



MISE À JOUR DE L'ÉVALUATION DU STOCK DE HARENG DU PACIFIQUE (*CLUPEA PALLASII*) DU DÉTROIT DE GEORGIA DE 2024

CONTEXTE

L'abondance du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique est évaluée à l'aide d'un cadre de modèle opérationnel statistique spatialement intégré des prises de hareng selon l'âge, ajusté aux indices liés aux relevés de fraie, aux données de composition selon l'âge des prises et aux prises commerciales. Les simulations visent à évaluer le rendement des procédures de gestion par rapport à l'objectif de conservation, et la biomasse du stock reproducteur est évaluée en fonction des points de référence de la biomasse, ce qui comprend le point de référence limite, les points de référence supérieurs potentiels et la valeur B_{RDM} . Une option de quota est disponible pour la région d'évaluation des stocks du détroit de Georgia au moyen d'une procédure de gestion adaptée de manière à réaliser l'objectif de conservation.

La présente réponse des Sciences découle de l'examen par les pairs régional du Septembre 23, 2024 sur l'application du modèle opérationnel pour le hareng dans le détroit de Georgia.

AVIS SCIENTIFIQUES

État

- La région principale d'évaluation des stocks du détroit de Georgia est saine.
- La valeur de la biomasse reproductrice est supérieure à son point de référence limite (PRL) selon une probabilité de 99 % pour chacun des cinq modèles opérationnels et supérieure à tous les points de référence supérieurs (PRS) potentiels.

Tendances

- L'ensemble de modèles estime que la valeur de la biomasse reproductrice est supérieure à B_{RMD} et à tous les PRS potentiels pour la majeure partie de la série chronologique historique.
- La valeur de la biomasse reproductrice a fluctué au-dessus et en dessous de la biomasse reproductrice non exploitée (B_0) dans les dix dernières années, depuis son augmentation par rapport à l'année 2010.

Considérations relatives à l'écosystème et au changement climatique

- Une analyse de données sur le hareng recueillies de 1988 à 2016 a permis d'établir que la biomasse et les états de productivité de trois des cinq stocks de hareng du Pacifique étaient faibles et ces états ont servi à définir un PRL de $0,3B_0$ pour les cinq stocks (Kronlund *et al.* 2018). Le PRL est intégré à l'évaluation de la stratégie de gestion (ESG) du hareng du Pacifique par l'intermédiaire d'un objectif de conservation indiquant qu'il faut « éviter d'atteindre le PRL avec une probabilité élevée » (minimum de 75 %). Ce PRL est plus

Région du Pacifique

prudent que le PRL par défaut mentionné dans la politique du Cadre pour la pêche durable de Pêches et Océans Canada (MPO; MPO 2009).

- L'intégration de la mortalité dépendante de la densité et du recrutement variable dans le temps permet de tenir compte de la mortalité attribuable à la prédation et d'autres effets influant sur le hareng dans son niveau trophique.
- La région d'évaluation des stocks du détroit de Georgia est modélisée grâce à des caractéristiques du cycle biologique et à des pressions écosystémiques à l'échelle régionale.

Avis sur le stock [les stocks]

- Une option de quota de 11 570 tonnes métriques est fournie pour 2025 au moyen d'une procédure de gestion adaptée de manière à réaliser l'objectif de conservation. Cette procédure de gestion applique un taux d'exploitation cible maximum de 14 % à la prévision de la biomasse reproductrice de 2025 (figure 2).

FONDEMENT DE L'ÉVALUATION

Détails de l'évaluation

La région d'évaluation des stocks de hareng du Pacifique du détroit de Georgia est l'une de cinq régions principales. Un avis concernant l'autre région principale et les deux régions secondaires d'évaluation des stocks est présenté dans le document MPO (sous presse).

Les stratégies de gestion pour le hareng du Pacifique du détroit de Georgia sont évaluées au moyen d'un processus d'ESG, à l'aide d'un cadre de modèle statistique spatialement intégré des prises de hareng selon l'âge (MSSIPHA; MPO 2023a). Le cadre de modélisation est ajusté à la série chronologique historique d'indices liés aux relevés de fraie, aux données de composition selon l'âge des prises et de composition biologique, et aux prises découlant de la pêche commerciale.

Le MSSIPHA opérationnel estime la série chronologique historique de la biomasse du hareng du détroit de Georgia entre les années 1951 et 2023 à l'aide des caractéristiques suivantes : la mortalité dépendante de la densité (MDD), un indice intégré lié aux relevés en surface et en plongée, les périodes de pêche commerciale en fonction de l'engin, et une fonction de vraisemblance de la composition selon l'âge qui saisit la corrélation entre les âges. L'intégration de la mortalité naturelle dépendante de la densité permet de modéliser les répercussions potentielles de l'écosystème (comme la prédation anticompensatoire) sur les stocks de hareng du Pacifique selon les approches écosystémiques de la gestion des pêches du MPO (Pepin *et al.* 2023).

Un ensemble pondéré de cinq MSSIPHA opérationnels dont les paramètres diffèrent est utilisé aux fins d'évaluation des procédures de gestion. Cette approche a été choisie pour tenir compte de l'incertitude associée aux deux paramètres de productivité : le taux de variation stock-recrutement (h) lié à la fonction de la relation stock-recrues de Beverton-Holt, qui influe sur la productivité des stocks de petite taille, et la limite inférieure de la mortalité naturelle (M_b), qui représente le taux de mortalité moyen des stocks de grande taille. L'incertitude associée à h est particulièrement élevée puisque le contraste entre les valeurs élevées et les valeurs faibles de l'abondance dans le détroit de Georgia n'est pas assez marqué pour permettre au modèle

d'estimer la valeur h de manière exacte. Les renseignements sur l'ensemble de modèles opérationnels sont indiqués à l'annexe A.

L'ensemble pondéré de modèles opérationnels a simulé les procédures de gestion sur une période de 15 ans (2024 à 2038), et nous présentons une procédure de gestion adaptée de manière à réaliser l'objectif de conservation (section « Objectifs de gestion de la pêche ») qui respecte les politiques du Cadre pour la pêche durable du MPO et du Cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution, conformément au [cadre de référence](#).

Année d'approbation de l'approche d'évaluation

Le cadre de MSSIPHA opérationnel utilisé pour le hareng du Pacifique du détroit de Georgia a été examiné et approuvé par le Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) en juin 2023 (MPO 2023a).

Type d'évaluation

Évaluation complète, processus d'ESG, mise à jour de la procédure de gestion et de la règle de contrôle des prises.

Date de l'évaluation précédente

Dernière évaluation complète : le présent document (2024).

Approche d'évaluation

1. Catégorie globale : processus d'ESG complet au moyen d'un ensemble de modèles opérationnels s'appliquant à un seul stock.
2. Catégorie précise : méthode fondée sur les indices, état-espace, modèle statistique des prises selon l'âge, relation stock-recrutement de Beverton-Holt et mortalité naturelle dépendante de la densité et variable dans le temps.

Le cadre de MSSIPHA (Johnson *et al.* sous presse) estime l'état des stocks de hareng du Pacifique du détroit de Georgia et les calculs liés au quota pour la saison 2024-2025 à l'aide de la procédure de gestion adaptée à l'objectif de conservation.

Hypothèse relative à la structure du stock

Le cadre d'évaluation actuel suppose que la Colombie-Britannique comprend cinq régions d'évaluation des stocks de hareng du Pacifique distinctes et homogènes, et ne tient pas compte des déplacements entre les régions, du potentiel d'errance, de la structure des stocks à une échelle plus fine et de l'incertitude associée à la structure des stocks. Le hareng du détroit de Georgia représente l'une de cinq régions d'évaluation des stocks de hareng du Pacifique de la Colombie-Britannique (MPO 2024). Il fraye principalement en mars, à divers emplacements et à des moments variables. Des renseignements sur la période et les sites de fraie sont présentés dans le rapport sommaire sur les données du détroit de Georgia de 2024 (en anglais seulement). Après la fraie, les harengs matures du détroit de Georgia migrent jusqu'à la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV), où ils partagent une aire d'alimentation en été et en automne avec les harengs qui frayent à cet endroit. Cependant, la présence d'individus adultes a également été signalée dans la mer des Salish durant les mois d'été, ce qui signifie que leur cycle biologique peut être non migratoire dans une certaine mesure. Les études génétiques réalisées par le passé n'ont pas permis de définir la structure à une échelle plus fine des stocks de la zone de gestion du détroit de Georgia. Toutefois, une nouvelle méthode relative au polymorphisme mononucléotidique (similaire à celle dans Petrou *et al.* 2021) sert actuellement

à mettre à jour les données génétiques de référence liées aux frayères du détroit de Georgia, ce qui pourrait dégager de nouveaux renseignements sur la structure des stocks.

Points de référence

Une série de points de référence biologiques sont utilisés pour élaborer des mesures de rendement dans le cadre de l'évaluation des procédures de gestion. Ces mesures comprennent une plage de proportions de B_0 (biomasse reproductrice non exploitée) et B_{RMD} (biomasse au rendement maximal durable). La figure 1 montre la position relative des points de référence biologiques dans le cas du MSSIPHA opérationnel 1 (MO 1; annexe A).

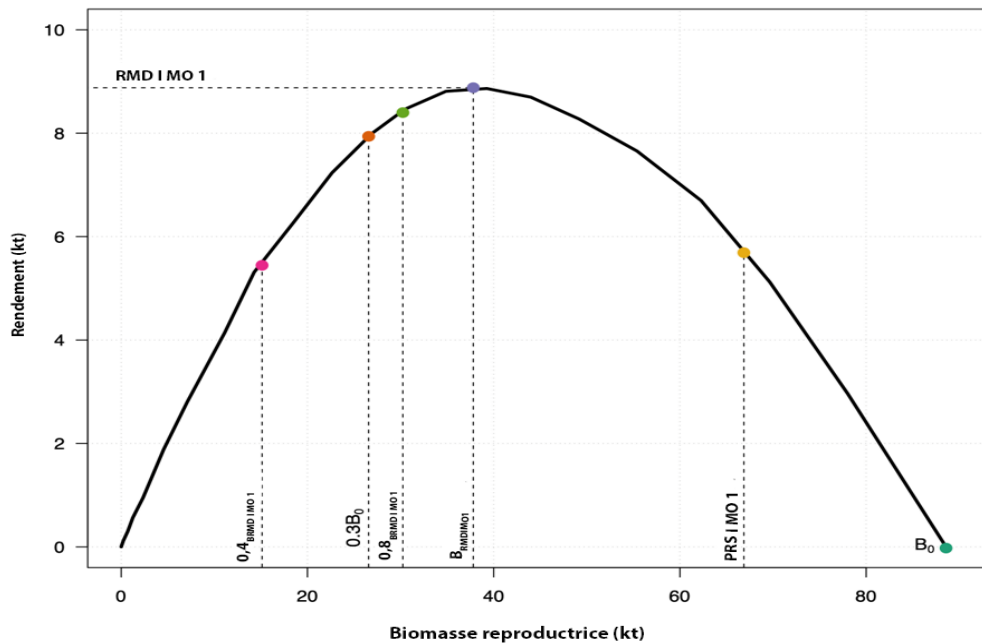


Figure 1 : Courbe de rendement à l'équilibre relative à la biomasse du stock reproducteur produite par le modèle opérationnel 1 (MO 1) pour le hareng du détroit de Georgia. La ligne horizontale tiretée indique l'estimation du rendement maximal durable (RMD) du MO 1, et les segments de lignes verticales représentent les points de référence de la biomasse, notamment, de gauche à droite, la biomasse non exploitée (B_0), le point de référence supérieur provisoire ($PRS = 0,8B_{1998:2007}$), la biomasse optimale moyenne produisant le RMD (B_{RMD}), le point de référence supérieur par défaut établi par la politique du MPO (80 % de B_{RMD}), le point de référence limite du hareng ($PRL = 0,3B_0$) et le point de référence limite par défaut établi par la politique du MPO ($0,4B_{RMD}$).

Point de référence limite (PRL)

Le PRL du hareng du Pacifique équivaut à $0,3B_0$, où B_0 représente la biomasse reproductrice non exploitée moyenne estimée à long terme en fonction d'une analyse de la productivité des stocks (Kronlund *et al.* 2018, Forrest *et al.* 2023). Le PRL de $0,3B_0$ pour l'ensemble de modèles opérationnels est de 27,1 kt et correspond approximativement à $0,7B_{RMD}$ (annexe A). Ce PRL est plus prudent que le PRL par défaut de $0,4B_{RMD}$ établi dans le Cadre pour la pêche durable du MPO (MPO 2009) et est supérieur à la limite souple $0,5B_{RMD}$ qui a été mise en œuvre dans le cadre de la pêche en Nouvelle-Zélande et qui est plus prudente (Shelton et Sinclair 2008). Le PRL du hareng est également placé au-delà d'un niveau de biomasse associé à de graves

problèmes de santé (Kronlund *et al.* 2018), ce qui permet à plus de harengs d'appuyer les processus écosystémiques.

Point de référence supérieur (PRS)

Le PRS provisoire actuel ($0,8B_{1998:2007}$), estimé au moyen de l'ensemble de MSSIPHA opérationnels, est de 67 kt. Les PRS potentiels ont été mentionnés pour la première fois dans Cleary *et al.* (2019), et une analyse officielle des options de PRS a été menée en 2022 (MPO 2023b). À la suite d'activités de consultation, Gestion des ressources du MPO a établi un « PRS provisoire » de $0,8B_{1998:2007}$ dans le cadre du plan de gestion intégrée des pêches de 2022-2023, auquel le PRS est intégré en tant que mesure de rendement aux fins d'évaluation des procédures de gestion. Des activités de consultation sont en cours afin de choisir le PRS du hareng du détroit de Georgia. Par conséquent, nous prenons en considération cinq PRS en tant que mesures de rendement dans la présente analyse : $0,8B_{RMD}$ (estimé cette année) et les quatre PRS potentiels présentés en tant qu'indicateurs de B_{RMD} (MPO 2023b).

Point de référence cible (PRC)

Les PRC ne sont pas encore définis dans le cas du hareng du détroit de Georgia. Un objectif de biomasse cible reposant sur le PRS a été suggéré dans le cadre du processus d'ESG du hareng, mais le choix d'un PRS définitif pour le hareng du détroit de Georgia nécessite davantage d'activités de consultation.

Niveau d'exploitation de référence (NER)

Le NER maximum par défaut est F_{RMD} pour les stocks de poissons exploités par la pêche commerciale (DFO 2013). Les NER du hareng du détroit de Georgia ne sont pas actuellement définis puisqu'on utilise plutôt un processus de simulation et d'évaluation sélectionnant directement une procédure de gestion qui respecte l'objectif de conservation, qui n'atteint pas le PRL selon une probabilité élevée et dont le taux d'exploitation est plus prudent que la valeur de U_{RMD} .

Objectifs de gestion de la pêche

Le principal objectif de gestion de la pêche (MPO 2020) repose sur le PRL et est appelé « objectif de conservation » :

1. maintenir la biomasse reproductrice à un niveau égal ou supérieur au PRL avec une probabilité d'au moins 75 % sur trois générations de hareng du Pacifique (c'est-à-dire éviter une biomasse limite; $P(B_t \geq 0,3B_0) \geq 0,75$).

Trois objectifs supplémentaires servent à évaluer la procédure de gestion une fois que l'exigence liée au PRL est remplie :

2. maintenir la biomasse reproductrice à un niveau égal ou supérieur au PRS avec une probabilité d'au moins 50 % sur trois générations de hareng du Pacifique (c'est-à-dire atteindre une biomasse cible; $P(B_t \geq B_{target}) \geq 0,50$);
3. maintenir la variabilité annuelle moyenne des prises en deçà de 25 % sur trois générations de hareng du Pacifique (c'est-à-dire réduire au minimum la variabilité des prises; $AAV < 0,25$);
4. maximiser les prises annuelles moyennes sur trois générations de hareng du Pacifique (c'est-à-dire maximiser les prises moyennes).

Le MPO collabore avec des Premières Nations côtières afin d'élaborer des objectifs propres à la région dans le cadre de la pêche autochtone, et mobilise les intervenants de l'industrie de la pêche au hareng et des organisations gouvernementales et non gouvernementales pour définir des objectifs plus globaux liés à la conservation, à l'économie et à l'accès à la pêche.

État du stock selon l'ensemble de modèles opérationnels

L'établissement de l'état du stock de la région d'évaluation des stocks du détroit de Georgia découle d'un ensemble de modèles opérationnels qui comprend cinq modèles différents, chacun d'entre eux associé à une plage de niveaux de productivité et à une pondération distincte fondée sur des études antérieures (annexe A). L'état du stock de 2023, établi au moyen de l'ensemble de modèles opérationnels, est présenté dans la section « Analyse selon l'évaluation des stratégies de gestion ».

Le Secteur des sciences de la région du Pacifique du MPO procédera à la mise à jour des modèles opérationnels liés au hareng du détroit de Georgia tous les trois ans, selon les recommandations du MPO (2023a). En 2026, le MSSIPHA sera ajusté à de nouvelles données issues de relevés et de la pêche dans le détroit de Georgia (ce qui prolongera la série chronologique historique), et les procédures de gestion seront réévaluées en fonction des objectifs de gestion de la pêche. De nouveaux objectifs et mesures de rendement pourraient également être intégrés au processus d'ESG à ce moment-là.

Durant les années intermédiaires (2024 et 2025), le modèle opérationnel ne change pas. Le modèle d'estimation sert à générer des estimations provisoires de la biomasse reproductrice non exploitée, de la biomasse reproductrice actuelle et de la projection de la biomasse reproductrice un an à l'avance, qui sont des données nécessaires à l'établissement de la règle de contrôle des prises associée à la procédure de gestion servant à calculer un quota annuel ou un total autorisé des captures (TAC).

Règle de décision de récolte

L'ESG du hareng présente un avis concernant l'exploitation durable du hareng du détroit de Georgia au moyen de procédures de gestion testées par simulation, ce qui permet de cerner le taux d'exploitation cible maximum pour une procédure de gestion ajustée de manière à atteindre l'objectif de conservation établi. Les procédures de gestion sont évaluées selon une période de projection de 15 ans, et le rendement simulé est analysé en fonction d'une série de points de référence biologiques et de paramètres liés à la pêche. Une description complète se trouve à la section « Projections ».

La composante de la règle de contrôle des prises de chaque simulation associée à une procédure de gestion est une fonction en forme de « bâton de hockey » définie par des points de contrôle inférieurs et supérieurs, ainsi que par un taux d'exploitation cible maximum (Cox *et al.* 2013). On présente trois formes, dont les points de contrôle et le taux d'exploitation cible maximum diffèrent (figure 2). Ces options ont été choisies parce que des résultats antérieurs ont démontré que le taux d'exploitation est le principal facteur qui détermine le rendement en matière de conservation pour le hareng. Une fonction rampe veille à ce que les prélèvements soient progressivement réduits afin d'éviter d'atteindre le PRL, conformément aux directives du MPO (2009). Un avis concernant l'exploitation durable du hareng du détroit de Georgia pour la saison 2024-2025 est présenté à l'aide d'une procédure de gestion ajustée de manière à atteindre l'objectif de conservation, ce qui comprend des points de contrôle inférieurs et supérieurs équivalant à 30 % et à 60 % de la biomasse reproductrice non exploitée,

respectivement, et un taux d'exploitation cible maximum ($maxTEC$) de 14 % (ligne verte pleine; figure 2).

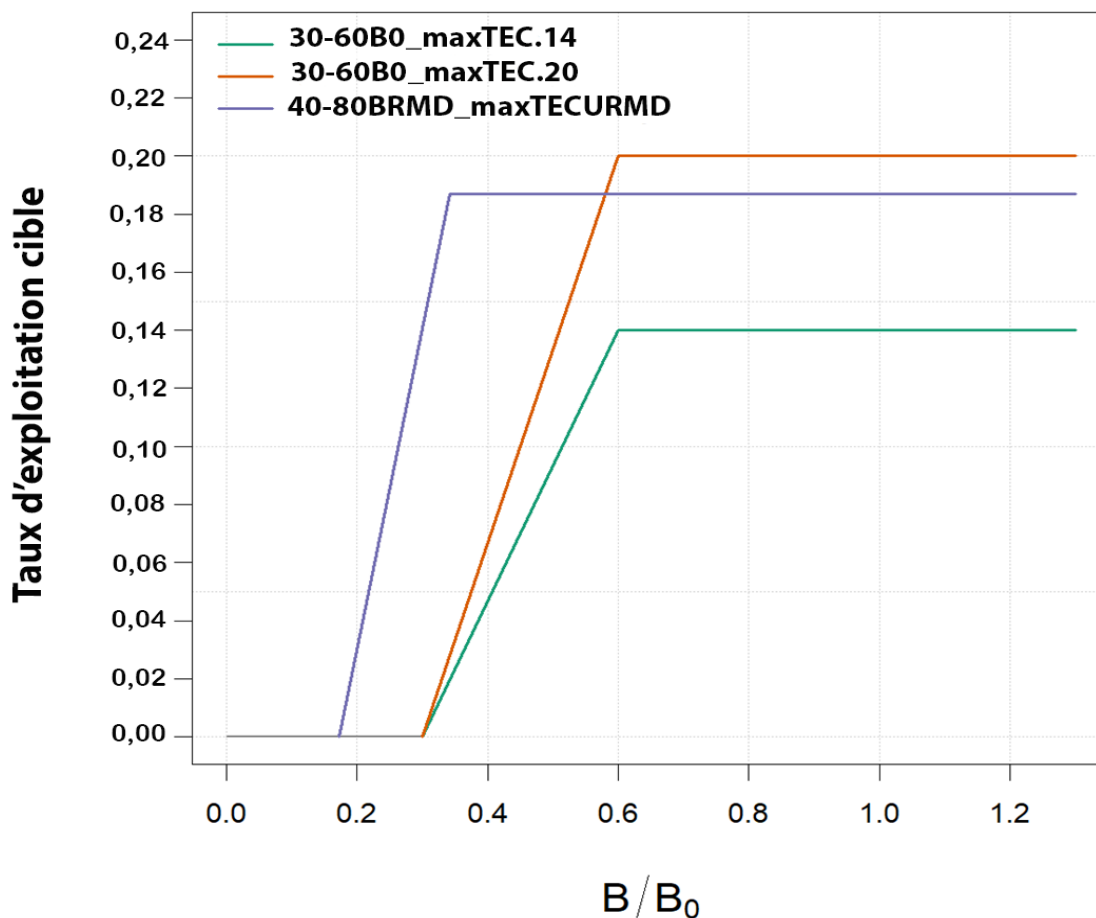


Figure 2 : Trois composantes associées à la règle de contrôle des prises des procédures de gestion du détroit de Georgia. La ligne verte représente la procédure de gestion ajustée de manière à atteindre l'objectif de conservation selon une période de projection de 15 ans pour l'ensemble de modèles opérationnels (la mortalité naturelle dépend de la densité) avec un taux d'exploitation cible maximum ($maxTEC$) de 14 %. La ligne rouge représente une règle supplémentaire en forme de bâton de hockey avec le taux d'exploitation cible maximum de 20 % utilisé précédemment, et la ligne violette représente la règle de contrôle des prises par défaut du MPO avec un taux d'exploitation cible maximum équivalent à U_{RMD} et des points de contrôle de $0,4 B_{RMD}$ et de $0,8 B_{RMD}$.

Évaluation du rendement lors des années intermédiaires et circonstances exceptionnelles

Pour chaque année intermédiaire, trois indicateurs seront examinés et comparés à la plage de valeurs simulées grâce à l'ensemble de modèles opérationnels dans le but de déterminer des circonstances exceptionnelles. Ces trois indicateurs sont les prises réalisées, l'indice lié au relevé et la biomasse reproductrice établie par le modèle d'estimation. Tout écart inhabituel par rapport à la fourchette de l'incertitude associée à l'ensemble de modèles opérationnels sera

étudié sur les plans de la gravité et des répercussions potentielles sur le rendement de la procédure de gestion, et on envisagera de réexaminer les modèles opérationnels et de réévaluer les procédures de gestion au moyen d'une simulation pour les années intermédiaires. Par exemple, si les prises réalisées de l'année précédente dépassent largement le TAC établi par la procédure de gestion ou si l'indice lié au relevé est bien en deçà de l'indice projeté, les résultats indiquent une circonstance exceptionnelle qui nécessite un examen. En cas de circonstances exceptionnelles, on prendra en considération des critères supplémentaires au cas par cas. Par exemple, une situation où les données requises pour mettre en œuvre la procédure de gestion ne sont pas disponibles pour une année correspond également à un type de circonstance exceptionnelle qui nécessite un examen.

Données

Il y a trois types de données d'entrée utilisées dans le cadre de l'évaluation des stocks de hareng du Pacifique : les données sur les prises, les données biologiques et l'indice lié au relevé indépendant de la pêche. L'indice lié au relevé comprend deux catégories de relevés : les relevés en surface et ceux en plongée. La combinaison des deux catégories en un seul indice mélangé permet de bien tenir compte des années pendant lesquelles ces deux relevés ont lieu et est une caractéristique du nouveau MSSIPHA. Des renseignements sur les données du détroit de Georgia sont présentés dans le rapport sommaire sur les données du détroit de Georgia de 2024 (en anglais seulement).

ANALYSE SELON L'ÉVALUATION DES STRATÉGIES DE GESTION

L'état et les tendances du stock de hareng du détroit de Georgia sont représentés dans l'ensemble de modèles opérationnels au moyen de la série chronologique historique (1951-2023) et de six indicateurs (figure 3). Ces tendances sont similaires à celles présentées dans de précédentes évaluations du stock en question (par exemple, MPO [2024]), et les sources des données ainsi que le choix d'indicateurs sont presque identiques. En ce qui concerne les étapes, des comparaisons peuvent être consultées dans Johnson *et al.* (sous presse).

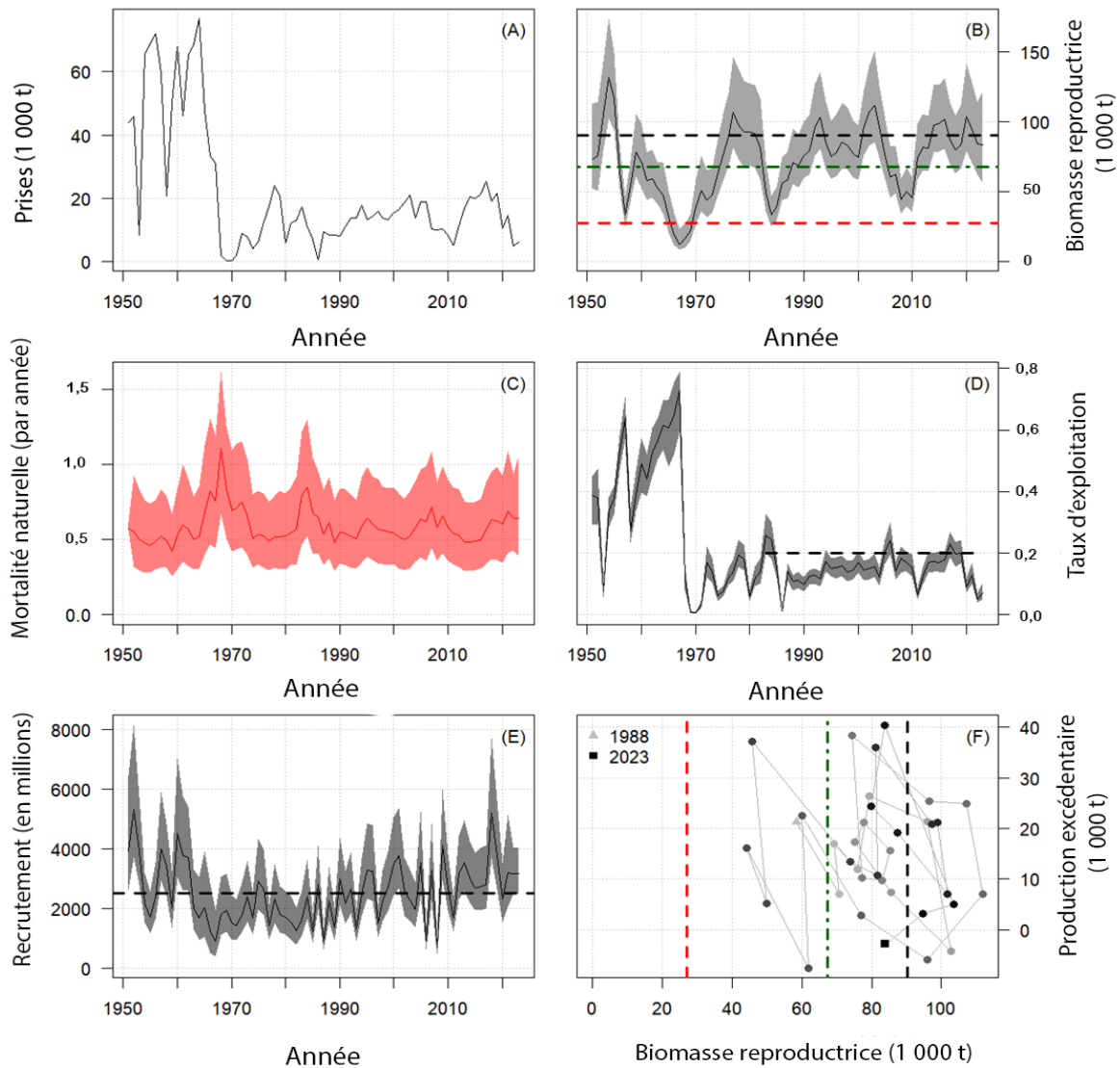


Figure 3 : Indicateurs de l'état du stock de hareng du Pacifique dans la région d'évaluation des stocks du détroit de Georgia entre 1951 et 2023, estimés par l'ensemble de modèles opérationnels. Toutes les lignes indiquent des valeurs médianes pondérées a posteriori de l'ensemble. L'ombrage représente des intervalles de crédibilité de 95 %. (A) Prises ($\times 1\ 000$ t). (B) Biomasse du stock reproducteur estimée ($\times 1\ 000$ t) avec point de référence limite (PRL; ligne rouge tiretée), point de référence supérieur (PRS) de la période productive (ligne verte tiretée) et biomasse reproductrice non exploitée (B_0 ; ligne noire tiretée). (C) Taux de mortalité naturelle estimé (M /année; ligne rouge). (D) Taux d'exploitation estimé (U_t ; ligne de tendance noire) avec ligne horizontale tiretée équivalant à 20 % pour la période de 1983 à 2023. (E) Recrutement de poissons d'âge 1; la moyenne historique est représentée par une ligne noire tiretée. (F) Production excédentaire estimée (axe vertical) par rapport à la biomasse reproductrice (axe horizontal) pour 1988 (triangle) et 2023 (carré); les points plus pâles représentent les années précédentes. Lignes verticales tiretées (de gauche à droite) : le PRL (rouge), le PRS de la période productive (verte) et B_0 (noire).

Trajectoire et tendances historiques et récentes des stocks

Biomasse reproductrice et état par rapport aux points de référence

La biomasse reproductrice estimée de 2023 (B_{2023}) est de 84,3 kt, la biomasse reproductrice non exploitée (B_0) est de 90,23 kt, et l'état du stock (B_{2023}/B_0) est de 0,93 (médianes *a posteriori* pondérées). L'estimation de la biomasse reproductrice de 2023 est supérieure au PRL selon une probabilité de 99 % pour chacun des cinq modèles opérationnels.

L'ensemble de modèles estime que la valeur de la biomasse reproductrice est supérieure à B_{RMD} et aux PRS potentiels pour la majeure partie de la série chronologique historique (figure 3A). De plus, les médianes *a posteriori* estimées de la biomasse reproductrice sont restées au-delà du PRL depuis 1970.

Recrutement et mortalité naturelle

La majeure partie des fluctuations dans les valeurs de biomasse reproductrice estimée a été associée au recrutement estimé; le recrutement de poissons d'âge 1 dans les années 1970 et 1980, en 2007 et en 2009 était inférieur à la moyenne, ce qui représente des creux dans les valeurs de biomasse reproductrice. Un recrutement au-delà de la moyenne a eu lieu dans les périodes intermédiaires durant lesquelles les valeurs de biomasse présentent des pics (figure 3E). Tandis que les valeurs de biomasse reproductrice estimée présentent l'un des pics les plus importants en 2020 (depuis 1970), la mortalité naturelle estimée qui est en croissance à partir de 2015 (figure 3C) modère les effets du recrutement supérieur à la moyenne. Finalement, les fluctuations opposées dans les valeurs estimées de mortalité naturelle et de recrutement contribuent probablement à une incertitude accrue associée à la biomasse reproductrice et à la biomasse prévue.

Production de la biomasse reproductrice

La production estimée de la biomasse reproductrice était élevée et excédentaire en 2019 et a ensuite présenté un déclin durant les trois années suivantes (jusqu'à 2023; figure 3F), malgré la constance relative de la biomasse reproductrice. Cette situation est probablement attribuable à la tendance croissante des estimations de mortalité naturelle (figure 3C).

Considérations relatives à l'écosystème et au changement climatique

Les facteurs écosystémiques sont pris en considération par le modèle de plusieurs manières :

1. La valeur du PRL biologique est supérieure à celle qui est recommandée par défaut ($0,4B_{RMD}$, MPO 2009) et à celle qui est utilisée dans le cadre de la pêche en Nouvelle-Zélande, c'est-à-dire $0,5B_{RMD}$ (Shelton et Sinclair 2008), ce qui diffère de la plupart des autres pêches. La position du hareng dans les niveaux trophiques moyens et inférieurs de l'écosystème justifie une partie de la variabilité élevée observée dans son recrutement et sa productivité. Sa petite taille corporelle et sa croissance rapide sont d'autres facteurs justificatifs. Le PRL plus élevé permet de réserver une quantité de hareng pour des prédateurs, comme le saumon et les baleines.
2. Les prédateurs, les proies et d'autres indicateurs écosystémiques ne sont pas directement intégrés aux modèles, mais ils sont pris en compte de manière implicite par l'intermédiaire de la mortalité naturelle et du recrutement variables dans le temps. La mortalité dépendante de la densité, une nouvelle caractéristique du MSSIPHA opérationnel, prend mieux en considération les interactions écosystémiques sous-jacentes.

Région du Pacifique

3. Le hareng du Pacifique de la Colombie-Britannique est géré au moyen de cinq régions d'évaluation des stocks, de sorte que le cycle biologique et les renseignements sur l'abondance propres au stock sont intégrés au modèle.
4. Les PRS potentiels (MPO 2023b), qui tiennent compte de facteurs écosystémiques propres à la région, ont été introduits au processus d'ESG et au plan de gestion intégrée des pêches en tant que (1) objectifs de biomasse cible et (2) limites inférieures de la zone saine. Les recherches en cours ayant recours à des indicateurs écosystémiques comme l'indicateur spatial mettent en lumière l'engagement du MPO à l'égard d'une approche écosystémique de la gestion des pêches. Un résumé des recherches récentes peut être consulté dans MPO (2024).

Historique de la gestion

Un taux d'exploitation maximum de 20 % a été établi en 1983 pour la région d'évaluation des stocks du hareng du détroit de Georgia. Depuis, le taux d'exploitation réalisé se situe généralement sous cette valeur, et les taux d'exploitation des dernières années sont réduits (figure 3, panneau D). La sélection des taux d'exploitation annuels est orientée par la simulation de procédures de gestion depuis 2015.

Projections

Mise à jour de l'année intermédiaire 2024

Pour 2024, le modèle estime que la biomasse reproductrice (\hat{B}_{2024}) est de 81,02 kt (estimation du maximum de vraisemblance) et que l'état du stock (\hat{B}_{2024}/\hat{B}_0) est de 0,78. La série chronologique utilisée dans le cadre de l'estimation du maximum de vraisemblance par le modèle d'estimation est présentée dans la figure 8.

Procédure de gestion appliquée en 2025

Nous avons procédé à des essais de simulation pour trois procédures de gestion, chacune d'entre elles comprenant des règles de contrôle des prises en forme de bâton de hockey (figure 2). La procédure de gestion dont les points de contrôle inférieurs et supérieurs sont fixés à 30 % et à 60 % de la biomasse reproductrice non exploitée et dont le taux d'exploitation cible maximum est fixé à 14 % permet d'atteindre l'objectif de conservation et respecte la politique du Cadre pour la pêche durable du MPO ainsi que l'approche de précaution (MPO 2009), conformément au [cadre de référence](#).

En l'absence d'activités de pêche, la biomasse reproductrice de 2025 est estimée à $\hat{B}_{2025} = 82,6$ kt (estimation du maximum de vraisemblance), et l'état du stock (\hat{B}_{2025}/\hat{B}_0), à 0,79. Étant donné que la valeur de biomasse reproductrice est au-delà du point de contrôle supérieur de la règle de contrôle des prises ($0,6B_0$), un taux d'exploitation cible maximum de 14 % est recommandé par la procédure de gestion, ce qui donne un TAC de 11,57 kt. Ces calculs sont représentés dans la figure 4.

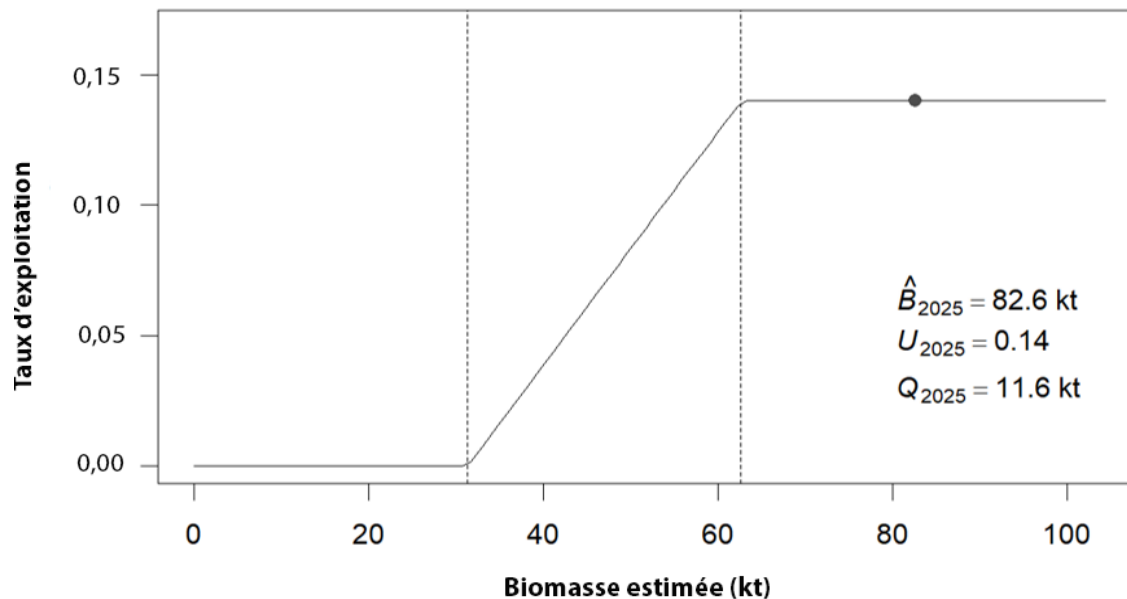


Figure 4 : Règle de contrôle des prises (ligne) de la procédure de gestion liée au hareng du Pacifique du détroit de Georgia qui montre la biomasse reproductrice prévue (en kt) pour 2025 (\hat{B}_{2025} , point), et le taux d'exploitation (U_{2025}) et le total autorisé des captures (TAC [kt]; Q_{2025}) qui y sont associés.

Évaluation du rendement lors des années intermédiaires et circonstances exceptionnelles

L'ensemble des formes courantes de données de surveillance de la pêche au hareng ont été recueillies en 2024 et démontrent que la population se comporte conformément aux attentes établies par le modèle opérationnel. L'indice de fraie le plus récent est compris dans la plage d'incertitude simulée par les projections de l'ESG (figure 5). En outre, les prises en 2024 ont été considérablement moins nombreuses que celles prévues par la simulation de l'ESG (c'est-à-dire les prises qui découlent de la procédure de gestion ajustée de manière à atteindre l'objectif de conservation) puisque le quota a été établi selon un taux d'exploitation de 10 % pour la saison 2023-2024.

Le potentiel d'une mauvaise spécification du modèle est évalué visuellement en comparant les prises et les valeurs de l'indice de fraie dans l'intervalle centré à 95 % des simulations de l'ensemble de modèles opérationnels de 2023. Il n'y a aucune indication d'une mauvaise spécification du modèle opérationnel (figure 5).

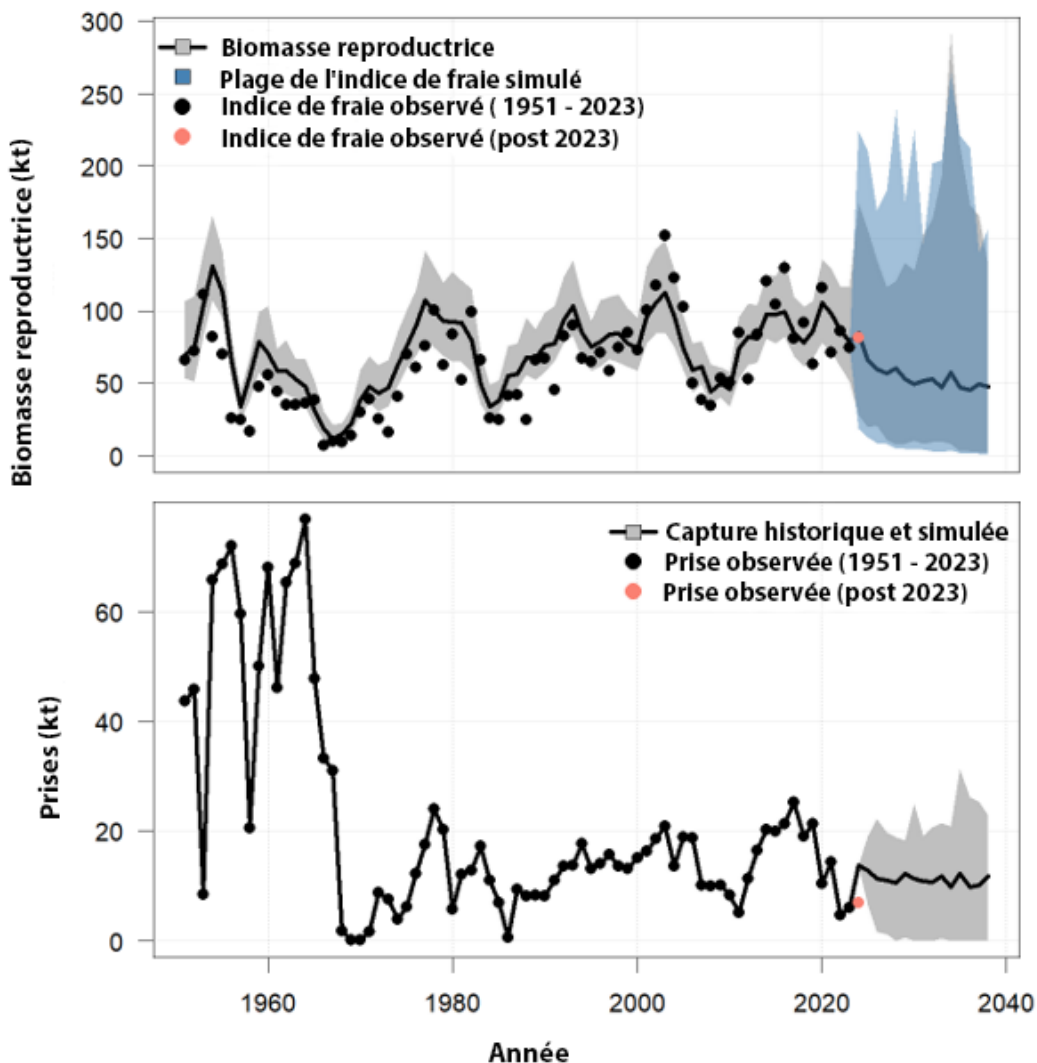


Figure 5 : Évaluation des circonstances exceptionnelles et de la mauvaise spécification du modèle opérationnel : comparaison graphique d'enveloppes de simulations à partir de l'ensemble de modèles (1951-2023) et données sur les prises et l'indice de fraie de l'année intermédiaire (2024). Les panneaux montrent l'intervalle centré à 95 % des projections de données simulées, y compris les données sur l'indice de fraie (en haut) et les prises (en bas) de l'ensemble pondéré de modèles opérationnels portant sur le détroit de Georgia en 2023. Les projections sur une période de 15 ans représentent la valeur $maxTEC_{0,14}$ associée à la procédure de gestion. Les données réalisées sont représentées par des points dans la série historique (en noir) et dans les années projetées (en rouge).

PRISES ACCIDENTELLES

Certaines activités de pêche et d'aquaculture en Colombie-Britannique entraînent la mortalité accessoire du hareng du Pacifique. À l'instar des données sur la pêche à des fins alimentaires, sociales et rituelles et la pêche récréative, les données sur la mortalité accessoire ne sont pas directement intégrées au processus d'évaluation. Toutefois, l'estimation de la mortalité naturelle

les prend en compte de manière indirecte, et la mortalité accessoire est considérée comme un facteur mineur par rapport à la pêche commerciale.

PROCÉDURE DE MISE À JOUR DE L'ANNÉE INTERMÉDIAIRE

Une fois qu'une règle de contrôle des prises est choisie dans le cadre du processus d'ESG, celle-ci permet d'établir le taux de prélèvement maximal possible en tenant compte des objectifs jusqu'au prochain cycle d'ESG. La procédure de gestion recommandée pour la région d'évaluation des stocks du détroit de Georgia est fondée sur un modèle avec une règle de contrôle des prises qui dépend de l'estimation annuelle de la biomasse reproductrice projetée (\hat{B}_{Y+1}) et de la biomasse reproductrice non exploitée (\hat{B}_0). La méthode d'estimation utilisée pour obtenir les estimations sur le hareng du détroit de Georgia est un modèle statistique spatialement intégré des prises de hareng selon l'âge (MSSIPHA) avec une valeur M indépendante de la densité (MID). Cette méthode a été choisie parce que son rendement est similaire à celui de la formule avec une valeur de MDD et qu'elle est moins exigeante en matière de calculs.

SOURCES D'INCERTITUDE

Les sources d'incertitude comprennent l'incertitude associée aux données ainsi qu'aux estimations du modèle. Les modèles opérationnels portant sur le hareng sont fondés sur un environnement riche en données et prennent en compte l'incertitude de manière adéquate.

Recommandations de recherche

Les paramètres de l'ensemble de modèles du détroit de Georgia sont actuellement considérés comme une moyenne pondérée des cinq modèles opérationnels. De futurs travaux pourraient comprendre la génération d'une unique probabilité *a posteriori* pondérée à partir des cinq modèles opérationnels, qui permettrait de calculer les paramètres de modèle. Cette approche favoriserait la saisie de résultats de gestion en tant que valeurs médianes de densité *a posteriori* par rapport à l'estimation du maximum de vraisemblance.

LISTE DES PARTICIPANTS À LA RÉUNION

Nom	Organisme d'appartenance	Rôle
Jaclyn Cleary	MPO Science	Auteure
Sarah Power	MPO Science	Auteure
Matthew Grinnell	MPO Science	Auteur
Samuel Johnson	Recherches de référence sur la pêche	Auteur
Roger Kanno	MPO Science	Membre du sous-comité
Marisa Keefe	MPO Gestion des ressources	Membre du sous-comité
Bryan Rusch	MPO Gestion des ressources	Membre du sous-comité
Sarah Hawkshaw	MPO Science	Révisseuse
Chris Rooper	MPO Science	Président

Nom	Organisme d'appartenance	Rôle
Jessica Finney	MPO Science	Conseillère scientifique du SCAS
Miriam O	MPO Science	Conseillère scientifique du SCAS

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

- Cleary, J.S., Hawkshaw, S., Grinnell, M.H., and 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](#). MPO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2018/028: v + 285 p.
- Cox, S.P., Kronlund, A.R., and Benson, A.J. 2013. [The roles of biological reference points and operational control points in management procedures for the sablefish \(*Anoplopoma fimbria*\) fishery in British Columbia, Canada](#). Environmental Conservation. 40(4): 318–328.
- DFO. 2013. [Guidance for the development of rebuilding plans under the precautionary approach framework: Growing stocks out of the critical zone](#). Sustainable fisheries framework (SFF): A fishery decision-making framework incorporating the precautionary approach.
- Forrest, R.E., Kronlund, A.R., Cleary, J.S., and Grinnell, M.H. 2023. [An evidence-based approach for selecting a limit reference point for Pacific Herring stocks \(*Clupea pallasii*\) in British Columbia, Canada](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 80: 9–26.
- Hsu, J., Chang, Y.-J., Brodziak, J., Kai, M., and Punt, A.E. 2024. [On the probable distribution of stock-recruitment resilience of Pacific saury \(*Cololabis saira*\) in the Northwest Pacific Ocean](#). ICES Journal of Marine Science. 81(4): 748–759. Oxford University Press.
- Johnson, S.D.N., Cox, S.P., Cleary, J.S., Benson, A.J., Power, S.J.H., et Rossi, S.P. Sous presse. Application of a New Modelling Framework for the Assessment of Pacific Herring (*Clupea pallasii*) Major Stocks and Implementation in the Management Strategy Evaluation Process. Secr. can. des avis sci. du MPO. 2024/066.
- 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.
- MPO. 2009. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution](#).
- MPO. 2020. [Évaluation des procédures de gestion du hareng du Pacifique \(*Clupea pallasii*\) dans les zones de gestion de la région de Haida Gwaii, du district de Prince Rupert et de la côte centrale de la Colombie-Britannique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2020/003.
- MPO. 2023a. [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](#). Secr. can. des avis. sci. du MPO. Avis sci. 2023/040.
- MPO. 2023b. [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. 2024. [Mise à jour de l'état des stocks avec application des procédures de gestion pour le hareng du Pacifique \(*Clupea pallasii*\) en Colombie-Britannique : État en 2023 et prévisions pour 2024](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2024/001.
- MPO. Sous presse. Mise à jour de l'état du stock avec application des procédures de gestion pour le hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique : état en 2024 et prévisions pour 2025. Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci.
- Myers, R.A. 2001. [Stock and recruitment: Generalizations about maximum reproductive rate, density dependence, and variability using meta-analytic approaches](#). ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil 58(5): 937–951. Oxford University Press.
- Pepin, P., Koen-Alonso, M., Boudreau, S. A., Cogliati, K.M., den Heyer, C.E., Edwards, A. M., Hedges, K. J., and Plourde, S. 2023. Fisheries and Oceans Canada's Ecosystem Approach to Fisheries Management Working Group: case study synthesis and lessons learned. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3553: v + 67 p.
- Petrou, E.L., Fuentes-Pardo, A.P., Rogers, L.A., Orobko, M., Tarpey, C., Jiménez-Hidalgo, I., Moss, M.L., Yang, D., Pitcher, T.J., Sandell, T., Lowry, D., Ruzzante, D.E., and Hauserr, L. 2021. [Functional genetic diversity in an exploited marine species and its relevance to fisheries management](#). Pro. R. Soc. B. 288: 20202398.
- Shelton, P.A., and Sinclair, A.F. 2008. [It's time to sharpen our definition of sustainable fisheries management](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 2305–2314.

APPENDIX A

La présente annexe résume les simulations en boucle fermée évaluant les procédures de gestion potentielles dans le cadre de la pêche au hareng du détroit de Georgia. La pêche au hareng du détroit de Georgia est la première pêche au hareng en Colombie-Britannique à avoir recours au nouveau cadre de modèle opérationnel appelé le modèle opérationnel statistique spatialement intégré des prises de hareng selon l'âge (MSSIPHA opérationnel). Bien qu'il y ait plusieurs différences entre le MSSIPHA et les modèles d'évaluation et les modèles opérationnels qui sont associés au hareng et étaient utilisés par le passé, la principale différence est la capacité du MSSIPHA à modéliser la mortalité dépendante de la densité (MDD), selon laquelle la mortalité naturelle est élevée lorsque la biomasse est faible (Johnson *et al.* sous presse).

Les résultats d'un ensemble de cinq MSSIPHA opérationnels ont été pondérés pour que la productivité future tienne compte de l'incertitude en évaluant les procédures de gestion potentielles déterminées lors du processus d'évaluation des stratégies de gestion du hareng. Nous résumons d'abord l'approche de simulation et présentons ensuite les résultats avec une brève discussion au sujet des répercussions sur la gestion.

Méthode de simulation

Modèles opérationnels

Pour que la productivité de stocks de grande et de petite taille tienne compte de l'incertitude, cinq modèles opérationnels portant sur le hareng du détroit de Georgia ont été choisis. La productivité des stocks de grande taille est influencée par le paramètre M_b , qui représente le taux de mortalité moyen selon une biomasse très élevée (généralement supérieure à celle non exploitée). La productivité des stocks de petite taille est davantage influencée par le paramètre du taux de variation stock-recrutement h , qui est le rapport entre le recrutement selon une biomasse non exploitée de 20 % et le recrutement en l'absence de pêche R_0 . Globalement, l'estimation de h est plus exacte dans les cas de stocks qui ont été de très petite taille et se sont rétablis. Puisque ce n'est pas le cas du hareng du détroit de Georgia, nous rendons l'incertitude liée aux paramètres de M_b et de h en prenant en considération des modèles opérationnels avec différentes valeurs associées à ces paramètres. D'abord, nous avons utilisé une valeur de $h = 0,70$ établie (Cleary *et al.* 2019) et une approche liée au profil de vraisemblance afin d'estimer les paramètres du modèle opérationnel dans une grille de valeurs M_b . Un profil de vraisemblance est obtenu en traçant les valeurs du logarithme du rapport de vraisemblance négatif estimées par le MSSIPHA pour chaque point de grille, ce qui démontre qu'on obtient la valeur minimale (c'est-à-dire la valeur qui concorde le mieux avec les données) lorsque $M_b = 0,562$ (figure 6). Le même profil de vraisemblance est utilisé pour obtenir les limites $M_b = 0,532$ et $M_b = 0,584$, qui présentent les mêmes valeurs de vraisemblance et englobent la valeur minimale $M_b = 0,562$ (figure 6). Enfin, deux modèles opérationnels supplémentaires sont obtenus en utilisant la valeur optimale $M_b = 0,562$ et en faisant varier le taux de variation stock-recrutement jusqu'à la valeur inférieure $h = 0,65$ et à la valeur supérieure $h = 0,75$, en fonction des plages observées chez les poissons fourrage (Myers 2001; Hsu *et al.* 2024).

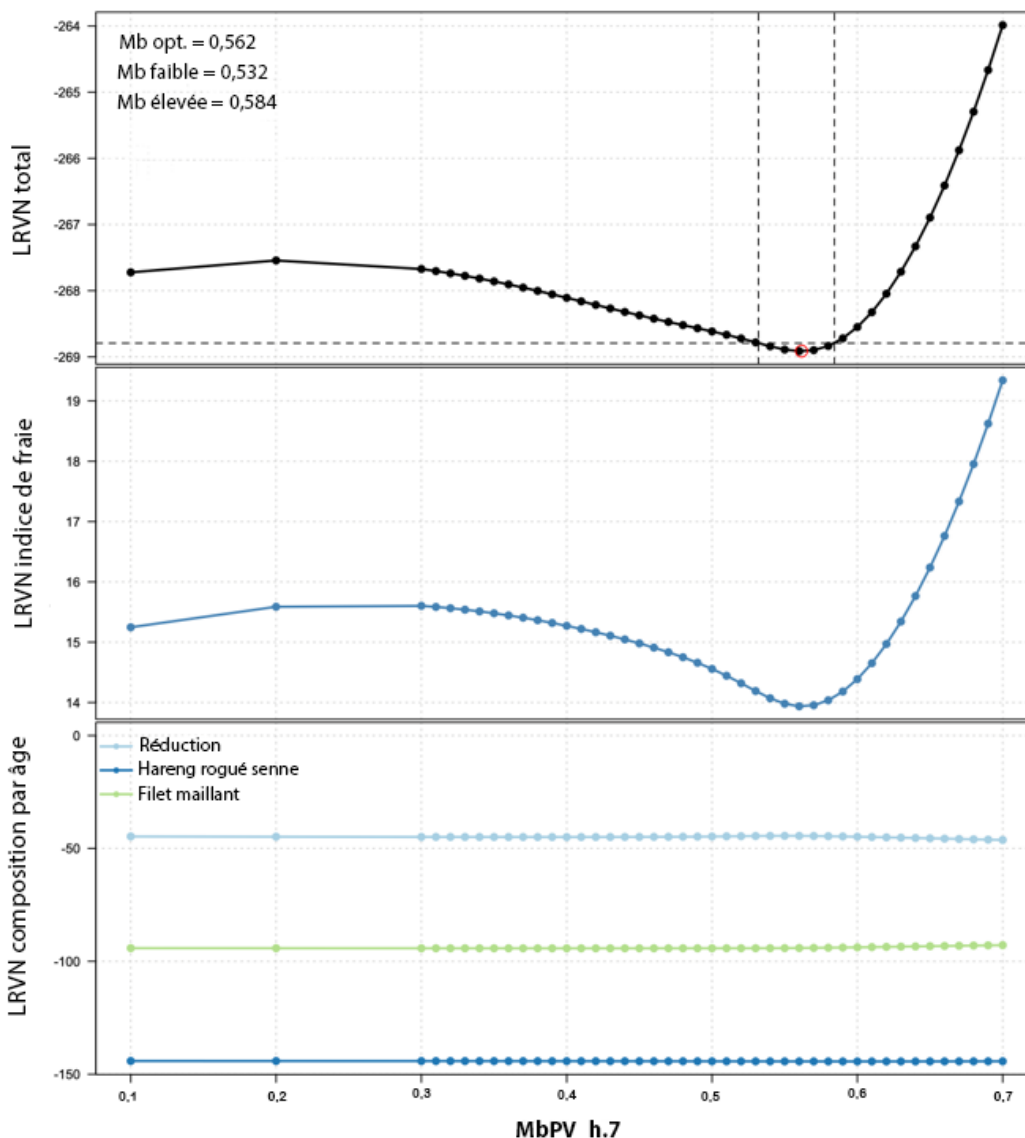


Figure 6 : Profils de fonction de vraisemblance des données de surveillance de la pêche relatifs à une plage de valeurs de paramètre de limite inférieure asymptotique (M_b) liée à la mortalité naturelle. Le point rouge représente la valeur la plus probable, tandis que les deux lignes verticales tirées représentent deux valeurs dont la vraisemblance est la même, choisies pour englober le MO1 central. Tous ces MSSIPHA ajustés ont un taux de variation $h = 0,7$.

Le processus susmentionné permet la création d'une conception croisée (tableau 1) des modèles opérationnels. L'ensemble des modèles opérationnels est ensuite combiné grâce à une moyenne pondérée afin d'estimer la biomasse, les points de référence de la pêche et l'état actuel du stock par rapport à ces points de référence. On attribue au modèle opérationnel central (appelé « MO1 », $M_b = 0,562$ et $h = 0,7$) la pondération la plus importante, 0,34, puisqu'il est le modèle le plus vraisemblable. La pondération restante, 0,66, est divisée de manière égale entre les autres modèles opérationnels (MO2 à MO5), ce qui signifie que chaque

Région du Pacifique

modèle restant obtient une pondération de 0,165. Ensuite, les paramètres de modèle θ et les quantités dérivées sont obtenus à l'aide d'une moyenne pondérée, par exemple :

$$\theta_{ens} = 0,34 \cdot \theta_{OM_1} + 0,165 \cdot \sum_{k=2}^5 \theta_{OM_k}$$

où θ_{ens} est la moyenne pondérée de l'ensemble des valeurs de paramètre θ_{OM_k} du modèle opérationnel $k = 1 \dots 5$.

Pour tous les modèles opérationnels, nous saisissons les paramètres du modèle opérationnel principal, la biomasse actuelle, l'état actuel du stock par rapport à la biomasse non exploitée et le *RMD* en fonction des points de référence (tableau 1). La dernière colonne présente la valeur pondérée de l'ensemble découlant des valeurs moyennes *a posteriori* de chaque modèle opérationnel.

*Tableau 1 : Valeurs de paramètres de gestion et de cycle biologique de l'ensemble de MSSIPHA opérationnels déterminées à partir des cinq modèles opérationnels (MO 1 à 5) : le taux de variation stock-recrutement (h), la limite inférieure asymptotique de la M anticompensatoire (M_b , /an), la biomasse non exploitée (BR_0 , kt), le recrutement en l'absence de pêche (R_0 , 1e6), la mortalité en l'absence de pêche (M_0 , /an), le taux de mortalité anticompensatoire (m_1), la mortalité moyennée dans le temps (\bar{M} , /an), la capturabilité du plan de relevé en surface (q_s), la biomasse reproductrice en 2023 (BR_{2023}/BR_0), l'état du stock ($P(BR_{2023} > 0,3BR_0)$), la biomasse reproductrice au rendement maximal durable (BR_{RMD} , kt), le taux d'exploitation ciblant le rendement maximal durable (U_{RMD}), le rendement maximal durable (RMD), le point de référence supérieur (PRS , kt), le taux d'exploitation ciblant le point de référence supérieur (U_{PRS}), le rendement à l'équilibre au point de référence supérieur (Y_{PRS}), le taux d'exploitation associé à la production négative et à un risque accru de disparition (U_{Crash}). L'incertitude est représentée par l'intervalle de crédibilité à 95 % lorsque les estimations ont été obtenues à partir d'échantillons *a posteriori* (deux valeurs entre parenthèses), ou par la moitié de l'écart interquartile lorsque les estimations ont été obtenues à partir de simulations sur 200 ans (une valeur entre parenthèses).*

	MO 1	MO 2	MO 3	MO 4	MO 5	Ensemble
h	0,70	0,65	0,75	0,70	0,70	0,70
M_b	0,562	0,562	0,562	0,532	0,584	0,560
M_0	0,58 (0,56; 0,65)	0,58 (0,56; 0,66)	0,58 (0,56; 0,64)	0,57 (0,53; 0,66)	0,6 (0,58; 0,66)	0,58
m_1	4,52 (2,43; 7,42)	4,58 (2,33; 7,85)	4,52 (2,52; 7,77)	3,92 (2,03; 6,78)	4,84 (2,64; 8,01)	4,48
\bar{M}	0,6 (0,57; 0,63)	0,6 (0,57; 0,64)	0,6 (0,57; 0,64)	0,59 (0,56; 0,63)	0,61 (0,58; 0,64)	0,6
q_s	0,7 (0,57; 0,86)	0,7 (0,56; 0,86)	0,71 (0,57; 0,85)	0,72 (0,58; 0,88)	0,69 (0,55; 0,84)	0,7
q_d	1 (1; 1)	1 (1; 1)	1 (1; 1)	1 (1; 1)	1 (1; 1)	0,99
q_{blend}	0,86 (0,79; 0,93)	0,86 (0,79; 0,93)	0,86 (0,8; 0,93)	0,87 (0,8; 0,94)	0,85 (0,78; 0,92)	0,86
R_0	2 145,64 (1 671,28; 2 753,85)	2 150,36 (1 677,67; 2 750,14)	2 120,51 (1 684,48; 2 658,85)	2 001,35 (1 579,99; 2 519,71)	2 263,97 (1 777,08; 2 874,07)	2 137,99
B_0	88,58 (36,93)	88,25 (40,18)	92,51 (37,14)	91,54 (42,55)	92,05 (36,67)	90,23

**Mise à jour de l'évaluation du stock de
hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) du
détroit de Georgia de 2024**

Région du Pacifique

	MO 1	MO 2	MO 3	MO 4	MO 5	Ensemble
B_{2023}	84,54 (55,46; 122,08)	84,35 (56,53; 122,32)	84,64 (54,64; 121,94)	84,56 (56,45; 119,75)	83,36 (54,37; 118,02)	84,33
B_{2023}/B_0	0,95 (0,63; 1,38)	0,96 (0,64; 1,39)	0,91 (0,59; 1,32)	0,92 (0,62; 1,31)	0,91 (0,59; 1,28)	0,93
$P(B_{2023} > 0,3B_0)$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
B_{RMD}	37,81 (13,27)	44,71 (17,15)	34,48 (12,89)	43,68 (18,23)	36,35 (15,32)	39,13
U_{RMD}	0,185 (0,077)	0,122 (0,066)	0,261 (0,079)	0,145 (0,063)	0,229 (0,072)	0,19
RMD	8,876 (6,578)	6,480 (5,560)	12,537 (8,005)	7,626 (6,113)	11,329 (7,497)	9,28
U_{PRS}	0,078 (0,102)	0,060 (0,084)	0,099 (0,123)	0,077 (0,098)	0,096 (0,117)	0,08
PRS	67,18 (60,08; 75,49)	67,37 (60,38; 76,1)	67,46 (60,7; 75,8)	66,29 (59,15; 75,4)	68,4 (61,21; 77,83)	67,31
Y_{PRS}	5,774 (7,848)	4,390 (6,444)	7,511 (10,040)	5,627 (7,455)	7,402 (9,393)	6,08
U_{Crash}	0,279 (0,097)	0,166 (0,115)	0,419 (0,095)	0,261 (0,074)	0,316 (0,112)	0,29

Procédures de gestion

Les procédures de gestion sont évaluées au moyen de trois facteurs : les données, l'ensemble de MSSIPHA opérationnels et la règle de contrôle des prises particulière. Des simulations sur 15 ans permettent de produire des mesures de rendement qui servent à évaluer les procédures de gestion. Il est recommandé de suivre ce processus tous les trois ans ou plus fréquemment si des circonstances exceptionnelles le justifient.

Lors des années intermédiaires, on utilise un modèle d'estimation plus simple ayant recours à une formulation de trajet aléatoire liée à une valeur de mortalité (M) indépendante de la densité (MID) afin d'estimer le signal d'entrée de la règle de contrôle des prises et d'ensuite calculer le TAC annuel (MPO 2023b).

Le modèle d'estimation lié à la MID est similaire au modèle précédemment utilisé dans le cadre de l'évaluation du hareng et de l'établissement des TAC avant l'année 2023, sauf que le modèle précédent comprenait une spline avec 16 nœuds au lieu d'un trajet aléatoire simple pour estimer la valeur M variable dans le temps. Ce modèle d'estimation fournit des estimations annuelles de la biomasse reproductrice non exploitée ainsi qu'une projection sur un an de la biomasse reproductrice. Il convient de souligner que l'utilisation du modèle d'estimation selon une approche fondée sur les modèles ne doit pas être considérée comme une évaluation complète du stock, mais plutôt comme un algorithme qui génère le signal d'entrée de la règle de contrôle des prises.

L'utilisation d'un modèle d'estimation simple lié à la MID et axé sur la génération de TAC annuels est appropriée pour préparer l'ESG, puisqu'elle permet au modèle opérationnel de concentrer davantage de ressources informatiques sur l'évaluation de la complexité associée à la dynamique des populations.

Le hareng du détroit de Georgia, une fonction en forme de « bâton de hockey » définie par des points de contrôle inférieurs et supérieurs, et un taux d'exploitation cible maximum ont été utilisés dans le cadre de la procédure de gestion (Cox *et al.* 2013). Lorsque l'estimation de la biomasse est en deçà du point de contrôle inférieur, la règle établit un taux d'exploitation nul. Lorsque l'estimation se situe entre les points de contrôle, le taux d'exploitation est une rampe linéaire de zéro jusqu'au taux d'exploitation maximum. Au-delà du point de contrôle supérieur, la règle utilise le taux d'exploitation cible maximum, appelé *maxTEC*. Le présent document rapporte les résultats de trois procédures de gestion avec un taux d'exploitation cible établi à 14 %, la proportion recommandée (procédure ajustée de manière à atteindre l'objectif de conservation), à 20 %, la proportion précédemment recommandée, ou au U_{RMD} (MPO 2009, figure 2, tableau 2).

Enfin, après le cycle de trois ans (par exemple, en 2026), le modèle opérationnel est entièrement mis à jour avec de nouvelles données, et une évaluation complète du rendement des procédures de gestion est effectuée à nouveau.

Mesures de rendement

Tout d'abord, les procédures de gestion sont évaluées sur le plan quantitatif par rapport à l'objectif de conservation (le principal objectif de gestion de la pêche) :

1. $P(B_t > 0,3B_0) \geq 0,75$, ou éviter le point de référence limite (PRL) selon une probabilité élevée sur trois générations de hareng.

Ensuite, le rendement de la procédure de gestion est examiné à l'aide de paramètres supplémentaires liés à la biomasse et au rendement, qui tiennent compte de trois objectifs additionnels décrits dans la section « Objectifs de gestion de la pêche ».

Pour aider les gestionnaires des pêches à comprendre les compromis associés à la biomasse et au rendement, d'autres paramètres de rendement quantitatifs sont estimés. Ces paramètres ne comprennent pas une valeur minimale ou cible comme ceux des autres objectifs, mais ils fournissent davantage de renseignements sur les résultats en matière de biomasse et de rendement découlant de chaque procédure de gestion selon une simulation sur 15 ans.

1. $P(B_t > B_{RMD})$: La probabilité que la biomasse soit supérieure à B_{RMD} .
2. $P(B_t > 0,6B_0)$: La probabilité que la biomasse soit supérieure à $(0,6B_0)$.
3. $P(B_t > \bar{B}_{prod})$: La probabilité que la biomasse soit supérieure à (\bar{B}_{prod}) , un concept aussi appelé « PRS provisoire ».
4. $P(U_t > U_{RMD})$: La probabilité que le taux d'exploitation effectif soit supérieur à U_{RMD} .
5. \bar{C} : La médiane (selon le nombre de répétitions) de la moyenne (au fil des années) des débarquements totaux.
6. VAM : La variation annuelle moyenne des prises ou la différence moyenne en pourcentage entre les prises d'une année à l'autre.
7. $\overline{B_t/B_0}$: L'épuisement moyen de la biomasse entre 2024 et 2038.
8. B_{2038}/B_0 : L'épuisement médian de la biomasse en 2038.
9. B_{2038} : La biomasse médiane en 2038.

Les mesures du rendement sont estimées selon l'algorithme de simulation de rétroaction en boucle fermée ci-dessous.

1. Pour chaque modèle opérationnel, initialiser un modèle opérationnel préconditionné pour la période allant de 1951 à 2023 en fonction d'un tirage aléatoire de la distribution *a posteriori* du modèle opérationnel.
2. Projeter dans l'avenir la mortalité dépendante de la densité du hareng du détroit de Georgia à l'aide du modèle opérationnel une année à la fois. Pour chaque année de projection, suivre les étapes suivantes :
 - a. mettre à jour la série chronologique de données sur les prises, de données sur les prises selon l'âge et de données mixtes sur les relevés de fraie jusqu'à l'étape temporelle t pour le volet de l'évaluation du stock de la procédure de gestion;
 - b. utiliser un modèle d'estimation (un modèle statistique des prises selon l'âge avec une valeur M indépendante de la densité) pour produire une projection sur un an de l'épuisement de la biomasse reproductrice;
 - c. déterminer le taux d'exploitation cible associé à l'épuisement projeté à l'aide d'une règle de contrôle des prises;
 - d. utiliser ce taux d'exploitation cible pour calculer le total autorisé des captures à partir de la projection sur un an de la biomasse;
 - e. mettre à jour la population de hareng simulée par le modèle opérationnel lié à la MDD à l'aide du recrutement à venir établi par la courbe stock-recrue liée à la MDD, en tenant compte du total autorisé des captures de l'étape précédente correspondant aux erreurs du processus de recrutement, à la mortalité naturelle dépendante de la densité et à la mortalité par pêche;
 - f. répéter les étapes 2.i à 2.v jusqu'à la fin de la période de projection (2038);
3. répéter les étapes 1 et 2 à 99 reprises;
4. calculer les statistiques de rendement quantitatives pour les 100 répétitions.

Discussion

La sélection d'une procédure de gestion ajustée de manière à atteindre l'objectif de conservation mène à la recommandation d'une règle de contrôle des prises selon un taux d'exploitation cible maximum de 14 %. Par année, cette procédure entraîne un rendement moyen variant entre 10 et 12 kt si on se fie à l'allocation moyenne entre les types d'engins sur une période de 20 ans. Le choix d'une procédure de gestion avec un taux d'exploitation cible maximum égal ou inférieur à 14 % permettra d'atteindre l'objectif de conservation.

Bien que d'autres objectifs de gestion de la pêche soient présentés dans la section « Objectifs de gestion de la pêche », ceux-ci ne représentent pas une série complète d'objectifs pour le hareng du détroit de Georgia et ne sont pas actuellement utilisés aux fins d'ajustement de la procédure de gestion. Si c'était le cas, par exemple dans une situation où la procédure de gestion serait ajustée de manière à atteindre une biomasse cible de $0,6B_0$, le taux d'exploitation cible maximum et les prises annuelles moyennes seraient moindres.

Le tableau 2 comprend des procédures de gestion supplémentaires avec un taux d'exploitation cible maximum de 20 % et une valeur U_{RMD} , ce qui correspond au taux d'exploitation et au

niveau d'exploitation de référence maximum précédemment mis en œuvre et définis dans MPO (2009).

Toutefois, dans le cadre de la mise à l'essai de ces taux d'exploitation à l'aide d'un modèle opérationnel qui tient compte d'une MDD naturelle variable dans le temps, aucun d'entre eux n'a permis d'atteindre l'objectif de conservation lorsqu'ils sont intégrés à une règle de contrôle des prises avec une fonction rampe. Par conséquent, les probabilités et les statistiques sur le rendement ne sont pas affichées dans le tableau 2. La figure 2 comprend la forme de la règle de contrôle des prises pour ces procédures de gestion supplémentaires qui ont fait l'objet d'une simulation.

La simulation et l'évaluation des procédures de gestion démontrent que les taux d'exploitation doivent être inférieurs à U_{MSY} pour éviter d'atteindre le PRL selon une probabilité élevée (75 % ou plus), puisque le PRL est fixé à un niveau supérieur, soit environ 70 % de B_{RMD} , selon l'ensemble de modèles opérationnels (tableau 1, figure 7). À titre de comparaison, le PRL par défaut établi par la politique sur les pêches canadiennes (MPO 2009) est fixé à 40 % de B_{RMD} ou d'un indicateur, bien que ce PRL s'applique principalement à des espèces de poissons de fond à plus longue durée de vie, dont le recrutement est moins variable et qui subissent moins de prédation.

Le modèle d'estimation met en œuvre un modèle lié à la M indépendante de la densité et semble surestimer la biomasse dans la projection sur un an. Ce biais positif peut entraîner un taux d'exploitation effectif qui dépasse le taux d'exploitation cible maximum (figure 7, dernière ligne). Toutefois, cette situation est prise en considération dans la simulation. L'exploitation qui a lieu à la suite de la surestimation de la biomasse projetée est retirée de la simulation de la biomasse réelle. Par conséquent, la procédure de gestion fait l'objet d'une simulation avec ce biais positif connu et les probabilités tiennent compte de la vraisemblance liée à la capacité de la procédure de gestion à atteindre l'objectif de conservation.

**Mise à jour de l'évaluation du stock de
hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) du
détroit de Georgia de 2024**

Région du Pacifique

Tableau 2 : Statistiques de rendement des procédures de gestion qui diffèrent selon leur taux d'exploitation cible maximum indiqué dans la colonne 1. Un « O » désigne les objectifs qui sont atteints par une procédure de gestion. Un « N » désigne le contraire. \bar{B} est la biomasse moyenne entre 1951 et 2023. L'indice t indique les années 2024 à 2038. Les mesures de biomasse B et de taux d'exploitation U (colonnes 2 à 8) représentent la probabilité que la valeur de B_t ou de U_t , respectivement, soit supérieure à la valeur indiquée dans l'en-tête. Les prises moyennes \bar{C}_t et la biomasse de la dernière année B_{2038} sont sous forme d'unités de biomasse (kt), et la valeur de B_{2038}/B_0 de la dernière année et l'état moyen du stock \bar{B}_t/B_0 de l'année de projection représentent l'épuisement de la biomasse par rapport à la biomasse non exploitée. Pour le détroit de Georgia, la valeur B_{prod} est calculée selon 80 % de la biomasse reproductrice moyenne durant la période productive, $0,8B_{1998:2007}$. Remarque : Les deux dernières lignes représentent des procédures de gestion qui ne permettent pas d'atteindre l'objectif de conservation.

TE	$0,3B_0$	B_{MSY}	$0,4B_0$	$0,5B_0$	$0,6B_0$	\bar{B}_{prod}	\bar{B}	U_{MSY}	\bar{C}_t	AAV	\bar{B}_t/B_0	B_{2038}/B_0	B_{2038}
max													
0,14	O	0,63	0,66	0,56	0,47	0,35	0,3	0,37	11,8	29,3	0,66	0,61	55,1
							1		3	8			8
U_{RMD}	N	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
0,20	N	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

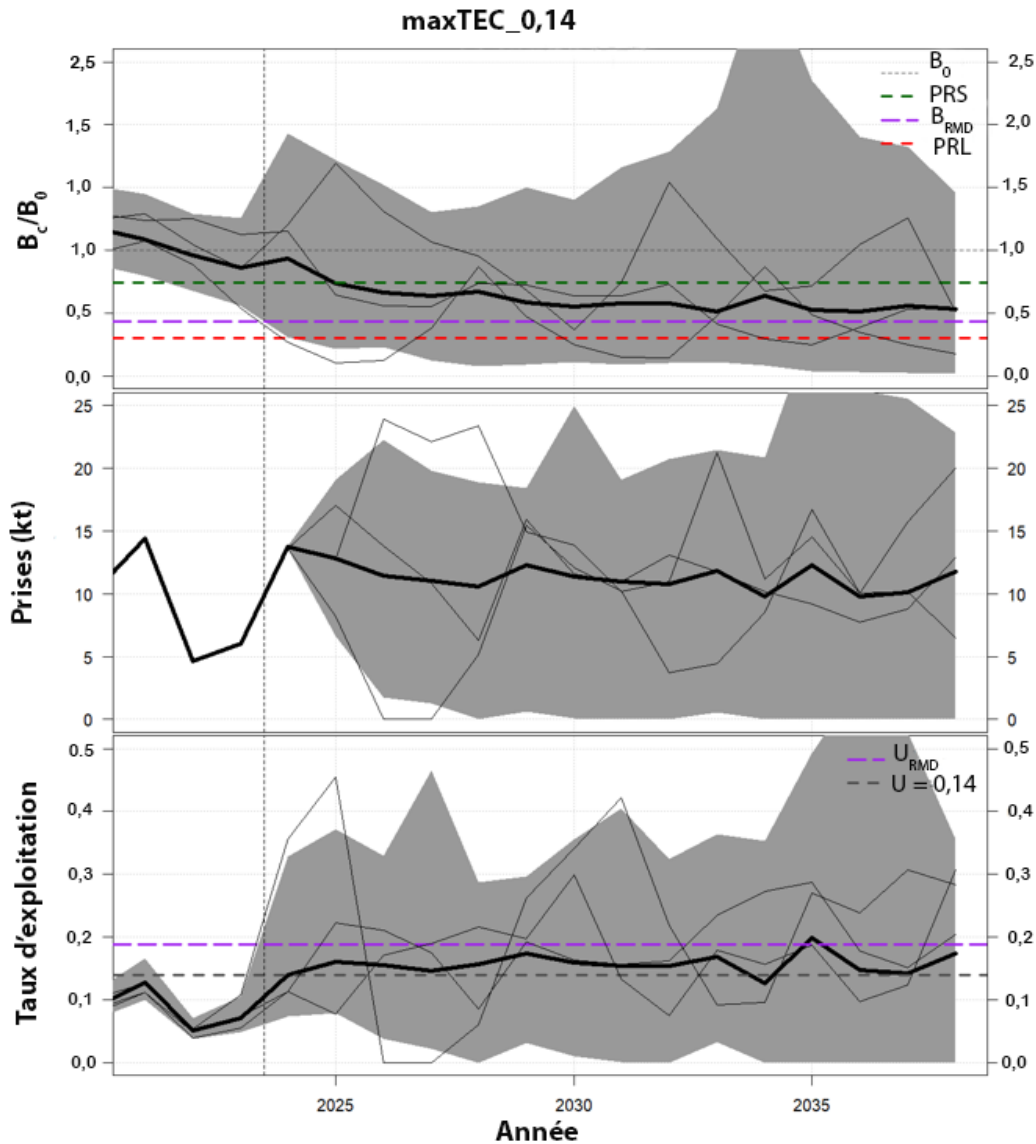


Figure 7 : Série chronologique simulée de la biomasse reproductrice (en haut), des prises (au milieu) et du taux d'exploitation (en bas) projetés pour la procédure de gestion ajustée de manière à atteindre l'objectif de conservation (HS30-60_TE 0,14). Les valeurs médianes sont représentées par des lignes noires épaisses, l'ombrage gris désigne l'intervalle centré à 95 % de chaque ensemble de simulation, et trois tracés reproduits distincts, choisis aléatoirement, sont représentés par des lignes noires minces. La ligne verticale tiretée représente la dernière année des données historiques, 2023, et la ligne horizontale tiretée du panneau du bas représente le taux d'exploitation cible maximum de 14 %.

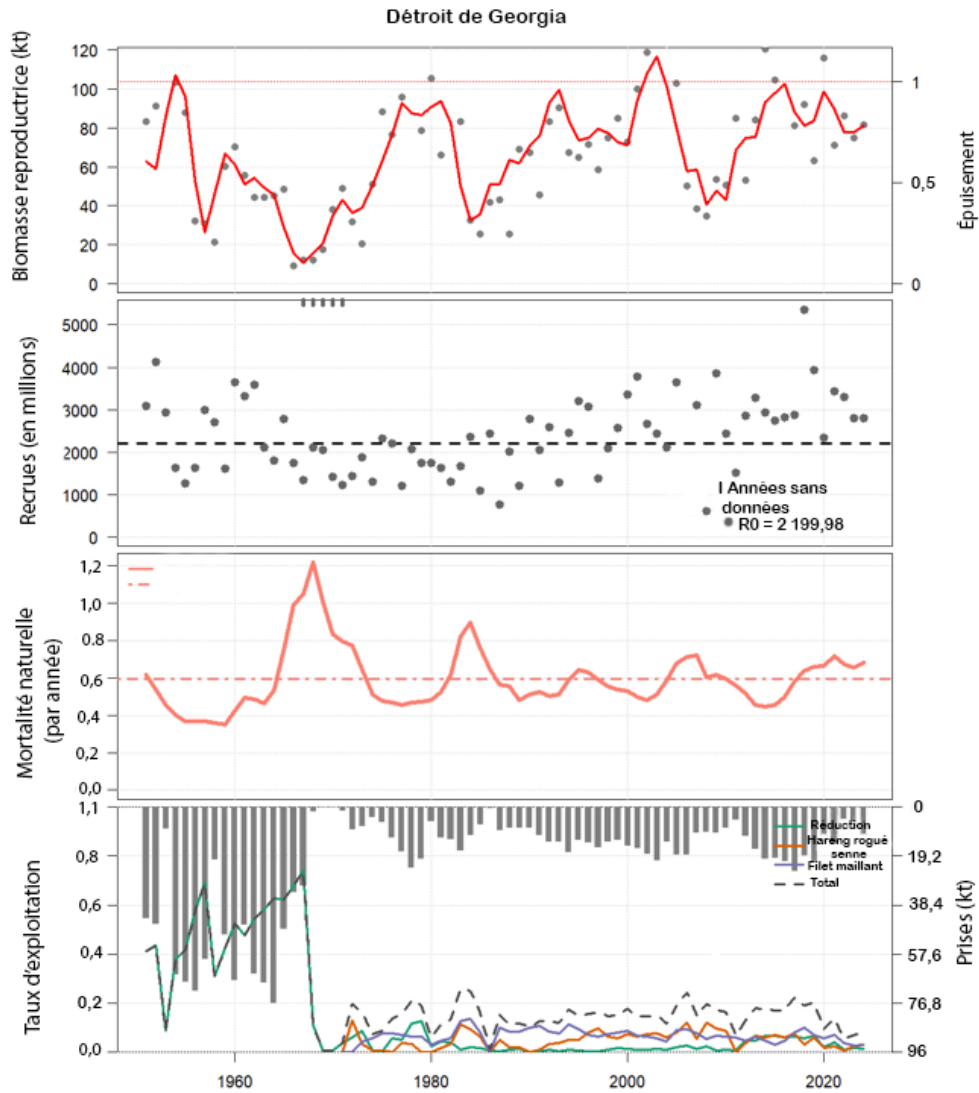


Figure 8 : Série chronologique (1951-2024) des estimations du maximum de vraisemblance à partir du modèle d'estimation (de haut en bas) : indice de fraie mixte (cercles, kt), biomasse reproductrice (kt) et épuisement (tendance rouge), recrutement en millions de poissons (les années sans données indiquent des années sans données de composition selon l'âge), mortalité naturelle estimée (formulation indépendante de la densité) et taux d'exploitation (lignes de tendance), et prises (kt, lignes verticales).

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7

Courriel : DFO.PacificCSA-CASPacifique.MPO@dfo-mpo.gc.ca

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

ISSN 1919-3815

ISBN 978-0-660-74685-2 N° cat. Fs70-7/2024-041F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2025

Ce rapport est publié sous la [Licence du gouvernement ouvert – Canada](#)



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2025. Mise à jour de l'évaluation du stock de hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) du
détroit de Georgia de 2024. Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2024/041.

Also available in English:

*DFO. 2025. Strait of Georgia Pacific Herring (Clupea pallasii) Stock Update in 2024. DFO Can.
Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2024/041.*