



# ÉVALUATION DES PROCÉDURES DE GESTION DU HARENG DU PACIFIQUE (*CLUPEA PALLASII*) DANS LES ZONES DE GESTION DE LA RÉGION DE HAIDA GWAI, DU DISTRICT DE PRINCE RUPERT ET DE LA CÔTE CENTRALE 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 consiste à mener un processus d'évaluation des stratégies de gestion (ESG) afin d'examiner le rendement des procédures de gestion (PG) proposées par rapport à différentes hypothèses sur la dynamique future incertaine du stock et de la pêche. Le but de l'ESG consiste à relever les procédures de gestion qui offrent des résultats 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 mené avec la participation des Premières Nations, de l'industrie de la pêche et d'organisations gouvernementales et non gouvernementales.

L'ensemble de politiques du Cadre pour la pêche durable du MPO comprend le Cadre décisionnel sur les pêches intégrant l'approche de précaution (Politique sur l'AP; MPO 2009). La politique sur l'AP exige de définir des points de référence limites (PRL) qui serviront de seuils pour les états indésirables des stocks. Ces points fondés sur l'état ont été présentés et approuvés pour les cinq principales zones de gestion du hareng du Pacifique en février 2017 (MPO 2017, Kronlund *et al.* 2018). Il a été recommandé que l'étape suivante consiste à soumettre les procédures de gestion (PG) possibles à des essais de simulation en boucle fermée pour évaluer les conséquences du choix d'un PRL dans chaque région. Toutefois, la détermination d'une procédure de gestion privilégiée nécessite un ensemble d'objectifs mesurables bien définis qui comprennent des points de référence (généralement classés comme limites et cibles) et, dans la mesure du possible, la spécification d'objectifs liés aux prises, à leur variabilité et à des buts socioculturels. Par conséquent, les principaux objectifs de gestion des pêches, proposés par le MPO au Comité consultatif intégré de la pêche au hareng en mai 2017, ainsi que les objectifs potentiels propres aux stocks, proposés par les utilisateurs du hareng (Premières Nations et industrie de la pêche) sont inclus dans ce premier cycle de processus d'ESG pour les zones de gestion de Haida Gwaii (HG), du district de Prince Rupert (DPR) et de la côte centrale (CC).

En juillet 2018, un examen officiel par les pairs a porté sur le modèle opérationnel du hareng du Pacifique (modifié à partir de 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 (COIV) et du détroit de Georgie (DG) (MPO 2019). L'examen s'est concentré sur des essais par simulation en boucle fermée des PG selon trois scénarios décrivant les tendances futures de la mortalité naturelle, qui est le

facteur dominant de la dynamique du stock de hareng du Pacifique. Ces deux zones de gestion avaient été choisies pour lancer les processus d'ESG pour le hareng du Pacifique pour deux raisons. Premièrement, les stocks et les pêches dans ces deux zones couvrent toute la gamme des tendances historiques de la dynamique des stocks observées dans les zones de gestion du hareng en Colombie-Britannique. Par conséquent, l'expérience acquise pouvait s'appliquer aux trois autres zones de gestion principales. Deuxièmement, les objectifs de conservation et de pêche étaient disponibles, ayant été élaborés en partie par l'application de la Politique sur l'AP ainsi que dans le cadre des ateliers avec les Premières Nations de la COIV et les participants de l'industrie.

La Gestion des pêches du MPO a demandé à la Direction des sciences du MPO d'évaluer le rendement des procédures de gestion proposées pour les stocks du Nord afin de compléter les cycles initiaux des processus d'ESG. Les stratégies de récolte dans les zones de stock du Nord (c.-à-d. HG, DPR et CC) devaient être évaluées à l'aide du modèle opérationnel et de l'expérience acquise dans les zones de gestion de la COIV et du DG.

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 (PGIP) 2019-2020.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 15 août 2019 sur l'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.

## Renseignements de bas

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 renouvellement du cadre de gestion du hareng du Pacifique utilise l'ESG pour évaluer le rendement des procédures de gestion (PG) possibles par rapport aux hypothèses sur la dynamique passée et future des stocks et de la pêche.

Les principaux objectifs en matière de stocks et de pêche communs à toutes les zones de gestion sont énumérés dans le tableau 1. Ils reflètent l'intention de la politique d'éviter une limite de biomasse et d'atteindre une biomasse cible, ainsi que les buts concernant le niveau et la variabilité des prises dans le temps. Le présent document rend compte du rendement relatif des PG en fonction de paramètres liés à chaque objectif principal. Le rendement des PG est évalué en fonction des hypothèses actuelles sur la dynamique des stocks de hareng du Pacifique représentées par les modèles opérationnels (Benson *et al.* 2018<sup>1</sup>). L'analyse du rendement par rapport à ces objectifs principaux constitue le fondement de l'avis présenté dans ce document.

De plus, des objectifs propres à chaque zone sont en cours d'élaboration afin de tenir compte des buts proposés par les Premières Nations et l'industrie de la pêche dans le cadre des ateliers bilatéraux (annexe A – tableau A1). Des ateliers sur les objectifs propres à chaque zone

---

<sup>1</sup> 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.*

sont nécessaires pour déterminer leur priorité relative par rapport aux objectifs principaux. Les résultats des essais de simulation du rendement des PG sont présentés à l'annexe B à l'aide de paramètres correspondant aux objectifs propres à la zone. Ces résultats fournissent une illustration préliminaire des compromis probables pour les résultats de gestion qui découlent des objectifs propres à une zone.

Les premiers cycles d'ESG pour les zones de gestion de la COIV et de DG ont été achevés en 2018 (MPO 2019). Les étapes comprenaient l'élaboration d'un modèle opérationnel (MO), l'adaptation du MO aux données de surveillance des stocks et des pêches de hareng du Pacifique et des simulations en boucle fermée du rendement des PG pour d'autres scénarios de mortalité naturelle future (MPO 2019). Cette étude évaluait en particulier si les règles de contrôle des prises possibles dans le cadre des procédures de gestion conçues pour chaque zone pouvaient éviter d'atteindre le PRL avec une probabilité élevée (75 à 95 %) sur trois générations de hareng (15 ans).

Les leçons tirées des analyses de simulation pour les zones de gestion de la COIV et du DG peuvent être appliquées aux zones de stock du Nord, notamment :

- (i) Il faut probablement utiliser des PG différentes pour les zones de stock individuelles, car la dynamique sous-jacente des stocks et la réaction de ceux-ci à la récolte diffèrent d'une zone à l'autre;
- (ii) Le rendement de la gestion à long terme et le risque de dépassement d'une limite étaient dominés par le taux de récolte cible maximal et dépendaient moins de la forme particulière de la règle de contrôle des prises (p. ex. bâton de hockey, échappée constante);
- (iii) Un plafond de capture maximal peut être nécessaire pour atténuer les effets des erreurs d'évaluation positives.

Le modèle d'évaluation du hareng est généralement impartial dans de nombreux essais de simulation. Toutefois, les estimations annuelles de la biomasse reproductrice peuvent être très variables, certaines années présentant d'importantes erreurs d'évaluation positives ou négatives, selon la façon dont le modèle réagit aux nouvelles données. Une surestimation très importante de la biomasse et de la limite de capture peut entraîner une surpêche à court terme, qui est généralement plus coûteuse que la sous-exploitation. En effet, il faut parfois de nombreuses années, voire des décennies dans le cas du hareng, pour qu'un stock se rétablisse d'un état de faible biomasse. Les simulations pour la zone de gestion de la COIV ont montré que les risques d'erreurs d'évaluation positives pouvaient être atténués par des plafonds des prises qui fixent une limite supérieure aux prises indépendamment du modèle d'évaluation. Pour la zone de gestion de DG, les plafonds des prises étudiés en 2018 étaient trop élevés pour prendre effet très souvent dans les simulations. Afin de déterminer s'il est possible d'améliorer le rendement des PG, on réalise ici des analyses supplémentaires avec des plafonds des prises inférieurs en utilisant les mêmes méthodes et objectifs que ceux appliqués par le MPO (2019). Un résumé est donné ci-après; l'analyse et la réponse complètes sont présentées à l'annexe C.

## Analyse et réponse

Le présent document utilise une approche de simulation en boucle fermée pour évaluer le rendement relatif des PG possibles pour les zones de gestion de HG, du DPR et de la CC, en reprenant la méthodologie identique présentée dans MPO (2019). Dans chaque zone, les PG diffèrent de par la forme de la règle de contrôle des prises (RCP) et les choix du plafond de capture, mais elles utilisent les mêmes données de surveillance des stocks et des pêches et le même modèle d'évaluation. Nous conservons le terme PG 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 RCP. Les sous-sections suivantes décrivent brièvement chaque élément de la simulation du rendement des PG. En particulier, nous nous concentrons sur les volets des PG et les modèles opérationnels qui sont propres à chaque région de stock nordique. Des détails supplémentaires sur les procédures de simulation, les vérifications diagnostiques et les calculs de la mesure du rendement sont fournis dans MPO (2019). Des analyses supplémentaires pour la zone de gestion du DG sont détaillées à l'annexe C, et les principaux résultats sont présentés ci-après.

### Objectifs de gestion

Le présent document évalue uniquement le rendement des PG par rapport à l'objectif de conservation principal – « éviter d'atteindre le PRL de  $0,3G_0$  avec une probabilité élevée (75 à 95 %) sur trois générations de hareng (MPO 2019) ». Les PG qui ne permettent pas d'atteindre cet objectif doivent être soit modifiées, soit écartées de la suite de l'examen. Certaines PG qui avaient initialement été demandées dans le cadre d'ateliers n'ont pas permis d'atteindre cet objectif de conservation. Pour les zones de gestion du DPR et de la CC, nous présentons néanmoins leur performance pour illustrer les effets des modifications visant à augmenter la probabilité de réussite au test de conservation.

Le rendement par rapport aux objectifs de biomasse et de rendement (Tableau 1) qui sont subordonnés à l'objectif de conservation principal 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'AP (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. La collaboration avec les utilisateurs de hareng (Premières Nations, industrie) peut fournir une appréciation plus complète des buts socioculturels et économiques pour chaque stock et chaque zone de gestion et, idéalement, permettre de fixer l'ordre de priorité des objectifs principaux et des objectifs propres à une zone.

### Procédures de gestion pour les zones de gestion du Nord

#### PG historique

La PG historique (PG1) pour le hareng du Pacifique est composée des éléments suivants :

- (i) Un modèle statistique d'évaluation des prises selon l'âge (Martell *et al.* 2012; Cleary *et al.* 2018) qui estime la biomasse actuelle du stock reproducteur au cours de l'année T ( $\hat{B}_T$ ), la biomasse d'équilibre non exploitée du stock reproducteur ( $\hat{B}_0$ ) et une prévision de la biomasse du stock reproducteur avant la pêche pour l'année suivante ( $\hat{B}_{T+1}$ );
- (ii) Une règle de contrôle des prises pour les échappées minimales consistant en un taux de récolte cible maximal de 20 % lorsque la biomasse prévue du stock reproducteur est supérieure à un niveau minimal d'échappée de cette biomasse ( $E$ ) ou « seuil » fixé à une estimation de  $0,25 B_0$  (Hall *et al.* 1988).

Pour imiter l'application historique de la RCP, la PG1 met en œuvre des valeurs seuils fixes à partir de 1996. La forme mathématique de la règle de l'échappée minimale pour l'établissement d'un total admissible des captures ( $C_{T+1}$ ) pour l'année à venir est :

$$\text{Eq 1.} \quad C_{T+1} = \min\{B_{T+1} - E, 0.2 * B_{T+1}\}$$

Les valeurs de l'échappée minimale ( $E$ ) pour chaque stock sont données sur la Figure 1 et comme PG1 dans le tableau 2. Les données requises pour les PG historiques sont décrites dans le tableau 1.

### PG de rechange

Nous avons examiné 10 autres PG pour les zones de gestion de HG, du DPR et de la CC (Tableau 2). Nous incluons une valeur de 0 prise (AucunePrise) pour chaque combinaison stock-scénario afin de démontrer la probabilité d'atteindre l'objectif du PRL en l'absence de pêche et de fournir une référence commune pour le rendement des PG. Nous incluons également une PG de « ralentissement » qui exige que la biomasse reproductrice soit au-dessus du point de contrôle inférieur de la règle de contrôle des prises pendant au moins trois ans avant d'autoriser la pêche.

Les prélèvements à des fins alimentaires, sociales et rituelles (ASR) de 136 t (150 tonnes américaines) sont simulés pour chaque année de projection pour toutes les PG, à l'exception de la PG9, qui repose sur l'hypothèse d'aucune pêche de quelque sorte que ce soit. 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 trois zones de gestion du Nord 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.* 2018<sup>1</sup>. Les modèles opérationnels simulent une période historique  $T_0 \leq t \leq T_1 - 1$  correspondant à 1951 - 2018 et une période de projection  $T_1 \leq t \leq T_2$  correspondant à 2019 – 2033 (c.-à-d. trois générations de hareng, le temps de génération étant calculé selon Seber 1997). L'incertitude concernant l'historique des stocks est représentée par une approximation de la distribution de probabilités a posteriori commune des paramètres du modèle opérationnel. Ces distributions ont été obtenues en intégrant numériquement les fonctions de densité a posteriori du modèle d'évaluation des stocks de hareng du Pacifique de 2018 sur l'espace des paramètres en utilisant la méthode de Monte Carlo par chaîne de Markov (MCCM, Gelman 2013), dans laquelle un échantillon de 5 000 points postérieurs est sélectionné parmi 5 000 000 tirages MCCM avec une hypothèse de mortalité naturelle  $-M$  variable dans le temps ou constante. Pour plus de détails, voir Benson *et al.* (2018)<sup>1</sup>.

Nous avons utilisé trois scénarios de modèle opérationnel (MO) pour représenter la dynamique du hareng du Pacifique à partir de différentes hypothèses sur la variabilité temporelle de la mortalité naturelle ( $M$ ). À la suite des recommandations des examinateurs pour l'analyse des zones de gestion de la COIV et du DG (MPO 2018), nous définissons un scénario de MO de référence qui correspond le mieux aux observations historiques des stocks et des pêches de hareng. Un ensemble distinct de MO de robustesse représente d'autres hypothèses sur la productivité future du hareng. Les MO de référence et de robustesse sont décrits dans le tableau 1. Chaque version de conditionnement du MO applique les méthodes décrites dans Benson *et al.* (2018)<sup>1</sup> et les estimations des paramètres du MO pour HG, le DPR et la CC sont présentées dans le tableau 3.

**Modèle opérationnel de référence : M dépendante de la densité**

Le scénario du modèle opérationnel de mortalité dépendante de la densité (MDD) repose sur l'hypothèse que les taux de mortalité naturelle futurs reviendront à la moyenne à long terme estimée sur l'ensemble de la période historique (1951-2018; Figure 3, ligne du haut). De plus, le scénario MDD ajoute une impulsion de basse fréquence/forte mortalité naturelle lorsque la biomasse tombe en dessous de 30 % de la valeur  $B_0$  du modèle opérationnel pour simuler des conditions dans lesquelles une biomasse faible du stock reproducteur peut entraîner des dommages graves pour le stock. Dans ce scénario, les valeurs  $B_0$  du modèle opérationnel sont fixées à la valeur estimée de l'évaluation du stock de conditionnement la dernière année de la période historique.

**Modèle opérationnel de robustesse : M indépendante de la densité**

Les MP de robustesse sont inclus en tant qu'hypothèses de rechange plausibles au sujet des tendances futures de la mortalité naturelle qui pourraient avoir des répercussions importantes sur les résultats de la gestion. Le scénario de mortalité indépendante de la densité (MID) repose sur l'hypothèse que les taux de mortalité naturelle futurs reviendront à la moyenne estimée sur les 10 dernières années (Figure 3, ligne du milieu). Le scénario MID n'incorpore pas d'impulsions de mortalité naturelle à basse fréquence, comme c'est le cas pour le scénario MDD.

**Modèle opérationnel de robustesse : M constante**

Un scénario de mortalité naturelle constante (conM) est utilisé comme deuxième MO de robustesse pour représenter une autre perspective dans laquelle la mortalité naturelle reste constante dans le temps (Figure 3, ligne du bas). Ce scénario suppose un taux de mortalité naturelle constant pour la période historique et simule une mortalité naturelle moyenne constante pendant la période de projection. Le scénario conM représente un écart assez grand, mais potentiellement important, par rapport au MO de référence dans lequel, par contraste, la mortalité naturelle est très variable au cours des périodes passées et futures, comme décrit dans Benson *et al.* (2018)<sup>1</sup>.

**Résultats de l'évaluation des procédures de gestion****Haida Gwaii**

Aucune PG, y compris la PG AucunePrise\_AucuneASR (MP9), n'a été en mesure de satisfaire à l'objectif de conservation principal (Tableau 1) dans le scénario de référence MDD pour la zone de gestion de HG (Tableau 4.). La probabilité que la biomasse du stock reproducteur soit supérieure au PRL variait de 21 % à 36 % pour les 11 PG. D'autres simulations fondées sur les MO de robustesse ont été jugées inutiles étant donné l'échec des PG avec le MO de référence. Le MO de référence (Figure 3) simule un scénario dans lequel la mortalité naturelle sur les trois prochaines générations ne diminuera pas aux niveaux d'avant 2000, lorsque la biomasse et la productivité du hareng étaient plus élevées. Le rendement simulé des PG pour HG est conforme à la plus récente évaluation des stocks, qui décrit le stock de HG comme persistant dans un état de faible biomasse et de faible productivité depuis 2000 (MPO 2019b).

**Côte centrale**

La PG historique pour le hareng de la CC (PG1), qui utilise un taux de capture cible maximal de 20 %, n'a pas été en mesure d'atteindre l'objectif du PRL selon les hypothèses de mortalité dépendante de la densité du MO de référence (Tableau 5). Toutefois, les PG qui appliquaient des taux de récolte cibles de 10 % ou moins ont atteint l'objectif principal du PRL avec le MO de référence. Ce résultat est conforme à l'expérience tirée des analyses du DG et de la COIV (voir

la section Renseignements de base, leçons retenues [iii]). L'inclusion d'un plafond de capture de 5 000 t (PG6) n'a pas sensiblement amélioré l'état de conservation, peut-être parce que le plafond avait été fixé trop haut pour influencer le rendement.

Les sept PG qui satisfont à l'objectif de conservation avec le MO de référence ont été testés plus avant par rapport aux scénarios définis par les OM de robustesse MID et conM (Tableau 6). Comme prévu, le rendement par rapport à l'objectif de conservation a été pire pour toutes les PG (y compris celles sans pêche) dans le scénario MID, parce que les taux de mortalité naturelle augmentent au cours de la période de projection pour ce MO. En revanche, toutes les PG sont en mesure d'atteindre l'objectif de conservation (toutes les probabilités > 98 %) dans le cadre du MO de robustesse conM parce que les taux de mortalité naturelle projetés sont plus faibles que dans le passé récent.

### **District de Prince Rupert**

Comme pour le hareng de la CC, la PG historique (PG1) n'a pas atteint l'objectif de conservation du MO de référence. Toutes les PG ayant des taux de récolte cibles maximaux de 10 % ou moins ont atteint l'objectif de conservation avec une probabilité de 76 à 78 % et deux des PG ayant des taux de récolte cibles maximaux de 20 % (PG2 et PG13) ont également atteint l'objectif de conservation (Tableau 7). Dans l'ensemble, les PG ayant obtenu les meilleurs résultats par rapport à l'objectif de conservation pour le DPR comprennent une série de points de contrôle opérationnels, des taux de récolte cibles à 20 % ou moins et des plafonds des prises. Un plafond des prises de 2 500 t (PG6) n'a pas sensiblement augmenté la probabilité de dépasser le PRL sur 15 ans, bien qu'il réduise les prises moyennes de 620 t (PG6 par rapport à PG5).

Les huit PG qui satisfont à l'objectif de conservation selon le MO de référence ont été testés par rapport aux scénarios définis par les OM de robustesse MID et conM (Tableau 8). Comme pour la zone de gestion de la CC, le rendement par rapport à l'objectif du PRL est moins bon pour toutes les PG dans le scénario MID et relativement meilleur dans le scénario conM, principalement en raison de la mortalité naturelle moyenne plus basse.

### **PG de ralentissement**

Les PG de ralentissement n'ont pas été en mesure d'atteindre l'objectif de conservation pour les zones de gestion de la CC et du DPR, principalement parce que nous n'avons inclus cette option qu'avec des taux de récolte cibles maximaux de 20 %, qui ont généralement mal réussi dans les conditions simulées par le MO de référence.

### **Détroit de Georgie**

Les recommandations de récolte pour les pêches de hareng dans le DG en 2019 ont été fournies en utilisant la PG4 avec un plafond de capture de 30 000 t (BH30-60\_TR.2\_cap30.0, MPO 2019b). L'annexe C décrit les analyses supplémentaires de six plafonds des prises différents pour la PG4 utilisés pour étudier plus en détail le rôle des plafonds des prises plus bas dans l'atténuation des risques d'erreurs d'évaluation positives. Pour le DG, les plafonds des prises compris entre 30 000 t et 5 000 t n'ont donné aucun gain discernable dans le rendement de conservation avec les trois scénarios du MO (tableau C2) et les taux de récolte médians ne dépassent jamais le taux de récolte maximal cible de 20 % (figure C1, ligne du bas, première colonne). Comme les PG vont de la PG sans plafond (BH30-60\_TR.2) au plafond le plus restrictif de 5 kt (BH30-60\_TR.2\_cap5.0), le plafond est appliqué plus souvent et les enveloppes entières du taux de récolte se situent plus bas sous le taux de récolte cible maximal de 20 %. Les PG prévoyant un plafond des prises de 20 kt ou moins dépassent rarement le taux de récolte cible maximal de 20 % (figure C1, ligne du bas).

## 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 étude étend les données de MPO (2019) aux trois zones de gestion du hareng du Pacifique Nord, et les données de surveillance des stocks et des pêches ont été mises à jour pour inclure celles de 2018. Comme pour les données de MPO (2019), l'incapacité d'atteindre l'objectif de conservation principal (Tableau 1) sert à éliminer les PG en vue de l'examen ultérieur.

Pour la zone de gestion de HG, aucune PG, y compris les PG historiques et les PG sans pêche, n'a obtenu un rendement satisfaisant par rapport à l'objectif de conservation. Pour les zones de gestion de la CC et du DPR, plusieurs PG ont pu éviter d'atteindre le PRL avec une probabilité d'au moins 75 % dans le scénario MDD de référence et le scénario conM, mais elles n'y sont pas parvenues dans les conditions simulées par le scénario MID.

Les scénarios du MO de robustesse, tels que MID et conM sont inclus ici en tant qu'autres hypothèses sur la productivité passée et future des stocks de hareng du Pacifique. Bien qu'il existe de nombreuses façons possibles d'intégrer le rendement des PG dans les essais de robustesse au processus décisionnel, il n'existe actuellement aucune « meilleure méthode scientifique » reconnue pour combiner les résultats de plusieurs modèles opérationnels (Rossi *et al.* 2019). Pour le hareng du Pacifique, une augmentation indépendante de la densité à l'avenir dans le scénario MID entraînerait des probabilités inférieures à 75 % d'atteindre l'objectif de conservation, même en l'absence de pêche. De plus, dans ce scénario, plusieurs PG n'avaient que des impacts mineurs sur les probabilités d'atteindre le PRL. Par exemple, pour la zone de gestion de la CC avec le scénario MID, les PG5 (BH30-60\_TR0,1) et PG7 (BH30-60\_TR0,05) avaient des probabilités de maintenir le stock au-dessus du PRL de 52 % et 55 %, respectivement, comparativement à 60 % en l'absence de pêche.

Cette étude montre qu'un certain nombre de PG peuvent atteindre l'objectif de conservation fixé pour le hareng du Pacifique avec le MO de référence pour les zones de gestion de la CC et du DPR, et que l'ensemble particulier de PG qui atteignent ces objectifs est différent selon les zones de gestion. Ce résultat reflète l'une des principales leçons retenues des analyses du DG et de la COIV, où le rendement des PG différait d'une région à l'autre en raison de la dynamique différente des stocks et des pêches (voir la section Renseignements de base, leçons retenues [i], MPO 2019).

Pour la zone de gestion de la CC, les PG qui obtiennent les meilleurs résultats par rapport à l'objectif de conservation ont un taux de récolte de 10 % ou moins et comprennent une gamme de choix de points de contrôle opérationnels. Le plafond des prises proposé de 5 000 t n'a eu aucun effet sur le rendement de la gestion dans les conditions simulées, ce qui donne à penser que la biomasse estimée (et potentiellement les erreurs d'évaluation) et les prises ont rarement augmenté jusqu'au point où l'application du taux de récolte cible donnait des prises > 5 000 t.

Pour la zone de gestion du DPR, les PG les plus performantes avaient généralement des taux de récolte de 10 % ou moins, bien qu'une PG ayant un taux de récolte de 20 %, la PG2, ait atteint l'objectif de conservation parce qu'elle utilisait également un point de contrôle inférieur très conservateur de  $0,5 B_0$ . Ce choix s'est traduit par des fermetures de pêche plus fréquentes à mesure que la biomasse du stock reproducteur diminuait sous le point de contrôle inférieur.

Bien que plusieurs PG soient en mesure d'atteindre les objectifs de conservation principaux de la CC et du DPR, elles impliquent également des compromis différents entre la biomasse (p. ex. l'écosystème) et les résultats du rendement. Pour les zones de gestion où plusieurs PG atteignent l'objectif de conservation, il est nécessaire d'établir un classement plus détaillé des objectifs restants afin de fournir aux décideurs un ensemble de choix de compromis souples. Les mécanismes de classement des objectifs peuvent comprendre des ateliers et la détermination explicite des priorités existantes en matière de récolte ou d'accès. Il est nécessaire de classer les objectifs pour mettre en évidence les compromis entre les PG afin de déterminer et d'éliminer les résultats indésirables.

Pour la zone de gestion du DG, une comparaison des plafonds des prises de 30 000 t à 5 000 t (ajoutés à la PG4) n'a montré aucun gain discernable dans le rendement de conservation avec les trois scénarios du MO. Les préoccupations entourant les erreurs d'évaluation positives menant à la surexploitation ont été étudiées en examinant des taux de récolte simulés. Dans un cadre de simulation, il y a surexploitation lorsque les taux de récolte simulés dépassent le taux de récolte cible de la PG.

Les résultats des projections sur 15 ans montrent que les taux de récolte médians ne dépassent jamais le taux de récolte cible maximal de 20 % pour le DG. Pour les années de projection individuelles, toute l'enveloppe du taux de récolte passe encore plus bas sous le taux de récolte cible maximal de 20 % à mesure que les plafonds des prises deviennent plus restrictifs. Les PG avec des prises plafonnées à 20 kt ou moins dépassent rarement le taux de récolte cible maximal de 20 % et pourraient être prises en considération s'il s'agit effectivement d'un objectif opérationnel.

## Tableaux

Tableau 1. Composantes du cadre de gestion du hareng communes au cycle 1 de l'ESG dans toutes les zones de stock.

Composante du cadre de gestion		Description	Détails
Principaux objectifs	Conservation (PRL)	Éviter d'atteindre le point de référence limite (PRL) de $0,3B_0$ avec une probabilité élevée sur trois générations de hareng, où la « probabilité élevée » est définie comme s'échelonnant entre 75 et 95 %.	Objectif 1
	Biomasse (cible B)	Maintenir la biomasse du stock reproducteur au niveau ou au-dessus de $0,60 B_0$ avec une probabilité d'au moins 50 % sur trois générations de hareng.	Objectif 2
	Prises	Maintenir la variabilité annuelle moyenne des prises à moins de 25 % sur trois générations de hareng.	Objectif 3
		Optimiser les prises moyennes annuelles sur trois générations de hareng.	Objectif 4
Modèle opérationnel	Mortalité naturelle dépendante de la densité (MDD)	Les valeurs futures de $M_t$ reviennent à la moyenne à long terme estimée pour l'ensemble de la période historique 1951-2018.  Simule des événements à basse fréquence/haut taux de mortalité lorsque la biomasse tombe en dessous du PRL de 30 % de $B_0$ .	Figure 3, ligne du haut
	Mortalité naturelle indépendante de la densité (MID)	Les taux de mortalité naturelle futurs $M_t$ reviennent au taux moyen estimé pour les 10 dernières années (c.-à-d. la moyenne de $\hat{M}_{2009:2018}$ ).	Figure 3, ligne du milieu
	Mortalité naturelle constante (conM)	Les taux de mortalité naturelle futurs $M_t$ sont maintenus à la moyenne historique.	Figure 3, ligne du bas
Procédure de gestion	Données	(1) Données sur les prises de la pêche 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 du hareng pour le relevé 1 (surface, 1951-1987) et le relevé 2 (plongée, 1988-2018);  (3) Observations des proportions selon l'âge provenant des pêches commerciales et du programme de pêche expérimentale et d'échantillonnage biologique.	(Cleary <i>et al.</i> 2018)

Composante du cadre de gestion		Description	Détails
	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 PG dans le cycle 1 de l'ESG dans toutes les zones de stock. Voir les PG possibles dans le tableau 2.	Tableau 2

Tableau 2. Procédures de gestion (PG) mises à l'essai par rapport au MO de référence (MDD) pour chacune des trois zones de gestion du Nord. Les PG sont une combinaison de la forme fonctionnelle de la RCP, du point de contrôle inférieur (PCI), du point de contrôle supérieur (non requis pour la forme fonctionnelle minE; PCS), du taux de récolte (TR) ( $U_{target}$ ), des prises maximales (plafond) et du nombre d'années au-dessus du PCI. Par exemple, pour le hareng de Haïda Gwaii, la PG1 est minE10,7\_TR0,2; pour le hareng du DPR, la PG13 est BH50-60\_TR0,2\_cap2,5. Les étiquettes PG sont utilisées pour faire référence aux PG dans le texte. La PG historique (PG1) est marquée d'un astérisque et les PG mentionnées dans MPO 2019 sont ombrées en gris. Trois autres PG (PG10, PG11 et PG14) figurent à l'annexe B (tableau A2).

PG	Étiquette	$U_{target}$ (TR)	Prises maximales (t)			Forme fonctionnelle de la RCP	Point de contrôle inférieur (PCI)			PCS	Années au- dessus du PCI
			HG	CC	DPR		HG	CC	DPR		
PG1*	minE-LCP_TR0,2	0,2	-	-	-	minE	10 700 t	17 600 t	12 100 t	-	-
PG2	minE0.5B0_TR0,2	0,2	-	-	-	minE	0,5 $B_0$	0,5 $B_0$	0,5 $B_0$	-	-
PG3	minE.5B0_TR0,1	0,1	-	-	-	minE	0,5 $B_0$	0,5 $B_0$	0,5 $B_0$	-	-
PG4	BH30-60_TR0,2	0,2	-	-	-	BH	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,6 $B_0$	-
PG5	BH30-60_TR0,1	0,1	-	-	-	BH	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,6 $B_0$	-
PG6	BH30-60_TR0,1_cap	0,1	3 000	5 000	2 500	BH	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,6 $B_0$	-
PG7	BH30-60_TR0,05	0,05	-	-	-	BH	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,6 $B_0$	-
PG8	AucunePrise_ASR	est.	136	136	136	-	-	-	-	-	-
PG9	AucunePrise_AucuneASR	0	0	0	0	Pas d'ASR	-	-	-	-	-
PG12	BH30-60_TR0,2_slowUp3	0,2	-	-	-	BH	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,3 $B_0$	0,6 $B_0$	3
PG13	BH50-60_TR0,2_cap	0,2	3 000	5 000	2 500	BH	0,5 $B_0$	0,5 $B_0$	0,5 $B_0$	0,6 $B_0$	-

Tableau 3. Propriétés du modèle opérationnel du hareng découlant des ajustements aux données historiques. Pour chaque zone de gestion du hareng 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 : l'écart-type de l'erreur d'observation ( $t_{obs}$ ), l'écart-type de l'erreur du processus de stock-recrutement ( $S_R$ ), la capturabilité estimée du relevé de surface ( $q_4$ ), 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 ( $B_0$ ), la biomasse du stock reproducteur en 2018 ( $B_{2018}$ ) et l'affaissement du stock reproducteur en 2018 ( $D_{2018} = B_{2018} / B_0$ ). Les unités de biomasse sont exprimées en milliers de tonnes métriques (t) et la mortalité naturelle en année<sup>-1</sup>.

Stock	Hypothèse $M$	$l$	$t_{obs}$	$S_R$	$q_{4(surface)}$	$h$	$M_0$	$\bar{M}$	$B_0$	$B_{2018}$	$D_{2018}$
<b>HG</b>	Variable dans le temps	-388,156	0,539	0,864	0,412	0,776	0,411	0,577	22,610	4,029	0,127
		-	0,045	0,062	0,047	0,075	0,142	0,031	3,581	1,815	0,084
<b>HG</b>	Constante	-257,164	0,644	1,096	0,120	0,494	0,645	-	71,323	12,320	0,166
		-	0,016	0,020	0,005	0,025	0,005	-	3,932	1,365	0,024
<b>CC</b>	Variable dans le temps	-834,62	0,444	0,782	0,333	0,806	0,471	0,424	52,938	16,480	0,361
		-	0,042	0,054	0,029	0,070	0,156	0,025	8,036	5,928	0,202
<b>CC</b>	Constante	-705,698	0,634	0,884	0,248	0,687	0,456	-	75,295	35,483	0,634
		-	0,048	0,063	0,021	0,075	0,017	-	16,518	5,781	0,168
<b>DPR</b>	Variable dans le temps	-763,7795	0,494	0,767	0,555	0,685	0,450	0,365	59,012	16,524	0,293
		-	0,044	0,057	0,046	0,096	0,160	0,022	15,703	5,730	0,155
<b>DPR</b>	Constante	-656,9275	0,477	0,814	0,426	0,649	0,417	-	61,698	23,776	0,461
		-	0,039	0,058	0,025	0,100	0,015	-	16,675	4,655	0,127

Tableau 4. Rendement de la procédure de gestion pour le stock de Haida Gwaii avec le MO de référence (HG\_MDD). Les critères de rendement sont calculés sur trois générations (15 ans) à partir du début de la période visée par les projections pour tous les objectifs de gestion (tableau 1). Les PG sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (Obj1).

Scénario PG	Critère Étiquette	Conservation	Biomasse	Rendement		Prises < 650 t min.
		Objectif 1 (PRL) > 75 % $P(B_t > .3B_0)$	Objectif 2 > 50 % $P(B_t > .6B_0)$	Objectif 3 < 25 % AAV	Objectif 4 max. $\bar{C}_t$	
HG_MDD 9	AucunePrise_AucuneASR	0,36	0,1	0	0	1
HG_MDD 8	AucunePrise_ASR	0,33	0,09	10,6	0,16	1
HG_MDD 7	BH30-60_TR0,05	0,32	0,09	31,45	0,25	0,88
HG_MDD 3	minE.5B0_TR0,1	0,32	0,08	40,1	0,3	0,87
HG_MDD 5	BH30-60_T0,1	0,31	0,08	42,56	0,34	0,84
HG_MDD 6	BH30-60_TR0,1_cap3,0	0,31	0,08	42,5	0,34	0,84
HG_MDD 13	BH50-60_TR0,2_cap3,0	0,31	0,07	45,09	0,38	0,87
HG_MDD 2	minE0,5B0_TR0,2	0,31	0,07	55,47	0,4	0,87
HG_MDD 1	minE10,7_TR0,2	0,31	0,07	44,01	0,36	0,89
HG_MDD 12	BH30-60_TR0,2_slowUp3	0,30	0,07	53,76	0,41	0,85
HG_MDD 4	BH30-60_TR0,2	0,29	0,06	56,77	0,49	0,8

Tableau 5. Rendement de la procédure de gestion pour la zone de gestion de la côte centrale avec le MO de référence (CC\_MDD). Les critères de rendement sont calculés sur trois générations (15 ans) à partir du début de la période visée par les projections pour tous les objectifs de gestion (tableau 1). Les PG sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (objectif 1), celles qui dépassent le seuil minimum de 75 % étant indiquées en caractères gras.

Scénario	PG	Étiquette	Conservation	Biomasse	Rendement		
			Objectif 1 (PLR) > 75 %	Objectif 2 > 50 %	Objectif 3 < 25 %	Objectif 4 max.	Prises < 650 t min.
			$P(B_t > .3B_0)$	$P(B_t > .6B_0)$	AAV	$\bar{C}_t$	$P(C_t < 650)$
CC_MDD	9	<b>AucunePrise_AucuneASR</b>	79 %	44 %	0	0	100 %
CC_MDD	8	<b>AucunePrise_ASR</b>	78 %	42 %	6,74	0,27	100 %
CC_MDD	7	<b>BH30-60_TR0,05</b>	77 %	37 %	39,92	1,09	45 %
CC_MDD	3	<b>minE0,5B0_TR0,1</b>	76 %	33 %	52,3	1,54	57 %
CC_MDD	5	<b>BH30-60_TR0,1</b>	75 %	32 %	47,96	1,81	33 %
CC_MDD	6	<b>BH30-60_TR0,1_cap5,0</b>	75 %	32 %	46,1	1,81	33 %
CC_MDD	2	minE0,5B0_TR0,2	74 %	25 %	69,8	2,32	60 %
CC_MDD	13	BH50-60_TR0,2_cap5,0	72 %	27 %	44,97	2,6	30 %
CC_MDD	4	BH30-60_TR0,2	71 %	21 %	60,14	2,96	31 %
CC_MDD	12	BH30-60_TR0,2_slowUp3	71 %	22 %	62,17	2,92	36 %
CC_MDD	1	minE17,6_TR0,2	70 %	20 %	62,84	3,26	38 %

Tableau 6. Rendement de la procédure de gestion (PG) avec le MO de référence (CC\_MDD) et les MO de robustesse (CC\_MID et CC\_conM) pour les procédures qui ont passé le critère de rendement du PRL avec le MO de référence. Les critères de rendement sont calculés sur trois générations (15 ans) à partir du début de la période visée par les projections pour tous les objectifs de gestion (tableau 1). Les PG sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (Obj1).

Scénario	PG	Étiquette	Conservation	Biomasse	Rendement		
			Objectif 1 (PRL)	Objectif 2	Objectif 3 (Variabilité des prises)	Objectif 4 (Rendement moyen)	Prises < 650 t (Probabilité Pr < 650 t)
Critère			> 75 %	> 50 %	< 25 %	max.	min.
			$P(B_i > .3B_0)$	$P(B_i > .6B_0)$	AAV	$\bar{C}_i$	$P(C_i < 650)$
CC_MDD	9	AucunePrise_AucuneASR	79 %	44 %	0	0	100 %
CC_MDD	8	AucunePrise_ASR	78 %	42 %	6,74	0,27	100 %
CC_MDD	7	BH30-60_TR0,05	77 %	37 %	39,92	1,09	45 %
CC_MDD	3	minE0,5B0_TR0,1	76 %	33 %	52,3	1,54	57 %
CC_MDD	5	BH30-60_TR0,1	75 %	32 %	47,96	1,81	33 %
CC_MDD	6	BH30-60_TR0,1_cap5,0	75 %	32 %	46,1	1,81	33 %
CC_MID	9	AucunePrise_AucuneASR	60 %	22 %	0	0	100 %
CC_MID	8	AucunePrise_ASR	58 %	21 %	9,33	0,27	100 %
CC_MID	7	BH30-60_TR0,05	55 %	17 %	40,94	0,66	64 %
CC_MID	3	minE0,5B0_TR0,1	55 %	15 %	44,3	0,78	74 %
CC_MID	5	BH30-60_TR0,1	52 %	14 %	54,68	1	52 %
CC_MID	6	BH30-60_TR0,1_cap5,0	52 %	14 %	53,32	1	52 %
CC_conM	9	NoFish_NoFSC	100 %	85 %	0	0	100 %
CC_conM	8	NoFish_FSC	100 %	84 %	6,67	0,27	100 %
CC_conM	7	BH30-60_TR0,05	99 %	75 %	39,69	2,68	15 %
CC_conM	6	BH30-60_TR0,1_cap5,0	99 %	69 %	26,62	3,93	11 %
CC_conM	5	BH30-60_TR0,1	98 %	67 %	41,6	4,69	11 %
CC_conM	3	minE0,5B0_TR.1	98 %	67 %	45,77	4,62	24 %

Tableau 7. Rendement de la procédure de gestion (PG) pour la zone de gestion du district de Prince Rupert avec le MO de référence (DPR\_MDD). Les critères de rendement sont calculés sur trois générations (15 ans) à partir du début de la période visée par les projections pour tous les objectifs de gestion (tableau 1). Les PG sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (Obj1), celles qui dépassent le seuil minimum de 75 % étant indiquées en caractères gras.

Scénario	PG	Critère Étiquette	Conservation	Biomasse	Rendement		Prises < 650 t min.
			Objectif 1 > 75 %	Objectif 2 > 50 %	Objectif 3 < 25 %	Objectif 4 max.	
			$P(B_t > .3B_0)$	$P(B_t > .6B_0)$	AAV	$\bar{C}_t$	$P(C_t < 650)$
DPR_MDD	8	<b>AucunePrise_ASR</b>	79 %	44 %	3,82	0,27	100 %
DPR_MDD	9	<b>AucunePrise_AucuneASR</b>	79 %	45 %	0	0	100 %
DPR_MDD	7	<b>BH30-60_TR0,05</b>	78 %	40 %	36,5	1,28	44 %
DPR_MDD	13	<b>BH50-60_TR0,2_cap2,5</b>	78 %	40 %	39,43	1,43	57 %
DPR_MDD	3	<b>minE0,5B0_TR0,1</b>	78 %	37 %	51,86	1,85	57 %
DPR_MDD	6	<b>BH30-60_TR0,1_cap2,5</b>	77 %	38 %	33,35	1,64	39 %
DPR_MDD	5	<b>BH30-60_TR,1</b>	76 %	35 %	48,97	2,26	40 %
DPR_MDD	2	<b>minE0,5B0_TR,2</b>	76 %	28 %	67,14	2,71	58 %
DPR_MDD	4	BH30-60_TR0,2	73 %	24 %	53,19	3,62	35 %
DPR_MDD	12	BH30-60_TR0,2_slowUp3	73 %	23 %	53,45	3,6	37 %
DPR_MDD	1	minE12,1_TR0,2	61 %	18 %	41,8	4,74	18 %

*Tableau 8. Rendement de la procédure de gestion (PG) avec le MO de référence (DPR\_MDD et les MO de robustesse (DPR\_MID et DPR\_conM) pour les procédures qui ont passé le critère de rendement du PRL avec le MO de référence. Les critères de rendement sont calculés sur trois générations (15 ans) à partir du début de la période visée par les projections pour tous les objectifs de gestion (tableau 1). Les procédures de gestion sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (Obj1).*

Scénario	PG	Critère Étiquette	Conservation	Biomasse	Rendement		
			Objectif 1 (PRL) > 75 %	Objectif 2 > 50 %	Objectif 3 < 25 %	Objectif 4 max.	Prises < 650 t min.
			$P(B_t > .3B_0)$	$P(B_t > .6B_0)$	AAV	$\bar{C}_t$	$P(C_t < 650)$
DPR_MDD	8	AucunePrise_ASR	79 %	44 %	3,82	0,27	100 %
DPR_MDD	9	AucunePrise_AucuneASR	79 %	45 %	0	0	100 %
DPR_MDD	7	BH30-60_TR0,05	78 %	40 %	36,5	1,28	44 %
DPR_MDD	13	BH50-60_TR0,2_cap2,5	78 %	40 %	39,43	1,43	57 %
DPR_MDD	3	minE0,5B0_TR0,1	78 %	37 %	51,86	1,85	57 %
DPR_MDD	6	BH30-60_TR0,1_cap2,5	77 %	38 %	33,35	1,64	39 %
DPR_MDD	5	BH30-60_TR0,1	76 %	35 %	48,97	2,26	40 %
DPR_MDD	2	minE.5B0_TR0,2	76 %	28 %	67,14	2,71	58 %
DPR_MID	9	AucunePrise_AucuneASR	69 %	33 %	0	0	100 %
DPR_MID	8	AucunePrise_ASR	68 %	32 %	3,98	0,27	100 %
DPR_MID	7	BH30-60_TR0,05	66 %	27 %	41,91	0,97	53 %
DPR_MID	13	BH50-60_TR0,2_cap2,5	66 %	27 %	41,89	0,94	67 %
DPR_MID	3	minE0,5B0_TR0,1	66 %	24 %	57	1,2	67 %
DPR_MID	6	BH30-60_TR0,1_cap2,5	65 %	26 %	41,46	1,43	48 %
DPR_MID	5	BH30-60_TR0,1	64 %	23 %	53,65	1,59	49 %
DPR_MID	2	minE0,5B0_TR0,2	63 %	18 %	75,94	1,56	70 %
DPR_conM	9	AucunePrise_AucuneASR	100 %	75 %	0	0	100 %
DPR_conM	8	AucunePrise_ASR	100 %	73 %	3,61	0,27	100 %
DPR_conM	7	BH30-60_TR0,05	100 %	65 %	37	2,02	22 %
DPR_conM	13	BH50-60_TR0,2_cap2,5	100 %	66 %	40,1	1,76	38 %
DPR_conM	6	BH30-60_TR0,1_cap2,5	99 %	63 %	24,63	2,12	19 %
DPR_conM	5	BH30-60_TR0,1	98 %	56 %	49,98	3,21	24 %
DPR_conM	3	minE0,5B0_TR0,1	98 %	58 %	52,45	3,11	37 %
DPR_conM	2	minE0,5B0_TR0,2	96 %	43 %	62,26	5,17	37 %

## Figures

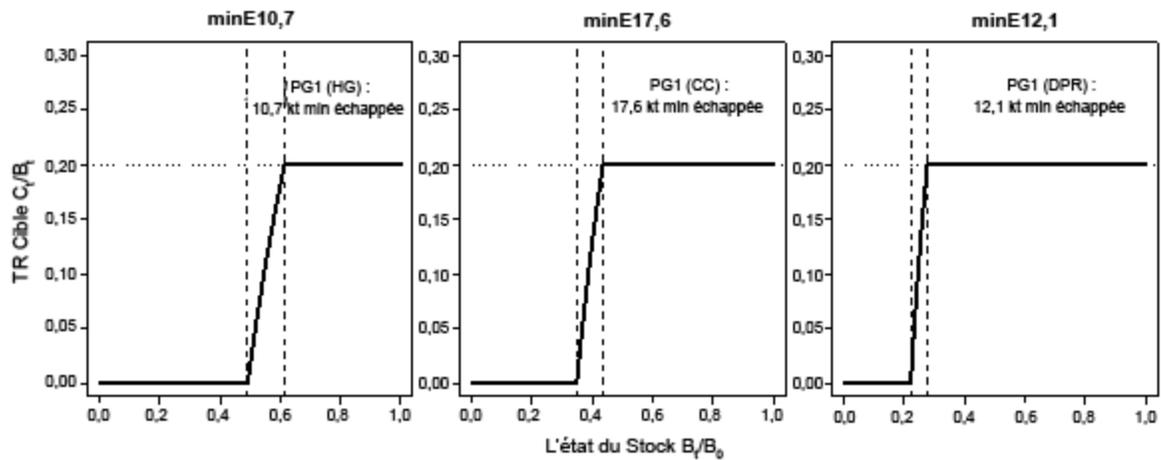


Figure 1. Règles de contrôle des prises illustrant la relation fonctionnelle entre le taux de récolte et l'état du stock pour la PG1 (PG1) dans les trois zones de stock. Chaque règle diffère par l'état effectif du stock résultant du seuil de la biomasse fixe utilisé dans cette règle d'échappée minimale : HG = 10 700 t, CC = 17 600 t et DPR = 12 100 t.

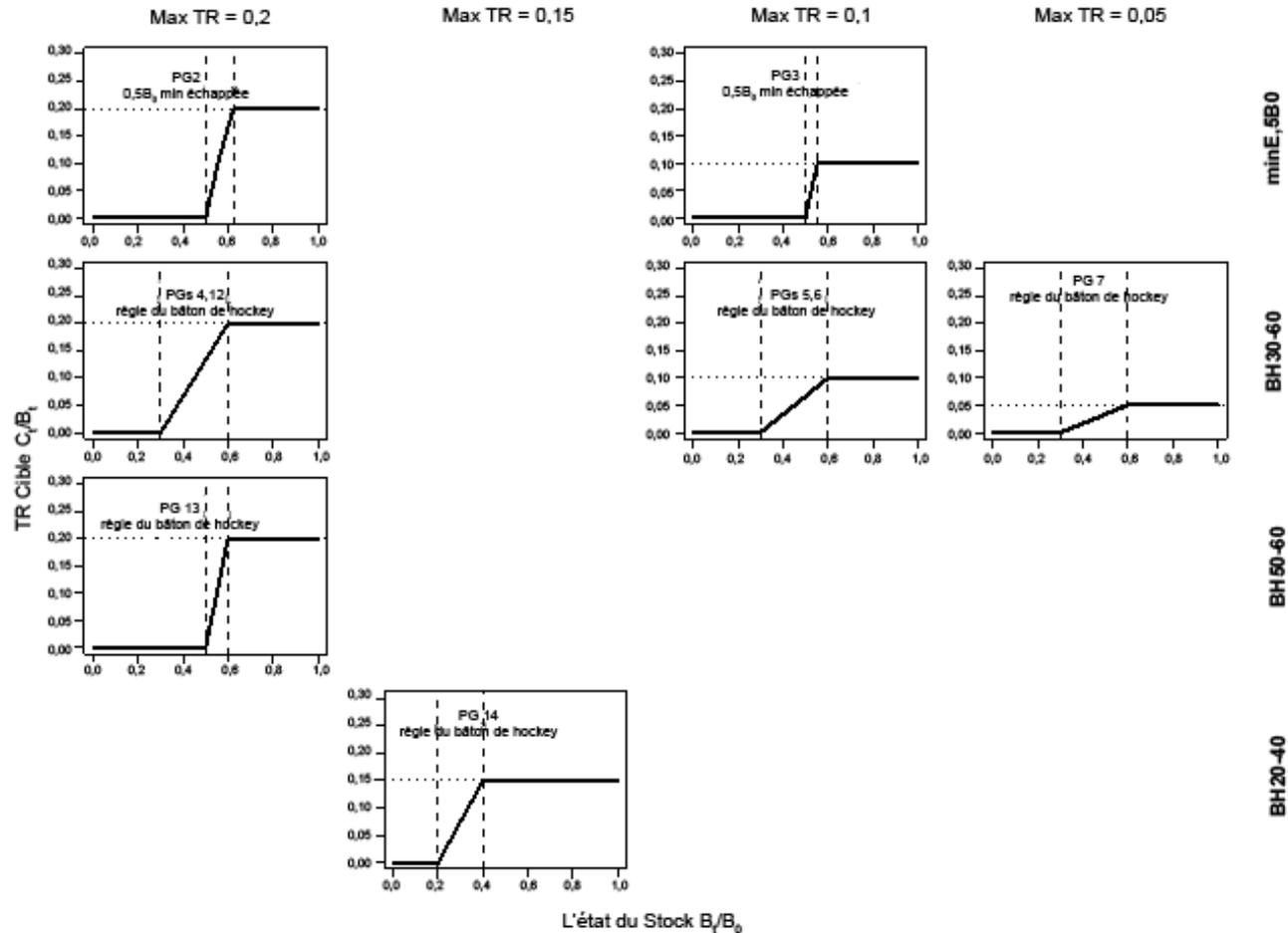


Figure 2. Règles de contrôle des prises illustrant la relation fonctionnelle entre le taux de récolte et l'état du stock pour chaque PG. La ligne du haut représente la forme fonctionnelle de l'échappée minimale ( $minE$ ), tandis que les autres lignes montrent la forme fonctionnelle du bâton de hockey). Chaque ligne d'une forme fonctionnelle représente un ensemble de points de contrôle. Les PG qui incluent des points de contrôle de précaution supplémentaires tels que des plafonds des prises ou les PG de ralentissement ne sont pas représentables graphiquement.

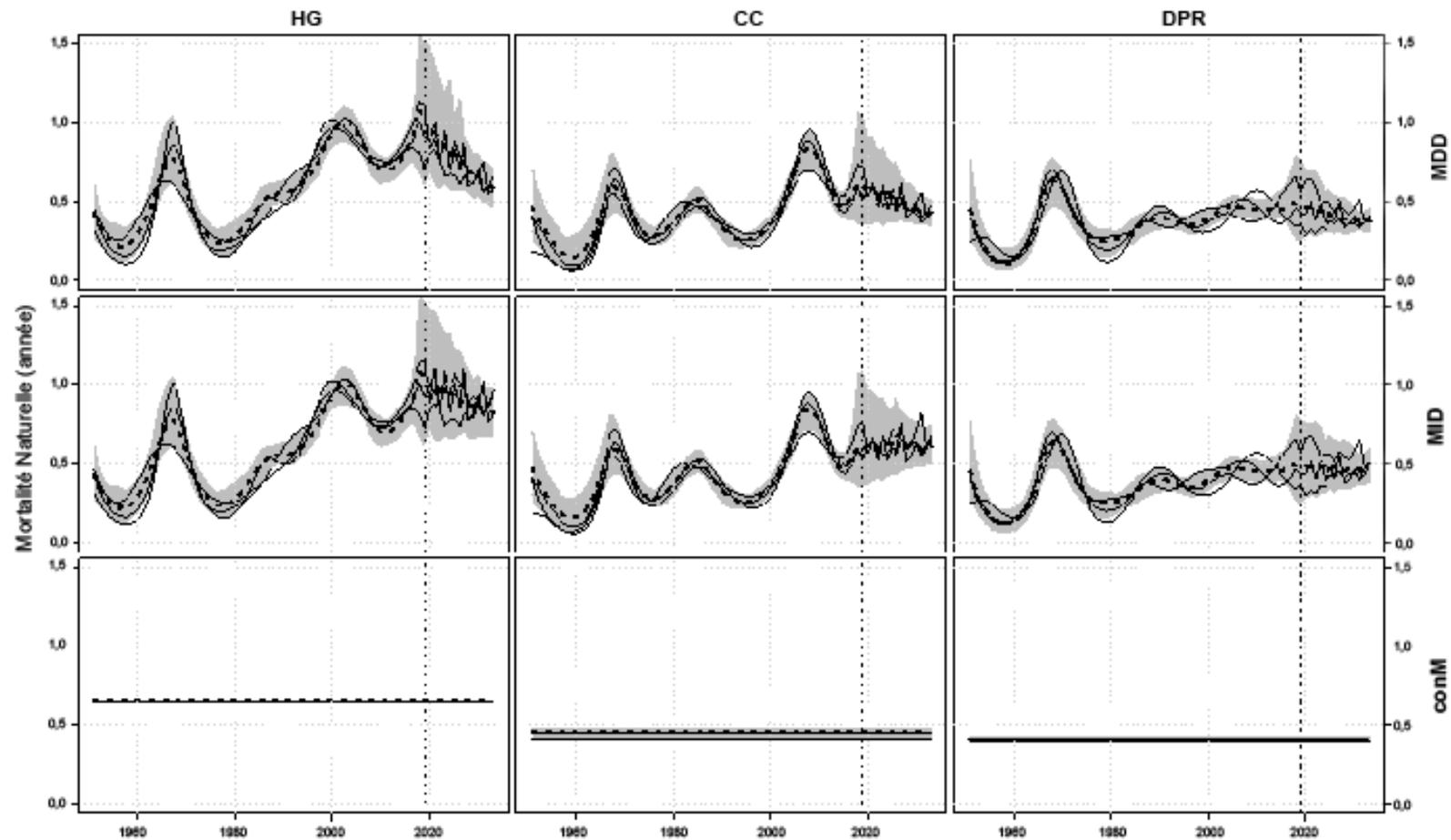


Figure 3. Enveloppes de simulation pour la mortalité naturelle variable dans le temps dans le scénario dépendant de la densité (ligne du haut), le scénario indépendant de la densité (ligne du milieu) et le scénario avec  $M$  constante (ligne du bas) pour les zones de gestion du hareng du Nord. Ces enveloppes ont été dérivées de 5 000 tirages d'une approximation de la MCCM à la distribution marginale bayésienne a posteriori de la mortalité naturelle. La période historique est représentée comme allant de 1951 à 2018. La ligne pointillée verticale à l'année 2019 indique le début de la période visée par les projections. La région en gris indique 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.

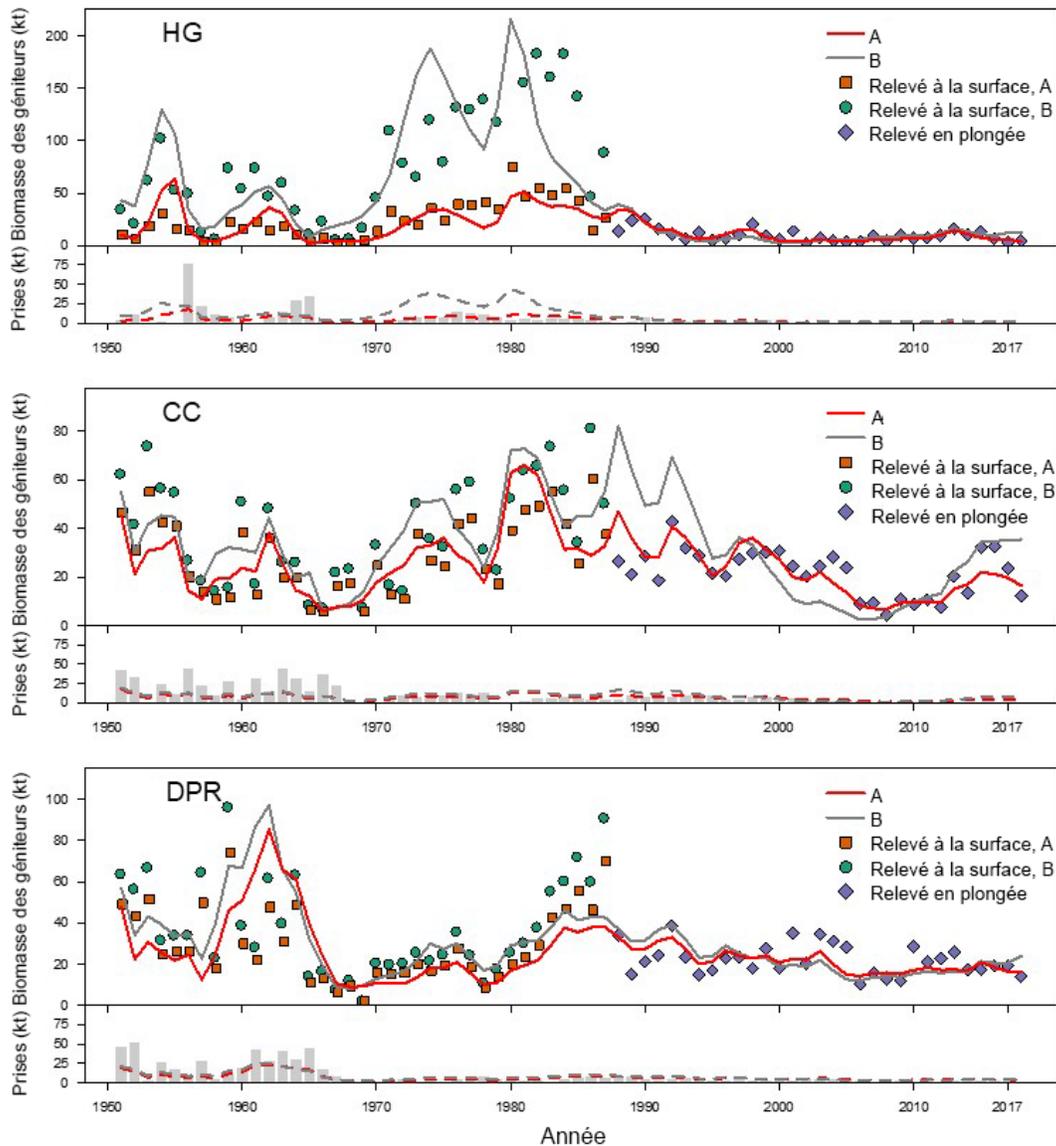


Figure 4. Estimations du modèle d'évaluation de la biomasse du stock reproducteur selon les hypothèses  $M(A)$  variables dans le temps et  $M(B)$  constantes pour le hareng de la côte centrale (en haut), le hareng de Haïda Gwaii (au milieu) et le hareng du district de Prince Rupert (en bas) depuis 1951. 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 médiane selon une évaluation de  $M$  variable dans le temps (en rouge) ou de  $M$  constante (en gris).

## Collaborateurs

Collaborateur	Organisme d'appartenance
Jaclyn Cleary	Secteur des sciences du MPO, région du Pacifique
Allen R. Kronlund	Secteur des sciences du MPO, région de la capitale nationale
Ashleen Benson	Landmark Fisheries Research
Sean P. Cox	Landmark Fisheries Research
Samuel Johnson	Landmark Fisheries Research
Victoria Postlethwaite	Gestion des pêches du MPO, région du Pacifique
Brenda Spence	Gestion des pêches du MPO, région du Pacifique
Roger Kanno	Gestion des pêches du MPO, région du Pacifique (réviseur)
Lisa Christensen	Centre des avis scientifiques du Pacifique, MPO (rédactrice)

## Approuvé par

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

12 septembre 2019

## Sources de renseignements

- Cleary, J.S., Hawkshaw, S., Grinnell, M.H., and Grandin, C. 2018. Status of B.C. Pacific Herring (*Clupea pallasii*) in 2017 and forecasts for 2018. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc 2018/028. Sous presse.
- Cox, S.P., Benson, A.J., Cleary, J.S., and Taylor, N.G. 2019. Candidate Limit Reference Points as a Basis for Choosing Among Alternative Harvest Control Rules for Pacific Herring (*Clupea pallasii*) in British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/050. Sous presse.
- 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.
- Hall, D.L., Hilborn, R., Stocker, M. and Walters, C.J. 1988. Alternative harvest strategies for pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). Can. J. Fish. Aquat. Sci 45. 88S897
- 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. (Consulté 12 September 2019.)
- Martell, S.J., Schweigert, J.F., Haist, V., and Cleary, J.S. 2012. Moving towards the sustainable fisheries framework for Pacific herring: data, models, and alternative assumptions; Stock Assessment and Management Advice for the British Columbia Pacific Herring Stocks: 2011 Assessment and 2012 Forecasts. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/136. xii + 151 p.
- MPO. 2009. [Un cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution.](#) Pêches et Océans Canada. (Consulté 01 August 2018.)

- MPO. 2017. Sélection et rôle des points de référence limites du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) en Colombie-Britannique, Canada. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/030.
- MPO. 2018. Proceedings of the Pacific regional peer review of the 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; July 25-26, 2018. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Proceed. Ser. Sous presse.
- MPO. 2019. Évaluation des procédures de gestion du hareng du Pacifique (*Clupea pallasii*) dans le détroit de Georgie et sur la côte ouest de l'île de Vancouver dans les zones de gestion de la Colombie-Britannique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/001.
- MPO. 2019b. 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.
- 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, 2<sup>nd</sup> edition.

## **Annexe A – Objectifs et procédures de gestion proposés pour les zones de gestion de HG, du PPR et de la CC, présentés dans le cadre d’ateliers bilatéraux avec les Premières Nations et l’industrie du hareng**

En 2018 et 2019, le MPO a organisé une série d’ateliers bilatéraux avec les Premières Nations de HG (par l’entremise du Groupe de travail technique haïda), de la CC (avec des représentants de la Nation Heiltsuk et de la Central Coast Indigenous Resource Alliance) et du DPR (avec des représentants de la bande Lax Kw’alaams et de la Première Nation Metlakatla), de même qu’avec le Comité consultatif de l’industrie du hareng, afin de guider le premier cycle de l’ESG sur la gestion du hareng dans le Pacifique Nord. Un certain nombre d’objectifs de biomasse et de rendement ont été formulés durant ces ateliers, ainsi que des objectifs opérationnels liés aux buts sous-jacents liés à l’échelle spatiale de la gestion, à l’accès aux ressources ou à leur allocation, ainsi qu’à des considérations biologiques et au rendement. Les objectifs proposés pendant ces ateliers sont résumés par zone de gestion dans le tableau A1.

Dans certains cas (p. ex. DPR), les discussions avec les Premières Nations locales étaient préliminaires et n’ont pas progressé vers l’élaboration d’objectifs mesurables. Le suivi se poursuivra jusqu’en 2019-2020, lorsque les objectifs pourront être modifiés ou de nouveaux objectifs définis. De plus, le Comité consultatif de l’industrie du hareng a demandé une simulation-évaluation de trois nouvelles PG possibles : deux procédures avec des prises constantes (PG10 et PG11), où une quantité constante de prises est prélevée chaque année, quel que soit l’état du stock (c.-à-d. aucun contrôle des prises rétroactif en fonction de la biomasse) et une RPC en forme de bâton de hockey avec un taux de récolte de 15 % et des points de contrôle opérationnels établis à  $0,2 B_0$  et  $0,4 B_0$  (PG14), alors que pour le DRD,  $0,2 B_0$  correspond à la biomasse estimée la plus faible à partir de laquelle le stock s’est rétabli au-dessus de la médiane à long terme (1951-2018) de la biomasse du stock reproducteur. L’estimation de la biomasse du stock reproducteur la plus proche du critère proposé par le Comité consultatif de l’industrie du hareng s’est produite en 1978 (Cleary *et al.* 2018). Ces PG sont résumées dans le tableau A2.

Un plan de rétablissement est nécessaire pour le hareng de Haïda Gwaii parce que la biomasse du stock reproducteur est inférieure au point de référence limite biologique. Pour répondre à ces exigences, le Conseil de la Nation haïda, le MPO et Parcs Canada ont créé un groupe de travail technique chargé d’élaborer un plan de rétablissement du hareng de Haïda Gwaii d’ici décembre 2020, y compris l’avancement du processus d’ESG. Cet engagement s’inscrit également dans le cadre du *Plan de gestion terre-mer peuple intégré pour l’aire Gwaii Haanas Gina ‘Waadluxan KilGuhlGa*, dont l’un des objectifs est constitué d’un programme de rétablissement du hareng et d’un plan de mise en œuvre. Le groupe de travail technique haïda a proposé l’objectif cible pour la biomasse dans le tableau A1.

Tableau A1. Objectifs de gestion proposés par les Premières Nations et l'industrie pour les zones de gestion du hareng du Pacifique Nord.

Zone de gestion	Composante du cadre de gestion	Description	Détails
<b>Haida Gwaii</b>	Objectif de biomasse cible	Maintenir la biomasse du stock reproducteur à un niveau égal ou supérieur à une biomasse cible équivalant à la biomasse moyenne du stock reproducteur de 1976-1985 avec une probabilité élevée sur trois générations de hareng, où une « probabilité élevée » est définie comme s'échelonnant de 75 à 95 %.	Cet objectif a été présenté par le Groupe de travail technique haïda, et vise à accorder la priorité à la reconstitution de la biomasse du hareng jusqu'à ce que les stocks soient suffisamment résilients pour soutenir une pêche du hareng rogué tout en maintenant la biomasse du stock reproducteur à un niveau égal ou supérieur à une biomasse cible équivalant à la biomasse moyenne du stock reproducteur de 1976-1985, choisie en fonction d'une biomasse stable élevée et de pêches fructueuses. D'autres objectifs en matière de biomasse et de rogue sur varech seront fournis pour les prochains cycles de l'ESG et en vue de leur inclusion dans le plan de rétablissement du hareng de Haïda Gwaii.
	Objectif opérationnel	Maintenir l'accès au plus grand nombre possible de zones de gestion chaque année afin de réduire le risque d'échec de la pêche et d'améliorer le rendement financier en étalant la récolte sur une certaine période afin de mieux utiliser la capacité limitée de capture, de conditionnement et de transformation.	Cet objectif a été présenté par le Groupe de travail technique haïda.
<b>District de Prince Rupert</b>	Objectif de conservation	Éviter une limite de biomasse équivalente à la médiane de la biomasse du stock reproducteur en 1978 avec une probabilité élevée sur trois générations de hareng, où une « probabilité élevée » est définie comme s'échelonnant de 75 à 95 %.	Cet objectif de limite de biomasse a été fourni par le Comité consultatif de l'industrie du hareng sur la base d'une justification selon laquelle le DPR ne donne pas de preuve d'un état de faible productivité - faible biomasse utilisé pour définir la preuve d'un dommage grave pour HG, la CC et la COIV (Kronlund <i>et al.</i> 2018). Cette limite reflète la biomasse la plus faible à partir de laquelle le stock du DPR s'est rétabli au-dessus de la médiane à long terme de la biomasse du stock

Zone de gestion	Composante du cadre de gestion	Description	Détails
			reproducteur (qui s'est produite en 1978).
	Objectif de biomasse cible	Maintenir la biomasse du stock reproducteur au niveau ou au-dessus d'un niveau de biomasse cible équivalent à la biomasse moyenne entre 1951 et 2019, avec une probabilité d'au moins 50 % sur trois générations de hareng.	Cet objectif a été présenté par le Comité consultatif de l'industrie du hareng comme objectif de biomasse cible.
<b>Toutes les zones de gestion</b>	Objectif opérationnel	Maintenir l'accès au plus grand nombre possible de zones de gestion chaque année afin de réduire le risque d'échec de la pêche et d'améliorer le rendement financier en étalant la récolte sur une certaine période afin de mieux utiliser la capacité limitée de capture, de conditionnement et de transformation.	Cet objectif a été présenté par le Comité consultatif de l'industrie du hareng.

Tableau A2. Procédures de gestion proposées par l'industrie pour les zones de gestion du hareng du Pacifique Nord. Se reporter à la description pour le tableau 2.

PG	Étiquette	$U_{target}$ (TR)	Prises maximales (t)			Forme fonctionnelle de la RCP	Point de contrôle inférieur (PCI)			PCS
			HG	CC	DPR		HG	CC	DPR	
<b>PG10</b>	constAC0.5	est.	500	500	500	C constante	-	-	-	-
<b>PG11</b>	constAC1.0	est.	1 000	1 000	1 000	C constante	-	-	-	-
<b>PG14</b>	BH20-40_TR.15	0,15	-	-	-	BH	-	-	0,2 $B_0$	0,4 $B_{RMS}$

## Annexe B – Évaluations des procédures de gestion supplémentaires pour les zones de gestion de HG, de la CC et du DPR

Le MPO s'est engagé à inclure et à évaluer les objectifs et les procédures de gestion fournis par les utilisateurs de hareng (Premières Nations et industrie), ainsi que ceux proposés par la Gestion des pêches. Toutefois, il n'a pas établi de processus pour intégrer les nouveaux objectifs et les nouvelles procédures de gestion dans l'ESG du hareng du Pacifique. En outre, il serait utile pour le processus décisionnel qu'une approche soit précisée pour classer le rendement des PG par rapport aux objectifs biologiques et de prises, en tenant compte de la priorité de conservation. Conformément au document « Roadmap to more sustainable Pacific Herring fisheries in Canada: a step-by-step guide to the management strategy evaluation approach » (Landmark Fisheries Research Ltd., rapport inédit), lorsque plusieurs objectifs sont harmonisés, il est relativement simple de classer le rendement des PG et de choisir la meilleure. Toutefois, dans des contextes à objectifs multiples comme celui du hareng du Pacifique, certains objectifs peuvent être tellement opposés qu'il devient nécessaire de les classer ou de les pondérer.

Les tableaux A3 et A4 présentent les résultats de la modélisation de la simulation répondant aux discussions sur les objectifs et les PG tenues avec les Premières Nations et le Comité consultatif de l'industrie du hareng.

### Analyse et réponse

Pour Haida Gwaii, le groupe de travail technique haïda a proposé un objectif de biomasse cible axé sur le rétablissement de la biomasse du stock reproducteur aux niveaux moyens de 1976-1985 (tableau A1, première ligne). Les simulations-évaluations présentées dans le tableau 4 montrent qu'aucune PG ne permet d'atteindre l'objectif de conservation avec une forte probabilité, y compris les PG avec 0 prise (sans pêche). Dans l'ESG du hareng, les objectifs de biomasse cible sont pris en compte une fois que la biomasse du stock reproducteur s'est rétablie au-dessus du PRL; par conséquent, nous n'avons pas inclus les évaluations des PG par rapport à cet objectif pour le moment.

Le Comité consultatif de l'industrie du hareng a proposé trois autres PG (tableau A2). Nous présentons les résultats des MG avec prises constantes pour HG, la CC et le DPR et ceux d'une règle supplémentaire en forme de bâton de hockey avec des points de contrôle inférieurs pour le DPR (tableau B1). Pour les zones de gestion de la CC et du DPR, avec le MO de référence (scénario MDD, la règle des prises constantes de 500 t (PG10) a permis d'atteindre l'objectif de conservation principal (Objectif 1, tableau 1) avec une probabilité de 76 %. Le rendement de la règle des prises constantes de 500 t (PG10) pour la CC et le DPR affiche une réduction de 2 à 3 % de la probabilité que la biomasse du stock reproducteur atteigne l'objectif de conservation par rapport aux PG à 0 prise (sans pêche). Pour la zone de gestion du DPR, six PG obtiennent le même rendement de conservation (76 %) ou un rendement supérieur et ont des niveaux de récolte moyens plus élevés que la PG avec prises constantes de 500 t (Tableau 7 et tableau B1). Cependant, la PG10 (conTAC0,5) a un meilleur rendement par rapport à l'objectif 2 de biomasse. Les observations sont semblables, mais moins prononcées pour la zone de gestion de la CC (Tableau 5 et tableau B1).

L'objectif de conservation n'a pas été atteint pour la CC ou le DPR à des niveaux de prises constantes de 1 000 t (PG11). La règle en forme de bâton de hockey avec des points de contrôle inférieurs (PG14) ne permettait pas d'atteindre l'objectif de conservation (tableau B1, dernière ligne).

Pour la zone de gestion du DRD, le Comité consultatif de l'industrie du hareng a proposé un point de référence limite de la biomasse du stock reproducteur fondé sur le rétablissement du stock à partir de la biomasse estimée en 1978 (Tableau A1). L'affaissement médian estimé de la biomasse du stock en 1978 est de 0,17 (17 %) dans les scénarios avec  $M$  variable dans le temps (MDD, MID) et de 0,27 (27 %) avec  $M$  constante (conM), soit un niveau inférieur au PRL établi de  $0,3 B_0$  (Kronlund *et al.* 2018) pour les scénarios avec  $M$  variable dans le temps. Les évaluations des PG montrent que toutes les PG testées sont en mesure d'atteindre cet objectif proposé par le Comité consultatif de l'industrie du hareng avec une probabilité d'au moins 90 % (tableau B2). La prise en compte d'autres objectifs que les objectifs de gestion principaux exige des analyses de la justification du choix et de l'évaluation des conséquences de la modification des objectifs sur le plan de la préservation des stocks et d'autres résultats. Ces analyses devraient comprendre un examen de l'affaissement des stocks et des niveaux de la biomasse du stock reproducteur (moyenne, minimum, maximum) sur la durée des projections afin de déterminer, par exemple, si la biomasse du stock reproducteur persiste à une biomasse inférieure du stock reproducteur d'ici la fin de la période de projection (p. ex. la biomasse globale peut être inférieure en moyenne même si l'objectif de conservation est atteint).

Enfin, l'objectif de biomasse cible proposé par le Comité consultatif de l'industrie du hareng, fondé sur la biomasse moyenne à long terme (tableau A1, quatrième ligne), s'est révélé réalisable avec diverses formes fonctionnelles des PG (tableau B2).

Tableau B1. Rendement de la procédure de gestion pour les trois zones de gestion du Nord avec le MO de référence (HG\_MDD, CC\_MDD, DPR\_MDD pour les procédures de gestion AucunePrise et avec prises constantes proposées par le Comité consultatif de l'industrie du hareng (remplissage gris). Les PG sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (Obj1), celles qui dépassent le minimum de 75 % étant indiquées en caractères gras.

Scénario	PG	Critère Étiquette	Conservation	Biomasse	Rendement		Prises < 650 t
			Objectif 1 (PRL) > 75 %	Objectif 2 > 50 %	Objectif 3 < 25 %	Objectif 4 max.	
			$P(B_t > .3B_0)$	$P(B_t > .6B_0)$	AAV	$\bar{C}_t$	$P(C_t < 650)$
HG_MDD	9	AucunePrise_AucuneASR	36 %	1 %	0	0	100 %
HG_MDD	8	AucunePrise_ASR	33 %	9 %	10,6	0,16	100 %
HG_MDD	10	consTAC0,5	25 %	7 %	7,94	0,64	69 %
HG_MDD	11	consTAC1,0	21 %	5 %	7,84	1,11	17 %
CC_MDD	9	<b>AucunePrise_AucuneASR</b>	79 %	44 %	0	0	100 %
CC_MDD	8	<b>AucunePrise_ASR</b>	78 %	42 %	6,74	0,27	100 %
CC_MDD	10	<b>consTAC0,5</b>	76 %	40 %	6,77	0,76	3 %
CC_MDD	11	consTAC1,0	72 %	37 %	6,77	1,26	0 %
DPR_MDD	9	<b>AucunePrise_AucuneASR</b>	79 %	45 %	0	0	100 %
DPR_MDD	8	<b>AucunePrise_ASR</b>	79 %	44 %	3,82	0,27	100 %
DPR_MDD	10	<b>consTAC0,5</b>	76 %	42 %	3,25	0,77	0 %
DPR_MDD	11	consTAC1,0	74 %	39 %	4,62	1,27	0 %
DPR_MDD	14	BH20-40_TR0,15	68 %	24 %	38,98	3,73	16 %

Tableau B2. Rendement de la procédure de gestion pour la zone de gestion du district de Prince Rupert avec le MO de référence (DPR\_MDD comparant les objectifs et les procédures de gestion proposés par le Comité consultatif de l'industrie du hareng (CCIH, remplissage gris) aux objectifs principaux et aux PG figurant au tableau 7. Les PG sont classées à l'intérieur de chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (Obj1), celles qui dépassent le minimum de 75 % étant indiquées en caractères gras.

Scénario	PG	Critère Étiquette	Conservation	Biomasse	Rendement			Objectifs proposés par le	
			Obj. 1 (PRL) > 75 %	Obj. 2 > 50 %	Obj. 3 < 25 %	Obj. 4 max.	Prises < 650 t min.	Conservation > 75 %	Biomasse > 50 %
			$P(B_t > .3B_0)$	$P(B_t > .6B_0)$	AAV	$\bar{C}_t$	$P(C_t < 650)$	$P(B_t > B_{1978} / B_0)$	$P(B_t > \bar{B}_t)$
DPR_MDD	9	<b>AucunePrise_Aucune</b>	79 %	44 %	3,82	0,27	100 %	94 %	63 %
DPR_MDD	8	<b>AucunePrise_ASR</b>	79 %	45 %	0	0	100 %	95 %	64 %
DPR_MDD	7	<b>BH30-60_TR0,05</b>	78 %	40 %	36,5	1,28	44 %	94 %	59 %
DPR_MDD	13	<b>BH50-60_TR0,2_cap2,5</b>	78 %	40 %	39,43	1,43	57 %	94 %	60 %
DPR_MDD	6	<b>BH30-60_TR0,1_cap2,5</b>	78 %	37 %	51,86	1,85	57 %	94 %	59 %
DPR_MDD	3	<b>minE0,5B0_TR0,1</b>	77 %	38 %	33,35	1,64	39 %	94 %	58 %
DPR_MDD	10	<b>constAC0,5</b>	76 %	42 %	3,25	0,77	0 %	92 %	59 %
DPR_MDD	5	<b>BH30-60_TR0,1</b>	76 %	35 %	48,97	2,26	40 %	94 %	56 %
DPR_MDD	2	<b>minE.5B0_TR0,2</b>	76 %	28 %	67,14	2,71	58 %	94 %	54 %
DPR_MDD	11	constTAC1,0	74 %	39 %	4,62	1,27	0 %	90 %	56 %
DPR_MDD	4	BH30-60_TR0,2	73 %	24 %	53,19	3,62	35 %	94 %	48 %
DPR_MDD	12	BH30-60_TR0,2_slowUp3	73 %	23 %	53,45	3,6	37 %	94 %	48 %
DPR_MDD	14	BH20-40_TR0,15	68 %	24 %	38,98	3,73	16 %	93 %	45 %
DPR_MDD	1	minE12,1_TR0,2	61 %	18 %	41,8	4,74	18 %	91 %	36 %

## Annexe C – Évaluations des procédures de gestion supplémentaires pour la zone de gestion du DG

### Renseignements de base

L'étude de simulation de 2018 a révélé que les 10 PG testées pouvaient atteindre l'objectif de conservation principal (Tableau 1) pour la zone de gestion du détroit de Georgie (DG) avec une probabilité supérieure à 90 % selon tous les scénarios du modèle opérationnel (MPO 2019). Les recommandations de récolte en 2019 pour la pêche dans le DG sont tirées de l'application d'une procédure de gestion qui utilise une prévision de l'évaluation des stocks de la biomasse du stock reproducteur en 2019 et des points de contrôle opérationnels à (0,3, 0,6) de  $B_0$  avec un taux de récolte cible de 20 % et un plafond des prises de 30 000 t (MPO 2019b). La Gestion des pêches du MPO a demandé l'évaluation d'autres plafonds des prises pour la PG actuel (la plus récemment mise en œuvre) du DG, appelée BH30-60\_TR0,2\_cap30,0, afin de mieux comprendre les interactions entre les plafonds des prises et les taux de récolte réalisés, étant donné que les estimations du modèle pourraient présenter des erreurs d'évaluation positives certaines années.

Nous avons évalué six variantes de la PG actuelle avec des plafonds des prises différents selon les scénarios définis par les MO de référence (DG\_DMDD et de robustesse (DG\_MID et DG\_conM)). Nous avons mis à l'essai des plafonds des prises de 5, 10, 15, 20, 25 et 30 kt. Les PG sont classées dans chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (Obj. 1). Les modèles opérationnels sont conditionnés à l'aide des données historiques du DG de 1951-2017, conformément à MPO 2019, et ne comprennent pas les mises à jour des données de la saison du hareng de 2018-2019. Comme pour les stocks du Nord, les équations du modèle opérationnel figurent dans les tableaux 3 et 4 de Benson *et al.* (2018)<sup>1</sup>. Les propriétés estimatives du MO découlant des ajustements aux données historiques sont présentées dans le tableau C1. Les figures illustrant les enveloppes de simulation de la mortalité naturelle et les estimations du modèle d'évaluation de la biomasse du stock reproducteur selon les scénarios avec  $M$  variable dans le temps et constante, sont les figures 2 et 3, respectivement, du document MPO 2019 et ne sont donc pas reproduites ici.

### Analyse et réponse

La réduction du plafond des prises de 30 000 t à 5 000 t n'a donné aucune amélioration perceptible du rendement de conservation (Obj. 1) dans les trois scénarios du MO (tableau C2). Les gains de rendement des PG pour l'objectif de biomasse (Obj. 2) sont les plus perceptibles dans le scénario DG\_conM. Par exemple, la probabilité d'être au-dessus de 0,6  $B_0$  passe de 55 % à 78 % lorsque l'on compare la PG sans plafond ([BH30-60\_TR0,2]) à celle avec plafond de 5 kt [BH30-60\_TR0,2\_cap5,0]). Inversement, les réductions du rendement des PG pour l'Obj. 4 (maximiser les prises) sont plus perceptibles dans les deux scénarios avec  $M$  variable dans le temps, avec des prises moyennes médianes chutant de 35,6 kt sans plafond pour le scénario MDD (37,5 kt pour le scénario MID) à 5 kt avec le plafond de 5 kt. En effet, la biomasse projetée diminue par rapport aux niveaux les plus élevés enregistrés dans ces scénarios, ce qui se traduit par des prises plus importantes lorsque le plafond n'est pas appliqué.

Les enveloppes de simulation comparant la PG sans plafond (BH30-60\_TR0,2) avec des plafonds des prises de 25 000 t (cap25,0) et de 30 000 t (cap30,0) donnent des rendements similaires avec les trois scénarios du MO (MO de référence sur la figure C1). À court terme, les taux de récolte sont réduits au-dessous de la cible maximale de 20 %, en raison de la biomasse

élevée dans les scénarios avec  $M$  variable dans le temps et d'une erreur d'évaluation négative persistante dans le scénario avec  $M$  constante autour de 2020-2021 (non représenté). Au fil du temps, les enveloppes de simulation du taux de récolte s'approchent du taux maximal cible de 20 %, les taux de récolte médians ne dépassant jamais cette limite (figure C1, ligne du bas, première colonne). À mesure que les PG passent de la PG sans plafond (BH30-60\_TR0,2) à la PG prévoyant le plafond le plus restrictif de 5 kt (BH30-60\_TR0,2\_cap5,0), le plafond est appliqué plus souvent, et les enveloppes entières du taux de récolte se situent plus bas en dessous du taux maximal cible de 20 %, qui est rarement dépassé lorsque le plafond des prises est de 20 kt ou moins.

Tableau C1. Propriétés du modèle opérationnel du hareng découlant des ajustements aux données historiques pour le DG. Voir la description dans le tableau 3.

Hypothèse $M$	$l$	$t_{obs}$	$S_R$	$q_{4(surface)}$	$h$	$M_0$	$\bar{M}$	$B_0$	$B_{2017}$	$D_{2017}$
Variable dans le temps	-1 300,825	0,428	0,683	1,034	0,743	0,466	0,552	138,203	113,978	0,804
	-	0,040	0,053	0,103	0,084	0,177	0,029	30,346	32,340	0,259
Constante	-1 187,015	0,455	0,710	0,804	0,663	0,618	0,618	140,221	59,211	0,416
	-	0,038	0,052	0,046	0,085	0,012	0,012	26,249	11,267	0,099

Tableau C2. Rendement des variations de la PG actuelle (BH30-60\_TR0,2\_cap30,0) lorsque les plafonds des prises sont modifiés pour le hareng du DG avec les MO de référence (DG\_MDD) et de robustesse (DG\_MID et DG\_conM). Les critères de rendement sont calculés sur trois générations (15 ans) à partir du début de la période visée par les projections (2018-2032) pour tous les objectifs. Les PG sont classées dans chaque scénario en fonction de leur rendement par rapport à l'objectif de conservation (Obj. 1).

Scénario	PG	Critère Étiquette	Conservation	Biomasse	Rendement		Fermetures min.
			Objectif 1 (PRL) > 75 %	Obj. 2 > 50 %	Obj. 5 < 25 %	Obj. 6 max.	
			$P(B_t > .3B_0)$	$P(B_t > .6B_0)$	AAV	$\bar{C}_t$	$P(C_t < 650)$
DG_MDD	2	BH30-60_TR0,2_cap5,0	100 %	96 %	25,93	5,12	1 %
DG_MDD	3	BH30-60_TR0,2_cap10,0	100 %	93 %	10,09	10,11	1 %
DG_MDD	4	BH30-60_TR0,2_cap15,0	100 %	91 %	4,66	15,09	1 %
DG_MDD	5	BH30-60_TR0,2_cap20,0	100 %	90 %	2,63	19,93	1 %
DG_MDD	6	BH30-60_TR0,2_cap25,0	100 %	88 %	4,37	24,09	1 %
DG_MDD	7	BH30-60_TR0,2_cap30,0	100 %	87 %	8,3	27,85	1 %
DG_MDD	1	BH30-60_TR0,2	100 %	86 %	25,35	35,6	1 %
DG_MID	2	BH30-60_TR0,2_cap5,0	100 %	96 %	25,93	5,12	1 %
DG_MID	3	BH30-60_TR0,2_cap10,0	100 %	94 %	9,97	10,11	1 %
DG_MID	4	BH30-60_TR0,2_cap15,0	100 %	92 %	4,57	15,09	1 %
DG_MID	5	BH30-60_TR0,2_cap20,0	100 %	91 %	2,04	20,06	1 %
DG_MID	6	BH30-60_TR0,2_cap25,0	100 %	89 %	2,93	24,54	1 %
DG_MID	7	BH30-60_TR0,2_cap30,0	100 %	89 %	6,86	28,38	1 %
DG_MID	1	BH30-60_TR0,2	100 %	88 %	24,82	37,55	1 %
DG_conM	2	BH30-60_TR0,2_cap5,0	100 %	78 %	35,83	4,86	3 %
DG_conM	3	BH30-60_TR0,2_cap10,0	100 %	70 %	27,03	8,95	4 %
DG_conM	4	BH30-60_TR0,2_cap15,0	100 %	64 %	25,26	12,22	5 %
DG_conM	5	BH30-60_TR0,2_cap20,0	99 %	59 %	30,59	14,62	5 %
DG_conM	6	BH30-60_TR0,2_cap25,0	99 %	56 %	33,98	16,09	5 %
DG_conM	7	BH30-60_TR0,2_cap30,0	99 %	55 %	37,78	16,73	5 %
DG_conM	1	BH30-60_TR0,2	99 %	55 %	40,27	16,75	5 %

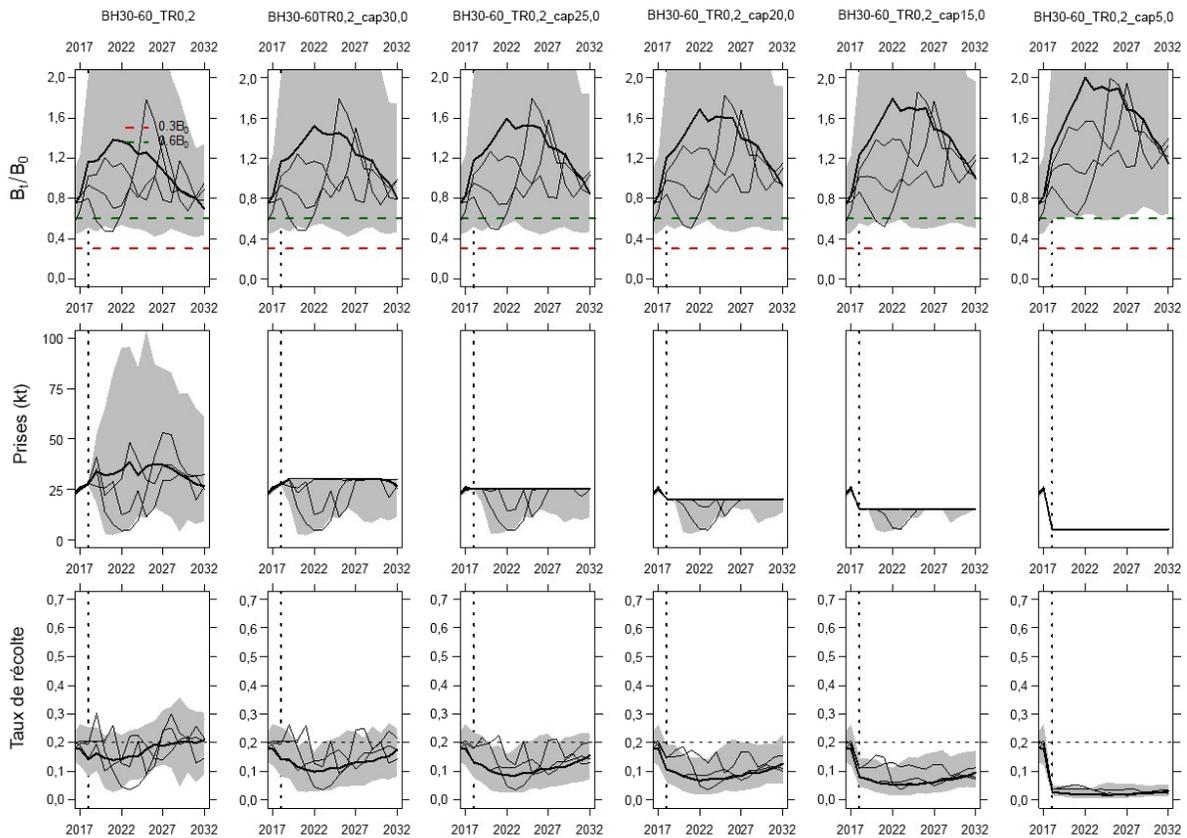


Figure C1. Enveloppes de simulation pour l'épuisement (ligne du haut), les prises (au milieu) et le taux de récolte réalisé (ligne du bas) pour le hareng du DG avec le MO de référence lorsqu'il est géré à l'aide d'une gamme de plafonds appliqués à la PG actuelle (BH30-60\_TR0,2, dont les plafonds diminuent de gauche à droite). 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 2018 indique le début de la période de projection et les lignes pointillées horizontales de la ligne supérieure indiquent  $0,3 B_0$  (en rouge) et  $0,6 B_0$  (en vert), tandis que la ligne pointillée horizontale de la ligne inférieure indique le taux de récolte cible maximal.

## Annexe D – Extrants supplémentaires du modèle pour les zones de gestion de la côte centrale et de Prince Rupert

Tableau D1. Répartition, par tranches de 5 ans commençant en 2018, de l'appauvrissement de la biomasse relative aux stocks non exploités dans le cadre des PG qui a dépassé l'objectif en matière de conservation pour le hareng de la CC. Le premier chiffre présenté pour chaque année indique la biomasse relative médiane et les limites des 90 % du centre de la répartition sont fournies entre parenthèses. Toutes les valeurs correspondent à celles qui sont présentées à la figure D1.

Scénario	PG	Appauvrissement de la biomasse			
		2018	2023	2028	2033
CC_MDD	AucunePrise_AucuneASR	0,31 (0,156, 0,519)	0,448 (0,096, 1,318)	0,538 (0,147, 1,311)	0,806 (0,433, 1,343)
CC_MDD	AucunePrise_ASR	0,31 (0,156, 0,519)	0,435 (0,093, 1,305)	0,525 (0,137, 1,303)	0,791 (0,414, 1,327)
CC_MDD	BH30-60_TR0,05	0,31 (0,156, 0,519)	0,425 (0,092, 1,205)	0,483 (0,137, 1,143)	0,713 (0,389, 1,229)
CC_MDD	minE.5B0_TR0,1	0,31 (0,156, 0,519)	0,431 (0,093, 1,126)	0,464 (0,137, 0,995)	0,659 (0,367, 1,15)
CC_MDD	BH30-60_TR0,1	0,31 (0,156, 0,519)	0,418 (0,092, 1,11)	0,443 (0,137, 0,993)	0,644 (0,354, 1,135)
CC_MDD	BH30-60_TR0,1_cap5,0	0,31 (0,156, 0,519)	0,418 (0,092, 1,11)	0,443 (0,137, 1,083)	0,653 (0,354, 1,177)

Tableau D2. Répartition, par tranches de 5 ans commençant en 2018, de l'appauvrissement de la biomasse relative aux stocks non exploités dans le cadre des PG qui a dépassé l'objectif en matière de conservation pour le hareng du DPR. Le premier chiffre présenté pour chaque année indique la biomasse relative médiane et les limites des 90 % du centre de la répartition sont fournies entre parenthèses. Toutes les valeurs correspondent à celles qui sont présentées à la figure D2.

Scénario	PG	Appauvrissement de la biomasse			
		2018	2023	2028	2033
DPR_MDD	AucunePrise_ASR	0,298 (0,153, 0,429)	0,454 (0,091, 1,275)	0,595 (0,135, 1,595)	0,816 (0,327, 1,476)
DPR_MDD	AucunePrise_AucuneASR	0,298 (0,153, 0,429)	0,464 (0,096, 1,286)	0,612 (0,148, 1,611)	0,832 (0,35, 1,493)
DPR_MDD	BH30-60_TR0,05	0,298 (0,153, 0,429)	0,43 (0,091, 1,206)	0,546 (0,135, 1,411)	0,691 (0,313, 1,314)
DPR_MDD	BH50-60_TR0,2_cap2,5	0,298 (0,153, 0,429)	0,43 (0,091, 1,207)	0,543 (0,135, 1,508)	0,701 (0,309, 1,394)
DPR_MDD	minE0,5B0_TR.1	0,298 (0,153, 0,429)	0,431 (0,091, 1,143)	0,53 (0,135, 1,199)	0,622 (0,311, 1,166)
DPR_MDD	BH30-60_TR0,1_cap2,5	0,298 (0,153, 0,429)	0,41 (0,091, 1,229)	0,524 (0,135, 1,478)	0,69 (0,298, 1,334)
DPR_MDD	BH30-60_TR0,1	0,298 (0,153, 0,429)	0,41 (0,091, 1,18)	0,514 (0,135, 1,349)	0,623 (0,299, 1,161)
DPR_MDD	minE.5B0_TR0,2	0,298 (0,153, 0,429)	0,413 (0,091, 1,061)	0,465 (0,131, 0,949)	0,543 (0,293, 1,007)

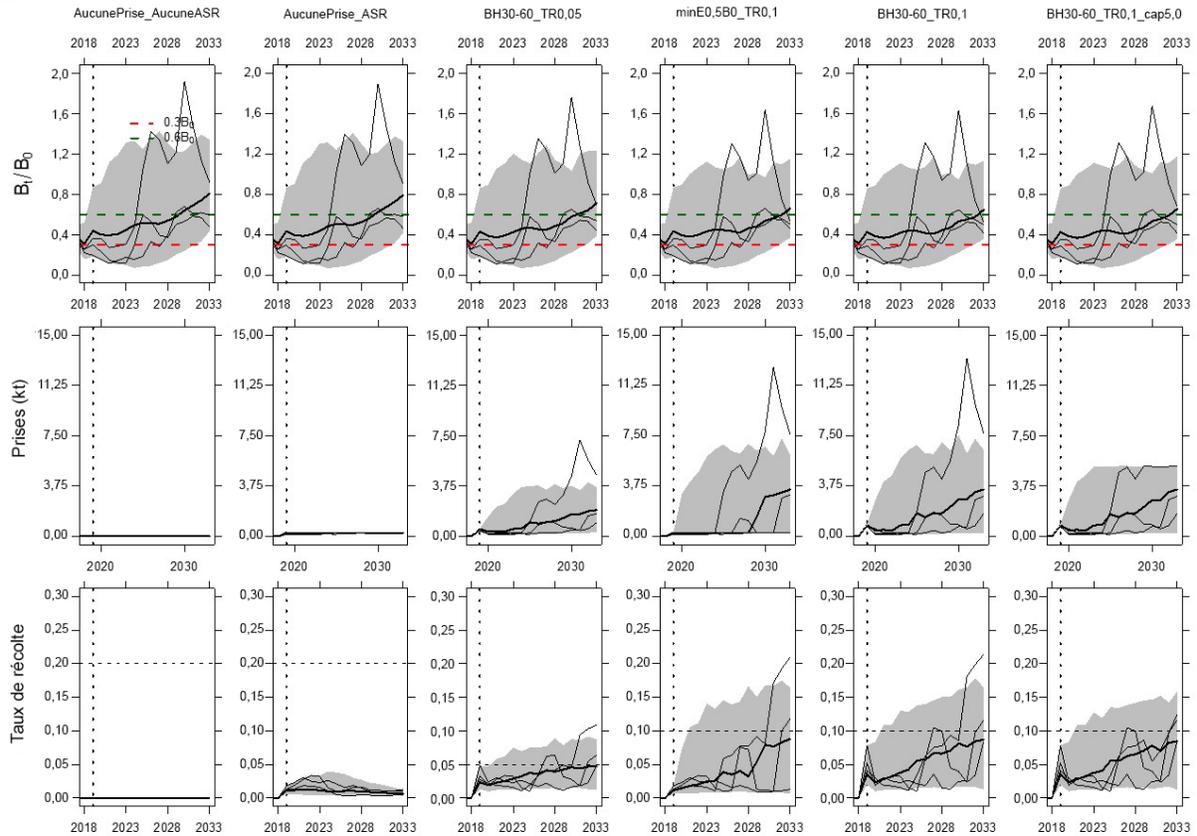


Figure D1. Enveloppes de simulation pour le taux d'appauvrissement (ligne du haut), le taux de prise (au milieu) et le taux de récolte réalisé (ligne du bas) pour le hareng de la CC avec le MO de référence lorsqu'il est géré à l'aide de PG qui dépassent l'objectif en matière de conservation. Les zones grisées montrent les 95 % du centre des trajectoires simulées, la ligne noire épaisse illustre la médiane des 100 répliquats, et les minces lignes noires indiquent les trajectoires choisies aléatoirement pour trois répliquats différents. La ligne verticale pointillée qui a été tracée pour l'année 2018 indique le début de la période de prévision, les lignes horizontales tiretées dans la ligne du haut indiquent des taux de  $0,3B_0$  (rouge) et de  $0,6B_0$  (vert), alors que la ligne horizontale tiretée de la ligne du bas illustre le taux de récolte cible maximal.

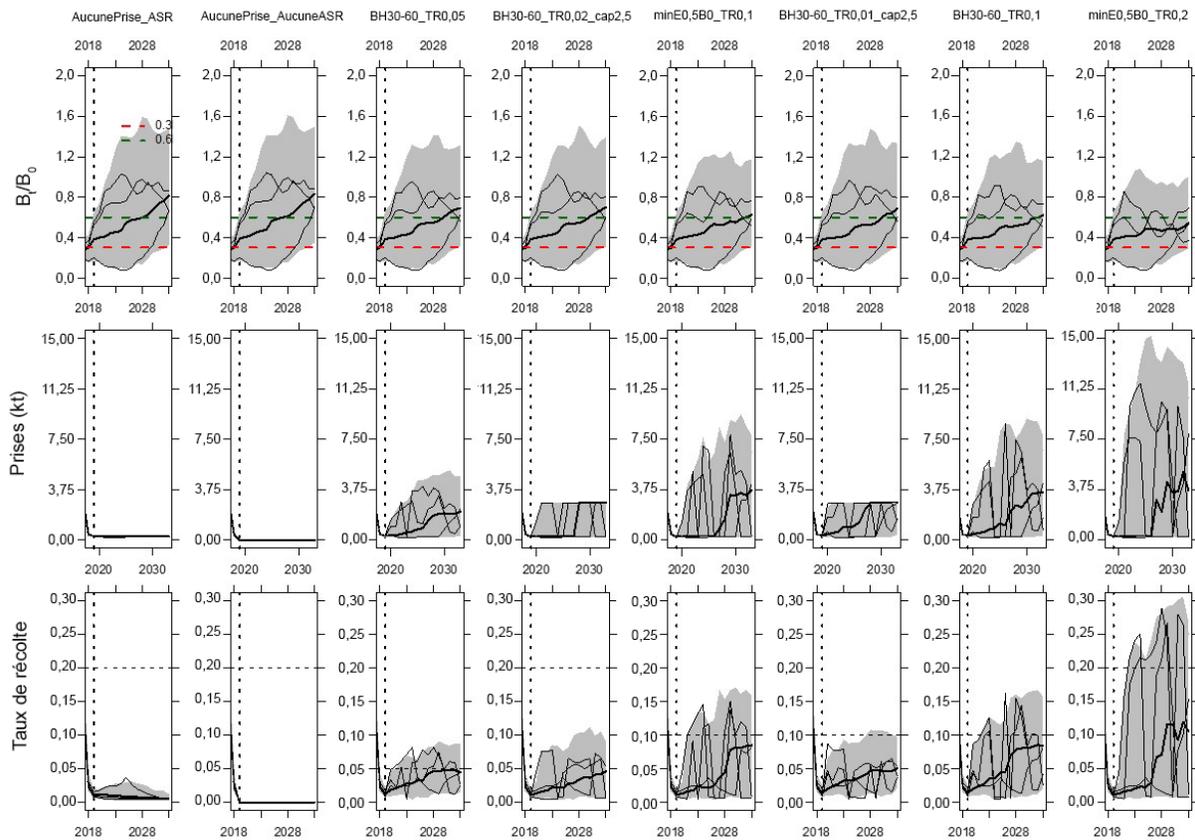


Figure D2. Enveloppes de simulation pour le taux d'appauvrissement (ligne du haut), le taux de prise (au milieu) et le taux de récolte réalisé (ligne du bas) pour le hareng du DPR avec le MO de référence lorsqu'il est géré à l'aide de PG qui dépassent l'objectif en matière de conservation. Les zones grisées montrent les 95 % du centre des trajectoires simulées, la ligne noire épaisse illustre la médiane des 100 répliquats, et les minces lignes noires indiquent les trajectoires choisies aléatoirement pour trois répliquats différents. La ligne verticale pointillée qui a été tracée pour l'année 2018 indique le début de la période de prévision, les lignes horizontales tiretées dans la ligne du haut indiquent des taux de 0,3B0 (rouge) et de 0,6B0 (vert), alors que la ligne horizontale tiretée de la ligne du bas illustre le taux de récolte cible maximal.

**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](mailto:csap@dfo-mpo.gc.ca)

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

ISSN 1919-3815

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2020



La présente publication doit être citée comme suit :

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.

*Also available in English:*

DFO. 2020. *Evaluation of Management Procedures for Pacific Herring (Clupea pallasii) in Haida Gwaii, Prince Rupert District, and the Central Coast Management Areas of British Columbia.* DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2020/003.