



ÉVALUATION ACTUALISÉE 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

Contexte

Pêches et Océans Canada (MPO) s'est engagé à renouveler le présent cadre de gestion pour s'attaquer à l'éventail de difficultés qui touchent les stocks et les pêches de hareng du Pacifique en Colombie-Britannique. Le renouvellement du cadre de gestion du hareng du Pacifique consiste à mener un processus d'évaluation des stratégies de gestion afin d'examiner le rendement des procédures de gestion proposées par rapport à différentes hypothèses sur la dynamique future incertaine du stock et de la pêche. Le but de l'évaluation des stratégies de gestion consiste à relever les procédures de gestion qui offrent, à l'aide de la simulation modélisée, des résultats et une gestion des risques acceptables en lien avec les objectifs de conservation et de gestion des pêches.

La détermination d'une procédure de gestion privilégiée pour chaque zone de gestion du hareng du Pacifique est un processus répétitif qui s'appuie sur :

1. la collaboration avec les Premières Nations de la côte;
2. l'interaction avec l'industrie de la pêche, les organisations gouvernementales et les organisations non gouvernementales.

En juillet 2018, un examen officiel par les pairs a porté sur les modèles opérationnels d'évaluation des stratégies de gestion du hareng du Pacifique (d'après Cox *et al.* 2019) et sur l'évaluation des procédures de gestion pour les zones de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie (MPO 2019). L'examen s'est concentré sur des essais par simulation en boucle fermée des procédures de gestion selon trois scénarios décrivant les tendances futures de la mortalité naturelle (M), qui est le facteur dominant évalué de la dynamique du stock de hareng du Pacifique.

Au printemps 2019, le premier cycle du processus d'évaluation des stratégies de gestion a été lancé en utilisant la méthode présentée dans MPO (2019) pour les trois zones de gestion restantes des stocks de hareng du Pacifique. Le processus comportait l'évaluation du rendement des procédures de gestion de Haida Gwaii, du district de Prince Rupert et de la côte centrale (MPO 2020).

En 2020, le Secteur de la gestion des pêches du MPO a demandé à la Direction des sciences du MPO de mettre à jour les simulations afin d'inclure les données sur les stocks et sur les pêches jusqu'en 2019 (côte ouest de l'île de Vancouver) et en 2020 (détroit de Georgie) et d'évaluer le rendement des autres procédures de gestion proposées pour les zones de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie, qui sont désormais considérées comme le deuxième cycle de l'évaluation des stratégies de gestion pour ces stocks.

L'évaluation des résultats et l'avis découlant du présent processus de réponse des Sciences du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) appuieront le renouvellement du cadre de gestion du hareng du Pacifique et l'élaboration du plan de gestion intégrée des pêches du hareng du Pacifique 2020-2021.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 30 septembre 2020 sur la mise à jour sur l'évaluation de la stratégie de gestion : Évaluation des procédures de gestion du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) dans les zones de gestion du détroit de Georgie et de la côte ouest de l'île de Vancouver de la Colombie Britannique.

Renseignements de base

La gestion du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique repose sur cinq grandes zones de gestion des stocks : Haida Gwaii, le district de Prince Rupert, la côte centrale, le détroit de Georgie et la côte ouest de l'île de Vancouver. Elle repose également sur deux zones secondaires de gestion des stocks.

Le premier cycle de l'évaluation des stratégies de gestion pour les zones de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie a été achevé en 2018 (MPO 2019). Les étapes de ces analyses comprenaient l'élaboration de modèles opérationnels pour représenter les scénarios futurs de mortalité naturelle (M), l'adaptation des modèles opérationnels aux données de surveillance des stocks et des pêches de hareng du Pacifique de 1951 à 2017, l'élaboration de procédures de gestion proposées, la détermination des objectifs et des simulations en boucle fermée du rendement des procédures de gestion pour chacun des modèles opérationnels de substitution sur trois générations de harengs (15 ans, MPO 2019). La même approche a été appliquée aux zones de gestion des stocks de Haida Gwaii, du district de Prince Rupert et de la côte centrale en 2019 (MPO 2020).

La seule composante des procédures de gestion évaluée à ce jour est les règles de contrôle des prises déterminées pour chaque zone; les autres flux de données et modèles d'évaluation des stocks n'ont pas été pris en compte. Les objectifs appliqués à toutes les évaluations des stratégies de gestion à ce jour (MPO 2019, MPO 2020) reflètent les objectifs politiques visant à éviter le point de référence limite (PRL) biologique pour toutes les principales zones de gestion des stocks de hareng du Pacifique ($0,3 \text{ BSR}_0$; Kronlund *et al.* 2017) et visant à atteindre une biomasse cible proposée et des options relatives au niveau et à la variabilité des prises au fil du temps. Le premier objectif, éviter le point de référence limite, établit une priorité de conservation et agit comme une contrainte pour les autres objectifs de biomasse et de prises. En outre, des objectifs propres à des zones et à des groupes sont en cours d'élaboration afin de refléter les objectifs des Premières Nations et de l'industrie de la pêche. Lorsqu'ils sont disponibles, ces objectifs sont inclus dans l'évaluation des procédures de gestion. Les objectifs des évaluations des stratégies de gestion utilisées dans cette évaluation de cycle 2 sont décrits dans le tableau 1. Tous les résultats des évaluations des stratégies de gestion fournis jusqu'à présent sont une première illustration des compromis probables entre ces objectifs, qui découlent de l'application de diverses procédures de gestion.

Plusieurs enseignements ont été tirés des analyses passées des évaluations des stratégies de gestion, et ont contribué à orienter la présente évaluation et à déterminer les domaines d'étude futurs :

1. Le modèle d'évaluation annuelle des prises selon l'âge peut produire d'importantes erreurs d'évaluation positives. De telles erreurs d'évaluation entraînent une surestimation de la biomasse du stock reproducteur et donnent lieu à des limites de prises recommandées qui dépassent l'objectif de taux de récolte visé précisé par une règle de contrôle des prises

(p. ex. la surexploitation). Le modèle d'évaluation est généralement impartial dans de nombreux essais de simulation, ce qui favorise l'utilisation de l'évaluation par simulation sur plusieurs générations pour étudier les résultats des procédures de gestion proposées.

2. La réduction du taux de récolte (dans ce cas de 20 à 10 %) est le moyen le plus efficace d'atténuer les erreurs d'évaluation des stocks. L'utilisation d'un plafond des prises, mis en œuvre en tant que niveau de prises annuel maximal, était un moyen efficace, sans modèle, d'atténuer davantage les erreurs d'évaluation pour les années de simulation où la biomasse était élevée. Les analyses de simulation ont en outre montré que les résultats sont insensibles au choix des points de contrôle opérationnels définissant une règle de contrôle des prises lorsqu'un faible taux de récolte et un plafond des prises sont appliqués. Cela s'explique du fait que les faibles niveaux de biomasse (associés au point de contrôle opérationnel inférieur) sont évités pour ces procédures de gestion. Les simulations d'évaluations des stratégies de gestion continuent à appliquer le même modèle d'évaluation et, par conséquent, ces résultats sont pris en compte pour les zones de stock et toutes les procédures de gestion proposées pour analyse.
3. On s'attend à des différences dans les procédures de gestion du hareng du Pacifique, y compris les composantes de la règle de contrôle des prises, parmi les zones de gestion des stocks. Les raisons sont liées aux différences quant aux objectifs jugés importants par les utilisateurs de la ressource, aux différences quant à la dynamique historique et actuelle des stocks et des pêches, et aux différences quant à l'ampleur et à la direction des erreurs du modèle d'évaluation dans chaque zone de gestion des stocks. En revanche, les objectifs de conservation tels que ceux qui visent à éviter un seuil de dommage grave (c.-à-d. un point de référence limite) en conformité avec le cadre stratégique de l'approche de précaution du MPO (MPO 2009) demeurent constants parmi les zones de gestion des stocks selon les analyses de Kronlund *et al.* (2018). Toutes les zones de gestion des stocks continuent d'être évaluées indépendamment au cours des cycles de l'évaluation des stratégies de gestion, l'objectif de conservation étant commun à toutes les zones.
4. Il existe de nombreuses façons d'intégrer le rendement des procédures de gestion provenant de plusieurs modèles opérationnels dans la prise de décisions (c'est-à-dire en calculant la moyenne du rendement d'une procédure de gestion provenant de plusieurs modèles opérationnels). Toutefois, il n'existe actuellement aucune pratique scientifique exemplaire pour combiner les résultats de plusieurs modèles opérationnels. En fin de compte, un examen scientifique des approches possibles pour la pondération des autres hypothèses est nécessaire.
5. Dans les situations où plusieurs procédures de gestion répondent aux critères minimums de l'objectif de conservation (en utilisant le même modèle opérationnel), des critères de décision supplémentaires sont nécessaires. Par exemple, le classement d'un objectif secondaire (par exemple, objectif ou rendement de biomasse) fournirait aux décideurs un ensemble de choix de compromis souples.

Un développement de cette liste figure dans les conclusions du présent rapport et inclut les leçons retenues de cette analyse.

Analyse et réponse

Une approche de simulation en boucle fermée a été utilisée pour évaluer le rendement relatif des procédures de gestion proposées pour les zones de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie, en utilisant la méthode présentée dans MPO (2019), avec des données historiques actualisées de suivi des stocks et des pêches de 1951 à 2019 (côte

ouest de l'île de Vancouver) et de 1951 à 2020 (détroit de Georgie). Les différences entre les séries chronologiques sont expliquées ci-dessous. Dans chaque zone, les procédures de gestion diffèrent de par la forme fonctionnelle de la règle de contrôle des prises (RCP) et les choix du plafond de prises, mais elles utilisent la même structure de données de surveillance des stocks et des pêches et le même modèle d'évaluation pour élargir les déductions sur l'état des stocks. Même si toutes les composantes des procédures de gestion ne varient pas, nous conservons le terme procédure de gestion dans un souci de généralité, car les évaluations futures pourraient appliquer d'autres méthodes d'évaluation ou d'autres choix de données, ainsi que des différences dans les règles de contrôle des prises. Les sous-sections suivantes décrivent brièvement chaque élément de la simulation du rendement des procédures de gestion. En particulier, nous nous concentrons sur les volets des procédures de gestion et les paramètres des modèles opérationnels qui sont propres à chaque zone de gestion. Des détails supplémentaires sur les procédures de simulation, les vérifications diagnostiques et les calculs de la mesure du rendement sont fournis dans MPO (2019).

Objectifs de gestion

Le présent document se penche sur l'évaluation du rendement des procédures de gestion par rapport à l'objectif de conservation : éviter d'atteindre le PRL de 0,3 BSR_0 avec une probabilité élevée ($\geq 75\%$) sur trois générations de hareng (MPO 2019). Les procédures de gestion qui ne permettent pas d'atteindre cet objectif doivent être soit modifiées, soit écartées de la suite de l'examen. Le rendement par rapport aux objectifs de biomasse et de rendement (tableau 1) qui sont subordonnés à l'objectif de conservation principal (c.-à-d. le PRL) serait normalement évalué au moyen d'un classement par rapport aux objectifs ou d'analyses de compromis. Toutefois, l'ordre de priorité pour l'application des objectifs de biomasse et de rendement n'a pas encore été établi pour le hareng du Pacifique. Selon la politique sur l'approche de précaution du MPO (MPO 2009), il faut pouvoir mettre l'accent sur un ensemble plus large d'objectifs liés aux volets sociaux et économiques des pêches lorsque le stock est largement au-dessus du PRL et que les préoccupations en matière de conservation sont moindres. La collaboration continue avec les utilisateurs de hareng du Pacifique (p. ex. Premières Nations, industrie) peut fournir une appréciation plus complète des buts socioculturels et économiques pour chaque zone de gestion et, idéalement, permettre de fixer l'ordre de priorité des objectifs des travaux d'évaluation des stratégies de gestion futurs.

Procédures de gestion pour les zones de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie

L'évaluation des procédures de gestion se penche sur trois autres formes fonctionnelles de règles de contrôle des prises : le bâton de hockey, l'échappée constante et les procédures avec prises constantes. Des procédures de gestion précises sont décrites dans le tableau 2 au moyen des représentations graphiques de la figure 1.

En 2018, un avis scientifique recommandait de cesser d'utiliser la règle de contrôle des prises avec seuil fixe historique et d'adopter une règle de contrôle des prises avec deux points de contrôle opérationnels pour deux raisons (MPO 2019) :

1. Les valeurs des seuils fixes ont été calculées en dehors du modèle d'évaluation actuel, mis à jour pour la dernière fois en 1996, et ignorent donc 22 années de données de surveillance des stocks et des pêches, ainsi que les changements importants apportés à la forme structurelle du modèle d'évaluation.

2. L'utilisation de points de contrôle opérationnels inférieur et supérieur distincts permet de modifier la trajectoire de la règle de contrôle des prises afin de mieux répondre aux objectifs en matière de stocks et de pêche tout en évitant les fermetures des pêches et en encourageant la croissance des stocks.

La règle de contrôle des prises avec seuil fixe historique a donc été supprimée de la liste des options de procédures de gestion. D'autres procédures de gestion ont été ajoutées à la liste pour cette évaluation de cycle 2, à la demande du Secteur de la gestion des pêches, et à la suite de réunions avec les Premières Nations, l'industrie de la pêche commerciale, les pêcheurs sportifs et les organisations non gouvernementales de l'environnement.

Comme pour le cycle 1, des prélèvements à des fins alimentaires, sociales et rituelles (ASR) de 136 t (150 tonnes américaines) ont été simulés pour chaque année de projection de toutes les procédures de gestion. Les simulations supposent que les prises totales (C_{T+1}), y compris les prises ASR, sont prélevées chaque année même si, dans la pratique, ce n'est pas souvent le cas.

Modèles opérationnels

La dynamique des populations de hareng dans les zones de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie est simulée à l'aide de modèles opérationnels structurés selon l'âge et le sexe, décrits précédemment dans les tableaux 3 et 4 de Benson *et al.* 2018¹. En ce qui concerne la côte ouest de l'île de Vancouver, les modèles opérationnels simulent une

période historique $T_0 \leq t \leq T_1 - 1$ correspondant à 1951-2019 et une période de projection

$T_1 \leq t \leq T_2$ de 15 ans correspondant à 2020-2034 (c.-à-d. trois générations de hareng, le temps de génération étant calculé selon Seber 1997). Même s'il n'a été possible d'accéder aux données historiques de 2020 qu'en cours d'analyse, aucun changement brutal de l'indice dérivé du relevé n'a pas été observé pour la côte ouest de l'île de Vancouver et aucune mise à jour supplémentaire jusqu'en 2020 n'a donc été faite. Pour le détroit de Georgie, les données sur la

ponte de la période historique, $T_0 \leq t \leq T_1 - 1$, vont jusqu'en 2020 (en raison de la brusque augmentation de l'indice de frai de 2020 par rapport à 2019, qui a une influence sur l'état du

stock), et la période de projection $T_1 \leq t \leq T_2$ correspond à 2021-2035. L'incertitude de la dynamique des stocks a été intégrée au moyen d'une hypothèse de mortalité naturelle constante ou variable dans le temps (figure 2). Les modèles correspondant à chaque hypothèse ont été ajustés au même ensemble de données historiques, ce qui a abouti à la formulation de deux profils historiques de la dynamique de la population et de la mortalité par pêche (figure 3), ainsi que de deux interprétations différentes de l'état actuel du stock et de la productivité. Dans chaque modèle opérationnel, l'incertitude des paramètres a été représentée par la distribution de probabilité a posteriori commune des paramètres. D'après les méthodes utilisées dans le modèle actuel d'évaluation des stocks de hareng du Pacifique (Cleary *et al.* 2018), les estimations des distributions conjuguées a posteriori ont été obtenues en utilisant la méthode de Monte Carlo par chaîne de Markov (MCCM, Gelman 2013), dans laquelle un échantillon de 5 000 points postérieurs a été sélectionné parmi 5 000 000 tirages de MCCM par amincissement. Pour les simulations d'évaluation des stratégies de gestion, un tirage de MCCM

¹ Benson, A.J., J.S. Cleary, S.P. Cox, S. Johnson, M.H. Grinnell. 2018. Performance of management procedures for British Columbia Pacific Herring (*Clupea pallasii*) in the presence of model uncertainty: closing the gap between precautionary fisheries theory and practice. Document de travail 2015PEL02 du CASP. *En préparation*.

différent a été utilisé pour conditionner chaque répétition de simulation de chaque hypothèse de modèle opérationnel, les tirages étant échantillonnés selon un plan aléatoire stratifié. Pour plus de détails, voir Benson *et al.* (2018)¹.

Nous avons utilisé trois modèles opérationnels pour représenter la dynamique du hareng du Pacifique à partir de différentes hypothèses sur la variabilité temporelle de la mortalité naturelle : la mortalité dépendante de la densité (figure 2a), la mortalité indépendante de la densité (figure 2b) et la mortalité constante (figure 2c). Une brève description de ces modèles opérationnels figure dans le tableau 1 et des détails supplémentaires figurent dans Benson *et al.* (2018)¹, MPO 2019 et MPO 2020. Au cours du cycle 1 de l'évaluation des stratégies de gestion des zones de gestion des stocks du nord (MPO 2020), le scénario du modèle opérationnel de mortalité dépendante de la densité a été défini comme le scénario de modèle opérationnel de référence, car il semble le mieux correspondre aux observations historiques des stocks et des pêches de hareng du Pacifique. Les autres hypothèses de modèles opérationnels (mortalité indépendante de la densité et mortalité constante) ont été nommées scénarios de modèle opérationnel de robustesse. Cette approche de dénomination a été adoptée ici pour la côte ouest de l'île de Vancouver et le détroit de Georgie. Cependant, il n'existe toujours pas de méthode scientifiquement vérifiée pour choisir un modèle opérationnel de prédiction de la mortalité naturelle du hareng du Pacifique plutôt qu'une autre, c'est pourquoi les résultats de l'évaluation des procédures de gestion sont présentés pour les trois scénarios de modèles opérationnels décrits ci-dessus. Les estimations actualisées des paramètres moyens a posteriori des modèles opérationnels pour la côte ouest de l'île de Vancouver et le détroit de Georgie dans cette analyse de cycle 2 de l'évaluation des stratégies de gestion sont présentées dans le tableau 3.

Résultats de l'évaluation des procédures de gestion

Côte ouest de l'île de Vancouver

Sept procédures de gestion ont été testées par simulation pour la côte ouest de l'île de Vancouver. En tenant compte des années supplémentaires de données historiques, toutes les procédures de gestion proposées ont atteint l'objectif de conservation (tableau 1) pour tous les scénarios de modèle opérationnel avec des probabilités comprises entre 90 et 92 % pour la mortalité dépendante de la densité, entre 80 et 85 % pour la mortalité indépendante de la densité, et entre 89 et 94 % pour la mortalité constante (tableau 4). L'ajout des données historiques de 2018 et 2019 indique une amélioration du rendement par rapport au cycle 1 de l'évaluation des stratégies de gestion (MPO 2019), où des procédures de gestion comparables ont permis d'atteindre l'objectif de conservation avec une probabilité de 84 à 88 % dans le scénario de modèle opérationnel de référence (mortalité dépendante de la densité), de 68 à 78 % pour la mortalité indépendante de la densité et de 86 à 94 % pour la mortalité constante. Cette légère amélioration semble être le résultat de l'augmentation de la biomasse du stock reproducteur estimée en 2018 et 2019 par rapport à 2016, ce qui a pour effet d'améliorer l'état actuel du stock par rapport à la moyenne à long terme de la biomasse du stock reproducteur non exploitée estimée (BSR_0).

Les niveaux d'épuisement pour la période de projection laissent entendre que la biomasse de hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver peut se reconstituer au niveau de la BSR_0 au cours de la période de projection de 15 ans selon deux des scénarios de modèles opérationnels (mortalité dépendante de la densité et mortalité constante) en utilisant une procédure de gestion sans prises (c.-à-d. ASR seulement) (figure 5). La procédure de gestion ayant le plus faible rendement par rapport à l'objectif de conservation (BH50-60_TR0,15) a également montré un potentiel de croissance pour le stock dans deux des scénarios de modèles opérationnels

(mortalité dépendante de la densité et mortalité constante; figures 8 et 9). Le scénario du modèle opérationnel de mortalité indépendante de la densité ne permet pas d'atteindre une telle ampleur de croissance des stocks en raison de taux de mortalité naturelle prévus plus élevés. Toutes les procédures de gestion respectent l'objectif de biomasse cible proposé par le Comité consultatif de l'industrie du hareng ($0,4 BSR_0$) à un niveau de probabilité de 50 % dans les trois scénarios de modèles opérationnels. Toutes les procédures de gestion atteignent l'objectif de biomasse cible proposé par le MPO ($0,6 BSR_0$) dans le scénario de mortalité dépendante de la densité, mais la plupart des procédures de gestion (toutes, sauf la procédure de gestion AucunePrise_ASR) ne répondent pas au critère de probabilité de 50 % dans les scénarios de modèle opérationnel de robustesse (tableau 4). Les objectifs de biomasse proposés par les Nations Nuu-chah-nulth n'ont pas pu être atteints avec une probabilité de 75 %. Cependant, plusieurs procédures de gestion permettent d'atteindre les objectifs de biomasse de $0,65$ et $0,75 BSR_0$ avec une probabilité de 50 %.

Détroit de Georgie

Sept procédures de gestion ont été testées par simulation pour le détroit de Georgie. À l'exception de la procédure de gestion dont le taux de récolte est de 30 % (BH30-40_TR0,30; tableau 2), toutes les procédures de gestion évaluées ont atteint l'objectif de conservation avec des probabilités allant de 77 à 87 % pour la mortalité dépendante de la densité, de 75 à 85 % pour la mortalité indépendante de la densité et de 98 à 100 % pour la mortalité constante (tableau 5). Ces résultats montrent une légère diminution du rendement de conservation par rapport au cycle 1 de l'évaluation des stratégies de gestion, où toutes les procédures de gestion ont atteint l'objectif de conservation avec une probabilité de 97 à 100 % dans le cadre du scénario de modèle opérationnel de mortalité dépendante de la densité. La baisse du rendement est liée aux données historiques actualisées utilisées dans les modèles opérationnels, où les années supplémentaires des données les plus récentes ont révélé la sensibilité des mesures de rendement aux changements récents de l'indice de frai. Plus précisément, les estimations de la biomasse du stock reproducteur pour 2017-2019 sont inférieures à celles de 2014-2016 et de 2020 (figure 3), tandis que les estimations de la mortalité naturelle dans les hypothèses de modèles opérationnels ont augmenté depuis la réalisation du cycle 1 de l'évaluation des stratégies de gestion (figure 2). Dans l'ensemble, ces résultats montrent que les procédures de gestion fonctionnent bien lorsque la population varie en fonction de la dynamique connue des petites espèces pélagiques et, potentiellement, de l'erreur d'observation.

L'examen des niveaux d'épuisement simulés a montré un potentiel de croissance du hareng du détroit de Georgie dans le cadre d'une procédure de gestion sans prises (ARS uniquement) (figure 5) et une faible croissance dans le cadre d'une procédure de gestion assortie du plus faible rendement par rapport à l'objectif de conservation (minE_PRL_TR0,2; figures 6 et 7). Toutes les procédures de gestion atteignent l'objectif de biomasse cible proposé par le Comité consultatif de l'industrie du hareng ($0,4 BSR_0$) avec un niveau de probabilité de 50 % dans les trois scénarios, et aucune procédure de gestion avec taux de récolte commercial simulé (c'est-à-dire un taux de récolte > 0 %) n'atteint l'objectif de biomasse cible possible proposé par le MPO ($0,6 BSR_0$) dans les scénarios de modèles opérationnels de mortalité dépendante de la densité et de mortalité indépendante de la densité (tableau 5).

Conclusions

Le choix d'une procédure de gestion pour chaque zone de gestion des pêches du hareng du Pacifique est un processus répétitif mené avec la participation des Premières Nations, de l'industrie de la pêche et d'organisations gouvernementales et non gouvernementales. Cette

analyse du cycle de l'évaluation des stratégies de gestion met à jour l'analyse du cycle 1 (MPO 2019) des zones de gestion du hareng du Pacifique de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie en incluant les données de surveillance des stocks et de la pêche jusqu'en 2019 pour la côte ouest de l'île de Vancouver et en 2020 pour le détroit de Georgie. Comme pour les données de MPO (2019), l'incapacité d'atteindre l'objectif de conservation principal (tableau 1) sert à éliminer les procédures de gestion en vue de l'examen ultérieur.

À ce jour, il n'y a pas encore de consensus sur une méthode quantitative permettant de combiner les résultats de plusieurs scénarios de modèles opérationnels (Rossi *et al.* 2019); il est donc recommandé de continuer à inclure les scénarios de modèle opérationnel de robustesse, tels que la mortalité indépendante de la densité et la mortalité constante, comme autres hypothèses de la mortalité naturelle passée et future des stocks de hareng du Pacifique. Les scénarios de modèles opérationnels présentés dans l'étude peuvent être utilisés dans un contexte décisionnel lors de l'examen du rendement des procédures de gestion proposées et des compromis associés dans le cadre d'autres hypothèses de modèles opérationnels. Toutefois, il est encore nécessaire de mettre au point un processus cohérent pour préciser comment les résultats de plusieurs modèles opérationnels seront intégrés pour orienter les décisions.

Pour la zone de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver, les résultats de la simulation ont montré que toutes les procédures de gestion proposées ont atteint les objectifs de conservation (c'est-à-dire qu'ils ont pu éviter le PRL avec une probabilité d'au moins 75 %) dans tous les scénarios actualisés de modèles opérationnels. Le rendement a légèrement augmenté par rapport à l'analyse du cycle 1 de l'évaluation des stratégies de gestion des procédures de gestion comparables, en raison de la légère augmentation de l'état des stocks en 2018 et 2019 (MPO 2019). Il s'agit d'un exemple de zone de gestion où plusieurs procédures de gestion atteignent l'objectif de conservation et pour laquelle il est nécessaire d'établir un classement plus détaillé des objectifs restants afin de fournir aux décideurs un ensemble de choix de compromis souples. Dans ce cas de figure, les mécanismes de classement des objectifs peuvent comprendre des ateliers de collaboration et la détermination explicite des priorités existantes en matière de récolte ou d'accès.

Pour la zone de gestion du détroit de Georgie, toutes les procédures de gestion, à l'exception de la procédure de gestion assortie d'un taux de récolte cible de 30 % (BH30-40_TR0,30; tableau 2) ont permis d'éviter le PRL avec une probabilité d'au moins 75 % dans tous les scénarios de modèles opérationnels. Le rendement a diminué par rapport aux procédures de gestion comparables du cycle 1 de l'évaluation des stratégies de gestion (MPO 2019). Cependant, étant donné que les procédures de gestion ont tout de même atteint l'objectif de conservation dans le cadre du critère de rendement (min. 75 %), nous pensons que les procédures de gestion simulées dans ces analyses fonctionnent bien lorsque la population varie en fonction de la dynamique connue des populations de petites espèces pélagiques et potentiellement, d'une erreur d'observation. Les résultats des évaluations des procédures de gestion semblent être fortement influencés par l'état des stocks des trois à cinq dernières années et par les tendances de mortalité naturelle utilisées pour conditionner les modèles opérationnels. Il est recommandé d'examiner cette question plus dans le cadre de travaux futurs. Il est important d'étudier la sensibilité du rendement des procédures de gestion aux tendances hypothétiques de la dynamique des populations et de la mortalité naturelle dans le cadre de projections à court, moyen et long terme, car les influences de l'état des stocks et des tendances de mortalité naturelle peuvent être les plus appropriées pour déterminer la réaction des stocks aux mesures de gestion à court terme (par exemple, dans les 15 prochaines années). Si les simulations étaient effectuées sur une plus longue durée (par exemple, 50 ans), on pourrait s'attendre à ce que le rendement se rapproche de l'équilibre, sans

être affecté par les tendances les plus récentes des données de conditionnement du modèle opérationnel.

Les leçons suivantes, tirées de cette analyse du cycle 2 de l'évaluation des stratégies de gestion, doivent être ajoutées à la liste présentée dans la section « Contexte » :

1. Le rendement des procédures de gestion semble être influencé par l'état des stocks et les tendances de mortalité naturelle des trois à cinq dernières années, utilisées pour conditionner les modèles opérationnels. Si les estimations historiques des années les plus récentes sont relativement constantes, alors le rendement sera également relativement constant à mesure de l'ajout de nouvelles données. Toutefois, si les estimations de l'état des stocks et de la mortalité naturelle connaissent des changements importants au cours des dernières années de la partie historique des modèles opérationnels, le rendement des procédures de gestion changera. Des travaux supplémentaires sont nécessaires pour examiner la sensibilité du rendement des procédures de gestion aux tendances hypothétiques de mortalité naturelle dans le cadre de projections à court, moyen et long terme.
2. La prise de décisions dans le cadre de l'évaluation des stratégies politiques nécessite un processus prédéfini qui détermine comment les résultats de la simulation seront appliqués à la prise de décisions en matière de gestion de la pêche. Par exemple, un processus prédéfini indiquerait comment les résultats de plusieurs modèles opérationnels seraient combinés ou pondérés pour éclairer la prise de décisions (ce qui correspond à la leçon 4 de la section « Contexte ») et comprendrait un critère de décision sur le classement des objectifs (ce qui correspond à la leçon 5). Les détails concernant les échelles spatiales d'application, l'utilité d'inclure des modèles opérationnels pour le scénario le pire/le meilleur, la pondération des modèles opérationnels fondée sur les connaissances d'experts ou les ajustements de modèles aux données historiques, ou les mesures de gestion dans des circonstances exceptionnelles sont définis de manière appropriée avant l'examen des résultats et la prise de décisions. Une circonstance exceptionnelle se produirait, par exemple, lorsqu'une nouvelle observation de données se situe en dehors de la plage simulée par les modèles opérationnels et que la direction doit envisager un écart par rapport à la procédure de gestion choisie. Des travaux futurs sont nécessaires pour mettre sur pied ce processus dans le cadre de l'évaluation des stratégies de gestion sur le hareng du Pacifique.

Tableaux

Tableau 1. Composantes du cadre de gestion du hareng du Pacifique pour l'évaluation des stratégies de gestion. Cycle 2.

Composante		Description	Détails
Objectifs	Conservation (PRL)	Éviter d'atteindre le point de référence limite (PRL) de $0,30BSR_0$ avec une probabilité élevée sur trois générations de hareng (15 ans), où la « probabilité élevée » est définie comme s'échelonnant entre 75 et 95 %.	Objectif 1
	Biomasse du stock reproducteur cible	Maintenir la biomasse du stock reproducteur au niveau ou au-dessus de $0,60 BSR_0$ avec une probabilité d'au moins 50 % sur trois générations de hareng.	Objectif 2
	Biomasse du stock reproducteur cible des Nations Nuu-chah-nulth	Maintenir la biomasse du stock reproducteur au niveau ou au-dessus de $0,65 BSR_0$ avec une probabilité d'au moins 50 ou 75 % sur trois générations de hareng.	Nations Nuu-chah-nulth
		Maintenir la biomasse du stock reproducteur au niveau ou au-dessus de $0,75 BSR_0$ avec une probabilité d'au moins 50 ou 75 % sur trois générations de hareng.	Nations Nuu-chah-nulth
		Maintenir la biomasse du stock reproducteur au niveau ou au-dessus d'un niveau de biomasse cible équivalent à la biomasse moyenne entre 1990 et 1999, avec une probabilité d'au moins 75 % sur deux générations de harengs.	Nations Nuu-chah-nulth
	Biomasse du stock reproducteur cible du Comité consultatif de l'industrie du hareng	Maintenir la biomasse du stock reproducteur au niveau ou au-dessus de $0,40 BSR_0$ avec une probabilité d'au moins 50 % sur trois générations de hareng.	Comité consultatif de l'industrie du hareng
	Rendement	Maintenir la variabilité annuelle moyenne des prises à moins de 25 % sur trois générations de hareng.	Objectif 3
		Optimiser les prises moyennes annuelles (\bar{C}_t) sur trois générations de hareng.	Objectif 4
		Réduire au maximum les fermetures annuelles des pêches ($C_t < 650 t$) sur trois générations de harengs.	

Composante		Description	Détails
Modèle opérationnel	Mortalité naturelle dépendante de la densité	La mortalité M_t future revient à la moyenne à long terme estimée sur toute la période historique correspondant à 1951-2019 (côte ouest de l'île de Vancouver) et 1951-2020 (déroit de Georgie). Simule des événements à basse fréquence/haut taux de mortalité lorsque la biomasse tombe en dessous du PRL de $0,3 BSR_0$.	Modèle opérationnel de référence Figure 3, ligne du haut
	Mortalité naturelle indépendante de la densité	Les taux de mortalité naturelle futurs M_t reviennent au taux moyen estimé pour les 10 dernières années de la période historique.	Modèle opérationnel de robustesse Figure 3, ligne du milieu
	Mortalité naturelle constante (conM)	Les taux de mortalité naturelle futurs M_t sont maintenus à la moyenne historique.	Modèle opérationnel de robustesse Figure 3, ligne du bas
Procédure de gestion	Données	(1) Données sur les prises de la pêche de 1951 à 2020 provenant de la réduction (avant 1970), de la pêche de la rogue à la senne, de la rogue au filet maillant, de la pêche de consommation et de la pêche à l'appât, ainsi que des pêches à des fins spéciales. (2) Indice de la biomasse du stock reproducteur de hareng pour le relevé de surface (1951-1987) et le relevé en plongée (1988-2019 pour la côte ouest de l'île de Vancouver; 1988-2020 pour le déroit de Georgie). (3) Observations des proportions selon l'âge provenant des pêches commerciales et du programme de pêche expérimentale et d'échantillonnage biologique (1951-2019).	(Cleary <i>et al.</i> 2018)
	Modèle d'évaluation des stocks de hareng	Estimation de la biomasse historique, du recrutement, de la mortalité naturelle, de la sélectivité et des paramètres de stock-recrutement jusqu'à l'étape t , ainsi que de la biomasse projetée pour l'année suivante et les points de contrôle opérationnels.	(Cleary <i>et al.</i> 2018)
	Règle de contrôle des prises	Objet des évaluations des procédures de gestion dans le cadre du cycle 2 de l'évaluation des stratégies de gestion. Voir le tableau 2 pour consulter la liste des procédures de gestion.	Tableau 2

Tableau 2. Procédures de gestion mises à l'essai pour les zones de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie. Les procédures de gestion sont une combinaison de la forme fonctionnelle de la règle de contrôle des prises, du point de contrôle inférieur (PCI), du point de contrôle supérieur (PCS; non requis pour la forme fonctionnelle minE), du taux de récolte (U_{cible}) et des prises maximales (plafond). Les étiquettes « PG » sont utilisées pour faire référence aux procédures de gestion dans le texte. Les procédures de gestion mentionnées dans le premier cycle de l'évaluation des stratégies de gestion (MPO 2019) sont ombrées en gris. Le point de référence limite (PRL) est de 0,3 BSR₀.

Zone de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver

PG	Étiquette PG	U_{cible} (TR)	Prises maximales (t)	Forme fonctionnelle de la RCP	Point de contrôle inférieur (PCI)	Point de contrôle supérieur (PCS)
1	AucunePrise_ASR	est.	136	ASR uniquement	-	-
2	BH30-60_TR0,10_cap	0,10	2 000	BH	0,3 BSR ₀	0,6 BSR ₀
3	BH30-60_TR0,15_cap	0,15	2 000	BH	0,3 BSR ₀	0,6 BSR ₀
4	BH50-60_TR0,10	0,10	-	BH	0,5 BSR ₀	0,6 BSR ₀
5	BH50-60_TR0,15	0,15	-	BH	0,5 BSR ₀	0,6 BSR ₀
6	minE-PRL_TR0,05	0,05	-	minE	0,3 BSR ₀	-
7	constAC1.0	est.	1 000	C constante	-	-

Zone de gestion du détroit de Georgie

PG	Étiquette PG	U_{cible} (TR)	Prises maximales (t)	Forme fonctionnelle de la RCP	Point de contrôle inférieur (PCI)	Point de contrôle supérieur (PCS)
1	AucunePrise_ASR	est.	136	ASR uniquement	-	-
2	HS30-60_HR.10	0,10	-	BH	0,3 BSR ₀	0,6 BSR ₀
3	HS30-60_HR.15	0,15	-	BH	0,3 BSR ₀	0,6 BSR ₀
4	HS30-60_HR.20	0,20	-	BH	0,3 BSR ₀	0,6 BSR ₀
5	HS30-40_HR.30	0,30	-	BH	0,3 BSR ₀	0,6 BSR ₀
6	minE-PRL_TR0,10	0,10	-	minE	0,3 BSR ₀	-
7	minE-PRL_TR0,20	0,20	-	minE	0,3 BSR ₀	-

Tableau 3. Estimations des paramètres du modèle opérationnel résultant des ajustements des données historiques. Pour chaque zone de gestion du hareng du Pacifique et hypothèse M, la première ligne montre (de gauche à droite) la probabilité logarithmique négative suivie des valeurs moyennes a posteriori estimées et dérivées des paramètres clés avec les écarts-types a posteriori à la ligne suivante. Les quantités estimées et dérivées sont les suivantes : l'écart-type de l'erreur d'observation (τ_{obs}), l'écart-type de l'erreur de processus de stock-recrutement (σ_R), la capturabilité estimée du relevé de surface (q_A), la pente (h) du stock-recrutement, le taux initial de mortalité naturelle (M_0), le taux moyen de mortalité naturelle historique (\bar{M}), la biomasse du stock reproducteur non exploitée (SB_0), la biomasse du stock reproducteur en 2019 pour la côte ouest de l'île de Vancouver (COIV) et en 2020 pour le détroit de Georgie (DG) (BSR_t) et l'affaissement du stock reproducteur en 2019 pour la côte ouest de l'île de Vancouver et en 2020 pour le détroit de Georgie ($D_t = BSR_t / BSR_0$). Les unités de biomasse sont exprimées en milliers de tonnes métriques (t) et la mortalité naturelle en année⁻¹.

Stock	Hypothèse M	l	τ_{obs}	σ_R	$q_{A(surface)}$	h	M_0	\bar{M}	BSR_0	BSR_t	D_t
COIV	Variable dans le temps	-673,32	0,490	0,724	0,850	0,729	0,610	0,583	46,161	20,778	0,444
		-	0,041	0,054	0,091	0,076	0,194	0,029	7,082	7,681	0,168
COIV	Constante	-525,635	0,612	0,882	0,447	0,536	0,636	-	97,981	32,696	0,333
		-	0,047	0,064	0,050	0,072	0,019	-	32,235	6,379	0,116
DG	Variable dans le temps	-1 380,68	0,435	0,693	1,024	0,737	0,472	0,569	135,641	95,350	0,705
		-	0,039	0,053	0,098	0,087	0,162	0,028	29,115	36,287	0,279
DG	Constante	-1 266,83	0,447	0,711	0,802	0,663	0,618	-	142,356	94,318	0,658
		-	0,037	0,052	0,043	0,084	0,011	-	26,565	18,972	0,160

Tableau 4. Rendement de la procédure de gestion pour la zone de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver selon les trois scénarios de modèles opérationnels : mortalité naturelle dépendante de la densité, mortalité naturelle indépendante de la densité et mortalité naturelle constante. Les critères de rendement sont calculés sur trois générations de hareng du Pacifique (c.-à-d. 15 ans) à partir du début de la période visée par les projections pour tous les objectifs. Les procédures de gestion (PG) sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'atteinte de l'objectif 1. Légende : point de référence limite (PRL); probabilité (P); maximum (max.); biomasse du stock reproducteur de l'année t (BSR_t); estimation de la biomasse du stock reproducteur non exploitée (BSR_0); variabilité annuelle moyenne (VAM); prises moyennes (\bar{C}_t); biomasse du stock reproducteur moyenne de 1990 à 1999, calculée sur deux générations de hareng du Pacifique (BSR_{AVE}). Les procédures de gestion sont définies dans le tableau 2. Le critère de rendement $BSR_t \geq 0,4 BSR_0$ est proposé par le Conseil consultatif de l'industrie du hareng comme objectif de biomasse à un niveau de probabilité supérieur ou égal à 50 %. Les critères de rendement $BSR_t \geq 0,65 BSR_0$, $BSR_t \geq 0,75 BSR_0$ et $BSR_t \geq BSR_{AVE}$ sont proposés par les Nations Nuu-chah-nulth comme objectifs de biomasse à des probabilités de $P \geq 50 \%$ et $P \geq 75 \%$.

Scénario	PG	Étiquette	Conservation		Biomasse			Rendement			
			Objectif 1 (PRL)	Comité consultatif de l'industrie du hareng	Objectif 2	Nations Nuu-chah-nulth (voir légende)			Objectif 3 (Variabilité des prises)	Objectif 4 (Rendement moyen)	Prises < 650 t Probabilité Pr < 650 t
						$\geq 75 \%$	$\geq 50 \%$	$\geq 50 \%$			
			$P(BSR_t > 0,3 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,4 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,6 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,65 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,75 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq BSR_{AVE})$	VAM	\bar{C}_t	$P(C_t < 650)$
COIV_MDD	1	AucunePrise_ASR	0,92	0,86	0,67	0,63	0,52	0,64	0	0,14	1
COIV_MDD	6	minE-PRL_TR0,05	0,92	0,82	0,61	0,56	0,45	0,56	43,83	1,59	0,25
COIV_MDD	4	BH50-60_TR0,1	0,92	0,83	0,58	0,52	0,40	0,48	55,74	2,47	0,41
COIV_MDD	2	BH30-60_TR0,1_cap	0,91	0,83	0,62	0,55	0,45	0,55	34,71	1,6	0,23
COIV_MDD	3	BH30-60_TR0,15_cap	0,91	0,83	0,61	0,55	0,45	0,55	26,38	1,74	0,22
COIV_MDD	5	BH50-60_TR0,15	0,91	0,81	0,53	0,47	0,34	0,42	60,80	3,38	0,41
COIV_MDD	7	consTAC1.0	0,90	0,83	0,63	0,57	0,47	0,58	6,77	1,26	0
COIV_MID	1	AucunePrise_ASR	0,85	0,74	0,52	0,47	0,36	0,35	0	0,14	1
COIV_MID	6	minE-PRL_TR0,05	0,83	0,71	0,47	0,41	0,32	0,29	48,76	1,39	0,31
COIV_MID	2	BH30-60_TR0,1_cap	0,83	0,70	0,46	0,41	0,31	0,29	46,91	1,46	0,31

Scénario	PG	Critère Étiquette	Conservation		Biomasse			Rendement			
			Objectif 1 (PRL)	Comité consultatif de l'industrie du hareng	Objectif 2	Nations Nuu-chah-nulth (voir légende)			Objectif 3 (Variabilité des prises)	Objectif 4 (Rendement moyen)	Prises < 650 t Probabilité Pr < 650 t
			≥ 75 %	≥ 50 %	≥ 50 %	≥ 50 % (ou ≥ 75 %)	≥ 50 % (ou ≥ 75 %)	≥ 75 % (2 générations)	< 25 %	max.	min.
			$P(BSR_t > 0,3 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,4 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,6 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,65 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,75 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq BSR_{AVE})$	VAM	\bar{C}_t	$P(C_t < 650)$
COIV_MID	4	BH50-60_TR0,1	0,83	0,70	0,45	0,39	0,28	0,26	64,52	1,83	0,54
COIV_MID	3	BH30-60_TR0,15_cap	0,82	0,70	0,47	0,41	0,32	0,29	44,24	1,4	0,37
COIV_MID	5	BH50-60_TR0,15	0,82	0,69	0,40	0,35	0,23	0,21	67,62	2,54	0,52
COIV_MID	7	consTAC1.0	0,81	0,70	0,48	0,42	0,32	0,31	6,98	1,25	0
COIV_conM	1	AucunePrise_ASR	0,94	0,84	0,58	0,52	0,41	0,98	0	0,14	1
COIV_conM	7	consTAC1.0	0,93	0,81	0,56	0,49	0,39	0,96	6,67	1,26	1
COIV_conM	2	BH30-60_TR0,1_cap	0,93	0,81	0,54	0,48	0,38	0,95	24,51	1,85	0,16
COIV_conM	3	BH30-60_TR0,15_cap	0,93	0,80	0,54	0,48	0,38	0,95	21,03	1,92	0,77
COIV_conM	6	minE-PRL_TR0,05	0,93	0,80	0,53	0,46	0,37	0,95	45,12	2,76	0,14
COIV_conM	4	BH50-60_TR0,1	0,91	0,77	0,47	0,40	0,31	0,92	49,69	5,01	0,23
COIV_conM	5	BH50-60_TR0,15	0,89	0,74	0,41	0,36	0,26	0,89	51,66	7,29	0,23

Tableau 5. Rendement de la procédure de gestion pour la zone de gestion du détroit de Georgie (DG) selon les trois scénarios de modèles opérationnels : mortalité naturelle dépendante de la densité, mortalité naturelle indépendante de la densité et mortalité naturelle constante. Les critères de rendement sont calculés sur trois générations de hareng du Pacifique (15 ans) à partir du début de la période visée par les projections pour tous les objectifs de gestion. Les procédures de gestion (PG) sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'atteinte de l'objectif 1. Légende : point de référence limite (PRL); probabilité (P); maximum (max.); biomasse du stock reproducteur de l'année t (BSR_t); estimation de la biomasse du stock reproducteur non exploitée (BSR_0); variabilité annuelle moyenne (VAM) et prises moyennes (\bar{C}_t). Les procédures de gestion sont définies dans le tableau 2 ci-dessous. Le critère de rendement $BSR_t \geq 0,4 BSR_0$ est proposé par le Conseil consultatif de l'industrie du hareng comme objectif de biomasse à un niveau de probabilité supérieur ou égal à 50 %.

Scénario	PG	Critère	Conservation		Biomasse		Rendement		
			Objectif 1 (PRL)		Comité consultatif de l'industrie du hareng	Objectif 2	Objectif 3 (Variabilité des prises)	Objectif 4 (Rendement moyen)	Prises < 650 t Probabilité Pr < 650 t
			$\geq 75 \%$		$\geq 50 \%$	$\geq 50 \%$	< 25 %	max.	min.
Étiquette	$P(BSR_t > 0,3 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,4 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,6 BSR_0)$	VAM	\bar{C}_t	$P(C_t < 650)$			
DG_MDD	1	AucunePrise_ASR	0,88	0,78	0,53	0	0,14	1	
DG_MDD	2	BH30-60_TR0,1	0,85	0,71	0,45	50,73	6,16	0,20	
DG_MDD	6	minE-PRL_TR0,1	0,83	0,69	0,43	38,21	7,24	0,18	
DG_MDD	3	HS30-60_HR.15	0,83	0,68	0,39	48,59	8,51	0,20	
DG_MDD	4	BH30-60_TR0,2	0,82	0,64	0,33	49,67	10,62	0,20	
DG_MDD	7	minE-PRL_TR0,2	0,77	0,60	0,30	43,51	12,60	0,20	
DG_MDD	5	BH30-40_TR0,3	0,69	0,50	0,21	52,70	16,36	0,22	
DG_MID	1	AucunePrise_ASR	0,85	0,74	0,55	0	0,14	1	
DG_MID	2	BH30-60_TR0,1	0,82	0,70	0,46	50,16	6,14	0,22	
DG_MID	6	minE-PRL_TR0,1	0,81	0,69	0,45	39,53	7,06	0,20	
DG_MID	3	HS30-60_HR.15	0,80	0,67	0,40	48,34	8,54	0,22	
DG_MID	4	BH30-60_TR0,2	0,78	0,64	0,35	50,93	10,65	0,22	
DG_MID	7	minE-PRL_TR0,2	0,75	0,61	0,33	42,84	12,38	0,22	

Scénario	PG	Critère	Conservation	Biomasse		Rendement		
			Objectif 1 (PRL)	Comité consultatif de l'industrie du hareng	Objectif 2	Objectif 3 (Variabilité des prises)	Objectif 4 (Rendement moyen)	Prises < 650 t Probabilité Pr < 650 t
			≥ 75 %	≥ 50 %	≥ 50 %	< 25 %	max.	min.
Étiquette	$P(BSR_t > 0,3 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,4 BSR_0)$	$P(BSR_t \geq 0,6 BSR_0)$	VAM	\bar{C}_t	$P(C_t < 650)$		
DG_MID	5	BH30-40_TR0,3	0,69	0,51	0,24	54,59	15,79	0,24
DG_conM	1	AucunePrise_ASR	1	1	0,93	0	0,14	1
DG_conM	2	BH30-60_TR0,1	1	0,99	0,82	36,74	10,76	0,04
DG_conM	6	minE-PRL_TR0,1	1	0,98	0,81	30,37	11,25	0,04
DG_conM	3	HS30-60_HR.15	1	0,97	0,75	37,62	15,3	0,05
DG_conM	4	BH30-60_TR0,2	0,99	0,94	0,66	38,95	19,42	0,05
DG_conM	7	minE-PRL_TR0,2	0,98	0,93	0,63	32,79	20,31	0,05
DG_conM	5	BH30-40_TR0,3	0,94	0,82	0,45	38,27	27,62	0,06

Figures

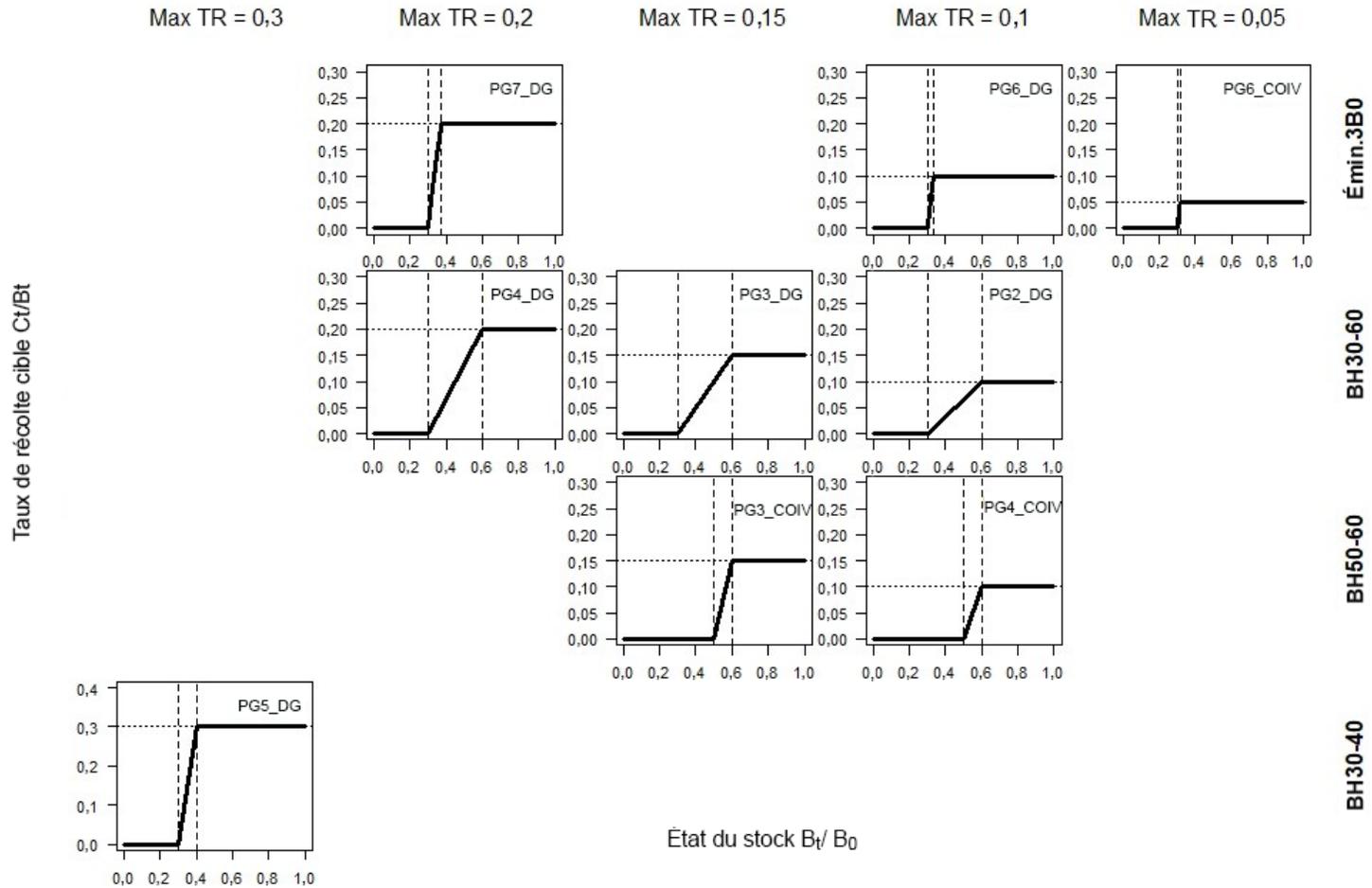


Figure 1. Règles de contrôle des prises illustrant la relation fonctionnelle entre le taux de récolte maximum (maxHR) et l'état du stock pour chaque procédure de gestion (voir les tableaux 2, 4 et 5 pour une description plus détaillée des procédures de gestion). La ligne du haut représente la forme fonctionnelle de l'échappée minimale (minE), tandis que les autres lignes montrent la forme fonctionnelle du bâton de hockey (BH). Chaque ligne d'une forme fonctionnelle représente un ensemble de points de contrôle. Les procédures de gestion qui incluent des points de contrôle de précaution supplémentaires tels que des plafonds des prises ou des prises constantes ne sont pas représentables graphiquement.

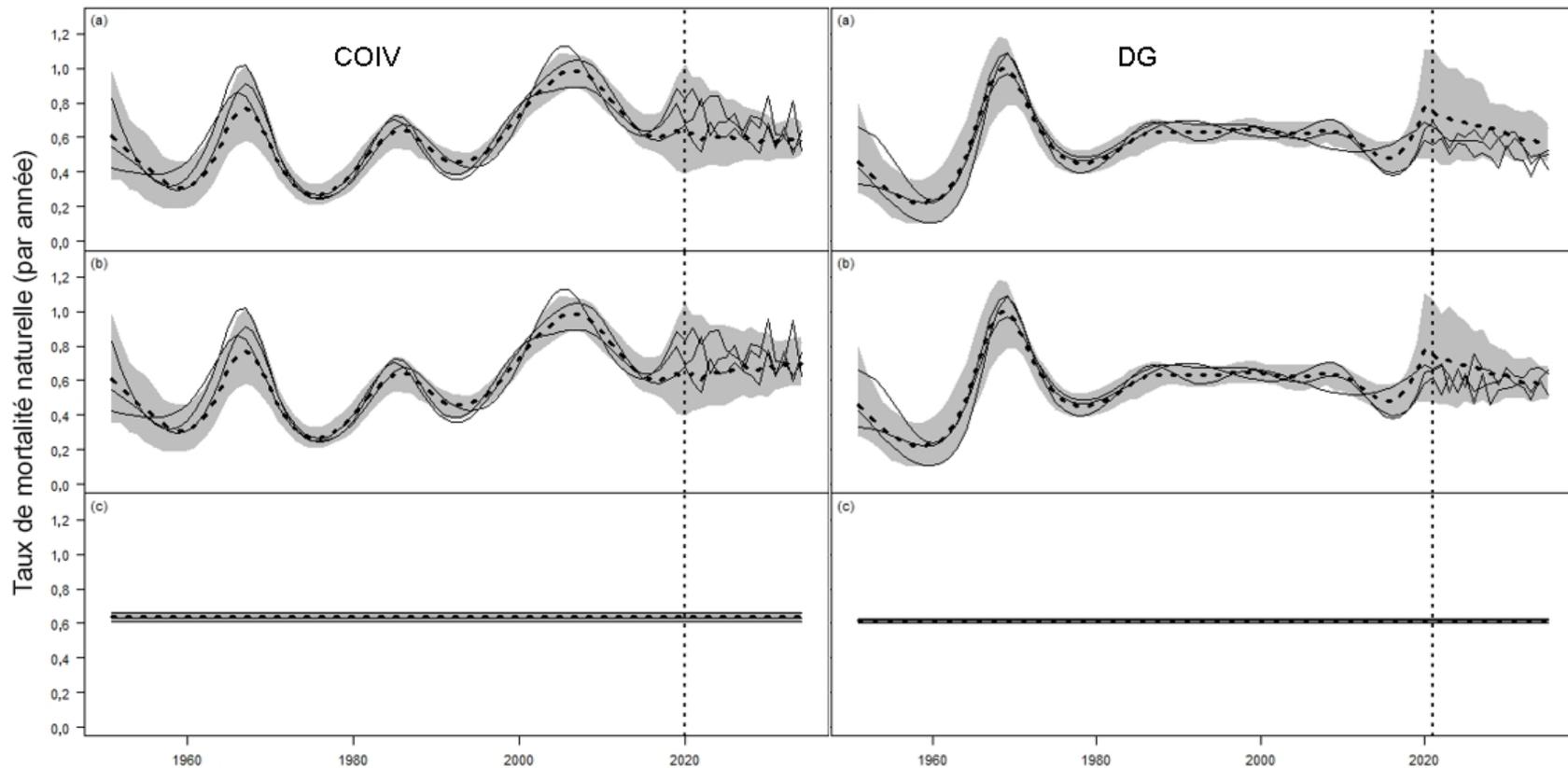


Figure 2. Enveloppes de simulation pour la mortalité naturelle variable dans le temps (M) dans le scénario dépendant de la densité (a), le scénario indépendant de la densité (b) et le scénario de mortalité constante (c) pour les zones de gestion de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie. Ces enveloppes ont été dérivées de 5 000 tirages d'une approximation de la MCMC à la distribution marginale bayésienne a posteriori de la mortalité naturelle. La période historique est représentée comme allant de 1951 à 2019 (côte ouest de l'île de Vancouver) et de 1951 à 2020 (détroit de Georgie). La ligne pointillée verticale à l'année 2020 pour la côte ouest de l'île de Vancouver et à l'année 2021 pour le détroit de Georgie indique le début de la période visée par les projections. Les régions en gris indiquent les 95 % centraux des taux de mortalité simulés, le tireté noir indique la médiane de l'enveloppe et les lignes fines noires indiquent les taux de mortalité pour trois répétitions sélectionnées au hasard.

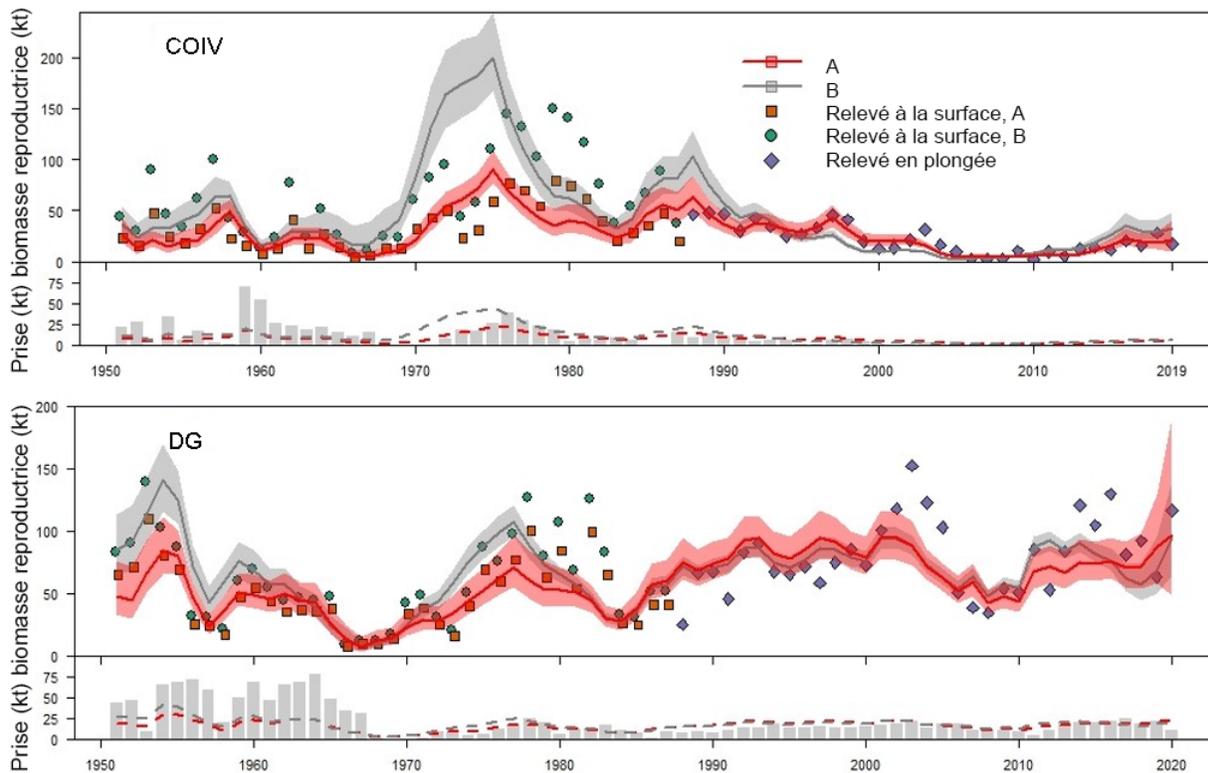


Figure 3. Estimations du modèle d'évaluation de la biomasse du stock reproducteur selon des hypothèses de mortalité naturelle variable dans le temps (A, rouge) et de mortalité constante (B, gris) pour le hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver (en haut) et le hareng du détroit de Georgie (en bas) depuis 1951. Les régions ombragées représentent les 95 % centrales de la distribution a posteriori de la biomasse, et les lignes continues représentent la médiane. Les points des tracés de la biomasse du stock reproducteur montrent les observations de l'indice de frai du relevé en plongée (diamants), les indices de relevé de surface mis à l'échelle par l'estimation M variable dans le temps de la capturabilité (carrés) et les indices de relevé de surface mis à l'échelle par l'estimation M constante de la capturabilité (cercles). Les barres verticales grises montrent les prises historiques chaque année, et les tiretés horizontaux montrent les prises associées à un taux de récolte de 20 %, en utilisant la biomasse selon une évaluation de M variable dans le temps (en rouge) ou de M constante (en gris).

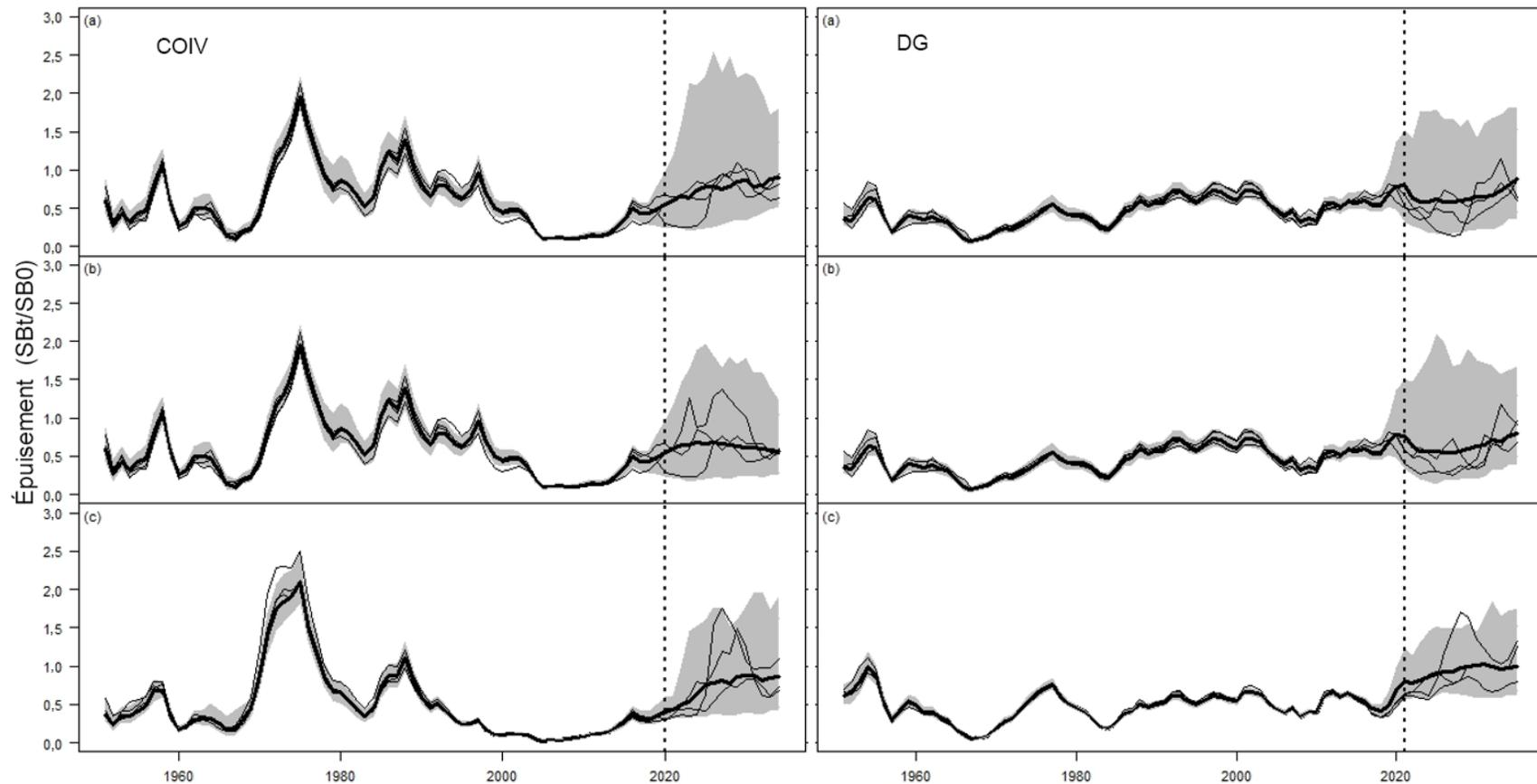


Figure 4. Enveloppes de simulation d'épuisement relatives au hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie pour la procédure de gestion **AucunePrise_ASR** dans le cadre du scénario dépendant de la densité (a), du scénario indépendant de la densité (b) et du scénario de mortalité constante (c) pour le scénario de modèle opérationnel de mortalité naturelle constante des stocks de hareng de la côte ouest de l'île de Vancouver et du détroit de Georgie sur une période de projection de trois générations (15 ans). Les zones grises représentent les 95 % centrales des trajectoires simulées, la ligne noire épaisse représente la médiane des 100 répétitions, et les lignes noires fines représentent les trajectoires choisies au hasard pour trois répétitions individuelles. La ligne pointillée verticale à l'année 2020 pour la côte ouest de l'île de Vancouver et à l'année 2021 pour le détroit de Georgie indique le début de la période visée par les projections.

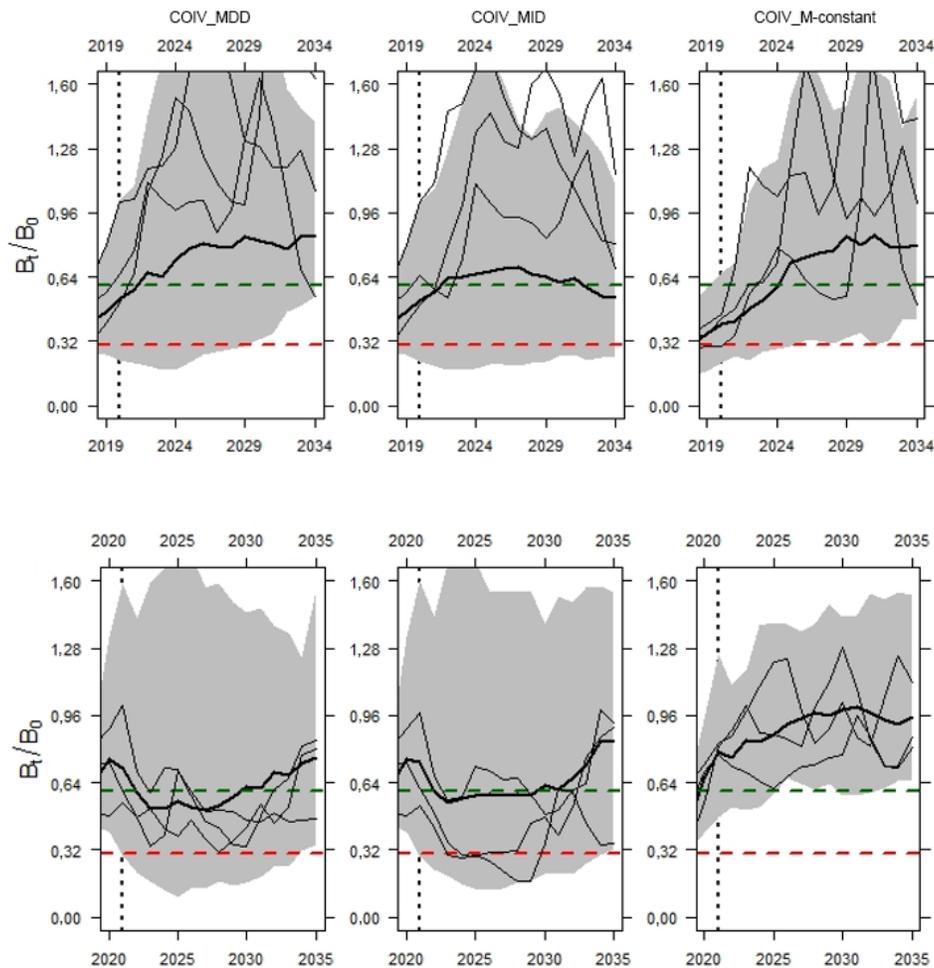


Figure 5. Enveloppes de simulation de l'épuisement relatives aux stocks de hareng de la **côte ouest de l'île de Vancouver** et du **détroit de Georgie** pour la procédure de gestion **AucunePrise_ASR** dans le cadre du scénario de modèles opérationnels dépendant de la densité (gauche), indépendant de la densité (centre) et de mortalité constante (droite) sur une période de projection de trois générations (15 ans). Les zones grises représentent les 95 % centrales des trajectoires simulées, la ligne noire épaisse représente la médiane des 100 répétitions et les lignes noires fines représentent les trajectoires choisies au hasard pour trois répétitions individuelles. La ligne verticale pointillée qui a été tracée pour l'année 2020 pour la côte ouest de l'île de Vancouver et pour l'année 2021 pour le détroit de Georgie indique le début de la période de prévision, et les lignes horizontales tiretées indiquent des taux de 0,3 BSR_0 (rouge) et de 0,6 BSR_0 (vert).

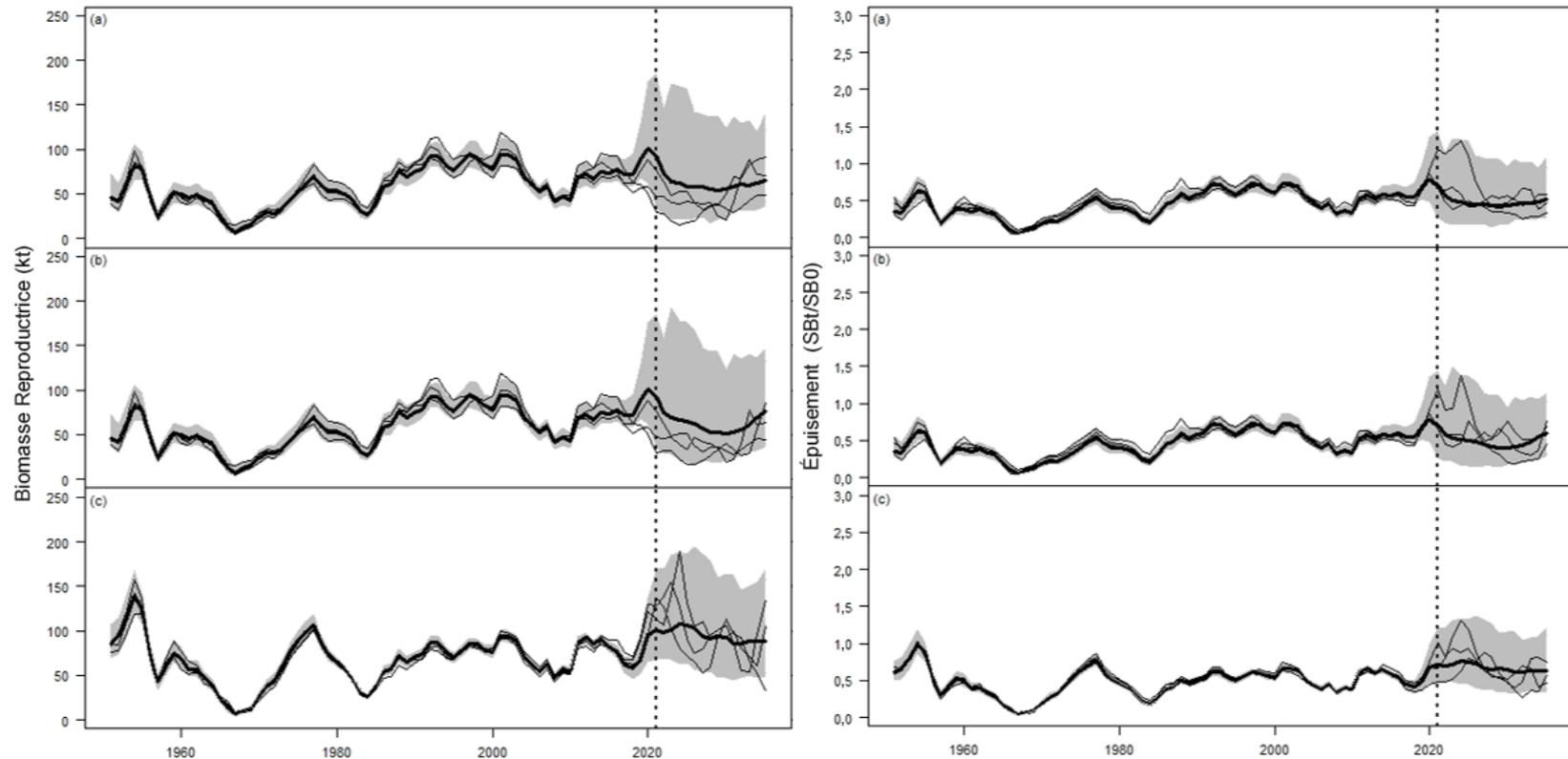


Figure 6. Enveloppes de simulation de la biomasse du stock reproducteur et de l'épuisement pour le hareng du **détroit de Georgie** dans le cadre de la procédure de gestion **minE_PRL_TR0,2**, selon les trois scénarios de modèles d'exploitation : scénario dépendant de la densité (a) scénario indépendant de la densité (b) et scénario de mortalité constante (c) sur une période de projection de trois générations (15 ans). Les zones grises représentent les 95 % centrales des trajectoires simulées, la ligne noire épaisse représente la médiane des 100 répétitions, et les lignes noires fines représentent les trajectoires choisies au hasard pour trois répétitions individuelles. La ligne pointillée verticale à l'année 2021 indique le début de la période visée par les projections.

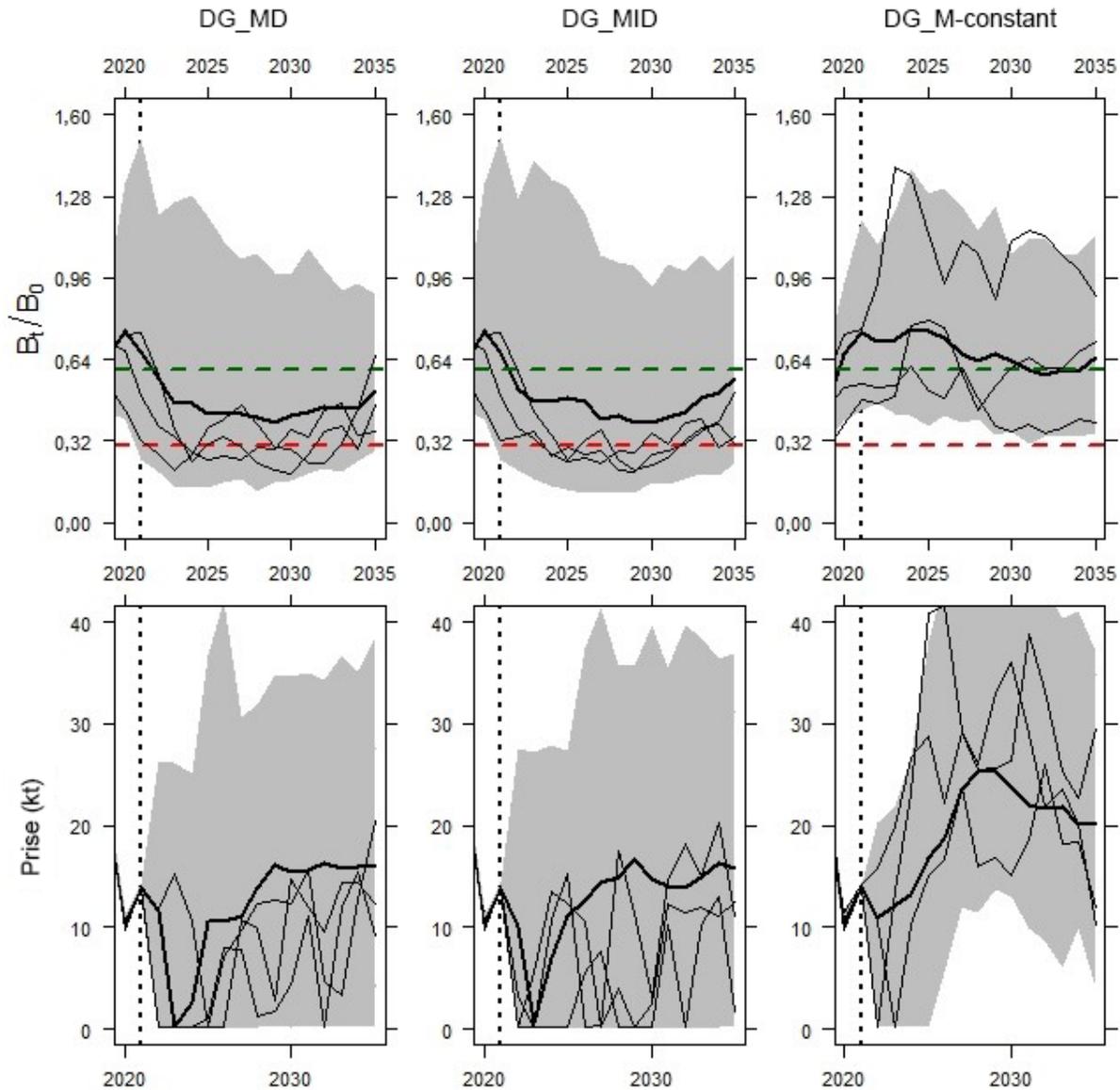


Figure 7. Enveloppes de simulation de l'épuisement des stocks de hareng du **détroit de Georgie** dans le cadre de la procédure de gestion **minE_PRL_TR0,2** selon le scénario de modèle opérationnel de mortalité naturelle constante (*conM*) sur une période de projection de trois générations (15 ans). Les zones grises représentent les 95 % centrales des trajectoires simulées, la ligne noire épaisse représente la médiane des 100 répétitions et les lignes noires fines représentent les trajectoires choisies au hasard pour trois répétitions individuelles. La ligne verticale pointillée qui a été tracée pour l'année 2021 indique le début de la période de prévision et les lignes horizontales tiretées indiquent des taux de 0,3 BSR_0 (rouge) et de 0,6 BSR_0 (vert).

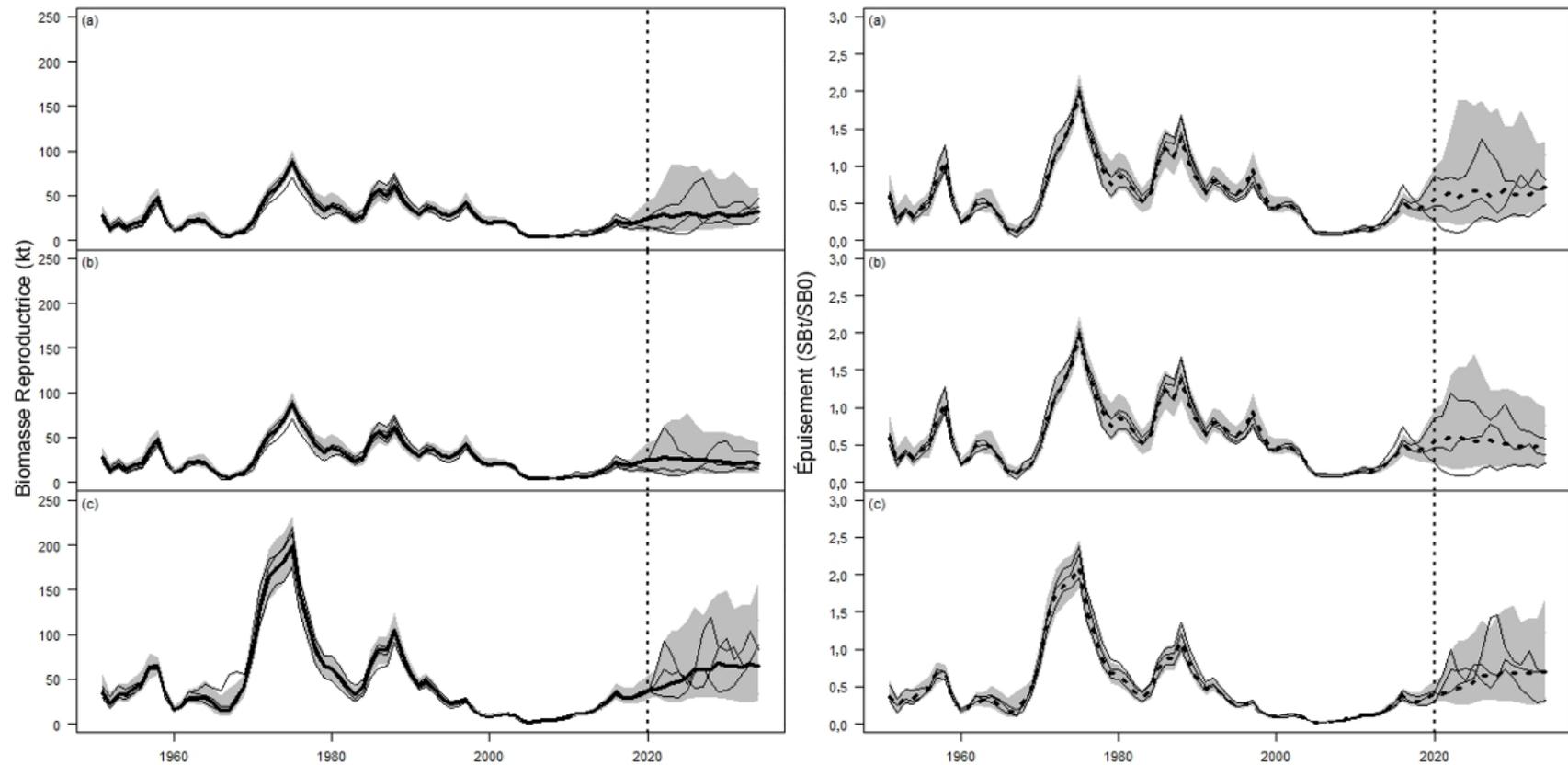


Figure 8. Enveloppes de simulation de la biomasse du stock reproducteur et de l'épuisement pour le hareng de la *côte ouest de l'île de Vancouver* dans le cadre de la procédure de gestion **BH50-60_TH0,15**, selon les trois scénarios de modèles d'exploitation : scénario dépendant de la densité (a), scénario indépendant de la densité (b) et scénario de mortalité constante (c) sur une période de projection de trois générations (15 ans). Les zones grises représentent les 95 % centrales des trajectoires simulées, la ligne noire épaisse représente la médiane des 100 répétitions, et les lignes noires fines représentent les trajectoires choisies au hasard pour trois répétitions individuelles. La ligne pointillée verticale à l'année 2020 indique le début de la période visée par les projections.

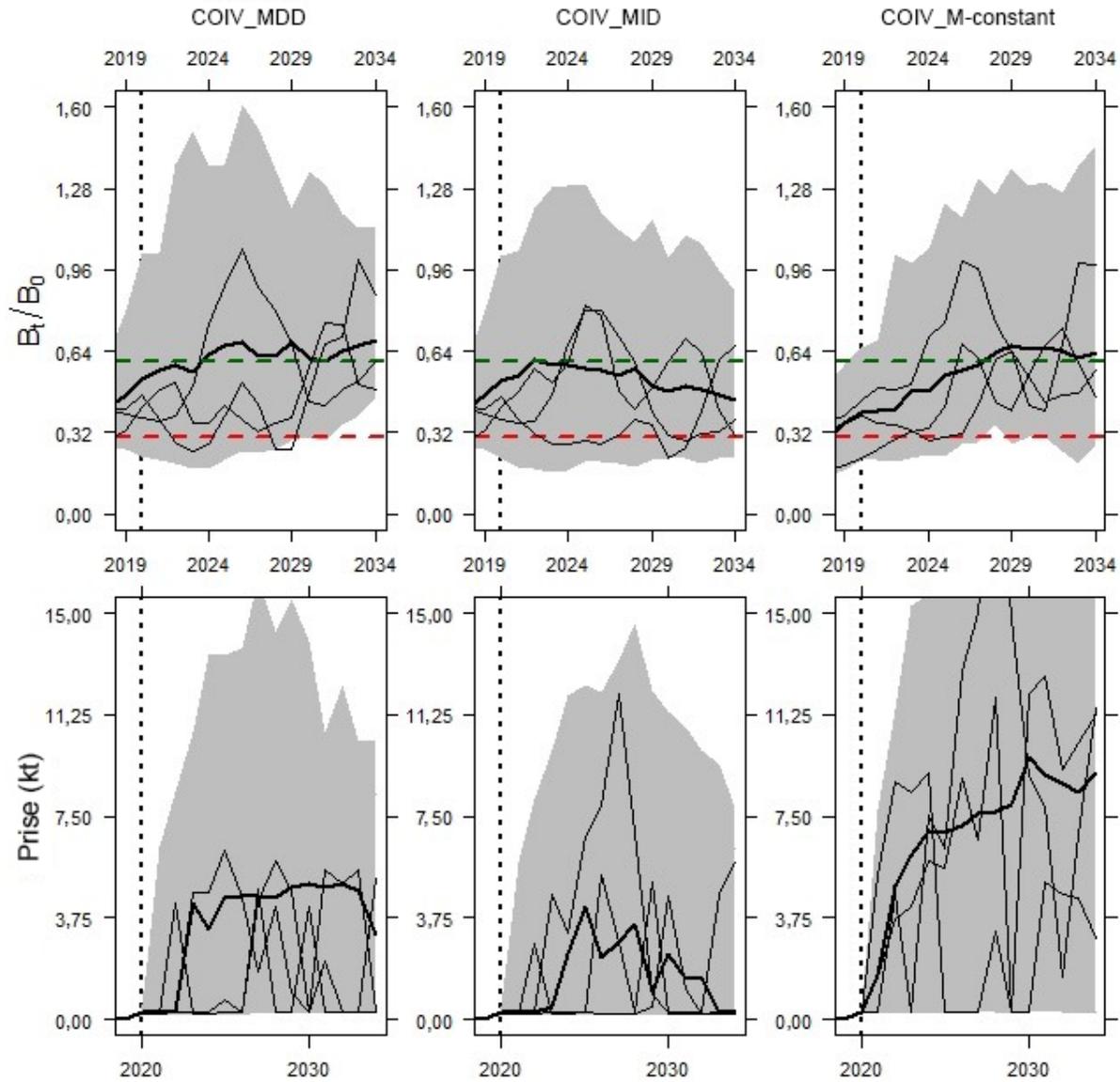


Figure 9. Enveloppes de simulation de l'épuisement des stocks de hareng de la **côte ouest de l'île de Vancouver** pour la procédure de gestion **BH50-60_TR0,15** dans le cadre du scénario de modèles opérationnels de mortalité naturelle constante sur une période de projection de trois générations (15 ans). Les zones grises représentent les 95 % centrales des trajectoires simulées, la ligne noire épaisse représente la médiane des 100 répétitions et les lignes noires fines représentent les trajectoires choisies au hasard pour trois répétitions individuelles. La ligne verticale pointillée qui a été tracée pour l'année 2020 indique le début de la période de prévision et les lignes horizontales tiretées indiquent des taux de 0,3 BSR_0 (rouge) et de 0,6 BSR_0 (vert).

Collaborateurs

Collaborateur	Organisme d'appartenance
Jaclyn Cleary	MPO, Sciences, région du Pacifique
Sarah Hawkshaw	MPO, Sciences, région du Pacifique
Matt Grinnell	MPO, Sciences, région du Pacifique
Samuel Johnson	Landmark Fisheries Research (application des méthodes)
Ashleen Benson	Landmark Fisheries Research (révisseuse)
Victoria Postlethwaite	MPO, Gestion des pêches, région du Pacifique (révisseuse)
Roger Kanno	MPO, Gestion des pêches, région du Pacifique (réviseur)
Lisa Christensen	MPO, Centre des avis scientifiques du Pacifique (rédactrice)

Approuvé par

Carmel Lowe
Directeur régional
Direction des sciences, Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada

2 février 2021

Sources de renseignements

- 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., et Taylor, N.G. 2019. [Points de référence limites potentiels comme base pour choisir parmi les autres règles de contrôle des prises pour le hareng du Pacifique \(*Clupea pallasii*\) en Colombie-Britannique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/050. viii + 52 p.
- Gelman, A., Carlin, J., Stern, H., Dunson, D., Vehtari, A., and Rubin, D. 2013. Bayesian data analysis. CRC press/ Chapman and Hall, London, 3rd ed.
- 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](#). Pêches et Océans Canada.
- MPO. 2019. [État du hareng du Pacifique \(*Clupea pallasii*\) en 2018 et prévisions pour 2019](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2019/001.
- 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, Avis sci. 2020/003.
- Rossi, S.P., Cox, S.P., Benoit, H.P., and Swain, D.P. 2019. Inferring fisheries stock status from competing hypotheses. Fish. Res. 216: 155-166.
- Seber, G. 1997. Estimation of Animal Abundance. Oxford University Press, 2nd edition.

Le présent rapport est disponible auprès du :

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

Téléphone : 250-756-7208

Courriel : csap@dfo-mpo.gc.ca

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

ISSN 1919-3815

ISBN 978-0-660-38282-1 N° cat. Fs70-7/2021-013F-PDF

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2021. Évaluation actualisée 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. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2021/013.

Also available in English:

DFO. 2021. *Updated evaluation of management procedures for Pacific Herring (Clupea pallasii) in the Strait of Georgia and the West Coast of Vancouver Island management areas of British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2021/013.*