



Pêches et Océans  
Canada

Fisheries and Oceans  
Canada

Sciences des écosystèmes  
et des océans

Ecosystems and  
Oceans Science

## **Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)**

---

**Compte rendu 2023/026**

**Région du Québec**

**Compte rendu de la réunion sur les avis scientifiques régional sur le cadre d'évaluation pour la morue franche (*Gadus morhua*) du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS) : Partie 2 : Révision des modèles d'estimation (à l'âge) de la population**

**Du 24 au 26 mai 2022**

**Réunion virtuelle**

**Présidente : Daniel Duplisea**

**Rapporteuse : Sonia Dubé**

Institut Maurice-Lamontagne  
Pêches et Océans Canada  
850, Route de la Mer, C.P. 1000  
Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

---

## Avant-propos

Le présent compte rendu a pour but de consigner les principales activités et discussions qui ont eu lieu au cours de la réunion. Il peut contenir des recommandations sur les recherches à effectuer, des incertitudes et les justifications des décisions prises pendant la réunion. Le compte rendu peut aussi faire l'état de données, d'analyses ou d'interprétations passées en revue et rejetées pour des raisons scientifiques, en donnant la raison du rejet. Bien que les interprétations et les opinions contenues dans le présent rapport puissent être inexactes ou propres à induire en erreur, elles sont quand même reproduites aussi fidèlement que possible afin de refléter les échanges tenus au cours de la réunion. Ainsi, aucune partie de ce rapport ne doit être considérée en tant que reflet des conclusions de la réunion, à moins d'une indication précise en ce sens. De plus, un examen ultérieur de la question pourrait entraîner des changements aux conclusions, notamment si des renseignements supplémentaires pertinents, non disponibles au moment de la réunion, sont fournis par la suite. Finalement, dans les rares cas où des opinions divergentes sont exprimées officiellement, celles-ci sont également consignées dans les annexes du compte rendu.

### Publié par :

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

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



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

ISSN 2292-4264

ISBN 978-0-660-49205-6 N° cat. Fs70-4/2023-026F-PDF

### La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2023. Compte rendu de la réunion sur les avis scientifiques régional sur le cadre d'évaluation pour la morue franche (*Gadus morhua*) du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS) : Partie 2 : Révision des modèles d'estimation (à l'âge) de la population; du 24 au 26 mai 2022. Secr. can. des avis sci. du MPO. Compte rendu 2023/026.

### Also available in English :

DFO. 2023. *Proceedings of the regional advisory meeting of the Northern Gulf of St. Lawrence Cod (3Pn4RS) Assessment Framework—Part 2: Revision of the estimation models (at age) of the population; May 24–26, 2022. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2023/026.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE .....	iv
INTRODUCTION .....	1
PARTIE 2 : EXAMEN DES MODÈLES DE DYNAMIQUE DE LA POPULATION.....	1
EXAMEN DES INTRANTS ET DU PRÉTRAITEMENT DES DONNÉES .....	1
Poids individuels .....	2
Ajustement pour la couverture des relevés.....	2
Indices des relevés .....	2
Mortalité totale (Z) estimée à partir des relevés.....	2
Autres informations publiées et utiles .....	3
STRUCTURE ET JUSTIFICATION DU MODÈLE DE BASE.....	3
RÉCAPITULATION DU JOUR 1 ET RÉVISION DES DEVOIRS.....	6
VÉRIFICATION DU MODÈLE DE BASE PAR SIMULATION.....	6
VARIANTS DU MODÈLE ET VALIDATION.....	7
PARAMÉTRAGES ALTERNATIFS ET SENSIBILITÉ .....	8
PROJECTIONS DU MODÈLE .....	10
RÉCAPITULATION DU JOUR 2 .....	11
ÉLÉMENTS PERTINENTS POUR UNE APPROCHE DE PRÉCAUTION RÉVISÉE ET UN NOUVEAU PLAN DE RÉTABLISSEMENT.....	12
RÉFÉRENCES CITÉES .....	14
ANNEXE 1 — CADRE DE RÉFÉRENCE.....	15
ANNEXE 2 — LISTE DES PARTICIPANTS .....	17
ANNEXE 3 — ORDRE DU JOUR.....	18

---

## **SOMMAIRE**

Ce document constitue le compte rendu de l'examen régional par les pairs sur le cadre d'évaluation pour la morue franche du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS) — Partie 2 : Examen des modèles de dynamique de la population. Cette revue, qui s'est déroulée du 24 au 26 mai 2022 via la plateforme Zoom (réunion virtuelle), a réuni une trentaine de participants des sciences, de la gestion et de l'industrie. Ce compte rendu contient l'essentiel des présentations et des discussions qui ont eu lieu pendant la réunion et fait état des recommandations et conclusions émises au moment de la revue.

---

## INTRODUCTION

Depuis plus de 30 ans, l'évaluation du stock de morue franche du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS; nGSL) comprend une analyse séquentielle de population (ASP). Depuis 2015, l'ASP, a été réalisée à l'aide de l'outil *Virtual Population Analysis, VPA/ADAPT* du *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA 2014). Cet outil permet de faire une estimation de plusieurs paramètres de dynamique de population ainsi qu'une estimation indirecte de la mortalité naturelle ( $M$ ). Le patron des valeurs résiduelles obtenu pour ce stock suggère un manque d'ajustement du modèle. Ainsi, un nouveau modèle devrait permettre :

1. d'estimer la variabilité de la biomasse et des captures, et possiblement inclure la modélisation de prises censurées;
2. d'estimer la mortalité naturelle;
3. d'avoir la possibilité d'y intégrer plusieurs sources de données, incluant éventuellement le marquage, pour améliorer l'estimation de paramètres vitaux de stock;
4. d'offrir l'opportunité de faire des projections et finalement d'en faire un modèle personnalisé comprenant des analyses entièrement intégrées.

L'examen régional par les pairs sur le cadre d'évaluation pour la morue franche du nGSL a été divisé en deux parties. La partie 1, qui s'est déroulée les 21-22 avril et 12 mai 2021, a permis de réviser les données disponibles pour l'établissement d'un nouveau modèle. La partie 2, qui a eu lieu du 24 au 26 mai 2022, visait à examiner des modèles de dynamique de la population de la morue du nGSL, en particulier ceux pouvant intégrer les captures non comptabilisées et l'estimation de la mortalité naturelle. Si un modèle est jugé approprié pour l'évaluation de la morue de 3Pn, 4RS, il sera utilisé lors de la prochaine évaluation des stocks et pourrait servir pour le développement d'un plan de rétablissement.

Ce compte rendu fait état des principaux points des présentations et des délibérations qui découlent de la partie 2 de l'examen du cadre d'évaluation de la morue du nord du golfe du Saint-Laurent. Cet examen par les pairs constitue un processus ouvert aux participants qui sont en mesure d'apporter un regard critique sur les informations et les analyses présentées. À cet égard, des participants de l'extérieur du MPO sont invités à contribuer aux discussions à l'intérieur du cadre de référence (Annexes 1 et 2). Le compte rendu fait également état des recommandations émises par l'assemblée.

## PARTIE 2 : EXAMEN DES MODÈLES DE DYNAMIQUE DE LA POPULATION

Le président de la rencontre, Dr. Duplisea, effectue un rappel des objectifs et du déroulement de la revue scientifique ainsi que du rôle des participants. Dr. Arnault Lebris (Université Memorial de Terre-Neuve) et Dr. Divya Varkey (Pêches et Océans Canada, Terre-Neuve-et-Labrador) agissent en tant que réviseurs externes. Le cadre de référence et l'ordre du jour (Annexe 3) sont présentés. Les participants sont ensuite invités à se présenter.

## EXAMEN DES INTRANTS ET DU PRÉTRAITEMENT DES DONNÉES

Dr. Hugues Benoît présente les intrants du modèle qui seront révisés, soit : capture à l'âge (CAA) de la pêche et les incertitudes associées, poids individuels selon l'âge, ajustement pour les changements dans la couverture et la capturabilité des relevés, tendance dans les relevés et divergences associées et informations d'entrée de modèles supplémentaires.

---

Les captures (débarquements, rejets, pêche récréative) et la CAA ont été examinées dans la partie 1 de l'examen du cadre d'évaluation au printemps 2021. Cependant, aucune décision n'a été prise sur l'intégration de ces estimations pour produire une CAA complète et des estimations de l'incertitude des captures (bornes pour la capture). Une CAA complète est présentée ainsi que des décisions sur l'incertitude des captures pour le modèle de base. Il a été décidé d'ajouter : des captures à l'âge 2, des rejets des pêcheries de poissons de fond estimés à partir des données du programme des observateurs en mer ainsi que des rejets de la pêche à la crevette. A priori, le programme de suivi des débarquements semble rigoureux, les captures non comptabilisées étant mineures. La plus grande incertitude est associée à la pêche récréative.

## **Poids individuels**

Deux types de poids individuels selon l'âge (et l'année) sont utilisés dans le modèle. Les poids du stock/relevé (SW) de début d'année sont utilisés pour estimer la biomasse de la population (ex. SSB) à partir des nombres estimés selon l'âge. Les poids de la pêche commerciale (CW) sont utilisés pour calculer les prises prévues (tonnes) à partir des nombres estimés par âge. Les deux comprennent des valeurs par année et par âge. L'ajustement du modèle est correct en ce qui concerne l'âge, l'année et la cohorte. On note une plus grande variabilité aux âges plus jeunes et plus âgés. On a utilisé simplement un SW moyen pour les âges 2-3 ainsi qu'un ratio SW/CW moyen pour l'âge de 11 ans et plus pour les années inférieures à 1985. Les valeurs révisées semblent plus raisonnables d'une année à l'autre et d'un âge à l'autre.

## **Ajustement pour la couverture des relevés**

Des strates moins profondes ont été ajoutées au relevé par navire de recherche (NR) du MPO en 1991 et au relevé sentinelle au chalut de fond en 2003. Des ajustements estimés dans le modèle peuvent être nécessaires pour prendre en compte les changements dans la couverture du relevé. Des facteurs d'ajustement ont ainsi été appliqués. Par ailleurs, un ajustement a aussi été fait pour considérer le changement de navire-engin en 1990 (Lady Hammond en équivalents Needler). Le facteur de conversion est particulièrement incertain pour les petites morues (âges 2 et 3). Bien qu'on semble pouvoir suivre les cohortes aux âges 2, 3 et plus, le niveau aux âges 2 et 3 est plus faible que prévu. Les tendances de la mortalité qui seraient nécessaires pour produire ces dynamiques liées à l'âge sont à l'opposé des attentes en ce qui concerne le cannibalisme. Des ajustements ont ainsi été estimés pour les âges 2-3 dans le modèle.

## **Indices des relevés**

Il existe 5 principaux indices d'abondance désagrégés par âge provenant des relevés : 1) relevé par navire de recherche du MPO, 1984-2020, âges 2-11+ (zone semi-hauturière et hauturière) ; 2) Relevé sentinelle aux engins mobiles, 1995-2020, âges 2-11+ (principalement semi- et hauturier) ; 3) Indice estival palangrier sentinelle, 1995-2020, âges 3-11+ (exclusivement côtier) ; 4) Indice automnal palangrier sentinelle, 1995-2020, âges 3-11+ (côtier, peut-être indice du stock entier) ; 5) Indice sentinelle filets maillants, 1995-2020, âges 4-11+ (exclusivement côtier). Il existe certaines tendances divergentes entre les relevés côtiers aux engins fixes et les relevés hauturiers aux engins mobiles. Celles-ci ont donné lieu à d'importants schémas résiduels dans le modèle d'évaluation précédent. Quelques variantes de modèle ont été examinées, dont une en détail, qui pourraient mieux correspondre à ces modèles.

## **Mortalité totale (Z) estimée à partir des relevés**

Alors que les tendances pour la mortalité totale (Z) sont très similaires entre les relevés aux engins fixes et mobiles, la fourchette est beaucoup plus large pour les relevés aux engins fixes.

---

On suppose que cela reflète une sensibilité aux mouvements dans et hors des eaux côtières, mais cela pourrait également refléter des différences spécifiques à l'âge de Z.

### **Autres informations publiées et utiles**

D'autres informations déjà publiées seront examinées dans le cadre de cette réunion (relevés historiques, estimation de la mortalité par la pêche ( $F$ ) à partir d'expériences de marquage de morues représentatives d'âges 6+).

- Pour le calcul de SW, on précise qu'il s'agit simplement d'une moyenne géométrique, ce qui est communément utilisé. Dans les dernières années, ce sont surtout des données d'été qu'on utilise puisqu'on note un problème avec la capturabilité l'hiver, ce qui crée de l'incertitude. Il y a aussi sans doute des enjeux d'échantillonnage. Dans la comparaison des poids entre l'ancienne et la nouvelle méthode versus les pêches, on considère que la nouvelle méthode est plus réaliste.
- On présume que la sélectivité a beaucoup changé pour les périodes avant et après le moratoire.
- On s'interroge sur ce qui pourrait expliquer la variabilité dans les relevés pour les poissons plus âgés.
- Une petite précision sur le facteur de conversion entre les navires est effectuée. Le détail se retrouve dans le document de recherche.

### **STRUCTURE ET JUSTIFICATION DU MODÈLE DE BASE**

DR. Benoît poursuit en présentant la structure et la justification du modèle de base. L'évaluation utilise une analyse séquentielle de population (ASP) dans le cadre ADAPT depuis plus de trois décennies. Historiquement, le modèle ASP/VPA a supposé une mortalité naturelle invariante en fonction de l'âge et du temps ( $M$ ). En 1997, l'évaluation de la morue du nGSL supposait un changement de  $M$  de 0,2 à 0,4 survenu en 1985. L'estimation de  $M$  en blocs de 5 ans dans le cadre ADAPT a commencé en 2003. L'estimation de  $M$  est devenue une forme de réglage externe avec l'adoption de la boîte à outils NOAA pour mettre en œuvre le modèle SPA. Les inconvénients de cette procédure sont que les nouvelles « estimations » sont conditionnelles aux valeurs précédemment adoptées et que les corrélations avec d'autres paramètres du modèle sont ignorées. Il est également peu probable qu'un  $M$  invariant selon l'âge soit approprié. L'évaluation a été associée à des patrons rétrospectifs et à de forts schémas résiduels qui suggèrent une erreur de spécification potentiellement importante du modèle. On craignait également que l'approche utilisée ne permette d'estimer adéquatement les changements de  $M$ , ce qui pourrait être important compte tenu des fortes augmentations de  $M$  estimées pour le stock de morue voisin de l'OPANO 4TVn. Le modèle ASP suppose que les prises selon l'âge sont connues sans erreur, ce qui est une hypothèse ténue compte tenu des quantités potentiellement importantes de prises non comptabilisées estimées.

Le nouveau modèle est fondé sur le paradigme de la modélisation de l'espace d'états, en tenant compte des erreurs de mesure dans les intrants/données séparément de l'erreur de processus ou de la variabilité de la dynamique des populations. Contrairement au modèle populaire SAM, qui suppose que les erreurs de processus agissent sur l'ensemble de l'équation de la population (tous les taux affectant les changements d'abondance selon l'âge), nous supposons que les erreurs de processus sont associées seulement aux taux de mortalité naturelle. Aucun logiciel d'évaluation existant (par exemple, SAM, WHAM, SS3) n'a été utilisé en raison des difficultés à mettre en œuvre facilement un bon nombre des fonctionnalités personnalisées que nous voulions pour le modèle de morue du nGSL. Les erreurs de processus de mortalité naturelle à

---

l'âge sont modélisées comme un processus stochastique en année et en âge. Les prises sont modélisées avec l'équation de Baranov. Les  $F$  sont modélisés comme un processus stochastique variant autour de 16 valeurs moyennes. Les estimations de Myers *et al.* (1996) sont incorporées comme prior avec une vraisemblance normale. Le poids total des captures et la composition par âge ont été modélisés séparément. Les captures antérieures à 2006 étaient jugées plus exactes et précises. Elles ont été modélisées avec une vraisemblance log-normale. Les captures après 2006 ont été considérées comme plus variables et il existe une certaine incertitude quant à la quantité de prises non déclarées de la pêche récréative.

Le modèle de base a estimé des valeurs de SSB inférieures à l'ASP pour les années antérieures à 1990 et supérieures à l'ASP par la suite. Le niveau d'épuisement des stocks depuis les sommets du début au milieu des années 1980 est d'environ 80 % contre environ 90 % avec la SPA. Le modèle de base a estimé un nombre considérablement plus élevé de recrues d'âge 2 par rapport à l'ASP, bien que la tendance soit similaire. Cela reflète la grande différence de mortalité naturelle supposée à l'âge de 2 ans,  $M=1$  dans le nouveau modèle, et entre 0,2 et 0,7 dans l'ASP. Cela affecte la capturabilité estimée. La capturabilité selon l'âge était supérieure pour tous les relevés et tous les âges dans l'ASP. La capturabilité pour les relevés sentinelles aux engins fixes était de quelques ordres de grandeur plus élevée dans l'ASP, ce qui pourrait refléter en partie une différence dans les unités de ces indices des données d'entrée. Dans l'ASP, la fonction  $q_{sa}$  du relevé du navire de recherche du MPO culmine à l'âge de 4 ans, puis décline, ce qui reflète probablement l'hypothèse d'un  $M$  invariant selon l'âge. Le modèle de base a estimé les mortalités moyennes par pêche supérieures à l'ASP pour les années 1970 et 1980. Cependant, l'ASP a estimé un pic beaucoup plus prononcé de la mortalité par pêche des âges 6 à 9 au début des années 1990, culminant en 1993, et un  $F$  plus grand la plupart des années entre 1997 et 2011. Le modèle de base estimait que la mortalité par pêche était la plus élevée pour les morues d'environ 7 à 10 ans avant le premier moratoire, mais de plus en plus élevée pour les morues plus âgées après 1997. Ceci reflète le passage à une pêche aux engins fixes uniquement. L'estimation de  $M$  (4-9 ans), qui débute en 1984, montre un déclin initial suivi d'augmentations, ce qui indique que les niveaux supposés pour les années antérieures à 1984 étaient raisonnables dans le contexte. Les estimations de  $M$  à la fin des années 1980 étaient considérablement plus élevées que ce qui avait été supposé/estimé pour les années précédentes. Pour les 5 à 9 ans environ, la mortalité totale a fluctué autour d'un niveau commun sur l'ensemble de la série 1974-2020. Pour les âges de 10 et 11 ans et plus, on estime que  $M$  a considérablement fluctué après 1990, avec de grandes pointes. Aux âges 5-11+,  $F$  dépassait  $M$  toutes les années avant 1993, mais l'inverse s'est produit après 1993. L'ASP a estimé des  $F$  spécifiques à l'âge qui fluctuaient avec une plus grande amplitude et qui a atteint des niveaux peu plausibles. Le  $M$  élevé pour 1987-2000 est compatible avec une période de mauvaise condition individuelle des morues. Depuis environ 2000,  $M$  a fluctué grossièrement avec le TAC et tend vers des niveaux historiquement typiques lorsqu'il y a eu moratoire pour des périodes de faible TAC. Les captures estimées ont suivi de près les captures d'entrée jusqu'en 2006, comme on peut s'y attendre d'après le coefficient de variation (CV) présumé d'environ 10 % pour l'erreur de capture. Lorsque les limites de capture et une probabilité censurée ont été supposées, le modèle a estimé la capture à un niveau intermédiaire aux bornes jusqu'en 2009, proche de la limite supérieure pour 2011-2016 et 2019-2020, et proche de la limite inférieure en 2017-2018. En supposant une valeur de  $M$  comme 2003/2020, on a estimé la capture supplémentaire qui aurait autrement pu être intégrée dans  $M$ . Les captures pourraient avoir dépassé les débarquements, les captures d'entrée et les captures estimées par le modèle d'environ 10 % en 2000-2001, d'environ 20 à 30 % vers 2007-2009 et 2017-2018 et de plus de 80 à 90 % en 2012-2016.

Le modèle de base correspond raisonnablement bien aux indices d'abondance du relevé, bien qu'il ait systématiquement sous-estimé les indices sentinelles à la palangre à l'âge 3 au cours

---

de la première moitié de ces séries. Les résidus du modèle semblent généralement corrects. La variabilité est un peu plus élevée que prévu à 11+ et peut-être à 2 et 3 ans. Certaines tendances sont observées dans les résidus, comme une tendance à surestimer l'abondance aux âges plus jeunes depuis le milieu des années 2010 dans le relevé par navire de recherche (NR) du MPO. On note des effets de l'année (NR 2002-2003 ; Sentinelle mobile 2011-2012). Il y a peu d'irrégularité dans les résidus en fonction de l'année ou de l'âge. Cependant, il y avait certaines tendances en ce qui concerne la cohorte. Il n'y avait pas de tendances dans les résidus standardisés en fonction de l'âge ou de l'année dans les relevés de Minet qui ont eu lieu annuellement pour quatre ans à partir de 1973. La composition estimée des captures de la pêche du modèle correspond bien à la composition des captures d'entrée. Le modèle avait tendance à sous-estimer la contribution à un âge où la proportion d'intrants a augmenté au cours d'une année donnée, comme à l'âge de 11 ans et plus en 2017 et 2019. Dans l'ensemble, il y avait peu de corrélation entre la plupart des paramètres du modèle. Les paramètres de capturabilité du relevé étaient fortement corrélés, ce qui se reflète à son tour dans les corrélations avec les paramètres liés à l'abondance comme ceux du recrutement et certains des principaux effets de la mortalité par pêche.

- Quelques précisions sur la structure du modèle sont apportées.
- On précise que la modélisation représente un compromis, elle n'est jamais parfaite.
- À la suite de la première rencontre, il est apparu pertinent de revoir les limites inférieures et supérieures du modèle, considérant notamment les captures de la pêche récréative. On y reviendra plus tard.
- Quand on compare les résultats des deux modèles pour les estimations de biomasse, on s'interroge sur l'ampleur de la différence. Il ne faut pas trop s'en faire avec cette différence, car les suppositions sont différentes et vont influencer les échelles. Il ne faut pas trop s'attarder non plus sur les valeurs absolues. On peut toutefois comparer les deux périodes (pré et post moratoire).
- On note que les pêches aux engins fixes sélectionnent de plus gros poissons.
- On précise qu'à l'âge de 4 ans, les jeunes poissons ne seraient plus si vulnérables au cannibalisme et à la prédation.
- Après le moratoire, on a fait une pêche côtière très différente. Cela devient difficile de différencier la mortalité par la pêche de la mortalité naturelle. Lorsque les quotas côtiers sont plus élevés, on observe un plus gros déclin.
- Concernant l'inquiétude par rapport à la mortalité naturelle à l'âge 4, un travail sera fait pour séparer l'âge 4.
- En lien avec le changement de sélectivité associé au premier moratoire, il est possible que les poids commerciaux ne soient plus les mêmes. On réexaminera ces poids.
- On cherche à avoir un meilleur ajustement en déplaçant un peu la sélectivité logistique.
- On soupçonne fortement des prises non déclarées. Les captures pourraient être supérieures aux débarquements.
- On s'interroge à savoir si l'estimation des erreurs dans les observations peut affecter les résultats. On pourrait regarder les paramètres de variation. Les données semblent toutefois bien se comparer, et ce, malgré les relevés.
- Les prises non déclarées sous-tendent possiblement les autres problèmes de capturabilité au-dessus de 1.

- 
- On termine la journée en faisant une liste du travail à faire pour le lendemain concernant les poids commerciaux, la déviation sur le delta, les estimés des relevés, les présomptions des moyennes de recrutement et l'effet des facteurs de correction.

## RÉCAPITULATION DU JOUR 1 ET RÉVISION DES DEVOIRS

Le président, Dr. Duplisea, effectue un résumé de la journée d'hier. Le nouveau modèle estime une mortalité naturelle, une variable qui apparaît très importante dans le contexte d'une évaluation et pour effectuer des projections. Des questions ont émergé lors de la première journée, dont quatre points qui ont nécessité quelques devoirs. Dr. Hugues Benoît effectue un retour sur ces points.

- Le premier point concerne le regroupement sur l'estimation de la mortalité à l'âge et l'inquiétude par rapport à la mortalité naturelle à l'âge 4. On juge qu'il y aurait une surestimation et une augmentation à l'âge pouvant causer des problèmes dans le modèle. M. Benoît a examiné 3 itérations en isolant l'âge 4. Finalement, en séparant l'âge 4, on constate que ça ne change pas grand-chose. On note une différence dans les âges plus avancés, les pics étant moins élevés.
- Par rapport à l'impact du changement de navire, on s'interrogeait sur de possibles facteurs de conversion erronés et l'impact sur le recrutement des 2 et 3 ans. Il semble que les recrutements étaient sous-représentés. Une année de plus ou de moins ne semble pas avoir un impact majeur dans les déviations du recrutement. On conserve le modèle de base.
- En ce qui a trait aux poids individuels, s'il y a un changement de sélectivité associé au premier moratoire, il est possible que les poids commerciaux ne soient plus les mêmes. On a ainsi tracé des lignes de régression et les incertitudes restent les mêmes. Il n'y a pas d'élément qui suggère que ça changerait.
- Pour ce qui est de la déviation dans l'indice des relevés, les valeurs de déviation obtenues, suggèrent que les indices sont adéquats.
- Un autre point soulevé concerne les pêches récréatives, à savoir si elles affectent l'interprétation du modèle. La limite supérieure dans le modèle tient compte de ces captures additionnelles, mais l'estimation précise demeure impossible (peut-être 2 à 3 fois ce qui est comptabilisé). La limite supérieure apparaît conservatrice. Par contre, les groupes d'âges qui composent ces captures demeurent inconnus, notamment au niveau de la mortalité naturelle. Ici, nous présumons que la composition dans la capture est la même.
- Par ailleurs, cette évaluation ne tient pas compte du mouvement entre 3Pn et 3Ps. On n'a pas d'information robuste à ce sujet.

## VÉRIFICATION DU MODÈLE DE BASE PAR SIMULATION

Le modèle de base a été soumis à une auto-simulation. Ceci est utilisé pour déterminer si les paramètres sont estimables et s'ils pourraient être estimés de manière inexacte. La correspondance entre l'ajustement du modèle original et les ajustements aux données simulées confirme également que le modèle a été correctement codé. Les tests de simulation indépendants du modèle sont recommandés pour les modèles avec marches aléatoires, comme nos erreurs de processus de mortalité naturelle. Celles-ci sortaient du cadre du présent travail. Cependant, nous notons que la capacité d'estimer les tendances de  $M$  dans les modèles structurés par âge et par taille a déjà été démontrée dans des études de simulation. La première série de simulations a révélé de petits biais dans certains paramètres estimés et quantités dérivées. Nous pensions initialement que ces biais pouvaient refléter un biais non

---

linéaire associé à l'utilisation d'effets aléatoires du modèle, mais cela n'a pas été le cas. Au lieu de cela, il existe une certaine association avec le prior sur la capturabilité pleinement recrutée dans le relevé du navire de recherche du MPO. Nous ne savons pas si la différence entre les deux ensembles de simulations pourrait refléter une caractéristique de l'algorithme de simulation dans TMB ou s'il existe vraiment des biais lorsque l'écart type de la probabilité a priori est plus grand. Même si les biais estimés sont corrects et sont une caractéristique du modèle, nous jugeons leur ampleur faible (10 %) et donc non préoccupante. De plus, les biais semblent être cohérents sur la série chronologique du modèle, ce qui suggère une cohérence interne entre les paramètres et les quantités du modèle, de sorte que la prise de décision à l'aide du modèle ne devrait pas être affectée par les petits biais.

- Ainsi, il semble que les résultats sont cohérents. Il n'y a donc pas d'inquiétude à avoir.
- En mettant un prior sur la capturabilité, le modèle va tenter de le ramener vers la valeur de 1. Des valeurs supérieures à 1 semblent indiquer qu'il y a autre chose qui intervient, ce qui pourrait être lié aux captures non comptabilisées.

## VARIANTS DU MODÈLE ET VALIDATION

Deux formulations alternatives de modèles ont été envisagées pour tenter de tenir compte des tendances quelque peu divergentes dans les relevés au chalut de fond (hauturier/semi-hauturier) par rapport aux relevés sentinelles aux engins fixes (côtiers) : un modèle à deux sous-populations (non poursuivi) et un modèle de changement de distribution. Les résultats du modèle à deux sous-populations étaient étranges ( $F$  très élevé récemment) et la correspondance avec les données était plus faible qu'avec le modèle de base. Dans le modèle de changement de distribution, aucun changement n'est apporté aux équations de population utilisées dans le modèle de base et la population de morue est supposée homogène. Cependant, la répartition de la morue dans l'espace n'est pas nécessairement homogène, de sorte que la disponibilité de la morue aux relevés peut différer entre les zones côtières et hauturières. Par conséquent, seules les équations d'observation des relevés sont modifiées (années  $\geq 1995$ ). Les écarts estimés de capturabilité du changement de distribution variaient entre 0,4 et -0,4, donc sont non négligeables. Les tendances des écarts dépendaient de l'âge. On note une plus grande disponibilité de jeunes poissons en milieu hauturier au cours des cinq dernières années, et de poissons plus âgés au début des années 2000 et vers 2010 pour les âges 10 et 11+. Ces modèles reflètent clairement les tendances divergentes présentes dans les données des relevés.

En résumé, le modèle de changement de distribution offre un meilleur ajustement global aux données (AIC ; résidus pour certains relevés), mais l'inclusion des écarts a peu d'effet sur l'estimation des quantités d'intérêt pour l'évaluation, notamment la SSB, la biomasse, l'abondance, le recrutement et les taux de mortalité. Il n'est pas clair si cette complexité supplémentaire est utile pour le modèle d'évaluation. Par exemple, les projections de ce modèle pour formuler des avis sur les captures nécessiteraient également de projeter des changements dans la distribution. Il est suggéré de ne pas choisir ce modèle pour l'évaluation du stock du nGSL. Il pourrait être utile en tant que modèle secondaire ou de recherche, par exemple pour évaluer certaines causes d'écarts entre les indices des relevés et les résultats du modèle qui surviennent au fil du temps. Un modèle statistique spatial qui intègre les données des différents relevés pour produire un indice unique, s'il est correctement validé, serait très utile et préférable.

- On s'interroge sur les changements dans le temps de la pêche récréative, notamment avant et après 1994. On note un manque d'information. Il n'y a aucune façon de faire des présomptions.

- 
- Des participants jugent qu'il faudrait avoir un projet de recherche plus spécifique pour aller plus loin si on désire incorporer des aspects spatiaux dans le modèle, car des enjeux demeurent. C'est une simplification de la réalité.
  - Il semblerait que le phénomène hauturier et côtier serait plus récent.

## PARAMÉTRAGES ALTERNATIFS ET SENSIBILITÉ

La sensibilité a été examinée pour certains des choix faits pour le modèle de base : paramétrisation sur les groupes d'âge utilisés pour estimer les erreurs du processus de mortalité naturelle, utilisation des priors  $F$  de Myers *et al.* (1996), hypothèses sur les erreurs dans les captures d'entrée, que nous appelons les variants relatifs aux erreurs dans les captures.

Tel que discuté plus tôt, le modèle de base estime les erreurs du processus de mortalité pour quatre groupes d'âge. Des modèles avec 3 groupes (3-5 ans, 6-8 et 9-11+) et 2 groupes (3-6 ans et 7+) ont également été examinés. Le modèle de base a donné l'AIC le plus bas. Les estimations de  $M$  et  $F$  étaient généralement très similaires. D'autres paramètres et quantités du modèle étaient également presque identiques.

En excluant les priors de Myers *et al.* (1996), cela a quelque peu réduit le  $F$  moyen estimé pour les âges de 6 à 9 ans en 1986 et le pic au début des années 1990 par rapport aux estimations du modèle de base. Le changement de capturabilité était associé à un changement d'échelle de la SSB. Lorsque les priors étaient exclus, la SSB était supérieure sur toute la série. Le rapport de la SSB la plus faible et la plus élevée était de 0,07 pour le modèle de base et de 0,11 lorsque les priors étaient exclus. Le recrutement estimé à l'âge 2 était très similaire entre les formulations. Malgré les impacts sur les estimations du modèle, il n'y a aucune raison d'exclure les priors.

- L'assemblée est en accord avec cette conclusion.
- On s'interroge sur ce qui arrive à  $M$ , avec ou sans les priors, ce qui n'a pas été examiné.
- On se questionne sur le fait que le marquage est fait dans les régions côtières et que les pêches prémoratoires étaient plus hauturières. Il semble que le niveau de survie est plus élevé lorsque la pêche se fait dans la région côtière.

Deux versions distinctes avec une plus grande incertitude sur les captures entrées dans le modèle ont été roulées : 1) vraisemblance censurée pour les séries 1973-2020, en supposant des limites de capture pour les années  $\leq 2005$  allant de 90 % des prises d'entrée comme limite inférieure et de 400 % des prises d'entrée pour la limite supérieure. Pour les années restantes, nous avons multiplié la capture supérieure initiale par 4 ; 2) on a conservé l'hypothèse révisée pour les limites de capture pour les années depuis 2006, mais on est revenu à la probabilité log-normale pour les captures des années  $\leq 2005$ , augmentant l'écart-type sur les captures logarithmiques d'une valeur de 0,1 à 0,5.

Les prises ont été estimées quelque peu supérieures aux prises d'entrée pour 1973-1993, généralement bien supérieures aux prises d'entrée en 1994-1998 et 2003-2020 et au niveau des prises d'entrée en 1999-2002. Le niveau des captures estimées depuis le moratoire de 2003 était considérablement plus élevé que dans les scénarios de référence et, sans surprise, les captures non comptabilisées incluses dans  $M$  représentaient une fraction plus faible des captures totales estimées. L'échelle des mortalités moyennes par pêche ne différait que peu, bien que la variation à haute fréquence ait été considérablement lissée. Le pic de  $F$  en 1992-1993 était plus prononcé et le  $F$  moyen était un peu plus élevé après 2000. Alors que la mortalité totale estimée selon l'âge était similaire au modèle de base, le niveau de mortalité

---

naturelle a été réduit, en particulier pour certaines années. Il y a eu une réduction inattendue de la capturabilité des morues pleinement recrutées dans le relevé par navire de recherche du MPO, à une valeur de 1,28, avec des répercussions sur les réductions de la capturabilité dans les autres relevés.

On note une augmentation du niveau de SSB et de la biomasse des âges 2+, ainsi que des intervalles de confiance plus larges sur les estimations pour les années 1980. L'échelle de recrutement différait peu entre ce scénario et le modèle de base, et la tendance du recrutement était très similaire. Les ajustements du modèle aux données sur la composition des prises et aux données du relevé étaient très similaires entre ce scénario et le modèle de base. Il apparaît donc que c'est principalement l'échelle du modèle qui a été affectée par la modification des limites de capture et l'utilisation de la vraisemblance censurée pour l'ensemble de la série. On note une augmentation de la force des corrélations des paramètres du modèle et une augmentation considérable des corrélations pour l'abondance en 1973 et les paramètres de capturabilité du relevé Minet. Les prises ont été estimées inférieures aux prises d'intrants la plupart des années avant 2003. Les captures estimées pour les années suivantes étaient souvent bien inférieures à celles du premier scénario d'erreur de capture. Les deux scénarios ont donné des estimations très similaires de la mortalité moyenne par pêche. La mortalité par pêche selon l'âge, et même la mortalité totale, avaient des valeurs plus élevées pendant de nombreuses années. Si l'on ne tient pas compte des pics et des creux dans les estimations de  $F$  et  $Z$ , la mortalité moyenne par pêche depuis 2000 a fluctué autour de niveaux comparables à ceux d'avant 2000 pour les âges plus avancés. Pendant ce temps, la mortalité naturelle estimée était beaucoup plus faible à tous les âges. Le deuxième scénario d'erreurs de capture a donné lieu à des capturabilités du relevé similaires à celles du premier scénario, donc inférieures à celles du modèle de base. L'abondance estimée et les quantités de biomasse étaient presque identiques à celles de la première série d'erreurs de capture.

Les résultats des scénarios d'erreur de capture semblent indiquer qu'un écart dans les prises d'entrée pour la première partie de la série par rapport à la deuxième partie peut sous-tendre la valeur estimée relativement élevée de capturabilité pour le relevé par navire de recherche du MPO. Pour réduire la capturabilité pleinement recrutée vers le prior supposé, le modèle semble chercher à augmenter considérablement la capture estimée pour la période la plus récente par rapport à la capture estimée dans la première partie de la série. Les résultats pour les scénarios excluant les priors de Myers semblent également étayer l'affirmation selon laquelle les écarts de capture ont affecté les capturabilités du relevé, car ils ont entraîné une réduction de  $F$  pendant une partie des années 1980 et une réduction de  $Q$  du relevé. Il n'est pas clair comment cet écart peut être résolu avec les seules informations sur les prises existantes, car elles ont récemment été examinées de manière très détaillée et les données d'entrées utilisées ici constituent les meilleures données possibles actuelles.

L'intégration des résultats des expériences de marquage entreprises au cours des deux dernières décennies dans le modèle pourrait aider à atténuer, voire à résoudre l'écart. Cela devrait être une priorité de recherche dans un avenir proche. Cependant, il semble y avoir quelques problèmes avec les données de marquage et il n'est pas clair si les étiquettes sont retournées lorsque la morue est capturée dans la pêche récréative, ou pour la morue qui est capturée dans des prises qui ne sont pas déclarées.

- Des participants mentionnent que si on donne de l'espace au modèle pour choisir entre  $M$  ou  $F$ , il va tendre vers un  $F$  constant. Il semble qu'il mettra tout dans  $M$  sans nuance. Le  $F$  ayant une influence sur d'autres paramètres (capturabilité, captures), cela représente un problème. Quand on a des données de relevés assez robustes, le  $Z$  va être global, sans distinction entre  $M$  et  $F$ . L'approche de prise censurée n'est pas idéale pour distinguer entre les deux sources de mortalité ( $M$  et  $F$ ). Il y a une sensibilité aux bornes choisies. Une source

---

d'information additionnelle (ex. marquage) peut s'avérer pertinente pour aider à dissocier les deux sources de mortalité.

- On s'interroge à savoir si l'on pourrait réduire cet espace avec des limites plus petites. Comment réagirait alors le modèle? Pour l'instant, c'est le modèle de base qui s'en rapproche le plus. En contraignant  $F$  aux prises par exemple, on en apprendrait peut-être sur la façon dont le modèle réagit, mais on n'est pas certain que cela résoudrait notre problème.
- Les tracés de déviation pourraient nous éclairer. Il faut regarder  $M$  sur l'échelle du temps, comment il s'ajuste si on force le  $F$ . Le  $F$  ne serait pas affecté par les limites. Les patrons seraient les mêmes, peu importe la déviation.
- Si on ne connaît pas les captures véritables, il sera difficile de séparer  $M$  de  $F$ . On devrait parler simplement du  $Z$ .
- Si on veut que la valeur  $q$  soit à 1, il y a quelque chose qui manque quelque part. Toutefois, selon certains participants, les intervalles de  $q$  n'étaient pas si mauvais.
- Si les TAC demeurent faibles, on aura la possibilité d'estimer la vraie valeur de  $M$ .
- Est-ce qu'il y a un moyen de trouver de l'information sur la structure d'âge associé à  $F$ ? Le problème, c'est qu'on ne dispose pas de l'information sur le « high-grading ». Pour la déprédation des engins de pêche, il est difficile d'avoir une composition en âge. On a donc un manque d'information et on ne connaît pas les échelles de chacun pour une composition en âge pour les prises non comptabilisées.
- On rappelle l'engouement existant pour la pêche récréative. Son ampleur est loin d'être négligeable.
- Le marquage acoustique pourrait nous fournir une estimation du taux de mortalité et nous permettre de discriminer  $M$  et  $F$ .
- Il importe de mieux comprendre  $F$  et  $M$  pour arriver à un meilleur modèle d'évaluation. On a besoin de beaucoup plus de données. D'ici à ce qu'on ait plus d'informations, on s'interroge sur la façon de procéder.
- Il semble y avoir un consensus par rapport au nouveau modèle de base. Il est plus ouvert aux ajustements et sa performance est assez bonne. C'est un travail en continu.
- On note que  $q$  diminue si on augmente les limites.
- Il est suggéré de regarder un modèle avec des limites rétrécies.
- Si on regarde différentes compositions d'âge, est-ce que ça pourrait résoudre le problème.
- Le ratio  $M/F$  dans les différents groupes d'âge varie.

## PROJECTIONS DU MODÈLE

Les projections sont utilisées dans l'évaluation des stocks pour évaluer les probabilités d'atteindre différents résultats de gestion en fonction des mesures de gestion (par exemple, les options de TAC) et les caractéristiques du stock et de la pêche telles qu'estimées par le modèle d'évaluation. Le modèle est bien adapté aux projections à court terme. Il peut projeter l'incertitude et l'autocorrélation temporelle dans les caractéristiques clés (recrutement, mortalité naturelle et sélectivité de la pêche, comme l'implique l'estimation de  $F$  spécifique à l'âge). À plus long terme, les valeurs projetées tendront vers des valeurs moyennes équivalentes à celles de l'évaluation, mais probablement inappropriées, nécessitant ainsi plus de suppositions. Par

---

exemple, la projection du recrutement directement à partir du modèle ne produira pas les valeurs estimées pour une plus grande SSB dans ce stock. Les projections utilisant les taux de recrutement récents sont possiblement trop optimistes pour un proche avenir à faible SSB. Du point de vue de l'évaluation opérationnelle (horizon de 2 à 5 ans), les projections devraient être correctes. Les projections pour la planification du rétablissement à plus long terme nécessitent un certain développement et impliqueront certainement des scénarios.

Deux scénarios de capture ont été évalués : 2000 t et 100 t annuellement. Les projections pour les deux scénarios suggèrent une forte probabilité d'augmentation du stock, où il y a > 50 % de chances que la SSB dépasse 100 000 t en 10 ans et > 90 % de chances de dépasser le niveau actuel de la SSB sur 10 ans. L'abondance des morues d'âge 5+ devrait augmenter à un rythme modéré au cours des 2 prochaines années, puis un peu plus rapidement aux années 3 et 4. Il y avait peu de différence dans les résultats des projections pour les deux scénarios, car les niveaux de capture présumés dans les projections sont faibles par rapport à la SSB, en particulier une fois que la cohorte de 2018 aura rejoint la population mature. La cohorte de 2018, observée dans le relevé par navire de recherche du MPO chaque année depuis 2019, semble être la plus importante depuis au moins trois décennies. Combinées à la baisse de  $M$  vers de faibles valeurs, les perspectives semblent positives.

- On soulève le fait que le scénario de 100 t reflète un  $F$  près de 0.
- On s'interroge à savoir si avec un TAC plus élevé, le  $M$  augmentera. Est-ce que la corrélation entre le TAC et  $M$  est forte?
- Devrait-on tenir compte de la moyenne 2018-2020 pour le recrutement? On est extrêmement dépendant de l'année 2018.
- On s'entend pour dire que la mortalité naturelle est faible en ce moment. Il semble que le contexte est très favorable à la morue.
- On se questionne sur la façon de projeter le  $M$ . En y allant avec la moyenne, sommes-nous trop conservateurs? Différents scénarios pourront être proposés.
- Des participants rappellent que tant qu'on n'aura aucune façon de gérer les prises non comptabilisées, on aura une épine dans le système.

## RÉCAPITULATION DU JOUR 2

Dr. Hugues Benoît explique pourquoi le modèle place les captures non comptabilisées dans  $M$ . Il présente des solutions potentielles, notamment : recueillir les données nécessaires pour estimer la composition des captures de la pêche non comptabilisées (probablement impossible), supposer que la composition par âge des captures non comptabilisées est inconnue et à estimer (sera confondue avec  $M$ ), augmenter la surveillance de la pêche et de la conformité, essayer d'améliorer les estimations de  $M$  en utilisant des données provenant d'autres sources (ex. : marquage), faire des hypothèses sur le  $M$  en fonction des périodes de faible TAC. Cette dernière solution a été présentée.

- On mentionne que la variabilité entre les relevés peut aussi brouiller les cartes.
- L'ampleur des captures non comptabilisées (rejets de la pêche commerciale, pêche récréative) est incontestable, ce qui nuit à nos estimations.
- Du point de vue de la Gestion, on éprouve un malaise par rapport à la façon d'aborder ces captures non comptabilisées.

- 
- Les cinq relevés nous donnent tous la même information sur la mortalité totale qu'on ne peut expliquer uniquement par la pêche commerciale. Outre la mortalité naturelle, on comprend qu'il y a beaucoup de mortalités non comptabilisées (rejets, pêche récréative, prédation, etc.). Quand les quotas sont restreints, la mortalité naturelle est plus proche de la réalité. Quand il y a un TAC, les phénomènes de captures non comptabilisés sont plus importants.
  - On propose aussi de diminuer les contraintes sur le  $F$ , notamment l'autocorrélation, de suggérer au  $F$  d'être plus constant en lui donnant de l'espace. On fait des évaluations de stock pour comprendre ce qui s'est passé jusqu'à présent, donc ce n'est pas trop préoccupant si tout se retrouve dans  $M$  (tout ce qui n'est pas de la pêche comptabilisée). Le second objectif est de dire ce qu'on peut permettre dans la pêche pour atteindre un objectif de gestion. Si  $M$  inclut une grosse partie de captures non comptabilisées et que celles-ci varient avec ce qu'on alloue dans la pêche dirigée, comment projeter des options de prélèvements et comment le stock va réagir à ces options? Comment permettre un TAC, en sachant que la perte sera supérieure?
  - Notre modèle suggère qu'il y a des patrons résiduels dans la capturabilité (filets maillants et palangres).
  - Une approche pourrait être de créer une flottille de captures comptabilisées et une flottille de captures non comptabilisées, mais il faudrait continuer de faire des hypothèses sur  $M$  en fonction des périodes de faible TAC. Le modèle semble adéquat lorsqu'on élimine les déviations. En proposant un  $F$  commercial et  $F$  non comptabilisé, le modèle serait peut-être plus adéquat, mais cela représenterait un nouveau type de modèle.
  - Dans le modèle de base, la pêche récréative est incluse dans les captures. Quand on fait la projection, le modèle tient compte de  $M$  pour émettre le TAC (le  $F$ ). Le problème est que le  $M$  va covarier avec le TAC. À court terme, ça va, mais à long terme, c'est plus difficile d'ajuster le  $M$  qui va varier avec le TAC et l'environnement. La pêche récréative doit être conservée comme composante dans le modèle de base. On peut s'en sortir avec des projections uniquement à court terme.

## **ÉLÉMENTS PERTINENTS POUR UNE APPROCHE DE PRÉCAUTION RÉVISÉE ET UN NOUVEAU PLAN DE RÉTABLISSEMENT**

Le modèle révisé a modifié l'échelle des caractéristiques du stock pertinentes pour établir des points de référence. Les valeurs des points de référence utilisés pour la gestion de la morue du nGSL doivent être mises à jour. Un nouveau plan de rétablissement est requis depuis plusieurs années et doit maintenant être achevé d'ici avril 2024. L'élaboration d'une approche de précaution doit être basée sur une compréhension de l'état (par exemple, la SSB) et de la productivité (c'est-à-dire le recrutement, la croissance, la mortalité naturelle) qui est aussi étendue que possible et, idéalement, qui tient compte ou au moins reconnaît les périodes passées de productivité faible et élevée. Différentes approches ont été examinées, mais le développement d'un modèle étendu (jusqu'en 1966) et d'estimations pour 1953 et 1958, est apparu le plus approprié.

Des approximations qui sont souvent utilisées pour définir des points de référence pour la mortalité par pêche et l'état des stocks ont été considérées. Celles-ci sont dérivées des calculs du rendement par recrue ( $YPR$ ) et du nombre de géniteurs par recrue ( $SPR$ ). Bien que basés sur un raisonnement très différent, la mortalité par pêche potentielle et les points de référence de l'état du modèle étendu correspondent en grandeur à ceux des proxys  $YPR$  et  $SPR$ . Malgré le fait qu'il s'agisse en grande partie d'une coïncidence, cela a l'avantage de réduire l'éventail

---

des choix. Bien que les valeurs dérivées du modèle étendu soient, dans une certaine mesure, basées sur un raisonnement *ad hoc*, elles bénéficient d'être enracinées dans une certaine compréhension de l'historique d'exploitation du stock. À bien des égards, cela peut être favorable par rapport aux approches de fixation de points de référence basées sur des simulations à l'équilibre et des hypothèses ténues sur la dynamique stock-recrutement. Même si la nouvelle modélisation a révélé des incertitudes associées aux prélèvements de la population, en particulier au cours des dernières décennies, le modèle et les projections basées sur le modèle semblent adaptés pour aider à guider le développement d'une approche de précaution complète pour le stock, y compris les règles de contrôle de l'exploitation. En outre, bien que certaines incertitudes clés subsistent, telles que les préoccupations concernant la dynamique du recrutement à des tailles de stock intermédiaires, le cadre semble approprié pour soutenir l'élaboration d'un nouveau plan de rétablissement.

Un plan de rétablissement nécessite une cible de reconstruction et un échéancier de reconstruction. La définition de ceux-ci relève de la responsabilité du secteur de la Gestion des pêches du MPO, bien que les Sciences du MPO jouent un rôle de soutien. Une cible de rétablissement devrait être fixée au-dessus du point de référence limite (PRL) pour avoir une forte probabilité que le stock soit au-dessus. D'autres juridictions, y compris les É-U et la Nouvelle-Zélande, et des accords internationaux tels que l'Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons utilisent  $B_{MSY}$  comme cible de rétablissement. Nous avons utilisé cette hypothèse pour notre exemple et supposé que l'objectif était atteint lorsqu'il y avait au moins 50 % de chance que la SSB soit supérieure à cette cible. Nous avons utilisé  $B_{MSY} = 168,340$  t dérivé des résultats du modèle étendu. La meilleure pratique internationale consiste à estimer le temps minimum nécessaire pour atteindre l'objectif de rétablissement avec une mortalité par pêche nulle ( $T_{min}$ ) et à établir un temps de rétablissement maximal de 2 à 3 fois  $T_{min}$ . Les projections suivantes ont été effectuées : 1) Projections du modèle de base pour estimer  $T_{min}$  ; 15 ans dans les conditions de productivité actuelles ; 2) Projections en supposant des prélèvements totaux de 100 t/an (scénario « prises les plus faibles possibles »), et entreprise d'une série de simulations pour identifier les prélèvements annuels qui se traduiraient par une probabilité de 50 % d'atteindre l'objectif de rétablissement dans les 30 ans, ou 2 x  $T_{min}$ .

- Certains membres de l'assemblée jugent que l'approche du modèle étendu apparaît prometteuse. Selon le cadre décisionnel pour l'AP du MPO, 80 % et 40 % de  $B_{MSY}$  peuvent constituer un point de référence supérieur du stock (PRS) et un PRL, respectivement. Les détails seront présentés lors de la prochaine évaluation de stock.
- Dans le contexte du plan de rétablissement, on s'interroge sur le fait que le modèle étendu (qui inclut toutes les données du passé) est différent du modèle de base. Cette extension présente certains défis. On s'interroge sur la manière dont on a fait les extensions sur les variables. On juge que les deux modèles (de base et étendu) risquent de se chevaucher. On n'est pas convaincu de l'importance de reculer autant dans le temps. Le modèle de base à partir des années 1970 serait sans doute suffisant.
- On s'interroge au sujet des incertitudes dans les projections. Quelles sont les variables qui ont le plus d'impact, qui créent le plus d'incertitude (ex : le recrutement, la mortalité naturelle). On s'inquiète davantage des projections à long terme que de celles à court terme. L'incertitude sur les projections à long terme devra être prise en compte dans le plan de rétablissement.
- En ce qui concerne le plan de rétablissement, afin de se conformer aux normes internationales, on rappelle que l'objectif serait atteint lorsqu'il y aurait au moins 50 % de chance que la SSB soit supérieure à  $B_{MSY}$  comme cible de rétablissement.

---

Le président, Dr. Daniel Duplisea, clôt la réunion en mentionnant qu'une exploration exhaustive du nouveau modèle a été réalisée. On s'accorde pour dire qu'il s'agit d'un bel avancement. Des éléments importants ont été touchés, dont l'enjeu des prises non comptabilisées et, indirectement, le *M*. En ce qui a trait à l'approche de précaution, l'approche du modèle étendu semble pour l'instant favorisé par l'assemblée. Le modèle de base (à partir de 1973) pourrait, par contre, être suffisant. Les détails seront présentés dans un processus ultérieur. Il sera important de considérer l'incertitude sur les projections à long terme dans le plan de rétablissement.

### **RÉFÉRENCES CITÉES**

Myers, R.A., Barrowman, N.J., Hoenig, J.M., and Qu, Z. 1996. The collapse of cod in Eastern Canada: the evidence from tagging data. *ICES J. Mar. Sci.* 53: 629–640.

NOAA Fisheries Toolbox. 2014. Virtual Population Analysis Model (VPA/ADAPT), Version 3.4.5.

---

## ANNEXE 1 — CADRE DE RÉFÉRENCE

### Cadre d'évaluation pour la morue franche (*Gadus morhua*) du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS)

#### Réunion sur les avis scientifiques régional – région du Québec

**Partie 1 : 21 au 23 avril 2021**

**Partie 2 : 24 au 26 mai 2022**

Président : Daniel Duplisea

#### Contexte

La réunion du cadre d'évaluation portera sur les données disponibles et la méthodologie pour l'estimation de la taille de la population et d'autres indicateurs de l'état du stock de la morue franche du nord du golfe du Saint-Laurent (sous-division 3Pn et divisions 4R et 4S de l'OPANO) (MPO 2019, Brassard *et al.* 2020).

Depuis plus de 30 ans, l'évaluation de ce stock comprend une analyse séquentielle de population (ASP). Depuis 2015, l'ASP, a été réalisée à l'aide de l'outil *Virtual Population Analysis, VPA/ADAPT* du *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA 2014). Ce programme est un modèle d'estimation de la structure d'âge d'une population, il a été développé à partir du modèle de Gavaris (1988), duquel des caractéristiques provenant d'autres versions d'ADAPT ont été incorporées. Cet outil permet de faire une estimation de plusieurs paramètres de dynamique de population ainsi qu'une estimation indirecte de la mortalité naturelle (M). Le patron des valeurs résiduelles obtenu pour ce stock suggère un manque d'ajustement du modèle.

Un nouveau modèle devrait permettre; 1) d'estimer la variabilité des captures, et possiblement inclure la modélisation de prises censurées ; 2) d'estimer la mortalité naturelle; 3) d'avoir la possibilité d'y intégrer plusieurs sources de données, incluant le marquage, pour améliorer l'estimation de paramètres vitaux de stock; 4) d'offrir l'opportunité de faire des projections et finalement d'en faire un modèle personnalisé comprenant des analyses entièrement intégrées.

Cette réunion du cadre d'évaluation permettra de réviser les données disponibles pour l'établissement d'un nouveau modèle (Partie 1) et d'examiner des modèles de dynamique de la population de la morue de 3Pn, 4RS, en particulier ceux pouvant intégrer les captures non comptabilisées et l'estimation de la mortalité naturelle (Partie 2)..

#### Partie 1 : Révision des données disponibles pour la modélisation

##### Objectifs

L'objectif de cette première partie est d'examiner les données disponibles, et leur traitement statistique, qui serviront aux modèles d'estimation de la population incluant :

- Captures à l'âge dans la pêche commerciale;
- Captures non comptabilisées;
- Captures à l'âge et indices standardisés pour les relevés scientifiques :
  - Relevés par navire de recherche du MPO,
  - Pêches sentinelles mobiles,
  - Pêches sentinelles avec filet maillant, et
  - Pêches sentinelles à la palangre.

---

## Partie 2 : Révision des modèles d'estimation (à l'âge) de la population

### Objectifs

Évaluer les modèles d'évaluation qui pourraient servir de base à la fourniture d'avis scientifiques sur la morue dans le nord du golfe. Si un modèle est jugé approprié pour l'évaluation de la morue de 3Pn, 4RS, il sera utilisé lors de la prochaine évaluation des stocks et pourrait servir pour le développement d'un plan de rétablissement. Plus particulièrement, la réunion sur le cadre portera sur les points suivants :

- Évaluer les modèles d'évaluation afin de déterminer s'ils fournissent un cadre suffisant pour fournir des avis scientifiques sur l'incidence de l'exploitation sur la morue dans 3Pn, 4RS, en particulier pour l'estimation de la taille des stocks (biomasse et abondance), des captures non comptabilisées, le recrutement, la mortalité par pêche et la mortalité naturelle de la population;
- Donner une orientation relativement aux méthodes de projection pour les futures options de capture;
- Fournir une orientation relativement à une approche d'estimation des points de référence pour ce stock;
- Discuter de la possibilité que la méthode d'évaluation puisse appuyer l'évaluation quantitative des règles de contrôle des prises;
- Déterminer les incertitudes et les lacunes sur le plan des connaissances;
- Définir les recommandations de recherche prioritaires à court et à moyen terme afin d'améliorer les sources de données, la formulation et l'estimation du modèle d'évaluation, et les méthodes de projection.

### Publications prévues

- Compte rendu de réunion.
- Document(s) de recherche.

### Participation

- Pêches et Océans Canada (MPO) (Secteur des Sciences et de la Gestion de la ressource)
- Industrie de la pêche
- Organisations non gouvernementales de l'environnement
- Universitaires

### Références

Brassard, C., Lussier, J-F., Benoît, H., Way, M. et Collier, F. 2020. [L'état du stock de morue franche \(\*Gadus morhua\*\) du nord du golfe du Saint-Laurent \(3Pn, 4RS\) en 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/075. x + 119 p.

Gavaris, S. 1988. [An adaptive framework for the estimation of population size](#). CAFSAC Res. Doc. 1988/029.

MPO. 2019. [Évaluation du stock de morue franche du nord du golfe du Saint-Laurent \(3Pn, 4RS\) en 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/032.

NOAA Fisheries Toolbox. 2014. Virtual Population Analysis Model (VPA/ADAPT), Version 3.4.5.

## ANNEXE 2 — LISTE DES PARTICIPANTS

Nom	Affiliation	24 mai	25 mai	26 mai
Benoît, Hugues	MPO — Sciences	X	X	X
Bois, Samantha	ACPG	X	X	-
Boudreau, Mathieu	MPO — Sciences	X	X	X
Bourdages, Hugo	MPO — Sciences	X	X	X
Brassard, Claude	MPO — Sciences	X	X	X
Byrne, Vanessa	Gov. NL	X	X	X
Cadigan, Noel	Université Memorial	X	X	X
Carruthers, Erin	FFAW	X	X	X
Chamberland, Jean-Martin	MPO — Sciences	X	X	X
Chlebak, Ryan	MPO — Sciences	X	X	X
Collier, Frank	APBCN	X	X	X
Cyr, Charley	MPO — Sciences	X	X	X
Denis, Marcel	ACPG	X	-	-
Desgagnés, Mathieu	MPO — Sciences	X	X	X
Desjardins, Christine	MPO — Sciences	X	-	-
Dubé, Sonia	MPO — Sciences	X	X	X
Duplisea, Daniel	MPO — Sciences	X	X	X
Dwyer, Shelley	MPO — Gestion de la ressource	X	X	X
Le Bris, Arnaud	Université Memorial	X	X	X
Lussier, Jean-François	MPO — Sciences	X	-	-
Nadeau, Paul	APBCN	X	-	X
Ouellette-Plante, Jordan	MPO — Sciences	X	X	X
Pond, Nancy	MPO — Gestion de la ressource	X	-	X
Rayner, Gemma	Oceans North	X	X	X
Ricard, Daniel	MPO — Sciences	X	X	X
Rivierre, Antoine	MPO — Gestion de la ressource	X	-	X
Senay, Caroline	MPO — Sciences	X	X	X
Smith, Andrew	MPO — Sciences	X	X	X
Turcotte, François	MPO — Sciences	X	X	X
Van Beveren, Elisabeth	MPO — Sciences	X	X	X
Varkey, Divya	MPO — Sciences	X	X	X

---

### ANNEXE 3 — ORDRE DU JOUR

#### Ordre du jour de la réunion sur le cadre d'évaluation pour la morue franche du nord du golfe du Saint-Laurent (3Pn, 4RS) — Partie 2 : Examen des modèles de dynamique de la population ; du 24 au 26 mai 2022

##### Jour 1 – 24 mai 2022

Heure (HNE)	Sujet
8h30-9h00	Introduction du président
9h20-10h00	Présentation: examen des intrants et du prétraitement des données
10h00-10h15	Pause
10h15-11h45	Questions et discussion: intrants et prétraitement des données
11h45-12h30	Diner
12h45-14h00	Présentation: Structure et justification du modèle de base
14h00-15h00	Questions : Questions générales et devoirs pour l'équipe de modélisation, si nécessaire.
15h	Fin de la première journée

##### Jour 2 – 25 mai 2022

Heure (HNE)	Sujet
8h30-9h00	Récapitulation du jour 1 et révision des devoirs (si nécessaire)
9h00-10h15	Présentation : Variants du modèle et validation
10h15-10h30	Pause
10h30-12h15	Questions et discussion : Structure du modèle, variants et validation
12h15-13h15	Diner
13h15-15h00	Présentation: Structure et justification du modèle de base
14h00-15h00	Questions et discussion : Structure du modèle, variants et validation. Devoirs pour l'équipe de modélisation, si nécessaire
15h	Fin de la deuxième journée

---

**Jour 3 – 26 mai 2022**

Heure (HNE)	Sujet
8h30-9h30	Récapitulation du jour 2 et révision des devoirs (si nécessaire)
9h30-10h00	Présentation : projections du modèle
10h00-10h15	Pause
10h15-11h15	Questions et discussion : projections
11h15-12h15	Diner
12h15-13h00	Présentation : éléments pertinents pour une approche de précaution révisée et un nouveau plan de rétablissement
13h00-14h15	Questions et discussion : éléments pertinents pour une approche de précaution révisée et un nouveau plan de rétablissement
14h15-15h00	Conclusion