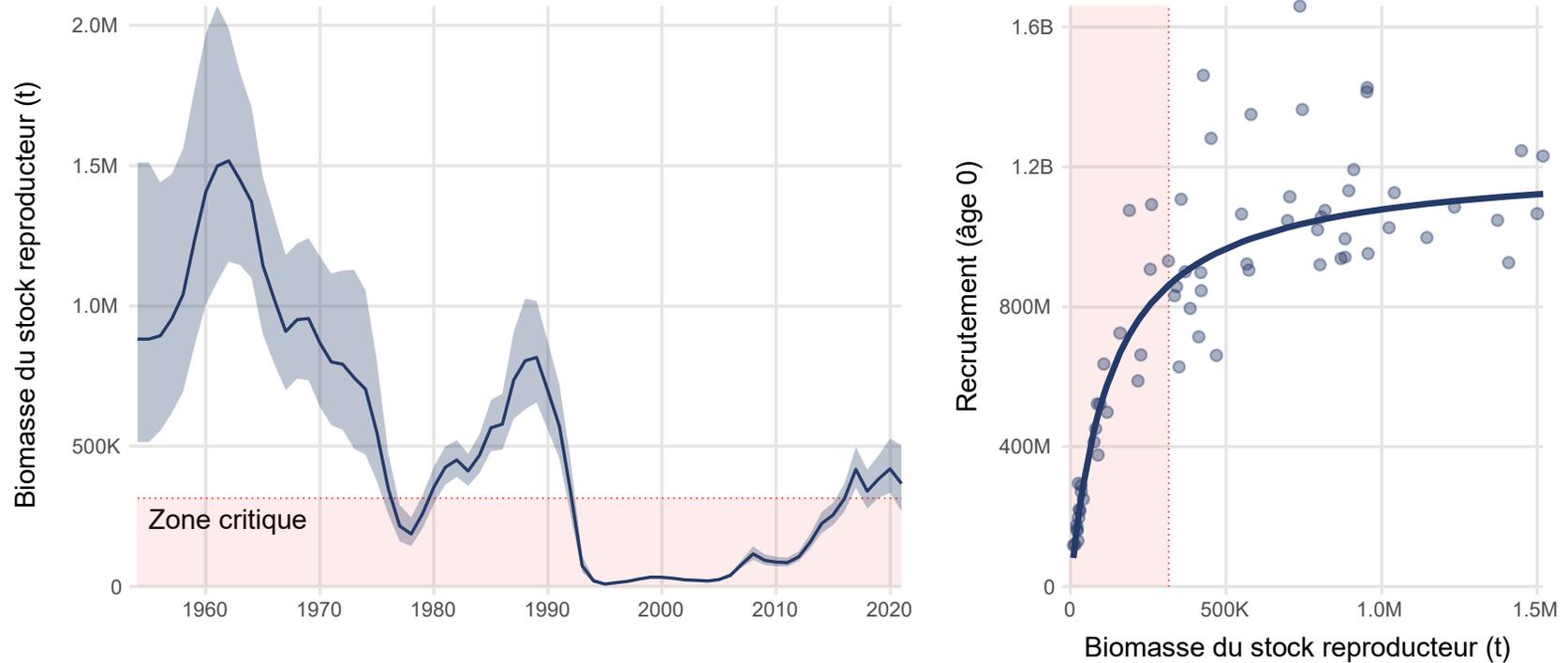


Figure 4. Le graphique de gauche montre les tendances de la biomasse du stock reproducteur (BSR) obtenues avec le MEMN étendu; la zone ombrée en bleu représente les intervalles de confiance à 95 %. Le graphique de droite montre la relation entre la biomasse du stock reproducteur et le recrutement à l'âge 0 obtenue avec le MEMN étendu; la ligne continue indique les niveaux de recrutement prévus à partir d'une courbe de Beverton-Holt. La ligne rouge pointillée des deux graphiques représente le PRL révisé.

Sources d'incertitude

Comme mentionné lors de l'évaluation de mars 2021, les relevés de la pêche sentinelle et les relevés du navire de recherche ont montré des tendances différentes ces dernières années. Les schémas contradictoires étaient possiblement liés à des différences dans la fréquence, la capturabilité ou la répartition des activités de relevés par pêche sentinelle. Bien que les données issues de relevés de la pêche sentinelle demeurent dans le MEMN étendu, elles ne sont pas traitées comme elles l'étaient dans le MEMN pour tenir compte de la variation de la capturabilité. On recommande de continuer d'examiner la sensibilité de l'indice dérivé de la pêche sentinelle par rapport à sa conception et à son application. D'autres études portant sur l'application de la télémétrie acoustique et d'autres sources de données pour l'estimation de la morue disponible pour l'indice dérivé de la pêche sentinelle, ainsi que d'autres relevés, pourraient s'avérer bénéfiques.

L'exactitude des limites de prises utilisées dans le modèle d'évaluation est incertaine. La plage probable des prises (limites inférieure et supérieure) incorporée au MEMN a été déterminée au cours de discussions auxquelles ont participé les intervenants présents lors des réunions d'évaluation précédentes. Toutefois, ces discussions se sont faites alors que la plage de prises était estimée pour la période postérieure à 1983 et ne tenaient pas compte de ce que pourrait être une estimation appropriée d'une plage de prises pour la période antérieure à 1983. Le MEMN étendu a utilisé les débarquements déclarés en remontant jusqu'en 1954 et les limites ont été élargies pour les années précédant 1977, lorsque la zone de 200 milles a été mise en place. Bien que les prises déclarées soient probablement plus incertaines au cours des premières années, les participants à la réunion ont mentionné qu'il pourrait être utile de préciser les limites des prises en examinant les registres antérieurs et/ou en menant des entretiens avec des pêcheurs et des historiens.

La composante M joue un rôle important dans les projections pour ce stock et certains facteurs contribuant à d'importantes variations de M restent inexpliqués. L'inclusion du capelan dans le MEMN étendu permet de répondre en partie à cette préoccupation. L'inclusion provisoire du phoque a également amélioré les explications concernant M; cependant, la modélisation appropriée des effets du phoque sur la morue demeure incertaine. De plus, on ne sait pas comment les niveaux de nutriments et de zooplancton influent sur les niveaux trophiques supérieurs sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, et les connaissances sur les tendances de la productivité à long terme sont limitées.

L'inclusion des données issues de relevés sur la morue juvénile dans le MEMN étendu fournit de l'information précieuse sur la morue d'âge 0 à 1, bien qu'il subsiste des questions sur les processus de recrutement, les liens entre les relevés côtiers et hauturiers et la capturabilité de la morue au cours des premiers stades de sa vie.

CONCLUSION

Le modèle d'évaluation pour la morue du Nord (MEMN) a été considérablement étendu; il remonte désormais jusqu'en 1954, alors qu'il se rendait jusqu'en 1983 auparavant. Cette extension a été réalisée en intégrant des données supplémentaires sur le marquage et les débarquements, ce qui a permis de combler les lacunes des évaluations précédentes de ce stock. En outre, l'intégration des données issues de relevés sur les juvéniles provenant de deux programmes de surveillance côtière a permis l'établissement d'une relation stock-recrutement, fournissant ainsi de l'information précieuse sur la relation entre les morues juvéniles et les morues adultes.

Région de Terre-Neuve-et-Labrador

L'intégration des données sur le capelan dans le modèle a constitué une autre avancée. Une nouvelle approche a été adoptée pour utiliser l'indice de relevé du capelan afin de prédire les variations dans les taux de M, un facteur important dans les changements du stock. Simultanément, des études ont été menées pour connaître les effets du phoque sur la morue. Toutefois, en raison des difficultés rencontrées pour quantifier avec précision les effets propres à la taille et pour isoler les effets de la prédation du phoque des facteurs environnementaux plus généraux, l'inclusion d'un indice explicite du phoque dans le modèle d'évaluation actuel n'était pas possible.

Les modifications susmentionnées ont permis de revoir le PRL pour la morue du Nord. Conformément aux lignes directrices de l'approche de précaution, le nouveau PRL a été fixé à 40 % de la B_{RMD} . Avec ce cadre révisé, on a estimé en 2021 que la BSR était dans la zone de prudence à 1,16 fois le PRL, avec une probabilité de 29 % de se trouver dans la zone critique. Cependant, il importe de savoir que l'état actuel du stock n'a pas été mis à jour au cours de cette réunion. La prochaine évaluation, en mars 2024, déterminera si la morue du Nord demeure dans la zone de prudence.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

NOM	Affiliation
Mark Simpson	MPO, Sciences (président), région de Terre-Neuve-et-Labrador (T.-N.-L.)
Eugene Lee	MPO, Centre des avis scientifiques, région de T.-N.-L.
Hilary Rockwood	MPO, Centre des avis scientifiques, région de T.-N.-L.
Aaron Adamack	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Andrea Perreault	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Bob Gregory	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Bob Rogers	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Brian Healey	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Christina Bourne	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Coady Fitzpatrick	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Courtney King	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Dawn Parsons	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Divya Varkey	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Elaine Hynick	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Emilie Geissinger	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Emilie Novaczek	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Fatemeh Hatefi	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Frédéric Cyr	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Hannah Munro	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Hannah Murphy	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Karen Dwyer	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Katherine Skanes	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Laura Wheeland	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Mariano Koen-Alonso	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Nick Gullage	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Paul Regular	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Pierre Pepin	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Rajeev Kumar	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.

NOM	Affiliation
Rick Rideout	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Robert Deering	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Samantha Trueman	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Semra Yalcin	MPO, Sciences, région de T.-N.-L.
Danny Ings	MPO, Sciences, région de la capitale nationale
Martha Krohn	MPO, Sciences, région de la capitale nationale
Elisabeth Van Beveren	MPO, Sciences, région du Québec
Robyn Morris	MPO, Gestion des ressources, région de T.-N.-L.
Greg Robertson	Environnement et Changement climatique Canada
Olivia Dennis	Ministère des Pêches, des Forêts et de l'Agriculture de Terre-Neuve-et-Labrador
Colin Webb	Gouvernement du Nunatsiavut
Rob Coombs	Conseil communautaire de NunatuKavut
Abe Solberg	Fish, Food and Allied Workers (FFAW)
Erin Carruthers	Fish, Food and Allied Workers (FFAW)
Renaë Butler	Association of Seafood Producers
Vanessa Byrne	Conseil du poisson de fond de l'Atlantique
Jim Baird	NL Groundfish Industry Development Council
Matthew Robertson	Marine Institute, Université Memorial de Terre-Neuve
Sherrylynn Rowe	Marine Institute, Université Memorial de Terre-Neuve
Tyler Eddy	Marine Institute, Université Memorial de Terre-Neuve
Gemma Rayner	Océans Nord
Daniel Howell	Institute of Marine Research, Norvège

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pair régional du 16 au 20 octobre 2023 sur le cadre d'évaluation de la morue du Nord (2J3KL). Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera accessible, dans le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

Albertsen, C.M., and Trijoulet, V. 2020. [Model-based estimates of reference points in an age-based state-space stock assessment model](#). Fish. Res. 230: 105618.

Beverton, R.J., and Holt, S.J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. H.M.S.O., London, U.K.

Bratley, J., Cadigan, N., Dwyer, K. S., Healey, B. P., Ings, D. W., Lee, E. M., Maddock Parsons, D., Morgan, M. J., Regular, P., Rideout, R. M. 2018. [Assessment of the Northern Cod \(*Gadus morhua*\) stock in NAFO Divisions 2J3KL in 2016](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/018. v + 107p.

Buren, A.D., Koen-Alonso, M., and Stenson, G.B. 2014. [The role of harp seals, fisheries and food availability in driving the dynamics of northern cod](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 511(10): 265–284.

Cadigan, N.G. 2015. [A state-space stock assessment model for northern cod, including under-reported catches and variable natural mortality rates](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 73(2): 296–308.

- Cadigan, N. 2016. [Updates to a Northern Cod \(*Gadus morhua*\) State-Space Integrated Assessment Model](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/022. v + 58 p.
- COSEWIC. 2003. [COSEWIC Assessment and Update Status Report on the Atlantic Cod \(*Gadus morhua*\) in Canada](#). Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada Ottawa.
- Cyr, F., and Galbraith, P. S. 2021. [A climate index for the Newfoundland and Labrador shelf](#). Earth Syst. Sci. Data. 13: 1807–1828.
- DFO. 2011. [Proceedings of the Newfoundland and Labrador Regional Atlantic Cod Framework Meeting: Reference Points and Projection Methods for Newfoundland cod stocks; November 22-26, 2010](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2010/053.
- DFO. 2016. [Proceedings of the Northern Cod Framework Review Meeting ; November 30 – December 4, 2015](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2016/031.
- Gregory, R.S., Dalley, K.L., Newton, B.H., Sargent, P.S., et E.L.L. Cooke. 2019. [Vigueur relative de trois cohortes \(2015-2017\) de morues franches d'après les relevés côtiers des juvéniles démersaux d'âges 0 et 1 dans le bras Newman, baie de Bonavista](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/012. iv + 12 p.
- Koen-Alonso, M., Lindstrøm, U., and Cuff, A. 2021. [Comparative modeling of cod-capelin dynamics in the Newfoundland-Labrador shelves and Barents Sea ecosystems](#). Front. Mar. Sci. 8: 579946.
- Lewis, K.P., Buren, A.D., Regular, P.M., Mowbray, F.K., and Murphy, H.M. 2019. [Forecasting capelin *Mallotus villosus* biomass on the Newfoundland shelf](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 616: 171–183.
- Lewis, R.S., Ings, D.W. et Rogers, B. 2022. [Relevé de la morue franche \(*Gadus morhua*\) juvénile démersale le long de la côte nord-est de Terre-Neuve : relevé de Fleming de 2020](#). MPO Can. Sec. can. avis sc. Doc. de rech. 2022/056. iv + 29 p.
- Lilly, G.R. 2008. The decline, recovery, and collapse of Atlantic cod (*Gadus morhua*) off Labrador and Eastern Newfoundland. Resiliency of gadid stocks to fishing and climate change. Edited by G. Kruse, K. Drinkwater, JN Ianelli, JS Link, DL Stram, V. Wespestad, and D. Woodby. Alaska Sea Grant Program, University of Alaska, Fairbanks, Alaska: 67–88.
- Lorenzen, K. 2022. [Size-and age-dependent natural mortality in fish populations: Biology, models, implications, and a generalized length-inverse mortality paradigm](#). Fish. Res. 255: 106454.
- Lunzmann-Cooke, E.L., Gregory, R.S., Snelgrove, P.V., Cote, D., and Fuentes-Yaco, C. 2021. [Spatial, temporal, and environmental influences on Atlantic cod *Gadus morhua* offshore recruitment signals in Newfoundland](#). Mar. Ecol. Prog. Ser. 673: 151–164.
- MPO. 2009. [Cadre décisionnel pour les pêches en conformité avec l'approche de précaution](#).
- MPO. 2019. [Compte rendu de la réunion d'examen régional par les pairs de l'évaluation du stock de morue du Nord \(divisions 2J3KL\); du 19 au 23 mars 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Compte rendu 2019/007.
- MPO. 2022a. [Évaluation du stock de morue du Nord \(divisions 2J3KL de l'OPANO\) en 2021](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/041.

- MPO. 2022b. [Évaluation du capelan des divisions 2J3KL en 2020](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/013.
- MPO. 2023a. [Compte rendu de l'examen régional par les pairs de l'évaluation du point de référence limite \(PRL\) pour la morue franche des divisions 2J3KL; du 22 au 24 janvier 2019](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Compte rendu 2023/019.
- MPO. 2023b. [Avis scientifique concernant les lignes directrices sur les points de référence limites dans le cadre des dispositions relatives aux stocks de poissons](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2023/009
- Myers, R., Barrowman, N., Hutchings, J., and Rosenberg, A. 1995. [Population Dynamics of Exploited Fish Stocks at Low Population Levels](#). Science. 269(5227): 1106–1108.
- Pepin, P., Koen-Alonso, M., Boudreau, S. A., Cogliati, K.M., den Heyer, C.E., Edwards, A. M., Hedges, K. J., and Plourde, S. 2023. [Fisheries and Oceans Canada's Ecosystem Approach to Fisheries Management Working Group: case study synthesis and lessons learned](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3553: v + 67 p.
- Perälä, T., Hutchings, J.A., and Kuparinen, A. 2022. [Allee effects and the Allee-effect zone in northwest Atlantic cod](#). Biol. Lett. 18(2): 20210439.
- Regular, P.M., Buren, A.D., Dwyer, K.S., Cadigan, N.G., Gregory, R.S., Koen-Alonso, M., Rideout, R.M., Robertson, G.J., Robertson, M.D., Stenson, G.B., Wheeland, L.J., and Zhang, F. 2022. [Indexing starvation mortality to assess its role in the population regulation of Northern cod](#). Fish. Res. 247: 106180.
- Rose, G. 2004. [Reconciling overfishing and climate change with stock dynamics of Atlantic cod \(*Gadus morhua*\) over 500 years](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61(9): 1553–1557.
- Rose, G., and O'Driscoll, R. 2002. [Capelin are good for cod: can the northern stock rebuild without them?](#) ICES J. Mar. Sci. 59(5): 1018–1026.
- Rose, G.A., and Rowe, S. 2022. [Congruence of stock production and assessment areas? An historical perspective on Canada's iconic Northern cod](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 79(7): 1173–1187.
- Rose, G.A., and Walters, C.J. 2019. [The state of Canada's iconic Northern cod: a second opinion](#). Fish. Res. 219: 105314.
- Schijns, R., Froese, R., Hutchings, J.A., and Pauly, D. 2021. [Five centuries of cod catches in eastern Canada](#). ICES J. Mar. Sci. 78(8): 2675–2683.
- Taggart, C., Penney, P., Barrowman, N., and George, C. 1995. [The 1954-1993 Newfoundland cod-tagging database: statistical summaries and spatial-temporal distributions](#). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2042: 441 p.
- Templeman, W. 1965. Some instances of cod and haddock behaviour and concentrations in the Newfoundland and Labrador areas in relation to food. ICNAF Spec. Publ. 6: 449–461.
- Tinker, M.T., Stenson, G.B., Mosnier, A., et Hammill, M.O. 2023. [Estimation de l'abonde des phoques du Groenland de l'Atlantique Nord-Ouest à l'aide d'une approche de modélisation bayésienne](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/068. iv + 60 p.

Varkey, D.A., J. Babyn, P. Regular, D.W. Ings, R. Kumar, B. Rogers, J. Champagnat et M.J. Morgan. 2022. [Un modèle état-espace pour l'évaluation du stock de morue \(*Gadus morhua*\) dans la sous-division 3Ps de l'OPANO](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/022. vi + 81 p

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
C.P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
A1C 5X1

Courriel : DFONLCentreforScienceAdvice@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-73038-7 N cat. Fs70-6/2024-046F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2024



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2024. Cadre d'évaluation de la morue franche du Nord (2J3KL). Secr. can. des avis. sci. du MPO. Avis sci. 2024/046.

Also available in English:

DFO. 2024. Northern (2J3KL) Atlantic Cod Assessment Framework. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2024/046.