



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 2024/030**

**Région du Pacifique**

**Compte rendu de l'examen par les pairs de la région du Pacifique sur  
l'application d'un nouveau cadre de modélisation pour l'évaluation des grands  
stocks de hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) et sur sa mise en œuvre dans le  
processus d'évaluation des stratégies de gestion**

**Du 26 au 28 juin 2023**

**Réunion en mode hybride à Nanaimo, en Colombie-Britannique**

**Président : Steve Schut**

**Rapporteurs : Yvonne Muirhead-Vert et Travis Tai**

Pêches et Océans Canada  
Station biologique du Pacifique  
3190, chemin Hammond Bay  
Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7

---

## 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 scientifique  
200, rue Kent  
Ottawa (Ontario) K1A 0E6  
<http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/>  
[csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](mailto: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, 2024  
ISSN 2292-4264  
ISBN 978-0-660-72074-6 N° cat. Fs70-4/2024-030F-PDF

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

MPO. 2024. Compte rendu de l'examen par les pairs de la région du Pacifique sur l'application d'un nouveau cadre de modélisation pour l'évaluation des grands stocks de hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) et mise en œuvre dans le processus d'évaluation des stratégies de gestion; du 26 au 28 juin 2023. Secr. can. des avis. sci. du MPO. Compte rendu 2024/030.

### Also available in English:

DFO. 2024. *Proceedings of the Pacific Regional Peer Review on Application of a New Modelling Framework for the Assessment of Pacific Herring (Clupea pallasii) Major Stocks and Implementation in the Management Strategy Evaluation Process; June 26–28, 2023. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. 2024/030.*

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE .....	iv
INTRODUCTION .....	1
DISCUSSION GÉNÉRALE .....	2
PREMIER OBJECTIF DU CADRE DE RÉFÉRENCE .....	2
DEUXIÈME OBJECTIF DU CADRE DE RÉFÉRENCE .....	6
TROISIÈME OBJECTIF DU CADRE DE RÉFÉRENCE .....	7
QUATRIÈME OBJECTIF DU CADRE DE RÉFÉRENCE .....	10
Recherches futures .....	10
CONCLUSIONS.....	10
RECOMMANDATIONS ET AVIS.....	10
RÉDACTION DE L'AVIS SCIENTIFIQUE.....	10
REMERCIEMENTS .....	11
RÉFÉRENCES CITÉES .....	11
ANNEXE A : CADRE DE RÉFÉRENCE .....	12
ANNEXE B : RÉSUMÉ DU DOCUMENT DE TRAVAIL .....	15
ANNEXE C : EXAMENS DU DOCUMENT DE TRAVAIL .....	16
ANNEXE D : PARTICIPANTS .....	27

---

## SOMMAIRE

Le présent compte rendu résume les discussions pertinentes et les principales conclusions de la réunion d'examen régional par des pairs du Secrétariat canadien des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO), qui a eu lieu du 26 au 28 juin 2023 au Centre de conférences de l'île de Vancouver à Nanaimo, en Colombie-Britannique. Des participants étaient sur place et d'autres ont pris part à la réunion en ligne. Le document de travail a été présenté à l'examen par les pairs afin d'évaluer le modèle statistique spatialement intégré des prises de hareng selon l'âge (MSSIPHA) en tant que cadre de modélisation de l'évaluation des stocks pour chacune des cinq régions d'évaluation des stocks principaux et de l'évaluer en tant que modèle opérationnel.

Les participants internes représentaient les directions des Sciences et de la Gestion des ressources du MPO et les participants externes venaient de l'Université d'État du Michigan, de Landmark Fisheries Research, de la BC Seafood Alliance, de l'Université Simon Fraser, de la Première Nation Heiltsuk, du Pacific Marine Conservation Caucus/Fondation David Suzuki, du Island Marine Aquatic Working Group, du Council of the Haida Nation, du Nuu-chah-nulth Tribal Council, de la Q'ul-Ihanumutsun Aquatic Resources Society, de la province de la Colombie-Britannique, de la Société de conservation et d'étude du hareng et de la Bande indienne des Lax Kw'alaams.

Les participants à la réunion conviennent que le document de travail répond aux objectifs du cadre de référence et l'acceptent avec quelques modifications. Les conclusions et avis découlant de cet examen seront fournis dans un avis scientifique sur la mise à jour et l'examen du modèle utilisé pour l'évaluation annuelle des stocks de hareng du Pacifique de la Colombie-Britannique (choix du modèle, données, hypothèses) afin d'inclure quatre nouveaux éléments dans le modèle et de démontrer son utilité pour représenter une dynamique supplémentaire en tant que modèles opérationnels dans le cadre analytique de l'évaluation de la stratégie de gestion (ESG). L'avis scientifique et le document de recherche à l'appui seront publiés sur le site Web du [Secrétariat canadien des avis scientifiques](#) (SCAS).

---

## INTRODUCTION

Une réunion d'examen régional par les pairs (ERP) du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) de Pêches et Océans Canada (MPO) intitulée « Application d'un nouveau cadre de modélisation pour l'évaluation des grands stocks de hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) et mise en œuvre dans le processus d'évaluation des stratégies de gestion » a eu lieu du 26 au 28 juin 2023 au Centre de conférences de l'île de Vancouver à Nanaimo. Les participants virtuels se sont joints en ligne. Le document de travail indiqué ci-dessous a été examiné au cours de la réunion d'ERP.

Le [cadre de référence](#) (annexe A) de l'examen scientifique a été élaboré en réponse à une demande d'avis de la Gestion des pêches du MPO. Les avis d'examen scientifique et les conditions de participation ont été envoyés aux représentants possédant une expertise pertinente des Premières Nations, des secteurs de la pêche commerciale et récréative, des organisations non gouvernementales de l'environnement, d'autres organisations gouvernementales et du milieu universitaire.

Le document de travail suivant a été préparé et mis à la disposition des participants avant la réunion (le résumé du document de travail est fourni à l'annexe B) :

Johnson, S.D.N., S.P. Cox, J.S. Cleary, A.J. Benson, S.J.H. Power et S.P. Rossi. Application of a new modelling framework for the assessment of Pacific Herring (*Clupea pallasii*) major stocks and implementation in the management strategy evaluation process. 2023.  
Document de travail du CASP 2019PEL01.

Le président de la réunion, Steve Schut, souhaite la bienvenue aux participants, passe en revue le rôle du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) dans la production des avis examinés par les pairs et donne un aperçu général du processus du SCAS. Il discute du rôle des participants, de l'objet des publications de la réunion d'examen régional par les pairs (avis scientifique, compte rendu et document de recherche), ainsi que de la définition et du processus à suivre pour parvenir à des décisions et à des avis consensuels. Chaque personne est invitée à participer pleinement à la discussion et à faire part de ses connaissances, dans le but de formuler des conclusions et des avis défendables sur le plan scientifique. Les participants confirment qu'ils ont tous reçu des copies du cadre de référence, du document de travail et des deux examens officiels (annexe B).

Le président passe en revue l'ordre du jour et le cadre de référence de la réunion. Il souligne les objectifs et désigne Travis Tai comme rapporteur technique pour la réunion et Yvonne Muirhead-Vert comme rapporteur pour le tableau des modifications. Il décrit ensuite les règles de base et le processus d'échange, et rappelle aux participants que la réunion est un examen scientifique et non une consultation. Les conversations audio et textuelles sont menées et enregistrées pendant la réunion hybride (en personne et en ligne). On rappelle aux personnes présentes qu'elles sont toutes sur un pied d'égalité en tant que participants à la réunion et qu'elles sont censées contribuer au processus d'examen si elles ont des renseignements ou des questions concernant le document de travail faisant l'objet des discussions. Au total, 33 personnes participent à l'examen régional par les pairs (annexe D) au cours de la réunion de deux jours et demi.

Avant la réunion, on a demandé à Chris Cahill (Michigan State University) et à Elisabeth Van Beveren (Direction des sciences du MPO) de fournir des évaluations écrites détaillées du document de travail afin d'aider tous les participants à la réunion d'examen par les pairs. Les participants ont reçu des exemplaires de leurs évaluations écrites avant la réunion.

---

Les conclusions et avis découlant de cet examen serviront à informer les gestionnaires des pêches de l'examen et de la mise à jour et du modèle utilisé pour l'évaluation annuelle des stocks de hareng du Pacifique de la Colombie-Britannique afin d'inclure quatre nouveaux éléments, et à démontrer son utilité pour représenter des dynamiques supplémentaires en tant que modèles opérationnels dans le cadre analytique d'évaluation de la stratégie de gestion (ESG). L'avis scientifique et le document de recherche connexe seront rendus publics sur le site Web du [Secrétariat canadien des avis scientifiques](#).

## DISCUSSION GÉNÉRALE

Après une présentation par les auteurs, les examinateurs, Chris Cahill (Michigan State University) et Elisabeth Van Beveren (Direction des sciences du MPO), font part de leurs commentaires et de leurs questions sur le document de travail. Un temps est accordé aux auteurs pour répondre aux examinateurs avant que la discussion soit ouverte à tous les participants. Le présent compte rendu résume les discussions qui se sont tenues par sujet, les points d'éclaircissement présentés par les auteurs dans leurs exposés et les questions et commentaires soulevés par les examinateurs et les participants étant consignés dans les sujets appropriés. Les présentations officielles des deux examinateurs se trouvent à l'annexe C.

### PREMIER OBJECTIF DU CADRE DE RÉFÉRENCE

*Présenter un nouveau modèle statistique des prises selon l'âge comprenant des tests de simulation et d'estimation ainsi que des comparaisons entre les paramétrages du modèle de base de 2022 et ceux du modèle précédent (modifications de Cleary et al. 2019 à Martell et al. 2012).*

**Modèle statistique spatialement intégré des prises de hareng selon l'âge (MSSIPHA) :** Le modèle statistique spatialement intégré des prises de hareng selon l'âge (MSSIPHA) est un nouveau modèle de mortalité dépendante de la densité qui représente les pêches d'œufs sur varech, les saisons de pêche discrètes et non continues, un indice de fraie unique qui combine les plans de relevé en plongée et de surface, et tient compte de l'autocorrélation des résidus entre les classes d'âge.

Un participant trouve que le modèle MSSIPHA n'est pas acceptable dans sa forme actuelle et aurait aimé avoir plus de temps pour l'examiner avant la réunion puisqu'il s'agit d'un modèle techniquement complexe. Il pense qu'un processus antérieur qui faisait appel à un groupe de travail technique pour discuter des données ou des mises à jour des modèles avant la réunion du SCAS aurait été utile. Les auteurs répondent que le modèle est en cours d'élaboration depuis un an et qu'il est sur le point d'être mis à l'essai. Ils estiment que le nouveau modèle est une amélioration par rapport au modèle statistique intégré des prises selon l'âge (MSIPA).

**Comparaisons avec le MSIPA :** Le modèle d'évaluation des stocks MSIPA est utilisé depuis dix ans pour l'évaluation des stocks et nécessite un certain nombre d'améliorations, ce qui a incité à créer un nouveau modèle. Les résultats de l'analyse de transition ont montré que les estimations de la mortalité naturelle ( $M$ ) suivent une courbe beaucoup plus lisse pour le MSIPA par rapport au MSSIPHA. Les deux modèles supposent que  $M$  varie au fil du temps, mais utilisent des fonctions différentes pour prédire cette variation. Le MSIPA utilise une fonction de spline cubique pour limiter le décalage de  $M$  une année donnée. Les courbes cubiques sont ajustées entre un certain nombre de points sur la série chronologique, tandis que dans le MSSIPHA, la variation dans le temps est conditionnée par une fonction dépendante de la densité. Dans le modèle MSSIPHA, les valeurs faibles de  $M$  sont limitées par le paramètre de limite inférieure  $M_b$ . Dans l'ensemble, le modèle MSSIPHA a montré que les données sont raisonnablement bien ajustées et que les erreurs types pour le paramètre estimé sont faibles; il

---

a donné des preuves de faible biais dans l'auto-test avec une faible autocorrélation et montré qu'il convient comme modèle opérationnel (MO) pour représenter les données sur le hareng du Pacifique. Si l'on compare le MSSIPHA au MSIPA dans l'analyse de transition, la meilleure concordance est entre les stocks de hareng de Haida Gwaii (HG) et de la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV). Ces deux régions ont connu récemment des périodes de faible productivité, ce qui a permis de mieux estimer le paramètre d'anticompensation et la limite inférieure de la mortalité.

**Auto-test de simulation :** Quatre scénarios de données simulées pour la côte centrale (CC) et le détroit de Georgia (DG) ont été exécutés dans le MSSIPHA :

1. données de l'indice simulées;
2. données sur l'âge simulées;
3. les deux ensembles de données simulées;
4. la même chose qu'au point (3), avec des valeurs a priori aléatoires.

Par rapport aux autres régions, la variation interannuelle de  $M$  sur la CC était relativement faible, avec des résidus compris entre -0,2 et 0,2, mais les simulations pour le DG étaient moins concluantes, sans révéler non plus de niveaux inquiétants de biais et de variation. Les résultats de l'auto-test de simulation n'ont pas non plus permis de dégager de profils rétrospectifs marqués des rétablissements du stock quand on a supprimé les données une année à la fois.

Un examinateur s'attendait à une discussion sur la sous-estimation de la biomasse reproductrice non exploitée ( $BR_0$ ) pour le DG. Les auteurs expliquent qu'avec le coefficient de capturabilité ( $q$ ) = 1,  $BR_0$  est contrainte, ce qui peut entraîner des sous-estimations de la biomasse.

La valeur de  $m_1$  est incertaine pour le DG lorsqu'on définit une forme fonctionnelle correspondant aux tendances globales de  $M$ , car la production positive n'a pas permis d'estimer le paramètre d'anticompensation  $m_1$ . Une série de  $M$  indépendante de la densité pour le DG pourrait être une solution pour  $m_1$ . Les auteurs acceptent de réviser cette section du document de travail pour discuter de la possibilité d'autres paramètres de  $M$  dans le MSSIPHA.

**Analyses de simulation :** Un examinateur demande s'il est possible de travailler sur les analyses de simulation pour montrer un certain biais, car les auteurs ont indiqué qu'ils n'avaient pas de préoccupations majeures à ce sujet. Les auteurs expliquent que les analyses de simulation sont conçues pour montrer s'il existe un biais, mais que des modifications des paramètres ou de la construction du modèle ne permettent pas de déterminer ce biais.

Un examinateur pense qu'il pourrait être possible d'établir un lien entre l'ampleur potentielle du biais et les distributions de l'incertitude estimée. Les auteurs répondent que la plupart des décisions de gestion sont fondées sur l'épuisement de la biomasse reproductrice (BR), qui a un faible biais, mais qu'il est possible de corriger. Une estimation par simulation ponctuelle des erreurs ou d'une gamme d'erreurs serait une autre façon d'évaluer l'ampleur du biais. Les auteurs acceptent d'ajouter une discussion à ce sujet dans le document de travail.

Les résultats des analyses de simulation ont montré que le recrutement simulé pour le DG était inférieur en moyenne au recrutement estimé (c.-à-d. qu'il est biaisé vers le bas par rapport au modèle d'évaluation), mais a suivi le recrutement estimé pour la CC (pas de biais par rapport au modèle d'évaluation).

On demande quelle est l'incidence sur les prévisions des espèces pélagiques si le biais est présent dans l'analyse rétrospective, car les projections à court terme pourraient entraîner un problème. Les auteurs précisent qu'il y a un biais dans les paramètres d'évaluation des stocks

---

et que l'estimation par simulation des erreurs ou d'une gamme d'erreurs est un bon moyen d'évaluer l'ampleur du biais.

**Biais non préoccupant :** On propose de préparer une figure montrant la valeur vraie d'origine de l'intervalle de confiance positif (IC; ou la valeur a posteriori), avec l'IC positif moyen de la valeur du paramètre prise dans toutes les simulations pour déterminer si le biais est préoccupant ou non. Les auteurs acceptent de créer cette figure.

**Analyse de sensibilité :** Un examinateur demande si une analyse de sensibilité a été effectuée avec une valeur plus basse de la limite inférieure asymptotique du taux de mortalité dépendante de la densité ( $M_b$ ) et  $m_1$ . Les auteurs répondent qu'une limite inférieure asymptotique est nécessaire. Les valeurs de 0,3 et 0,2 ont été testées pour  $M_b$ , mais cette formulation du modèle n'a pas convergé et d'autres analyses de sensibilité n'ont pas été effectuées.

**Simulations :** Un membre du groupe demande si tous les MO ont convergé pendant les tests de simulation. Les auteurs indiquent que tous les MO n'ont pas convergé et que les MO non convergents ont été exclus. Ils acceptent de décrire le processus de traitement de la non-convergence pendant l'élaboration du modèle.

**Simulations en boucle fermée :** Les simulations en boucle fermée présentées dans le document de travail reposent sur un scénario avec des renseignements parfaits. Un examinateur demande pourquoi les auteurs ont utilisé des scénarios avec des renseignements parfaits plutôt que des scénarios qui comportent une erreur d'observation. Les auteurs expliquent qu'en raison de contraintes de temps, ils ont présenté des scénarios avec des renseignements parfaits dans le document de travail, et ont préparé des scénarios avec des renseignements imparfaits et pour les présenter le deuxième jour de la réunion.

**Spécification des valeurs a priori :** Un examinateur exprime ses préoccupations concernant l'utilisation des données pour élaborer les valeurs a priori. Il lui semble que les données ont été utilisées deux fois dans l'analyse. On propose une solution pour éliminer la perception des données utilisées deux fois dans les analyses, qui consiste à prendre les dix dernières années de données et à utiliser ces chiffres dans les calculs. On utiliserait une moitié des données pour les valeurs a priori et l'autre moitié pour valider les données. Une autre approche consisterait à utiliser la même valeur a priori pour les cinq régions au lieu d'en utiliser une différente pour chaque stock. Certaines préoccupations sont également soulevées au sujet du choix des valeurs a priori, car elles pourraient influencer la  $B_{RMD}$ . Les auteurs répondent que le modèle est ajusté aux données; les valeurs a priori fournissent des points de départ raisonnables pendant l'estimation et les estimations a posteriori refléteront les mises à jour des données (à condition que les données soient informatives).

Un certain nombre d'analyses bayésiennes ont été menées avec de nombreuses valeurs a priori établies sans expliquer la raison pour laquelle ces valeurs a priori spécifiques ont été choisies ou pourquoi elles sont défendables sur le plan écologique. Les auteurs expliquent que les valeurs a priori des paramètres du cycle biologique ont été établies en fonction des valeurs utilisées dans les approches de modélisation précédentes (c.-à-d. MSIPA), tandis que les valeurs a priori de la sélectivité ont été tirées d'approches de modélisation antérieures et ajustées aux données dans une simulation en boucle fermée. L'examineur veut également mieux comprendre d'où viennent les valeurs a priori du tableau 4. Les auteurs reconnaissent que l'approche qu'ils ont utilisée pour choisir les paramètres et les hyperparamètres est imparfaite.

Après une longue discussion sur les valeurs a priori, les auteurs acceptent de rechercher une meilleure approche pour élaborer les valeurs a priori et d'inclure une explication sur la façon dont ils les ont calculées dans le document de travail.



---

**Vérifications prédictives préalables et postérieures :** Un participant suggère d'effectuer des vérifications prédictives préalables pour voir si les combinaisons modèle/valeurs a priori produisent des profils qui correspondent aux connaissances actuelles sur la dynamique des populations de harengs. Les vérifications prédictives postérieures montreraient dans quelle mesure le modèle est ajusté aux données observées. Un autre participant demande plus de contexte pour cette section du document de travail afin d'évaluer et de comparer les résultats. Les auteurs acceptent d'accéder à cette demande en ajoutant une discussion plus approfondie sur ce sujet et sur les vérifications prédictives préalables pour  $m_1$  et  $M_b$ .

**Visualiser les valeurs a priori :** Un examinateur demande si les valeurs a priori peuvent être présentées sous forme de figures au lieu d'être écrites dans le texte du document de travail. Les auteurs conviennent d'ajouter d'autres visualisations de certaines valeurs a priori et notent que plusieurs étaient déjà présentées visuellement à l'annexe C. Ils acceptent de se référer davantage aux illustrations dans le texte du document de travail.

**Diagrammes par paires :** Le deuxième jour de la réunion, les auteurs présentent au groupe des diagrammes par paires utilisant des points de référence fondés sur le rendement maximal durable (RMD) et des détails sur les hypothèses relatives aux valeurs a priori. Il existe une certaine corrélation du paramètre  $m_1$  avec  $B_0$ , ainsi qu'avec divers paramètres. On voit sur les diagrammes qu'il y a des différences entre les régions d'évaluation des stocks (RES), sauf qu'il y a peu de corrélation pour  $m_1$  et  $B_0$  pour le diagramme du détroit de Georgia (DG). Les auteurs ont également exécuté des analyses de sensibilité pour la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV) qui ont montré que la forme de la courbe était déterminée par les estimations de l'anticompensation de  $m_1$ . Après avoir examiné les figures, le groupe décide qu'il serait utile d'en inclure de nouvelles pour les cinq zones à l'annexe C du document de travail.

**Transitions divergentes :** Un examinateur demande si les auteurs pourraient décrire en détail les mesures qu'ils ont prises pour supprimer les transitions divergentes des exécutions du modèle ou expliquer précisément pourquoi ils croient que le modèle est ajusté et que les valeurs a posteriori obtenues sont fiables. Les auteurs indiquent que les estimations des simulations sont étayées par un vaste ajustement de la méthode de Monte-Carlo hamiltonienne (MCH)/STAN au moyen des paramètres de `adapt_delta` et de profondeur de l'arborescence. Les tests de simulation et les analyses de l'incertitude ont également fourni une justification externe dans les estimations du modèle. Les auteurs acceptent d'ajouter plus d'explications dans le document de travail pour cette section.

**États initiaux non à l'équilibre :** On demande aux auteurs s'il est possible d'ajouter plus d'explications au document de travail sur l'estimation de Rinit au lieu de Finit et d'inclure l'échelonnement dans le tableau de paramétrage. Les auteurs acceptent ces deux demandes.

**Mortalité naturelle ( $M$ ) :** On a estimé que la mortalité naturelle du hareng au fil du temps est différente entre les régions d'évaluation des stocks. On pose l'hypothèse que la variation de  $M$  est liée aux changements écosystémiques dans chaque région et est très probablement attribuable aux variations des niveaux de prédation. Les auteurs précisent qu'ils ne se sont pas concentrés sur la prédation et son effet sur  $M$  puisque d'autres projets travaillent sur ce sujet. L'examineur demande aux auteurs s'ils ont exploré  $M$  variable selon l'âge. Ils répondent qu'ils n'ont pas pris en compte  $M$  variable selon l'âge car on n'échantillonne pas les harengs d'âge 1 et que de ce fait, on ne dispose pas de données exactes sur l'âge 1.

**$M$  anticompensatoire :** Un participant demande quelles régions ont la meilleure information et comment cela influe sur l'estimation de  $m_1$ . Les auteurs indiquent que la comparaison de  $M$  anticompensatoire est expliquée dans la discussion du document de travail. Un autre participant demande pourquoi  $M$  est paramétrée avec une anticompensation plutôt qu'une compensation. Les auteurs expliquent que les marches aléatoires projetées ne correspondaient pas aux

---

estimations historiques. Ils ont cherché sans grand succès à trouver des moyens de modifier le paramétrage de  $M$  dans les projections pour inclure la compensation.

**Mortalité dépendante de la densité :** La discussion sur la mortalité dépendante de la densité (MDD) pourrait être présentée comme une autre approche variable dans le temps dans la section sur les renseignements de base du document de travail. La MDD n'est pas nécessairement un meilleur modèle, mais suppose un processus écologique qui s'ajuste mieux aux données que l'utilisation d'un processus de marche aléatoire. Les auteurs expliqueront pourquoi ils ont utilisé  $M$  anticompensatoire et ajouteront plus de texte à cette section.

**Autocorrélation temporelle :** Un examinateur note qu'il n'y a pas d'autocorrélation temporelle dans la prévision de  $M$  ou du recrutement. Il demande s'il est possible de donner des exemples de certaines des simulations individuelles à la réunion, sans nécessairement les inclure dans le document de travail. Les auteurs montrent quelques simulations individuelles lors de la réunion d'examen par les pairs.

**Résidus :** Pour la figure C.20 (indice de fraie mixte du district de Prince Rupert et estimations de la biomasse reproductrice et résidus d'observation normalisés du MSSIPHA), où la série chronologique affiche une tendance à la baisse allant des résidus positifs (des années 1970 aux années 1980) à des résidus négatifs (à partir de ~1990–2000).

Sur la figure C.41 (Recrutements à l'âge 1 sur la côte centrale et erreurs normalisées du processus de recrutement), une tendance à la baisse des résidus de 1950 à 1990 ne semble pas avoir de courbe ou d'autres graphiques des résidus comme dans les sections précédentes. Les auteurs conviennent d'ajouter des courbes de tendance dans tous les graphiques des écarts de recrutement.

## DEUXIÈME OBJECTIF DU CADRE DE RÉFÉRENCE

*Évaluer la pertinence du nouveau modèle statistique des prises selon l'âge pour les cinq grands stocks de hareng du Pacifique afin d'estimer les tendances de la biomasse, de l'épuisement et du recrutement pour chaque grand stock. Présenter une évaluation rétrospective, les tendances et l'état du stock en 2022 par rapport au point de référence limite (Kronlund et al. 2018) et le point de référence supérieur du stock fondé sur la période de productivité moyenne (MPO 2023a; MPO 2023b).*

**Qualité de l'ajustement du modèle :** La qualité de l'ajustement a été évaluée individuellement pour les cinq régions d'évaluation des stocks (Haida Gwaii [HG], district de Prince Rupert [DPR], côte centrale [CC], détroit de Georgia [DG] et côte ouest de l'île de Vancouver [COIV]).

Pour chacune d'elles, il n'y avait aucune indication de mauvais ajustement du modèle pour les recrutements par rapport à la biomasse autour de la courbe du stock-recrutement et le MSSIPHA a été en mesure de suivre les signaux des cohortes.

**Taux de récolte dans le MSSIPHA :** Un examinateur demande une formulation et un contexte plus précis sur les taux de récolte fondés sur  $B_{RMD}$ . Avec le modèle MSSIPHA, on a constaté que le RMD était généralement plus faible et que  $B_{RMD}$  était plus élevée pour la MDD. Les relations du rendement à l'équilibre avec  $m_1$  n'étaient pas symétriques et la valeur de  $m$  avait un effet significatif sur les populations peu abondantes. Les auteurs acceptent de délimiter le cadre de la discussion et de donner plus d'informations sur l'allocation à  $B_{RMD}$ .

**Points de référence fondés sur le RMD :** Le modèle MSSIPHA produit des estimations plus réalistes pour les points de référence fondés sur le RMD, ce qui se traduit par des taux de récolte plus bas qu'avec le modèle MSIPA, dans lequel les points de référence fondés sur le RMD sont basés sur la moyenne dans le temps des séries chronologiques de la mortalité naturelle dans des simulations en boucle fermée. On demande pourquoi le RMD n'est pas

---

plausible sur certaines des figures et pour certains résultats. Les auteurs ajouteront des explications et des justifications pour l'approche dans le document de travail.

Un examinateur demande des précisions sur la formulation dépendante de la densité pour  $M$  et son effet anticompensatoire sur la population lorsque la taille des stocks est petite. Les auteurs discutent de ce point lors de la réunion et incluront du texte dans le document de travail.

On souligne également que les points de référence fondés sur le RMD sont mis en évidence dans le document de travail, mais ne sont pas recommandés. Un participant demande plus d'explications sur les raisons pour lesquelles ils ne sont pas recommandés. Les auteurs ajouteront une discussion sur les points de référence dans la section des travaux futurs.

**$B_0$  stochastique et  $B_0$  déterministe** : Le groupe discute du rendement du modèle et de la forte corrélation entre  $B_0$  stochastique et  $B_0$  déterministe avec erreur de processus. Les participants demandent de clarifier dans le document de travail l'utilisation de  $B_0$  stochastique par rapport à celle de  $B_0$  déterministe, puisque le MSSIPHA présente les données d'une manière différente. Le modèle génère des niveaux de prise du hareng inférieurs à ceux des évaluations précédentes, ce qui constituerait un changement pour la gestion des pêches. Les hypothèses structurelles d'un modèle dépendant de la densité comme le MSSIPHA pourraient avoir une incidence sur la moyenne estimée à long terme de la biomasse non exploitée, ce qui entraînerait des différences dans les points de référence (c.-à-d. une estimation plus faible pour le point de référence limite [PRL]) et l'état des stocks.

On propose d'inclure les deux valeurs estimées pour  $B_0$  dans le tableau 9 (erreurs types du modèle MSSIPHA pour les données d'observation dans toutes les régions d'évaluation des stocks principaux et facteurs d'autocorrélation du décalage de 1 pour la fonction de vraisemblance Ln1 de la composition selon l'âge) et d'ajouter un peu plus de discussion sur les deux valeurs dans le document de travail.

Un membre du groupe pose une question sur la pertinence des cibles de RMD pour les enclos ouverts dans la pêche des œufs sur varech. Les auteurs fourniront un peu de contexte pour cette section dans le document de travail.

Graphiques des allocations (RMD) : Pour les zones ayant de faibles effets anticompensatoires (DPR et DG), un participant demande s'il est possible d'ajouter l'allocation des œufs sur varech par rapport à celle de la rogue dans le document de travail. Ces figures ont été ajoutées dans l'AS et les auteurs les incluront, ainsi qu'une discussion, dans le document de travail.

**Données de prévision** : Une question est posée au sujet des données de prévision et des raisons pour lesquelles les deux dernières années de données n'ont pas été utilisées dans les prévisions. Les auteurs expliquent qu'ils ont simulé le recrutement à partir de 2020 pour éviter de s'appuyer sur des cohortes qui n'ont été observées qu'une seule fois.

### **TROISIÈME OBJECTIF DU CADRE DE RÉFÉRENCE**

*Faire la démonstration du nouveau modèle statistique des prises selon l'âge qui servira de modèle opérationnel dans le processus d'ESG du hareng du Pacifique. Déterminer les principales incertitudes liées à la variabilité de l'environnement, à la mortalité naturelle, aux données et aux méthodes d'évaluation, puis les évaluer dans le contexte des procédures de gestion conformes à l'approche de précaution.*

**Données sur les prises** : On demande si les auteurs ont tenu compte de toutes les prises accessoires inconnues de hareng dans d'autres pêches (récréatives et commerciales) qui auraient une influence sur  $B_0$ . Les auteurs expliquent que les prises accessoires sont implicites dans les estimations de  $M$  et qu'elles pourraient être explorées à l'avenir.

---

**Renseignements parfaits** : Un membre du groupe demande si les exécutions stochastiques peuvent être incluses dans le document de travail pour démontrer ce que le modèle peut faire. On pourrait utiliser les renseignements parfaits et l'information sur le processus stochastique pour développer le modèle et le rendre plus réaliste. Les auteurs expliquent que les exécutions avec des renseignements parfaits ont été incluses dans le document de travail pour démontrer la validation de principe et que des travaux futurs incluraient des informations sur le processus stochastique.

**Approche de précaution** : On recommande aux auteurs d'étoffer le texte sur les points de référence en ce qui concerne l'approche de précaution (MPO 2009) dans le document de travail. Un participant veut comprendre l'historique de la politique en ce qui concerne le PRL et le point de référence supérieur du stock (PRS) pour le hareng. Les auteurs précisent que ces modèles représentent l'approche de précaution visant à réduire la probabilité de surpêche et de causer des dommages irréversibles aux stocks.

**Autres modèles de  $M$**  : Un participant propose que les auteurs explorent d'autres MO, comme un modèle linéaire (p. ex. [Logan et al. 2005](#); [Holt et al. 2015](#)). Un modèle linéaire n'est pas nécessairement une représentation réaliste de la véritable relation, mais il peut offrir des avantages statistiques. Les auteurs indiquent qu'ils ont déjà exploré visuellement le modèle décrit dans [Logan et al. 2005](#), et qu'il est possible de l'inclure dans le cadre actuel du MSSIPHA; cependant, ils croient que la formulation de Logan supprimera un équilibre stable non exploité à moins que l'on applique une limite inférieure asymptotique, comme dans la formulation actuelle du MSSIPHA. Ils ajouteront un élément à la section sur les travaux futurs de l'AS pour explorer le rendement du modèle quand on utilise une structure différente de modèle de mortalité dépendante de la densité.

**Reproductibilité du modèle** : Un examinateur craint que le modèle MSSIPHA soit difficile à reproduire, car il n'est pas facile de voir les hypothèses avec les choix des valeurs a priori. Le lecteur trouve que la notation des valeurs a priori dans le document de travail semble plus complexe que nécessaire et il demande pourquoi la notation tilde n'est pas utilisée. Lorsque les données mathématiques sont écrites de manière complexe, il est plus difficile pour le lecteur de « voir » les hypothèses utilisées pour chaque valeur a priori. Les auteurs indiquent que la notation est le reflet du code du modèle. Ils acceptent de réviser en notation tilde dans le document de travail pour plus de clarté.

**Matrices du poids empirique selon l'âge** : Un examinateur remarque que les matrices du poids empirique selon l'âge ( $w_{a,t}$ ) n'affichent pas toujours des tendances biologiquement réalistes. Il est curieux de savoir si d'autres travaux ont été réalisés pour essayer d'améliorer ces estimations. Les auteurs supposent que le commentaire de l'examinateur fait référence aux figures A.5 à A.9 et que les lignes plates sur les figures montrent l'imputation d'estimations du poids moyen selon l'âge lorsque les données étaient manquantes ou non disponibles. Il a été nécessaire d'imputer les moyennes puisque le modèle de prises selon l'âge exige une matrice complète du poids selon l'âge pour toutes les années.

**Modèle de pêche des œufs sur varech** : C'est la première fois que la pêche des œufs sur varech a été incluse dans un modèle. Un participant pose des questions sur les hypothèses formulées au sujet de la pêche des œufs sur varech, car les taux de survie semblent élevés et un peu optimistes d'après le calcul de la mortalité. Le document de travail indique un taux de survie de 78 %, un chiffre très précis et le participant comprend que la mortalité pourrait se situer dans une plage de 0 à 60 %. Les auteurs expliquent qu'à des fins de démonstration, on suppose que toutes les récoltes d'œufs sur varech proviennent de la pêche en enclos fermés, mais que l'on pourrait appliquer les taux de mortalité des pêches en enclos ouverts à l'avenir.

---

Un participant demande si la mortalité en fonction du niveau d'oxygène lié à la profondeur de la ponte a été examinée et, si ce n'est pas le cas, si ce paramètre pourrait faire l'objet de travaux futurs. Les auteurs répondent que l'indice des œufs sur varech ne tient pas compte de la mortalité des œufs dans le relevé. L'indice du relevé estime le nombre d'œufs, puis utilise cette valeur pour déterminer le nombre d'adultes qui ont pondu ces œufs. Lorsque des couches de frai extrêmement épaisses sont présentes dans une zone, il se peut que les œufs des couches inférieures n'éclosent jamais en raison du manque d'oxygène. Cette hypothèse pourrait mener à une surestimation des rendements futurs.

Un participant demande si la mortalité attribuable à d'autres sources est prise en compte. Les auteurs ont utilisé les données disponibles, mais s'il y a de meilleures prises accessoires ou d'autres sources de  $M$ , on pourrait inclure ces données pour tester plus d'hypothèses et faciliter l'ajustement du modèle.

Les prélèvements d'œufs sur varech ont peu d'effet sur les tendances de la biomasse, mais créent des courbes de rendement qui sont sensibles à l'allocation entre les pêches. Il y a un effet assez mineur à ce sujet pour Haida Gwaii, mais il est important de l'inclure pour comprendre l'impact.

**Relevé en plongée :** Un participant remarque que les modèles MSIPA et MSSIPHA supposent que les relevés en plongée observent tous les harengs disponibles (c.-à-d.  $q$  est égal à une valeur fixe de 1). Cette hypothèse peut entraîner une sous-estimation de la biomasse si le relevé manque les œufs de hareng. Le participant propose aussi d'inclure le protocole de plongée dans le document de travail. Les auteurs expliquent qu'ils ont utilisé une valeur a priori informative pour déterminer la capturabilité du relevé des œufs.

Un autre participant pense que si la capturabilité du relevé en plongée avait un coefficient de variation (CV) plus large, on pourrait l'utiliser comme analyse de sensibilité. Les auteurs suggèrent que l'estimation de  $q$  fasse l'objet d'un travail futur.

**Approche de l'indice mixte :** Les auteurs ont traité les indices de fraie comme une combinaison de ceux des relevés en plongée et de surface. L'indice mixte a pondéré la capturabilité en proportion de l'indice de fraie de chaque type de relevé.

Un participant demande pourquoi les relevés de surface des deux dernières années pour HG ont été notés comme des observations de plongeurs. Il fait également remarquer que la valeur de la biomasse dans les relevés en plongée et de surface pour HG pourrait être gonflée en raison de l'absence de travail sur le terrain pendant la pandémie de COVID-19. Les auteurs expliquent que le relevé de surface utilise des caméras sous-marines et prélève des échantillons de couches d'œufs, et est donc plus similaire à un relevé en plongée qu'à un relevé de surface. Ils ajouteront un texte pour l'expliquer dans le document de travail.

**Prises historiques :** Un participant est préoccupé par le fait que les compositions selon l'âge tirées des données sur les prises des années 1950 à 1960 sont plus incertaines parce que ces compositions selon l'âge diffèrent des connaissances historiques et locales sur le fonctionnement des pêches de réduction. L'un des auteurs mentionne que les anciennes données sur les prises contiennent des renseignements sur la composition selon l'âge, mais que les juvéniles étaient sous-représentés dans les échantillons par rapport aux chiffres historiques. Les prises ont été modélisées à l'aide des données disponibles, principalement les âges 2 et plus.

**Considérations environnementales :** Les changements climatiques et la productivité des océans n'ont pas été pris en compte dans l'analyse et devraient être considérés comme une incertitude. Cependant, la variabilité de l'environnement a été modélisée implicitement dans le MSSIPHA par la mortalité naturelle variable dans le temps et le recrutement.

---

## QUATRIÈME OBJECTIF DU CADRE DE RÉFÉRENCE

*Proposer un plan de mise en œuvre du processus d'ESG du hareng du Pacifique, dont les échéanciers des mises à jour régulières de l'ESG, les modèles opérationnels retenus ainsi que les circonstances exceptionnelles qui déclencheraient une mise à jour du processus d'ESG plus tôt que ce qui est proposé dans le plan de mise en œuvre.*

**Fréquence des réévaluations** : Il est recommandé d'adopter un intervalle d'au moins trois ans pour la mise à jour de l'ESG, à moins que de nouvelles données ne révèlent des circonstances exceptionnelles (éclosion de maladie ou anomalies extrêmes dans les données). La mise en œuvre et l'élaboration de circonstances exceptionnelles seront incluses dans le processus d'ESG.

**Plan de mise en œuvre du processus d'ESG** : Un participant propose d'inclure un plan de mise en œuvre du processus d'ESG dans le document de travail. Les auteurs précisent qu'il n'y a pas de feuille de route sur la façon de passer d'un processus d'évaluation des stocks à un avis à l'aide d'un processus d'ESG. Avec certains stocks, un nouveau modèle est simplement adopté et mis en œuvre, mais pour d'autres stocks, on applique une approche progressive pour changer de modèle ou de processus. Tous les participants reconnaissent qu'un processus pour mettre en œuvre le nouveau modèle d'évaluation et modèle opérationnel, les mises à jour de l'évaluation de la stratégie de gestion et la détermination des circonstances exceptionnelles devrait être élaboré selon une approche progressive en consultation avec les gestionnaires, les Premières Nations et d'autres intervenants.

### Recherches futures

**Composante spatiale du MSSIPHA** : La composante spatiale n'a pas été utilisée dans la présente évaluation du modèle MSSIPHA. Il est possible qu'elle puisse être utilisée dans de futures itérations du modèle.

**Paramétrages** : Des travaux futurs pourraient explorer d'autres paramétrages de la mortalité naturelle dépendante de la densité, de  $M$  anticompensatoire et compensatoire, ainsi que de la capturabilité des relevés ( $q$ ).

**Collaborateurs** : Il est recommandé que le MPO continue de travailler avec les Premières Nations, les intervenants et le gouvernement provincial pour contribuer à l'élaboration de l'ESG.

## CONCLUSIONS

On présente au groupe le tableau des modifications avec toutes les modifications acceptées par les auteurs. Les participants à la réunion conviennent que le document de travail répond à tous les objectifs définis dans le cadre de référence et il est accepté avec des modifications.

## RECOMMANDATIONS ET AVIS

### RÉDACTION DE L'AVIS SCIENTIFIQUE

L'un des auteurs a accepté de faire le suivi des modifications dans l'ébauche de l'avis scientifique pendant que celle-ci est examinée avec les participants pendant la réunion. L'avis scientifique a fait l'objet d'une longue discussion et les participants ont l'occasion de contribuer aux principales sections. À la fin de la réunion, une ébauche de l'avis scientifique est élaborée. Le président de la réunion travaillera avec les auteurs pour terminer l'ébauche de l'avis scientifique. Lorsqu'elle sera terminée, le bureau du Centre des avis scientifiques du Pacifique

---

(CASP) transmettra l'ébauche de l'avis scientifique et du compte rendu à tous les participants aux fins d'examen final et de commentaires.

## REMERCIEMENTS

Le Centre des avis scientifiques du Pacifique (CASP) félicite les auteurs pour leur excellent document et reconnaît la contribution de tous les participants. Nous remercions les examinateurs officiels, Chris Cahill (Michigan State University) et Elisabeth Van Beveren (Direction des sciences du MPO) pour le temps et l'expertise qu'ils ont consacrés pour fournir les examens écrits officiels du document de travail. Nous tenons également à remercier Steve Schut d'avoir présidé la réunion.

## RÉFÉRENCES CITÉES

- Cleary, J.S., Hawkshaw, S., Grinnell, M.H., et Grandin, C. 2019. [État des stocks de hareng du Pacifique \(\*Clupea pallasii\*\) dans les eaux de la Colombie-Britannique en 2017 et prévisions pour 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/028. v + 296 p.
- Holt, K., King, J.R., and Krishka, B.A. 2016. [Stock Assessment for Lingcod \(\*Ophiodon elongatus\*\) in the Strait of Georgia, British Columbia in 2014](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/013. xi + 186 p.
- Kronlund, A.R., Forrest, R.E., Cleary, J.S., and Grinnell, M.H. 2018. [The Selection and Role of Limit Reference Points for Pacific Herring \(\*Clupea pallasii\*\) in British Columbia, Canada](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/009. ix +125 p.
- Logan, G., de la Mare, W., King, J. and Haggarty, D. 2005. [Management Framework for Strait of Georgia Lingcod](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2005/048. xiii + 102 p.
- Martell, S.J., Schweigert, J.F., Haist, V., and Cleary, J.S. 2012. [Moving towards the sustainable fisheries framework for Pacific Herring: Data, models, and alternative assumptions; stock assessment and management advice for the British Columbia Pacific Herring stocks: 2011 assessment and 2012 forecasts](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/136. v + 151 p.
- MPO. 2009. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution](#).
- MPO. 2023. [Mise à jour de l'évaluation de la stratégie de gestion et évaluation des options de points de référence supérieurs du stock pour le hareng du Pacifique \(\*Clupea pallasii\*\) en Colombie-Britannique, au Canada](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2023/002.
- MPO. 2023b. [Résumé du Plan de gestion intégrée des pêches : Hareng du Pacifique - Région du Pacifique, 2022 au 2023](#).

---

## ANNEXE A : CADRE DE RÉFÉRENCE

### Application d'un nouveau cadre de modélisation pour l'évaluation des grands stocks de hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) et mise en œuvre dans le processus d'évaluation des stratégies de gestion

#### Contexte

Le hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique est actuellement géré dans cinq régions d'évaluation des stocks principales et dans deux régions d'évaluation des stocks mineures. Les grands stocks visés dans l'examen du modèle sont Haida Gwaii, le district de Prince Rupert, la côte centrale, le détroit de Géorgie et la côte ouest de l'île de Vancouver. Le hareng du Pacifique est une espèce importante pour les Premières Nations, qui pratiquent la pêche côtière autochtone ainsi que les pêches commerciales autochtones et en vertu de traités dans des zones de gestion précises.

Pêches et Océans Canada (MPO) utilise un processus d'évaluation des stratégies de gestion (ESG) pour collaborer avec les Premières Nations, les organisations non gouvernementales et le Conseil consultatif de l'industrie du hareng afin d'élaborer et de mettre en œuvre des stratégies de pêche durable du hareng du Pacifique. L'utilisation du processus d'ESG s'harmonise avec la politique du MPO intitulée [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution](#) (MPO 2009). Le processus suit un cadre d'analyse visant à évaluer la durabilité des stratégies de pêche en mettant à l'essai par simulation des procédures de gestion de rechange selon des scénarios de modèles opérationnels qui représentent un éventail d'hypothèses concernant la dynamique incertaine des populations et des pêches. Le rendement des procédures de gestion de rechange (combinaisons de données, modèle d'évaluation des stocks et règles de contrôle des prises) est mesuré par rapport aux objectifs de conservation et de prises préétablis pour chaque zone de stock et de pêche (Cox *et al.* 2019; MPO 2023a).

Le cadre de l'ESG a été utilisé pour la première fois dans le processus consultatif sur le hareng en 2018 (Benson *et al.* 2023; MPO 2020). Ce cadre repose sur un modèle statistique des prises selon l'âge utilisé dans les procédures de gestion (évaluation annuelle des stocks de hareng de la Colombie-Britannique) et pour estimer les principaux paramètres de la population utilisés dans les modèles opérationnels (Cleary *et al.* 2018; MPO 2018). Les examens scientifiques antérieurs, les consultations continues avec les Premières Nations et les intervenants du secteur des pêches ainsi que l'augmentation des coûts des relevés montrent qu'il faut ajouter une fonctionnalité aux modèles opérationnels et d'évaluation, notamment :

1. une méthode d'intégration des données des relevés de surface et de plongée dans l'estimation de l'indice du relevé;
2. l'ajout des prélèvements de la pêche aux œufs sur varech;
3. la prise en compte de la mortalité par la pêche par étapes discrètes au cours d'une saison de pêche;
4. l'ajustement du paramètre de la mortalité naturelle anticompensatoire afin de mieux représenter les effets potentiels de l'écosystème sur les stocks de hareng.

La Gestion des ressources de Pêches et Océans Canada a demandé au Service des sciences du MPO de faire le point et d'examiner le modèle utilisé pour l'évaluation annuelle des stocks de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique (choix du modèle, données, hypothèses) afin d'y inclure les éléments (1) à (4), puis de démontrer qu'il facilite la représentation d'autres dynamiques, comme les modèles opérationnels dans le cadre d'analyse de l'ESG. Ce processus ne comprendra pas l'évaluation des stocks, la prévision de la biomasse des stocks



---

matures, ni les options de récolte pour 2023, car ces aspects seront abordés dans un processus ultérieur du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS)<sup>1</sup>.

### **Objectifs**

Orienté par le Cadre de la pêche durable du MPO, en particulier la politique [Un cadre décisionnel pour la pêche intégrant l'approche de précaution](#) (MPO 2009), le document de travail suivant sera examiné et servira de fondement aux discussions et aux avis sur les différents objectifs décrits ci-après.

Johnson, S. D. N., Cox, S. P., Cleary, J. S., Benson, A. J., Power, S. J. H. et Rossi, S. P. Application d'un nouveau cadre de modélisation pour l'évaluation des grands stocks de hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) et mise en œuvre dans le processus d'évaluation des stratégies de gestion (2023). Document de travail 2019PEL01 du Centre des avis scientifiques de la région du Pacifique.

Les objectifs de cet examen sont les suivants :

1. Présenter un nouveau modèle statistique des prises selon l'âge comprenant des tests de simulation et d'estimation ainsi que des comparaisons entre les paramétrages du modèle de base de 2022 et ceux du modèle précédent (modifications de Cleary *et al.* 2019 à Martell *et al.* 2012).
2. Évaluer la pertinence du nouveau modèle statistique des prises selon l'âge pour les cinq grands stocks de hareng du Pacifique afin d'estimer les tendances de la biomasse, de l'épuisement et du recrutement pour chaque grand stock. Présenter une évaluation rétrospective, les tendances et l'état du stock en 2022 par rapport au point de référence limite (Kronlund *et al.* 2018) et le point de référence supérieur du stock fondé sur la période de productivité moyenne (MPO 2023a; MPO 2023b).
3. Faire la démonstration du nouveau modèle statistique des prises selon l'âge qui servira de modèle opérationnel dans le processus d'ESG du hareng du Pacifique. Déterminer les principales incertitudes liées à la variabilité de l'environnement, à la mortalité naturelle, aux données et aux méthodes d'évaluation, puis les évaluer dans le contexte des procédures de gestion conformes à l'approche de précaution.
4. Proposer un plan de mise en œuvre du processus d'ESG du hareng du Pacifique, dont les échéanciers des mises à jour régulières de l'ESG, les modèles opérationnels retenus ainsi que les circonstances exceptionnelles qui déclencheraient une mise à jour du processus d'ESG plus tôt que ce qui est proposé dans le plan de mise en œuvre.

### **Participation prévue**

- Sciences et Gestion des pêches du MPO
- Milieu universitaire
- Premières Nations
- Industrie
- Organismes gouvernementaux

---

<sup>1</sup> Évaluation des stocks de hareng, prévision de la biomasse des stocks matures et options de récolte (2023-2024) Processus de réponse des Sciences du SCAS, septembre 2023.

- 
- Organisations non gouvernementales

## Références

- Benson, A. J., Cleary, J. S., Cox, S. P., Johnson, S. et Grinnell, M. H. 2023. [Rendement des procédures de gestion pour le hareng du Pacifique \(\*Clupea pallasii\*\) de la Colombie-Britannique en présence d'incertitudes du modèle : combler l'écart entre la théorie et la pratique de la pêche selon l'approche de précaution](#). Secr. can. des avis. sci. du MPO. Doc. de rech. 2022/048. ix + 77 p.
- Cleary, J. S., Hawkshaw, S., Grinnell, M. H., et Grandin, C. 2019. [État des stocks de hareng du Pacifique \(\*Clupea pallasii\*\) dans les eaux de la Colombie-Britannique en 2017 et prévisions pour 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2018/028. v + 296 p.
- Cox, S. P., Benson, A. J., Cleary, J. S. and Taylor, N. G. 2019. [Candidate Limit Reference Points as a Basis for Choosing Among Alternative Harvest Control Rules for Pacific Herring \(\*Clupea pallasii\*\) in British Columbia](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/050. viii + 47 p.
- Kronlund, A. R., Forrest, R. E., Cleary, J. S., and Grinnell, M. H. 2018. [The Selection and Role of Limit Reference Points for Pacific Herring \(\*Clupea pallasii\*\) in British Columbia, Canada](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/009. ix +125 p.
- Martell, S. J., Schweigert, J. F., Haist, V., and Cleary, J. S. 2012. [Moving towards the sustainable fisheries framework for Pacific Herring: Data, models, and alternative assumptions; stock assessment and management advice for the British Columbia Pacific Herring stocks: 2011 assessment and 2012 forecasts](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/136. v + 151 p.
- MPO 2009. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution](#).
- MPO 2018. [Évaluation des stocks de hareng du Pacifique \(\*Clupea pallasii\*\) dans les eaux de la Colombie-Britannique en 2017 et prévisions pour 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis. Sci. 2018/002.
- MPO 2020. [Compte rendu de l'examen par les pairs de la région du Pacifique sur l'évaluation des procédures de gestion du hareng du Pacifique \(\*Clupea pallasii\*\) dans le détroit de Georgie et sur la côte ouest de l'île de Vancouver dans les zones de gestion de la Colombie-Britannique; du 25 au 26 juillet 2018](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2020/027.
- MPO 2023a. [Mise à jour de l'évaluation de la stratégie de gestion et évaluation des options de points de référence supérieurs du stock pour le hareng du Pacifique \(\*Clupea pallasii\*\) en Colombie-Britannique, au Canada](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2023/002.
- MPO 2023b. [Résumé du Plan de gestion intégrée des pêches : Hareng du Pacifique - Région du Pacifique, 2022 au 2023](#). 22-2230 : 234 p.

---

## ANNEXE B : RÉSUMÉ DU DOCUMENT DE TRAVAIL

Ce document présente un nouveau cadre d'évaluation des stocks et de modèle opérationnel pour le hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) qui tente de résoudre la mortalité naturelle variable dans le temps, les points de référence de la pêche et les stratégies de pêche futures. Nous élaborons et mettons à l'essai un nouveau modèle statistique spatialement intégré des prises de hareng selon l'âge (MSSIPHA) qui intègre, entre autres, un processus dépendant de la densité pour la mortalité naturelle, une représentation explicite de la pêche des œufs sur varech, les pêches avec événements de prélèvements discrets sur une courte saison, un indice de fraie unique qui combine les plans des relevés en plongée et de surface, ainsi qu'une fonction de probabilité de la composition selon l'âge qui tient compte de la corrélation des résidus entre les classes d'âge.

L'objectif principal du document est d'évaluer le MSSIPHA en tant que cadre de modélisation de l'évaluation des stocks pour chacune des cinq régions d'évaluation des stocks principaux, et son objectif secondaire est d'évaluer le MSSIPHA en tant que modèle opérationnel pour les futurs essais de procédures de gestion.

Dans l'ensemble, les estimations de la biomasse absolue par le modèle MSSIPHA complet (c.-à-d. intégrant toutes les nouvelles fonctions) étaient qualitativement similaires au cadre d'évaluation existant, bien que le changement structurel aux processus de mortalité naturelle, en particulier, ait généré des différences dans le recrutement et l'abondance au fil du temps, ainsi que des points de référence biologiques. Lorsqu'il est appliqué en tant qu'évaluation des stocks pour chaque région, le MSSIPHA répond aux critères de qualité de l'ajustement avec une faible sensibilité aux valeurs a priori du modèle et aucun profil rétrospectif marqué. Dans les auto-tests de simulation fondés sur deux régions d'évaluation des stocks, les distributions de l'erreur relative ont fait apparaître des quantités relativement faibles de biais pour la plupart des paramètres.

Le changement le plus sensible dans le MSSIPHA est un effet d'Allee dans le modèle de mortalité naturelle dépendante de la densité (MDD) qui fournit une interprétation écologiquement plausible des profils de la productivité et de l'état du hareng dans chaque région d'évaluation des stocks, comme le rétablissement lent à Haida Gwaii ou sur la côte ouest de l'île de Vancouver et la productivité élevée persistante dans le détroit de Georgia. La MDD conduit également à des estimations plausibles des points de référence biologiques fondés sur le RMD, avec une biomasse optimale plus élevée et un rendement maximal durable souvent plus bas par rapport aux approches précédentes.

Enfin, nous démontrons la capacité du modèle opérationnel du MSSIPHA à générer des profils de recrutement, de mortalité naturelle et de biomasse qui sont qualitativement similaires à ceux estimés à partir de la période historique. En général, les périodes persistantes de faible productivité entrecoupées de pointes de productivité élevée découlent de la combinaison du recrutement compensatoire et de la mortalité naturelle anticompensatoire. Ces propriétés donnent des situations plus réalistes pour tester le rendement des stratégies de récolte futures potentielles pour toutes les régions d'évaluation des stocks de hareng du Pacifique.

---

## ANNEXE C : EXAMENS DU DOCUMENT DE TRAVAIL

Date : le 13 juin 2023

Examinatrice : Elisabeth Van Beveren, MPO (région du Québec)

Document de travail du CASP n° 2019PEL01.

Titre du document de travail : Application of a new modelling framework for the assessment of Pacific Herring (*Clupea pallasii*) major stocks and implementation in the management strategy evaluation process.

---

Les cinq questions suivantes fournissent l'orientation générale pour votre examen :

### 1. Le but du document de travail est-il clairement énoncé?

Oui. Bien que l'introduction se concentre naturellement principalement sur la partie consacrée à la mortalité naturelle, dans la partie 1.3, le but entier est clairement défini.

### 2. Le document de travail a-t-il atteint les objectifs du cadre de référence?

Oui. Le document présente un nouveau modèle statistique de prises selon l'âge, notamment toutes les informations (contexte, équations, etc.) et les données (débarquements, relevés, données biologiques) nécessaires pour l'examiner. Il a été possible d'évaluer la qualité du modèle avec tous les outils nécessaires (essais de simulation, ajustement du modèle, profils rétrospectifs, analyses de sensibilité, etc.). Les points de référence et l'algorithme d'estimation ont tous deux été fournis. Les incertitudes liées à l'entrée des données ont été relevées, de même que celles liées à l'estimation des paramètres.

Je dois souligner que même si une partie de l'objectif 4 consiste à « proposer un choix de modèles opérationnels et de circonstances exceptionnelles », cela n'a pas été explicitement fait. Je crois cependant que cette question peut être mieux abordée à un autre moment et je soutiens les auteurs dans leur décision.

### 3. Les données et les méthodes sont-elles adéquates pour étayer les conclusions et sont-elles expliquées de manière suffisamment détaillée?

Oui. Toutes les sources de données, y compris leur incertitude, ont été clairement décrites. Au besoin, il y avait des références à des documents fournissant plus de détails. Les détails du modèle (équations, paramètres, etc.) ont été inclus et expliqués en détail. Lorsque cela était souhaitable, les auteurs ont même pris soin de mettre en évidence le comportement du modèle en fonction de ses propriétés uniques (mortalité naturelle dépendante de la densité).

### 4. Si le document présente des avis pour les décideurs, les recommandations sont-elles présentées sous une forme utilisable et les avis reflètent-ils l'incertitude des données, de l'analyse ou du processus?

Il y a des recommandations liées aux étapes futures de l'ESG, qui sont claires et utiles.

### 5. Pouvez-vous suggérer d'autres domaines de recherche qui sont nécessaires pour améliorer le document de travail?

Un travail énorme a été présenté dans ce document de travail. De plus, tout était très bien structuré et facile à suivre. Toutes les informations essentielles ont été fournies et, malgré la longueur du document, il n'y avait à mon avis rien de superflu. J'aimerais souligner la qualité des analyses et du document en général, et je peux certainement voir comment il facilitera les futures évaluations (ou les ESG) du hareng.

---

Je n'ai pas de préoccupation majeure. J'ai formulé des suggestions et des indications mineures de clarifications à apporter directement dans le document de travail. Voici un sommaire de certains de ces commentaires :

1. Les analyses de simulation montrent qu'un certain biais est possible. Bien que les auteurs notent que cela n'est pas une préoccupation majeure, certains travaux pourraient être faits pour démontrer pourquoi c'est le cas. Par exemple, il pourrait être possible d'établir un lien entre l'ampleur potentielle du biais et les distributions de l'incertitude estimée. Contiendront-elles encore probablement la valeur vraie? Ou plus directement, comment cela pourrait-il influencer notre perception de l'état du stock (erreur par rapport aux points de référence ou à d'autres paramètres sur lesquels la gestion fonde sa décision)? De plus, une partie du biais, comme c'est le cas dans une année terminale, peut-elle être atténuée (projections de l'année de début, suggestion de MO, etc.)?
2. Les analyses de sensibilité pour  $M_b$  (p. ex. que se passe-t-il si cette valeur est beaucoup plus faible?) et  $m_1$  seraient-elles intéressantes?
3. Les simulations en boucle fermée sont basées sur un scénario avec des observations parfaites. Bien que pour la démonstration, il n'y ait rien de mal à cela, il aurait probablement été relativement facile de le faire avec des observations imparfaites plus réalistes, qui seront finalement utilisées dans l'ESG? Pourquoi ce choix a-t-il été fait?
4. Les matrices de  $w_a$ ,  $t$  n'affichent pas toujours des tendances biologiquement réalistes. Bien que je ne m'attende pas à ce que cela influence les résultats, des travaux ont-ils été effectués dans le passé pour essayer d'améliorer ces estimations?
5. Ce document se concentre fortement sur  $M$  variable dans le temps. Y a-t-il eu des travaux effectués dans le passé pour explorer si  $M$  pourrait également être influencée par des variations de la prédation? Si  $M$  variable selon l'âge pourrait être plus probable?

---

Date : 19 juin 2023

Examineur : Christopher Cahill, Quantitative Fisheries Center, Michigan State University

Document de travail du CASP n° 2019PEL01.

Titre du document de travail : Application of a new modelling framework for the assessment of Pacific Herring (*Clupea pallasii*) major stocks and implementation in the management strategy evaluation process

---

J'ai structuré mon examen en répondant d'abord aux cinq questions fournies pour guider mon examen du document de travail. Ensuite, je fais suivre cette section avec des commentaires rédactionnels mineurs, qui sont nombreux compte tenu de la longueur du document de travail. En général, la plupart de mes commentaires visent à améliorer la clarté et la reproductibilité des analyses décrites dans le présent document de travail.

## **PRINCIPAUX COMMENTAIRES**

### **Le but du document de travail est-il clairement énoncé?**

Oui. Le but du document de travail est clairement énoncé dans l'introduction.

### **Le document de travail a-t-il atteint les objectifs du cadre de référence?**

Le document de travail a permis d'atteindre les objectifs du cadre de référence. Les auteurs ont ajouté une fonctionnalité dans le modèle MSSIPHA qui leur permet d'intégrer les données des relevés de surface et de plongée, d'inclure les prélèvements des pêches des œufs sur varech, de mettre en œuvre la mortalité par pêche par étapes distinctes au cours de la saison de pêche et d'inclure la mortalité naturelle anticompensatoire des adultes dans un nouveau modèle d'évaluation. De plus, les auteurs ont effectué une analyse de transition (pour montrer en quoi ce modèle différait du modèle d'évaluation MSIPA), des auto-tests, une analyse de sensibilité et une démonstration de l'utilité du modèle MSSIPHA pour réaliser des évaluations des procédures de gestion.

### **Les données et les méthodes sont-elles adéquates pour étayer les conclusions et sont-elles expliquées de manière suffisamment détaillée?**

Beaucoup d'efforts et d'expertise technique ont été consacrés à l'élaboration et à la mise à l'essai du modèle MSSIPHA pour les pêches du hareng du Pacifique, et il convient de féliciter les auteurs pour leurs efforts. Cependant, je crois qu'il serait extrêmement difficile pour n'importe qui d'autre que les analystes de reproduire les conclusions de ce document étant donné le niveau de détail actuel fourni dans le texte. À mon avis, cela va à l'encontre du libellé « suffisamment détaillé » de cette question directrice et je crois donc qu'il faut fournir plus de justifications et de détails techniques et que les auteurs devraient probablement également rendre public le code requis pour effectuer ces analyses. Mes commentaires ici visent à améliorer la reproductibilité de ces analyses conformément aux lignes directrices sur les rapports standard pour les analyses bayésiennes (p. ex. voir Kruschke 2021).

En outre, bien que le document de travail présente plusieurs analyses bayésiennes, bon nombre des valeurs a priori ont été établies sans que l'on fournisse suffisamment de détails sur les raisons pour lesquelles ces valeurs a priori précises ont été choisies ou pourquoi elles étaient défendables sur le plan écologique (voir les valeurs a priori pour des paramètres importants tels que la pente, Sbo). De surcroît, dans les situations où les auteurs ont écrit les calculs de leurs valeurs a priori, ils ont choisi de le faire d'une manière inutilement dense (voir le tableau 3) pour laquelle, au lieu de la notation tilde relativement courante (« paramètre ~ N(0, 1) »), ils ont choisi un style qui rend plus difficile de « voir » les hypothèses utilisées pour chaque valeur a priori.

---

Une autre préoccupation concernant les valeurs a priori vient de la façon dont les valeurs a priori pour  $M_1$ ,  $M_0$  ont été définies aux lignes 500 à 506 pour le modèle de  $M$  dépendante de la densité. Il semble que les auteurs utilisent essentiellement les données deux fois : d'abord, ils ajustent un modèle indépendant de la densité aux données disponibles, puis ils estiment des valeurs possibles pour une relation de  $M$  dépendante de la densité, ensuite ils lisent ces valeurs estimées en tant que valeurs a priori dans un deuxième modèle de  $M$  dépendante de la densité et ils exécutent un système d'estimation supplémentaire sur les mêmes ensembles de données que ceux qu'ils ont utilisés pour générer les valeurs a priori. À moins que je ne comprenne mal cette section, la façon dont ces valeurs a priori de  $M$  sont établies n'est pas appropriée et représente une logique circulaire (voir Gelman *et al.* 2013; McElreath 2016; Royle et Dorazio 2008).

Outre la difficulté de suivre la justification et les mathématiques des choix des valeurs a priori, j'ai également trouvé alarmantes certaines des affirmations techniques formulées par les auteurs. Par exemple, l'idée que les transitions divergentes sont acceptables dans une valeur a posteriori selon une méthode de Monte-Carlo hamiltonienne/STAN à des niveaux <3 % du nombre total de tirages n'est pas fondée et n'est pas étayée par la documentation actuelle sur la modélisation bayésienne dans Stan (McElreath 2016; Équipe de développement Stan 2023). Les transitions divergentes indiquent que l'algorithme d'échantillonnage utilisé par Stan avait du mal à explorer la valeur a posteriori, et une telle géométrie a posteriori problématique peut indiquer 1) des problèmes d'identifiabilité du modèle, 2) des conflits modèle-valeur a priori-données, ou même 3) qu'un modèle d'une telle complexité ne devrait tout simplement pas être ajusté à un ensemble de données en particulier.

Le consensus actuel sur les transitions divergentes est que si on ne peut pas les faire disparaître en modifiant la taille des pas de l'algorithme d'échantillonnage, par un reparamétrage ou en modifiant les valeurs a priori, on ne peut tout simplement pas faire confiance à la valeur a posteriori obtenue issue de l'algorithme de Monte-Carlo hamiltonien. Je suis d'avis que les auteurs devraient décrire en détail les étapes (le cas échéant) qu'ils ont suivies pour supprimer les transitions divergentes de leurs exécutions du modèle ou expliquer précisément pourquoi ils croient que les ajustements de leur modèle (et les valeurs a posteriori qui en résultent) peuvent être fiables malgré le grand nombre de preuves sur les diagnostics de Monte-Carlo hamiltoniens suggérant que c'est le contraire qui est vrai (p. ex. voir Best et Punt 2020; Équipe de développement Stan 2023). L'énoncé actuel à la page 11 sous-entendant que les transitions divergentes sont acceptables à ces niveaux parce que les auteurs voulaient éviter des quantités élevées de régularisation des paramètres n'est ni convaincant ni suffisant.

Enfin, je reconnais que les auteurs ont effectué des tests de sensibilité antérieurs pour certaines valeurs a priori, mais en général, il existe d'autres tests importants pour les modèles bayésiens qui devraient être effectués, notamment des vérifications prédictives préalables (pour voir si les combinaisons modèle/valeurs a priori génèrent des profils conformes aux connaissances actuelles sur la dynamique du hareng) et des vérifications prédictives postérieures (pour démontrer dans quelle mesure les modèles s'ajustent aux données observées). Il s'agit d'étapes standard de la validation des modèles bayésiens et, par conséquent, si les auteurs ne vont pas les suivre, ils devraient au moins dire aux lecteurs pourquoi ils choisissent de ne pas le faire (p. ex. voir Gelman *et al.* 2013; Kruschke 2021; Équipe de développement Stan 2023).

**Si le document présente des avis pour les décideurs, les recommandations sont-elles présentées sous une forme utilisable et les avis reflètent-ils l'incertitude des données, de l'analyse ou du processus?**

Oui. Cependant, je noterai que les simulations de PG en boucle fermée dépendent des valeurs a posteriori estimées par les analyses bayésiennes.

---

## **Pouvez-vous suggérer d'autres domaines de recherche qui sont nécessaires pour améliorer le document de travail?**

J'estime que la liste des recommandations de recherche future des auteurs dans la section 11 aborde les principales pistes de recherche que je suggérerais pour cette espèce.

### **RÉFÉRENCES :**

- Best, J. K., and Punt, A.E. 2020. Parameterizations for Bayesian state–space surplus production models. *Fisheries Research* 222:105411.
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S., Dunson, D.B., Vehtari, A., and Rubin, D.B. 2013. *Bayesian data analysis*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kruschke, J.K. 2021. Bayesian analysis reporting guidelines. *Nat Hum Behav.* 5:1282–91.
- McElreath, R. 2016. *Statistical rethinking: A Bayesian course with examples in R and Stan*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Royle, J.A., and Dorazio, R.M. 2008. *Hierarchical modeling and inference in ecology: the analysis of data from populations, metapopulations and communities*. Elsevier.
- Stan Development Team. 2023. *Stan Modeling Language Users Guide and Reference Manual*, 2.3.2.

### **COMMENTAIRES MINEURS :**

#### **Introduction**

Ligne 136 : Modification proposée du libellé : « pas de pêche » devrait probablement être remplacé par « pas de pêche durable ».

Lignes 141 à 143 : Le libellé de cette phrase n'est pas clair : « Dans certains de ces...

Ligne 149 : On ne sait pas, d'après cette formulation, pourquoi les auteurs pensent que ce risque est « rarement » évalué (je suis d'accord avec vous, je dis simplement que le libellé ne montre pas pourquoi il est rarement évalué).

Ligne 152 : Je pense que cette phrase est vague et trompeuse dans une certaine mesure, car il y a probablement aussi des facteurs abiotiques de  $M$ , même si la majorité de ce processus du SCAS porte sur  $M$  dépendante de la densité. La question de savoir si les populations sont régulées par des processus dépendants de la densité, des processus indépendants de la densité ou une combinaison des deux types de processus est une question majeure sur laquelle existe un riche corpus de théories écologiques sous-jacentes. Ce que je veux dire, c'est que je ne pense pas que vous puissiez (sans de très bonnes preuves) exclure les influences indépendantes de la densité sur  $M$ , et le libellé de cette section semble le sous-entendre, au moins pour moi.

Ligne 172 : re : « Explicatif ». Voulez-vous dire motivé sur le plan mécaniste plutôt qu'explicatif?

Ligne 182 : Supprimez « non linéaire » ou expliquez votre justification.

Lignes 178 à 180 : Les auteurs disent-ils que l'approche qu'ils proposent n'est pas parcimonieuse?

Ligne 184 : Supprimez la phrase commençant par « Ainsi », elle ne semble pas pertinente.

Lignes 188 à 195 : L'exemple proposé par les auteurs n'exclut pas que les processus indépendants de la densité soient la raison pour laquelle  $M$  augmente réellement, et donc l'exemple prête à confusion. Si vous supposez que  $M$  augmente en raison de processus dépendants de la densité, mais qu'en réalité, elle augmente en raison de processus



---

indépendants de la densité, cela pourrait être un problème. Ainsi, je recommande aux auteurs d'affiner leur logique/formulation ici. Re : Incertitude statistique, je ne pense pas que ce soit correct parce que vous pourriez modéliser la dépendance dans les  $M$  successives avec ou sans une forme structurelle sous-jacente à cette fonction. Anders Nielsen en a des exemples avec des modèles d'espace d'états et a présenté ces méthodes lors de l'atelier d'évaluation du CAPAM à Rome en octobre 2022.

Ligne 218 : L'absence de programme dynamique ou de solutions analytiques signifie que vous devriez probablement laisser tomber le mot « optimal » ici et ailleurs tout au long du document du SCAS lorsque vous faites référence au rendement de la politique de récolte.

Commentaire général : Il pourrait être utile de parler explicitement des stocks qui ne se sont pas rétablis ou qui se sont rétablis plus lentement que ce à quoi on s'attendait avec des modèles de stock-recrutement compensatoire sans  $M$  dépendante de la densité. Une telle information, lorsqu'elle est associée à l'observation que les prédateurs ont augmenté, pourrait être utilisée pour aider à expliquer pourquoi la  $M$  DD est importante (plutôt qu'une fonction de stock-recrutement anticompensatoire ou une autre façon de modéliser les processus anticompensatoires). Matière à réflexion.

Ligne 250 : Les auteurs devraient expliquer le jargon « mise en enclos », car c'est la première fois qu'il apparaît dans le document du SCAS.

### **Méthodes**

Ligne 336 : Pour être plus précis, je parlerais de composantes multiples de la probabilité plutôt que de multiples types de données.

Lignes 388 à 391 : Expliquez aux lecteurs pourquoi il y a une différence ici (implicitement en utilisant « ou »).

Ligne 395 : Pourquoi a-t-on supposé que  $M_1$  est constante pour les poissons d'âge 1? Cela semble contre-intuitif étant donné la prémisse qui est avancée, suggérant qu'il est important de considérer  $M$  comme dépendante de la densité. Je pense que je sais pourquoi cela a été fait, mais le fait est que les auteurs devraient l'expliquer aux lecteurs.

Ligne 410 : Cela semble être une façon verbeuse de dire qu'il n'y a pas de bonne solution à l'équilibre comme il y en a quand on suppose une  $M$  constante des adultes.

Lignes 421 à 423 : Cela semble être un problème du point de vue de l'estimation statistique, et les auteurs devraient donc expliquer pourquoi ce n'est pas le cas ou ce qu'ils (les auteurs) ont l'intention de faire à ce sujet s'ils pensent qu'il s'agit effectivement d'un problème. Ou, peut-être, comment cela limite leurs inférences/interprétation des résultats.

Lignes 424 à 440 : Cette section est peut-être bonne, mais elle est nécessairement ambiguë parce qu'il s'agit de mots plutôt que de mathématiques et de code. Ce modèle est suffisamment complexe pour qu'il soit probablement nécessaire de partager le code et les calculs afin que ce travail soit reproductible, selon mes commentaires principaux ci-dessus.

Ligne 490 : Les auteurs devraient donner plus de détails sur ce qu'est une procédure de compression de la queue et pourquoi elle est justifiée dans ce cas précis (avec des citations/appuis tirés de la documentation).

Lignes 495 à 497 : Les valeurs a priori normales standard ont une signification précise dans la documentation bayésienne et sont « variable  $\sim$  Normal( $\mu=0, \text{sd}=1$ ) »; les calculs dans le tableau me déroutent. Pourquoi les auteurs ont-ils choisi d'écrire leurs valeurs a priori de cette façon? Ce format/style semble inutilement difficile à évaluer.

---

De même, toute la section sur les valeurs a priori du modèle doit être mieux justifiée et décrite. D'où viennent ces valeurs? Des tests de sensibilité antérieurs ont-ils été effectués? Des vérifications prédictives préalables ont-elles été effectuées pour déterminer si les valeurs a priori influençaient fortement les inférences découlant de ces modèles? Les lecteurs doivent-ils simplement supposer que les analystes l'ont fait correctement – tel que le texte est écrit, il est difficile, voire impossible à évaluer. Il s'agit de pratiques exemplaires standard pour les analyses bayésiennes et il faudrait donc au moins en discuter dans les méthodes. Voir une belle rédaction des lignes directrices sur le rapport de modèle bayésien dans Kruschke 2021.

Lignes 500 à 506 : Ce n'est pas une façon valide de définir des valeurs a priori. Les auteurs utilisent essentiellement les données deux fois pour définir leurs valeurs a priori ici en ajustant un modèle aux données, en prenant les estimations de  $M$ , puis en ajustant un autre modèle à ce même modèle pour obtenir leurs valeurs a priori pour un modèle différent de  $M$  DD, qui est ensuite ajusté au même ensemble de données. À moins que je ne comprenne mal ce qui est écrit ici ou ce qui est fait, la façon dont les auteurs choisissent de définir ces valeurs a priori de  $M$  n'est soutenue par aucun document sur les statistiques bayésiennes (p. ex. voir Gelman *et al.* 2013; McElreath 2016; Royle et Dorazio 2008).

Si c'est effectivement ce qui a été fait, cela semble représenter une logique circulaire : l'ajustement d'un modèle à un ensemble de données pour obtenir une valeur a priori, puis le réajustement d'un modèle différent à l'aide des valeurs a priori provenant du même ensemble de données pour tirer des inférences sur la  $M$  DD (ou évaluer les politiques de récolte ou évaluer le stock ou quoi que ce soit).

Une autre façon d'y penser est qu'une valeur a priori est (de manière critique) un moyen de représenter les informations qui se sont produites *avant* la collecte de l'ensemble de données actuel.

Ligne 510 : C'est une façon de dire que le modèle ne convergera pas à moins que nous supposions que nous connaissons la pente, ce qui, selon la plupart de la documentation en sciences halieutiques, n'est probablement pas raisonnable. Ainsi, les auteurs devraient expliquer comment ce choix d'une valeur a priori remarquablement forte (c.-à-d. fixe) influence les inférences découlant de ce choix plus loin dans le rapport du SCAS. On pourrait s'attendre à ce qu'il influence fortement la limite supérieure du taux d'exploitation d'une politique de récolte comme le formulaire de règle de précaution utilisé par le MPO, parce que la pente détermine les estimations d'Urmd ou d'Uréf.

Lignes 512 et 513 : Ce n'est pas décrit adéquatement. Si les auteurs vont utiliser des valeurs a priori informatives, ils doivent décrire pourquoi et comment ils ont choisi de le faire, et quelles mesures de protection ils ont prises (voir les commentaires ci-dessus) pour s'assurer que ces choix analytiques n'ont pas indûment influencé leurs conclusions/avis. Voir Kruschke 2021.

Ligne 522 : Je ne comprends pas très bien, cette « hypothèse fixe » est-elle la même que la valeur a priori qui figure à la ligne 516?

Lignes 531 à 533 : C'est très déroutant. Est-ce que vous simulez la valeur a priori pour obtenir une valeur que vous réintroduisez dans la définition de cette valeur a priori? De quelle distribution parlez-vous ici? La valeur a priori?

Lignes 535 et 536 : Y a-t-il une référence que les auteurs peuvent fournir à l'appui de cette approche? En général, tous ces choix subjectifs de valeurs a priori doivent être expliqués afin que l'analyse soit reproductible et plus objective.

Ligne 552 : Le code devrait être mis à disposition pour améliorer la reproductibilité, surtout si l'intention est d'utiliser ce modèle pour réaliser des ESG pour le MPO à l'avenir.

---

Ligne 561 : Je ne sais pas très bien ce que l'on entend par « modèle mixte » et « tailles absolues des échantillons » ici.

Lignes 575 à 580 : Voir les commentaires principaux ci-dessus.

Une possibilité pour laquelle ce modèle rencontre des difficultés numériques est simplement parce qu'il n'y a pas assez de contenu d'information dans les données disponibles pour estimer les choses que les auteurs veulent estimer. Cela peut signifier que le modèle est dégénéré ou non identifiable, et que ce sont ses choix de valeurs a priori informatives (et subjectives) qui le « tiennent ensemble ». En général, cela ne surprendrait personne, car  $M$  est difficile à estimer dans de nombreuses évaluations des stocks et je pense qu'il incombe aux analystes de nous montrer que cela ne se produit pas avec leur modèle.

Ligne 605 : Quel était le but de la simulation des valeurs a priori aléatoires? C'est-à-dire, qu'est-ce que les auteurs regardaient/voulaient montrer en particulier aux lecteurs?

Lignes 607 et 608 : La convergence a-t-elle été atteinte dans chacune des répétitions de simulation selon les critères que les auteurs ont énumérés pour les ajustements de  $\ln(\text{min}b)$  ci-dessus? Sinon, les auteurs devraient dire quelle proportion des modèles a convergé. Ce commentaire suppose que cette simulation n'a pas été effectuée à l'aide d'une simulation MCH/a posteriori complète.

Lignes 621 à 626 : Les auteurs ont-ils envisagé des vérifications prédictives postérieures, qui sont la norme pour les évaluations de modèles bayésiens? Dans le cas contraire, pour quelles raisons?

Lignes 645 et 646 : S'agit-il de renseignements inédits provenant des auteurs? Imprécis.

Lignes 653 à 657 : Ces informations sont suffisamment compliquées pour qu'on utilise une figure ou deux pour montrer aux lecteurs ce qui se passe afin qu'ils puissent suivre de plus près la logique des analystes ici – idem pour le reste de cette section.

Lignes 678 à 684 : Pourquoi les auteurs alternent-ils entre Fcrash et Ucrash? Choisissez l'un ou l'autre et restez cohérents. Encore une fois, difficile de suivre ce qui se passe dans cette section telle qu'elle est écrite et une bonne figure ou deux pourraient grandement améliorer la clarté.

Ligne 694 : Une citation devrait être ajoutée pour appuyer cette allégation.

Ligne 711 : À visualiser pour les lecteurs qui n'ont pas de formation technique – dans l'état actuel des choses, il est difficile de savoir pourquoi ces valeurs a priori très informatives/spécifiques ont été choisies et, par conséquent, les analystes s'attendent à ce que les lecteurs les « croient sur parole » quand ils affirment que ces valeurs sont raisonnables.

Ligne 723 : Encore une fois, c'est déroutant et ce serait beaucoup plus clair si les analystes montraient aux lecteurs leurs valeurs a priori sur des figures plutôt que de les énoncer ainsi.

Lignes 727 à 730 : Et quelles sont les valeurs a priori spécifiques pour la sélectivité  $a_{50}$ ? Ce n'est pas clair tel que c'est écrit, c'est-à-dire que je ne pense pas qu'il suffise de simplement dire que nous avons utilisé une « valeur a priori log-normale pour la sélectivité  $a_{50}$  ».

Lignes 840 et 841 : Que ce soit dans un autre rapport ou non, c'est déroutant ici tel que c'est écrit. En particulier, la partie « où le PRS est défini comme une proportion de la biomasse moyenne sur une plage d'années correspondant à une période productive, indiquée dans le tableau 6 (MPO 2023a) ».

## Résultats

Ligne 939 : Pourquoi 2+Bo? – non décrit pour le lecteur, donc pas clair.

---

Lignes 947 et 948 : Cette phrase n'est pas claire.

Lignes 954 et 955 : Mieux vaut dire aux lecteurs précisément quels sont ces paramètres du modèle d'observation plutôt que de s'attendre à ce qu'ils aillent les chercher dans un tableau dans un rapport de 237 pages.

Ligne 966 : Je ne sais pas très bien ce que l'on entend par « changements dans le modèle déterministe sous-jacent ».

Ligne 969 : Je ne comprends toujours pas cette partie de simulation de valeurs a priori aléatoires. Pourquoi ne pas simplement choisir des valeurs a priori de plus en plus vagues ou quelque chose comme ça plutôt que de faire ça? Jusqu'à présent, ce document du SCAS a peu ou pas indiqué la raison pour laquelle ce test de simulation spécifique est effectué, et il est difficile d'évaluer les résultats pour cette partie de la simulation répertoriée ici.

Lignes 982 à 985 : C'est déconcertant, et je crois donc que les auteurs ont besoin d'ajouter quelque chose pour justifier pourquoi ils croient que c'est acceptable.

Lignes 987 à 999 : Attendez-vous à une discussion à ce sujet plus tard, en particulier si la surestimation de SBo doit entraîner un TAC trop optimiste? Ou est-ce que je passe à côté de quelque chose ici? De plus, le fait que  $m_1$  dépende clairement tellement de la sélection d'une valeur a priori informative suggère fortement qu'il y a peu d'informations dans ces ensembles de données pour le DG pour qu'on puisse l'estimer, non? Il devrait y avoir un examen suffisant de ce point si c'est effectivement le cas dans la section Discussion.

Ligne 1 003 : À quel point la non-identifiabilité empêche-t-elle les analystes de déterminer si  $M$  est DD? Je pense qu'il devrait y avoir une discussion explicite à ce sujet dans le texte.

Ligne 1 015 : Cette surestimation est-elle préoccupante? C'est-à-dire que si vous pensez qu'il y a plus de biomasse vulnérable qu'il n'y en a en réalité, on pourrait s'attendre à ce que cela mène à des recommandations de TAC trop optimistes.

Lignes 1 018 à 1 020 : Je ne sais pas pourquoi les auteurs pensent que c'est acceptable

Ligne 1 032 : Alors n'est-ce pas un problème pour au moins certains stocks, car il ne semble pas y avoir beaucoup d'informations dans les données pour estimer  $m_1$  selon les commentaires ci-dessus? Les auteurs devraient l'indiquer clairement aux lecteurs et préciser quelles en sont les conséquences pour leurs principales constatations et conclusions.

Ligne 1 046 : Indiquez aux lecteurs précisément où cela se trouve dans le document.

Ligne 1 073 : Figure 9. Quelles sont les phases auxquelles il est fait référence dans la légende de ce graphique?

Lignes 1 083 à 1 085 : Cela semble contre-intuitif et donc je crois que les auteurs devraient passer un peu plus de temps à en discuter et le clarifier.

Lignes 1 095 à 1 097 : Pouvez-vous le dire plus clairement/précisément? Par exemple, de quelles quantités du cycle biologique parlez-vous? Toutes?

Lignes 1 107 et 1 108 : Cette affirmation selon laquelle les résultats n'étaient pas sensibles au choix des valeurs a priori semble contredire les déclarations faites au sujet de la valeur a priori de  $m_1$  pour au moins certaines des régions d'évaluation des stocks (voir les commentaires ci-dessus) –  $M$  n'est-elle pas une composante de l'ensemble des paramètres du cycle biologique?

Lignes 1 112 à 1 114 : Mais il a fallu fixer  $h$  pour au moins une des régions d'évaluation des stocks et il est indiqué ci-dessus que le paramètre  $m_1$  était difficile à estimer. C'est en général très déroutant – je pense qu'il devrait y avoir beaucoup plus de détails sur la sensibilité aux choix des valeurs a priori informatives/subjectives faits par les analystes ici.

---

## Discussion

Ligne 1 217 : Effets potentiels? Après tout, vous n'avez pas démontré que la *M DD* est le mécanisme qui a amené les populations à se rétablir lentement ou quelque chose comme ça.

Ligne 1 224 : Au sujet de la raison pour laquelle le hareng est une bonne étude de cas pour la *M DD*. Les auteurs devraient mettre toute cette information dans l'introduction afin que les lecteurs qui ne connaissent pas leurs systèmes puissent l'utiliser pour mieux comprendre le raisonnement des auteurs (p. ex. il semblerait qu'au moins certains renseignements sur les profils d'exploitation entre les régions d'évaluation des stocks seraient particulièrement pertinents).

Lignes 1 232 à 1 234 : En plus de dire que le MSSIPHA a un recrutement non exploité plus élevé, peut-être s'efforcer de le dire dans un langage clair pour les lecteurs qui ne possèdent pas votre expertise technique? C.-à-d. pourquoi cela pourrait-il être particulièrement important pour les gestionnaires du MPO et le public? Je pense que cela pourrait s'appliquer à de nombreux énoncés dans cette partie du document du SCAS.

Lignes 1 241 à 1 248 : Ce paragraphe est vague. Pourquoi ces estimations antérieures du RMD sont-elles invraisemblables? Peut-être que cette partie a juste besoin d'être formulée plus clairement. De plus, les auteurs affirment-ils que les cycles d'expansion et de contraction sont causés par *M* plutôt que, par exemple, par des vagues du recrutement? Je suppose que ce n'est pas typiquement la façon dont je pense à l'expansion et à la contraction ou aux pêches spasmodiques/cycliques comme, par exemple, Caddy et Gulland 1983 – et je crois qu'ils ont affirmé que ces types de dynamique étaient généralement influencés par le recrutement plutôt que par des variations de la *M* des adultes.

Ligne 1 249 : Encore une fois, plus plausible d'après quoi? L'intime conviction des auteurs?

Lignes 1 272 et 1 273 : Je ne comprends plus, parce que je pensais que le rétablissement devrait être plus lent dans le scénario de *M DD*.

Lignes 1 314 et 1 315 : J'adore l'article cité ici et je pense qu'il est bien écrit, mais il semble d'une importance cruciale de comparer les estimations hiérarchiques de la réduction dans ces analyses futures avec la version à effets fixes/région unique d'évaluation des stocks pour éviter que le contenu ou les données d'information des régions d'évaluation des stocks les plus productives n'entraînent les estimations de paramètres des régions d'évaluation des stocks moins productives. Matière à réflexion.

Ligne 1 316 : Je pensais que certains des graphiques de la structure par âge enfouis dans les annexes de Haida Gwaii et de la CC(?) faisaient apparaître des vagues du recrutement à peu près les mêmes années – est-ce c'est quelque chose que les auteurs ont vu? Dans ce cas, ça pourrait être utile pour motiver cette future idée de recherche ici.

## Annexes

En examinant les graphiques du poids selon l'âge à l'annexe A, y a-t-il d'autres hypothèses plausibles qui pourraient expliquer les profils dans *M* que les auteurs décrivent à l'aide de *M DD*? c'est-à-dire que des baisses du poids moyen selon l'âge sont certainement prévues pour les pêches récoltées, mais sur le plan écologique, cela pourrait être un déterminant important de conditions sous-optimales pour la réserve d'un individu.

Tableau B.2.6 : Techniquement, *h* est fixée dans le DPR, donc elle n'est pas « estimée » comme la légende le suggère. En général, il est probablement préférable de présenter un graphique que de tout cacher dans un tableau.

---

Ligne 1 955 : pourquoi cet écart type du recrutement de 0,04 indique-t-il qu'il n'y a pas de biais systématique dans les recrutements? C'est déroutant et n'est pas expliqué clairement.

Lignes 1 960 et 1 961 : Cet énoncé n'est valide que compte tenu de l'affirmation discutable des auteurs selon laquelle les chaînes de MCH sont fiables avec < 3 % de transitions divergentes globales, et donc à tout le moins il faudrait l'indiquer clairement pour les lecteurs/examineurs. Aucun utilisateur de STAN ne dirait que ce nombre de transitions divergentes est acceptable.

Ligne 1 967 : Fortement corrélé?

Lignes 1 982 à 1 984 : Des vérifications prédictives préalables aideraient à le comprendre et devraient probablement être effectuées.

Lignes 2 135 et 2 136 : Des vérifications prédictives préalables seraient également utiles ici. Une question clé pour les auteurs est de savoir si leur choix de valeurs a priori influence leurs estimations de la  $MDD$  et donc  $\ln(SBo)$ , car ils affirment qu'il existe une corrélation claire entre ces quantités et que des recherches futures devraient tenter de le reparamétriser d'une manière ou d'une autre.

Figure C.20 : Il semble qu'il y ait des périodes où les résidus sont probablement élevés ou faibles – à mes yeux, il y a beaucoup de valeurs positives de 1970 à la fin des années 1980, de nombreuses valeurs faibles à partir de ~1990 à 2000 et les auteurs devraient fournir une discussion sur ce point.

Figure C.25 : Je pensais que  $h$  était fixée pour le DPR, mais cette légende indique qu'elle a été estimée.

Figure C.37 : Encore une fois, je relève une certaine dépendance dans cette courbe de résidus; les auteurs pourraient tenter d'expliquer ce qui se passe ici.

Figure C.41 : Il semble y avoir une tendance à la baisse des résidus de 1950 à 1990. En outre, ce diagramme, pour une raison quelconque, n'a pas de courbe de tendance, mais d'autres courbes de résidus en avaient dans les sections précédentes – les auteurs doivent rester cohérents entre les sections.

Figure C.81 : Comment la variance a posteriori est-elle nulle? S'agit-il simplement d'un artefact de fixation/réduction progressive de la variance a priori à une valeur très faible? Dans ce cas, cela devrait probablement être fixé pour le rendement de la méthode MCH plutôt que réduit.

Ligne 2 625 : Il serait utile que les auteurs illustrent ces équations/phrases dans un graphique ou deux pour montrer aux lecteurs de quoi ils parlent.

## **RÉFÉRENCES :**

Caddy and Gulland 1983. Historical patterns of fish stocks. Marine Policy.

## ANNEXE D : PARTICIPANTS

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Benson	Ashleen	Landmark Fisheries Research
Boldt	Jennifer	Direction des sciences du MPO
Bruce	Kevin	Direction de la gestion des pêches du MPO
Burridge	Christina	BC Seafood Alliance
Cahill	Chris	Michigan State University
Cleary	Jaclyn	Direction des sciences du MPO
Cox	Sean	Université Simon Fraser/Landmark Fisheries Research
Curkan	Curtis	Direction de la gestion des pêches du MPO
Dorner	Brigitte	Première Nation Heiltsuk
Driscoll	John	Pacific Marine Conservation Caucus/Fondation David Suzuki
Forrest	Robyn	Direction des sciences du MPO
Frederickson	Nicole	Island Marine Aquatic Working Group
Hawkshaw	Sarah	Direction des sciences du MPO
Johnson	Sam	Landmark Fisheries Research
Jones	Russ	Conseil de la Nation Haïda
Keefe	Marisa	Direction de la gestion des pêches du MPO
Lane	Jim	Conseil tribal des Nuu-chah-nulth
Mazur	MacKenzie	Direction des sciences du MPO
Miyagi	Eamon	Direction de la gestion des pêches du MPO
Muirhead-Vert	Yvonne	Centre des avis scientifiques du Pacifique du MPO
Nowosad	Damon	Q'ul-Ihanumtsun Aquatic Resources Society
O	Miriam	Centre des avis scientifiques du Pacifique du MPO
Olmstead	Melissa	Direction des sciences du MPO
Postlethwaite	Victoria	Direction de la gestion des pêches du MPO
Power	Sarah	Direction des sciences du MPO
Romanin	Kevin	Province de la Colombie-Britannique
Rooper	Chris	Direction des sciences du MPO
Rusch	Bryan	Direction de la gestion des pêches du MPO
Schut	Steve	Direction des sciences du MPO
Starr	Paul	Herring Conservation and Research Society
Tai	Travis	Direction des sciences du MPO
Van Beveren	Elisabeth	Direction des sciences du MPO
White	Penny	Bande indienne des Lax Kw'alaams