



ÉVALUATION DE LA MORUE DU PACIFIQUE DE LA COLOMBIE-BRITANNIQUE DANS LES ZONES 3CD ET 5ABCD EN 2018



Morue du Pacifique (*Gadus macrocephalus*).

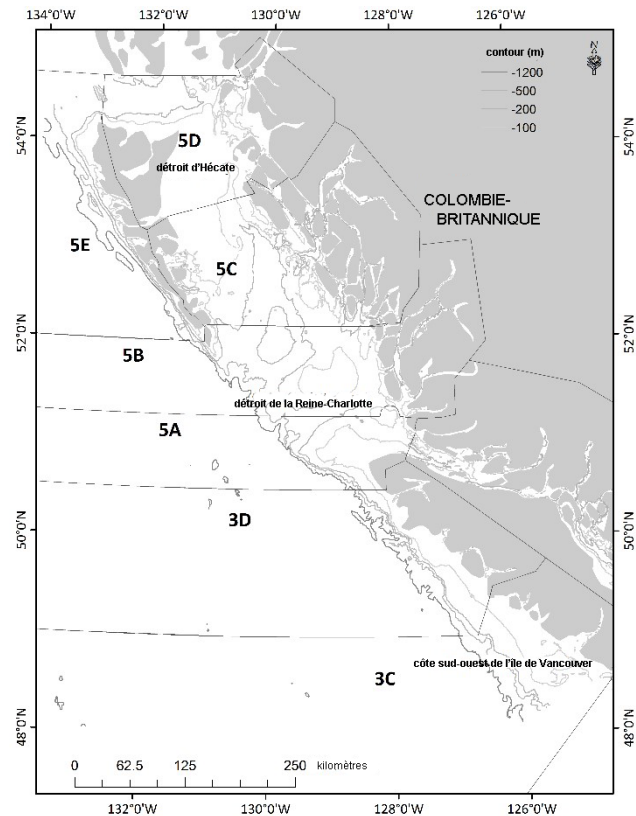


Figure 1. Zones d'évaluation de la morue du Pacifique comprenant les principales zones de la Commission des pêches maritimes du Pacifique (CPMP).

Contexte

La morue du Pacifique (*Gadus macrocephalus*) est une espèce de morue importante pour la pêche commerciale. Elle est présente sur toute la côte de la Colombie-Britannique. La morue du Pacifique a une durée de vie relativement courte (10-11 ans, MPO 2015). La majeure partie des prises surviennent dans le détroit d'Hécate et le bassin de la Reine-Charlotte, où l'abondance est la plus grande, bien que l'on ait aussi effectué des prises importantes le long de la côte ouest de l'île de Vancouver par le passé. La morue du Pacifique est pêchée au chalut à poisson de fond et, en petites quantités, à la ligne. Quatre stocks de morue du Pacifique sont définis aux fins de gestion en Colombie-Britannique : le détroit de Georgie (4B); la côte ouest de l'île de Vancouver (3CD); le bassin de la Reine-Charlotte (5AB) et le détroit d'Hécate (5CD).

La Gestion des pêches de Pêches et Océans Canada (MPO) a demandé un avis sur l'état actuel des stocks de morue du Pacifique dans les zones 5AB, 5CD et 3CD. Les zones 5AB et 5CD ont été évaluées pour la dernière fois en 2014 et la zone 3CD, en 2001. La zone 4B n'est pas évaluée dans

le présent document.

Le présent avis scientifique découle de l'examen régional par les pairs du 10 au 11 octobre 2018 sur l'Évaluation de la morue du Pacifique de la Colombie-Britannique dans les zones 3CD et 5ABCD en 2018. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

SOMMAIRE

- La morue du Pacifique (*Gadus macrocephalus*) est une espèce de morue à courte durée de vie, importante pour la pêche commerciale. Elle est présente sur toute la côte de la Colombie-Britannique. L'espèce est pêchée principalement au chalut à poisson de fond et, en petites quantités, à la ligne. La majeure partie des prises surviennent dans le détroit d'Hécate et le bassin de la Reine-Charlotte (zone 5ABCD, moyenne de 739,6 t/an, 2013-2017). Bien que d'importantes prises aient été effectuées par le passé au large de la côte ouest de l'île de Vancouver (zone 3CD), elles ont été inférieures ces dernières années (363 t/an en moyenne, 2013-2017).
- Quatre stocks de morue du Pacifique sont définis aux fins de gestion en Colombie-Britannique : le détroit de Georgie (4B); la côte ouest de l'île de Vancouver (3CD); le bassin de la Reine-Charlotte (5AB) et le détroit d'Hécate (5CD). Historiquement, chaque zone a été évaluée séparément. Aux fins de la présente évaluation, les données des zones 5AB et 5CD ont été regroupées en une seule évaluation des stocks, car on manque de preuves biologiques qu'il s'agit de stocks distincts et du fait de l'amélioration des ajustements aux données combinées comparativement aux données de la seule zone 5AB. La zone 3CD a été évaluée séparément. La zone 4B n'a pas été évaluée pour le moment, car aucune pêche commerciale dirigée n'y est pratiquée.
- Il est difficile de déterminer l'âge de la morue du Pacifique, ce qui rend les modèles statistiques de capture selon l'âge inappropriés pour cette espèce. De ce fait, les stocks des zones 5ABCD et 3CD ont été évalués à l'aide de modèles bayésiens de type différence-délai. Les modèles ont été ajustés aux indices d'abondance indépendants de la pêche, au poids annuel moyen des prises commerciales et aux nouveaux indices normalisés de captures commerciales par unité d'effort (CPUE) élaborés à l'aide des modèles linéaires généralisés à effets mixtes (MLGM) de Tweedie. Des estimations actualisées des paramètres de croissance ont également été incorporées dans les modèles.
- L'échelle absolue de la biomasse estimée dans les deux zones évaluées, déterminée en estimant la capturabilité (q) dans les indices des relevés, a été considérée comme le principal axe d'incertitude dans cette évaluation. Plusieurs analyses de sensibilité ont été réalisées pour évaluer l'ampleur possible de cette incertitude. Dans le même ordre d'idées, l'incertitude liée aux échelles de biomasse relatives reposant sur les données sur les prises et les CPUE entre les époques historique (avant 1996) et moderne (1995+) a également été relevée comme un axe majeur d'incertitude, en particulier pour la zone 5ABCD.
- En raison de l'incertitude relative aux paramètres du modèle, nous n'avons pas utilisé les points de référence biologiques fondés sur des hypothèses d'équilibre (p. ex. le rendement maximal soutenu [RMS]), mais plutôt, les points de référence basés sur la biomasse historique estimée, selon l'approche adoptée dans les évaluations précédentes des stocks pour la zone 5CD. Pour les deux stocks, le point de référence supérieur (PRS) recommandé du stock est la biomasse moyenne estimée entre 1956 et 2004; et le point de référence limite (PRL) recommandé est un état de faible biomasse indésirable convenu, qu'il faut

éviter (B_{2000} dans la zone 5ABCD; B_{1986} dans la zone 3CD). Le taux d'exploitation limite (TEL) recommandé est la moyenne estimée de la mortalité par pêche entre 1956 et 2004.

- Pour chacune des deux zones de stock évaluées, un avis est fourni sous la forme d'un tableau de décision qui résume la probabilité de dépassement des points de référence en fonction d'une fourchette de niveaux de capture fixes pour une projection d'un an, selon une approche de moyenne des modèles. Les tableaux de décision d'après la moyenne des modèles ont été établis à partir d'échantillons postérieurs non pondérés provenant d'un modèle de cas de référence et de six cas de sensibilité pour chaque stock, afin d'englober la gamme d'incertitude des paramètres dans les évaluations.
- La biomasse estimée d'après la moyenne des modèles dans la zone 5ABCD a diminué après 2011, avec une légère augmentation les deux dernières années de la série chronologique. L'estimation médiane selon la moyenne des modèles de la biomasse de 2018 était supérieure au PRL médian, mais inférieure au PRS. Les recrutements annuels estimés selon la moyenne des modèles étaient généralement inférieurs à la moyenne pendant les deux dernières décennies de la série chronologique.
- La biomasse estimée selon la moyenne des modèles dans la zone 3CD a diminué après 2015. L'estimation médiane selon la moyenne des modèles de la biomasse de 2018 était supérieure au PRL médian, mais inférieure au PRS médian. Les recrutements annuels estimés selon la moyenne des modèles étaient inférieurs à la moyenne la plupart des années au cours des deux dernières décennies de la série chronologique.
- Pour la zone 5ABCD, la projection de la biomasse selon la moyenne des modèles au début de 2019 (B_{2019}) était de 0,60 (0,39-1,01) de la biomasse non pêchée (B_0). Pour la zone 3CD, la projection de la moyenne des modèles B_{2019} était de 1,13 (0,78-1,73) de B_0 . Les proportions indiquent la médiane (et les centiles de 2,5 et 97,5).
- Il est recommandé d'effectuer la prochaine évaluation après qu'une série d'espèces, y compris la morue du Pacifique, aura été évaluée selon une méthode de gestion fondée sur la simulation pour les espèces de poisson de fond sur lesquelles on dispose de données limitées et modérées, qui sera examinée par le Secrétariat consultatif scientifique canadien (SCCS) en 2019-2020. Il est également recommandé de procéder à la mise à jour des évaluations actuelles les années suivant immédiatement le relevé bisannuel synoptique au chalut de fond du poisson de fond dans chaque zone (c.-à-d. lorsque le point d'indice du relevé le plus récent est disponible).

INTRODUCTION

Biologie et structure des stocks

La morue du Pacifique (*Gadus macrocephalus*) est un membre de la famille des *Gadidae*, dont la durée de vie est relativement courte et la croissance plutôt rapide. En Colombie-Britannique, on l'appelle aussi couramment morue grise. Les populations de morue du Pacifique sont présentes de la Californie, en passant par les eaux au large de la Colombie-Britannique, le golfe d'Alaska et la mer de Béring, jusqu'à la Russie, à la Corée, au Japon et à la Chine. L'âge maximum observé en Colombie-Britannique est estimé à environ 10-11 ans, bien qu'il soit difficile de déterminer l'âge de l'espèce. La longueur maximale enregistrée en Colombie-Britannique est de 100 cm. La morue du Pacifique est un reproducteur démersal, le frai se produisant le plus probablement de février à mars. La dynamique estimée des populations de morue du Pacifique de la C.-B. a été caractérisée par d'importantes variations

apparentes de l'abondance entre les années 1950 et le milieu des années 1990, lorsque l'amplitude des variations de l'abondance estimée a diminué de façon marquée.

Quatre stocks de morue du Pacifique sont définis aux fins de gestion sur la côte de la Colombie-Britannique : le détroit de Georgie (4B); la côte ouest de l'île de Vancouver (3CD); le bassin de la Reine-Charlotte (5AB) et le détroit d'Hécate (5CD). Il n'est pas certain qu'il s'agisse de populations biologiquement distinctes. Des analyses génétiques récentes ont révélé une distinction entre les populations de morue du Pacifique en Amérique du Nord et en Asie et ont démontré une distinction entre les populations de l'Alaska et celles au sud de l'entrée Dixon, en Colombie-Britannique. Il a également été démontré que les poissons capturés au large de la côte de Washington et de la côte ouest de l'île de Vancouver pourraient être distincts des poissons échantillonnés dans le détroit de Georgie ou la baie Puget. Toutefois, les liens génétiques entre les stocks de la Colombie-Britannique et ceux de l'Alaska sont encore mal compris.

Proies et prédateurs

Les jeunes morues du Pacifique se nourrissent principalement d'invertébrés marins, notamment d'amphipodes, de krill, de crevettes et de crabes. Lorsqu'elles mesurent environ 50 à 55 cm, elles deviennent également piscivores, et le lançon du Pacifique ainsi que le hareng du Pacifique constituent une part importante de leur alimentation. La morue charbonnière juvénile et le merlu du Chili adulte ont également été signalés comme faisant partie de l'alimentation de la morue du Pacifique au large de la côte ouest de l'île de Vancouver. La morue du Pacifique, quant à elle, fait partie du régime alimentaire du flétan du Pacifique, de l'aiguillat commun, des oiseaux de mer, des phoques et des otaries. Il a été suggéré que la disponibilité du hareng du Pacifique pourrait être un facteur de la production de morue du Pacifique dans le détroit d'Hécate.

La pêche

Les morues du Pacifique en Colombie-Britannique sont presque toutes pêchées au chalut de fond, dans le cadre de la pêche intégrée du poisson de fond en Colombie-Britannique. Actuellement, la pêche de la morue du Pacifique en Colombie-Britannique s'effectue principalement dans le détroit d'Hécate et au large du sud-ouest de l'île de Vancouver. La morue du Pacifique est présente dans le détroit d'Hécate, le bassin de la Reine-Charlotte et au large de la côte ouest de l'île de Vancouver, surtout à des profondeurs de 50 à 200 m, bien que des prises aient été effectuées à de plus grandes profondeurs.

Les prises annuelles déclarées de morue du Pacifique dans le détroit d'Hécate et le bassin de la Reine-Charlotte (5ABCD) et au large de la côte ouest de l'île de Vancouver (3CD) ont affiché une variabilité considérable depuis le début de la série chronologique en 1956 (figure 2a, 2b). L'effort de pêche au chalut de fond a été quelque peu cyclique dans toutes les zones. Au cours des dernières années de réduction des quotas de morue du Pacifique, de nombreux capitaines de pêche ont signalé qu'ils évitaient activement la morue du Pacifique afin de ne pas dépasser leur quota avant d'avoir capturé les quotas disponibles pour d'autres espèces. D'autres facteurs, y compris les changements dans les marchés, la participation à d'autres pêches et l'évitement des espèces telles que le flétan du Pacifique, ont également été déterminés comme ayant une incidence sur l'effort de pêche de la morue du Pacifique.

Avant 1988, la pêche était pratiquée sans restriction et sans quota établi. À partir de 1988, elle a été gérée à l'aide de limites par sortie, puis, en 1992, un total autorisé des captures (TAC) annuel a été instauré. Par la suite, la vérification à quai a été mise en place, puis des

observateurs en mer en 1996. Depuis 1996, la pêche est soumise aux mesures de gestion suivantes : surveillance en mer à 100 % par des observateurs, vérification à quai à 100 %, responsabilité individuelle des bateaux pour toutes les prises conservées et remises à l'eau, quotas individuels transférables et réaffectation de ces quotas entre les bateaux et les secteurs du poisson de fond pour couvrir les prises des espèces non ciblées (voir MPO 2017). La morue du Pacifique peut être légalement rejetée par les chalutiers en Colombie-Britannique. Toutefois, les observateurs à bord estiment d'abord la quantité rejetée, lui attribuent un taux de mortalité par rejet et appliquent le poids du poisson attribuable à la mortalité par pêche au quota de morue du Pacifique du navire. Le TAC total de 2018 pour les zones 5AB et 5CD combinées était de 950 tonnes métriques (tm). Il était de 500 tm pour la zone 3CD.

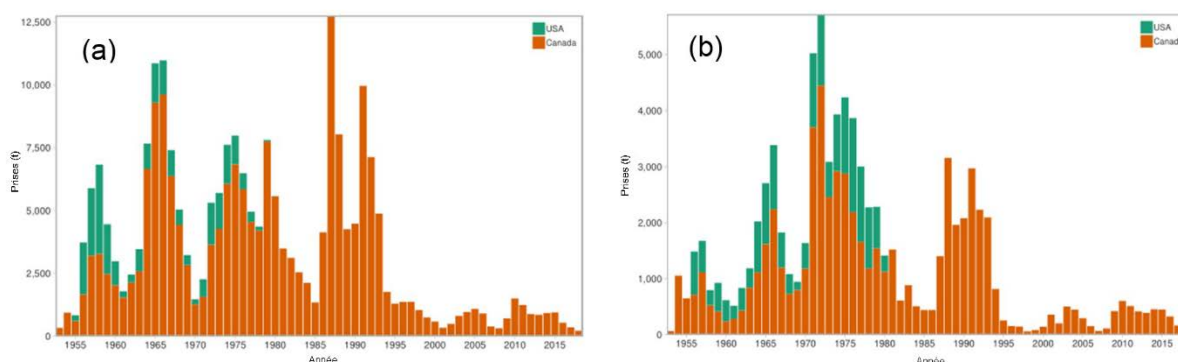


Figure 2 : Registres des pêches de morue du Pacifique pour les années 1956-2018 pour (a) la zone 5ABCD et (b) la zone 3CD. Les prises canadiennes comprennent les remises à l'eau en mer.

Considérations écosystémiques

En 2012, des mesures ont été prises pour réduire et gérer les prises accessoires de coraux et d'éponges dans les pêches au chalut de fond de la Colombie-Britannique. Ces mesures ont été élaborées conjointement par l'industrie de la pêche et des organisations non gouvernementales de l'environnement, et comprennent notamment :

- le gel de l'empreinte des activités de chalutage de fond du poisson de fond afin de réduire les impacts de la pêche au chalut sur des composantes importantes de l'écosystème comme les coraux et les éponges (Wallace *et al.* 2015);
- l'établissement d'une limite combinée de conservation des prises accessoires pour les coraux et les éponges;
- l'établissement d'un protocole en cas de rencontre de coraux et d'éponges pour chaque trait de chalut, lorsque les prises combinées de ces organismes dépassent 20 kg.

Ces mesures ont été intégrées au Plan de gestion intégrée des pêches du poisson de fond pour la région du Pacifique de Pêches et Océans Canada (MPO 2017).

ÉVALUATION

Sources des données

Les données sur les prises étaient disponibles de 1956 à 2018 (figure 2) et comprenaient les données sur les débarquements des navires américains (avant 1981) et canadiens, ainsi que les estimations des rejets en mer (rejets) par les navires canadiens. Avant l'introduction de la

couverture à 100 % par les observateurs en mer en 1996, les estimations des remises à l'eau étaient tirées des journaux de bord de pêche. Des navires japonais et soviétiques ont également pratiqué la pêche au chalut dans les eaux au large de la Colombie-Britannique à la fin des années 1960 et au début des années 1970. Ces navires ciblaient principalement le sébaste et pêchaient probablement à des profondeurs de plus de 150 m. Les prises accessoires de la morue du Pacifique dans ces pêches sont inconnues. Au moment de l'évaluation, la campagne de pêche 2018 n'était pas terminée. Afin de fournir des projections pour la saison de pêche 2019, les prises de 2018 ont été extrapolées dans chaque zone, à partir des prises moyennes des années précédentes.

Les modèles d'évaluation des stocks pour les zones 5ABCD et 3CD ont été ajustés aux indices d'abondance indépendants de la pêche, au poids annuel moyen des prises commerciales et aux nouveaux indices normalisés de captures commerciales par unité d'effort (CPUE) élaborés à l'aide des modèles linéaires généralisés à effets mixtes (MLGM) qui supposaient une distribution de Tweedie. Des estimations actualisées des paramètres de croissance ont également été fournies et incorporées dans les modèles. En raison des importants changements intervenus dans les bases de données et la gestion de la pêche, des indices distincts de captures commerciales par unité d'effort ont été préparés pour la période « historique » (avant 1996) et la période « moderne » (après 1995). Les poids moyens annuels provenant de la pêche commerciale ont été calculés à l'aide d'une relation longueur-poids appliquée aux données échantillonnées sur la longueur commerciale, en utilisant les estimations actualisées des paramètres de croissance.

Méthode d'évaluation

Les stocks de morue du Pacifique ont été évalués à l'aide de modèles bayésiens de type différence-délai. La structure du modèle de type différence-délai suit les effets du recrutement, de la survie et de la croissance sur la biomasse. Ce type de modélisation d'évaluation peut donner de bons résultats, à condition que ses principales hypothèses concernant la croissance constante, la maturité marquée et la sélectivité de la pêche, et la mortalité naturelle constante soient respectées. Les modèles ont été soumis aux données sur les prises commerciales et adaptés aux données sur les captures commerciales par unité d'effort, aux données des relevés indépendants de la pêche et aux estimations du poids moyen annuel provenant de la pêche commerciale, tel que décrit ci-dessus.

Pour chaque stock évalué, un modèle de cas de référence et un ensemble d'analyses de sensibilité ont été présentés. Pour la zone 5ABCD, le modèle de cas de référence a été adapté à trois indices d'abondance indépendants de la pêche :

- i. le relevé au chalut de la communauté d'espèces dans le détroit d'Hécate;
- ii. le relevé synoptique au chalut dans le détroit d'Hécate;
- iii. le relevé synoptique au chalut dans le bassin de la Reine-Charlotte.

Pour la zone 3CD, le modèle de cas de référence a été adapté à deux indices d'abondance indépendants de la pêche :

- i. le relevé synoptique au chalut de la côte ouest de l'île de Vancouver;
- ii. le relevé triennal du National Marine Fisheries Service (NMFS) des États-Unis (dans les eaux canadiennes).

Les modèles de cas de référence pour les deux zones de stock supposaient que l'âge de recrutement marqué de la population halieutique et de la population reproductrice était de deux

ans. Cette hypothèse était fondée sur l'examen des données disponibles sur l'âge et la longueur. Les deux modèles de cas de référence ont été ajustés à deux indices de captures commerciales par unité d'effort (« historique » et « moderne ») qui avaient été élaborés à l'aide de modèles MLGM qui supposaient une distribution de Tweedie et comprenaient un terme d'interaction emplacement-année. Les deux modèles de cas de référence utilisaient des distributions de probabilité antérieures pour la mortalité naturelle (M), la pente de la relation stock-recrutement de Beverton-Holt (h) et les « coefficients de capturabilité » (q), c'est-à-dire les paramètres de mise à l'échelle, pour les indices des relevés synoptiques. Les distributions de probabilité antérieures pour M et h étaient fondées sur celles utilisées dans les évaluations antérieures des stocks de morue du Pacifique. Les distributions de probabilité antérieures pour les paramètres de capturabilité du relevé étaient basées sur des valeurs estimées pour d'autres espèces dans la même zone (zone 5ABCD : fausse limande (*Lepidopsetta* spp.); zone 3CD : sébaste à longue mâchoire (*Sebastes alutus*). Les modèles ont également été ajustés au poids moyen annuel figurant dans les données de la pêche commerciale. Des valeurs fixes ont été supposées pour les termes d'observation et d'erreur de traitement, ainsi que pour l'écart-type utilisé dans la vraisemblance des données sur le poids moyen annuel. Les valeurs fixes reposaient sur les valeurs utilisées dans les évaluations précédentes pour la morue du Pacifique.

Des analyses de sensibilité ont été effectuées pour évaluer l'effet de certaines hypothèses relatives aux modèles et aux données, notamment :

- Exclusion de l'interaction emplacement-année en tant qu'effet aléatoire dans les données sur la CPUE commerciale dans les deux périodes, historique et moderne.
- Exclusion des indices de captures commerciales par unité d'effort pour les périodes historique ou moderne.
- Exclusion de l'indice du relevé triennal du NMFS pour la zone 3CD.
- Variation ou suppression des distributions de probabilité antérieures pour les paramètres M , h et les paramètres q du relevé.
- Relèvement à trois ans de l'âge présumé à la maturité marquée et de la sélectivité de la pêche.
- Évaluation des effets des paramètres de croissance mis à jour (en utilisant plutôt les paramètres des évaluations précédentes de la morue du Pacifique).
- Variation de la valeur fixe présumée des erreurs d'observation et de traitement dans le modèle.
- Variation de l'écart-type utilisé dans la composante de vraisemblance pour les données sur le poids moyen annuel.
- Ajout d'un facteur d'inflation pour tenir compte de l'incertitude des données sur les prises totales avant 1996.

L'échelle absolue de la biomasse estimée dans les deux zones évaluées, déterminée en estimant la capturabilité (q) dans les indices des relevés, a été considérée comme le principal axe d'incertitude dans cette évaluation. Plusieurs analyses de sensibilité ont été réalisées pour évaluer l'ampleur possible de cette incertitude. Par ailleurs, l'incertitude dans l'échelle relative de la biomasse entre l'ère historique et l'ère moderne a également été relevée comme un axe d'incertitude important, en particulier pour la zone 5ABCD.

Points de référence

Le [Cadre décisionnel des pêches du MPO, qui intègre l'approche de précaution](#) (MPO 2009) exige que l'état des stocks soit caractérisé à l'aide de trois points de référence :

- i. un point de référence supérieur (PRS);
- ii. un point de référence limite (PRL);
- iii. un taux d'exploitation limite (TEL).

Des valeurs provisoires de $PRS = 0,8 B_{RMS}$ et de $PRL = 0,4 B_{RMS}$ sont suggérées en l'absence de points de référence précis du stock, où B_{RMS} est la biomasse d'équilibre à long terme estimée lorsque le stock est exploité au taux de mortalité par pêche correspondant au rendement maximal durable (F_{RMS}).

Des évaluations antérieures ont révélé que les estimations des points de référence fondés sur le RMS, ou ceux fondés sur B_0 , pour la morue du Pacifique du détroit d'Hécate, sont sensibles aux incertitudes liées aux hypothèses concernant la mortalité naturelle et le stock-recrutement (p. ex. Sinclair et Starr 2005; Forrest *et al.* 2015). L'utilisation de points de référence fondés sur le RMS ou la B_0 n'a donc pas été appuyée pour ce stock. D'autres points de référence « historiques » fondés sur des paramètres de la biomasse estimée ont donc été appliqués dans les évaluations actuelles des stocks des zones 5ABCD et 3CD, selon l'approche acceptée dans les évaluations précédentes de la morue du Pacifique de la zone 5CD (Sinclair et Starr 2005; Forrest *et al.* 2015). Le PRS et le TEL pour les deux zones 5ABCD et 3CD ont été définis comme suit : PRS = biomasse moyenne estimée pour la période 1956-2004; et TEL = mortalité par pêche moyenne estimée pour la période 1956-2004.

Les PRL proposés représentent des états de biomasse indésirables convenus, qu'il faut éviter. Pour la zone 5ABCD, l'évaluation précédente de la morue du Pacifique de la zone 5CD (Forrest *et al.* 2015) recommandait d'utiliser B_{1971} en tant que PRL, qui représentait un niveau de biomasse faible à partir duquel le stock s'est ensuite rétabli à un niveau supérieur à la moyenne. Lors de la réunion de l'examen régional par les pairs de 2018, les examinateurs et les participants se sont demandé si 1971 représentait vraiment un état indésirable, puisque la biomasse estimée en 1971 était supérieure à toute autre biomasse estimée depuis 1995. Les participants à l'examen régional par les pairs ont convenu qu'un état de la biomasse indésirable plus défendable s'est produit en l'an 2000, puisqu'il a entraîné une importante réduction du TAC de 1 000 t à 200 t en 2001. Par conséquent, le PRL recommandé pour la zone 5ABCD est B_{2000} . Les auteurs et les participants à cet examen ont convenu que des travaux supplémentaires sont nécessaires pour élaborer des points de référence biologiques pour la morue du Pacifique, en particulier la définition d'objectifs de conservation et d'objectifs économiques pour ces stocks.

Le PRL recommandé pour la zone 3CD est B_{1986} , qui représente un état de biomasse historiquement bas (indésirable) à partir duquel le stock s'est rétabli au-dessus de la moyenne.

En résumé, les points de référence recommandés pour chaque stock sont :

- Zone 5ABCD
 - PRS = biomasse moyenne estimée pour la période de 1956 à 2004;
 - PRL = un niveau de biomasse faible considéré comme un état indésirable à éviter (B_{2000});
 - TEL = mortalité par pêche moyenne estimée pour la période de 1956 à 2004.
- Zone 3CD

PRS = biomasse moyenne estimée pour la période de 1956 à 2004;

PRL = un niveau de biomasse faible considéré comme un état indésirable à éviter (B_{1986});

TEL = mortalité par pêche moyenne estimée pour la période de 1956 à 2004.

RÉSULTATS

Moyenne des modèles

Compte tenu de la grande incertitude entourant les résultats des modèles pour les cas de sensibilité de chaque stock, nous avons utilisé une méthode de calcul de la moyenne des modèles pour présenter les résultats des modèles et les avis sur les prélèvements. Les estimations tirées de la moyenne des modèles de la biomasse, du recrutement, de l'état des stocks et des points de référence ont été établies à partir d'échantillons postérieurs combinés non pondérés provenant du cas de référence et de six cas (scénarios) de sensibilité pour chaque stock, afin d'englober la gamme d'incertitude des paramètres dans les évaluations. De même, des tableaux de décision résumant la probabilité de dépassement des points de référence en fonction d'une fourchette de niveaux de capture fixes pour une projection d'un an ont été élaborés à partir des échantillons postérieurs combinés non pondérés de l'ensemble de la moyenne des modèles. L'ensemble des cas de sensibilité inclus dans l'ensemble de la moyenne des modèles a été convenu et affiné par les participants à l'examen régional par les pairs.

Pour la zone 5ABCD, les scénarios (Sc) inclus dans l'ensemble de la moyenne des modèles étaient les suivants :

- Sc 1a : Modèle de référence
- Sc 2d : Établir la moyenne de la distribution de probabilité antérieure pour le relevé synoptique $\ln(q) = \ln(1,0)$ (au prorata selon les profondeurs des zones 5AB et 5CD)
- Sc 2e : Augmenter l'écart-type (ET) pour le relevé synoptique $\ln(q)$ à 0,6.
- Sc 3a : Régler les paramètres de la distribution de probabilité antérieure pour $\ln(M)$ à la moyenne = $\ln(0,4)$, ET = 0,1
- Sc 5a : Régler l'âge marqué au recrutement = 3 ans
- Sc 6b : Réduire le terme global d'erreur d'observation $\sigma O = 0,15$
- Sc 7b : Réduire l'écart-type dans la vraisemblance de l'ajustement à la moyenne du poids moyen annuel $\sigma W = 0,15$

Pour la zone 3CD, les scénarios (Sc) inclus dans l'ensemble de la moyenne des modèles étaient les suivants :

- Sc 1a : Modèle de référence
- Sc 2d : Établir la moyenne de la distribution de probabilité antérieure pour le relevé synoptique $\ln(q) = \ln(1,0)$
- Sc 2e : Augmenter l'écart-type (ET) pour le relevé synoptique $\ln(q)$ à 0,6.
- Sc 3a : Régler les paramètres de la distribution de probabilité antérieure pour $\ln(M)$ à la moyenne = $\ln(0,4)$, ET = 0,1
- Sc 5a : Régler l'âge marqué au recrutement = 3 ans

- Sc 6b : Réduire le terme d'observation global $\sigma_o = 0,15$
- Sc 7b : Réduire l'écart-type dans la vraisemblance de l'ajustement à la moyenne du poids moyen annuel $\sigma_w = 0,15$

Estimation de la biomasse et de l'état des stocks

La biomasse estimée d'après la moyenne des modèles dans la zone 5ABCD a diminué après 2011, avec une légère augmentation les deux dernières années de la série chronologique (figure 3a). La biomasse au début de 2019 (B_{2019}) était estimée à 15 687 t (8 701 t – 33 340 t), où les chiffres représentent la médiane (et les centiles de 2,5 et 97,5). L'estimation médiane selon la moyenne des modèles de la biomasse de 2018 était supérieure au PRL médian, mais inférieure au PRS médian. Les recrutements annuels estimés selon la moyenne des modèles ont été généralement inférieurs à la moyenne au cours des deux dernières décennies (figure 4a).

La biomasse estimée selon la moyenne des modèles dans la zone 3CD a diminué depuis 2015 (figure 3b). La projection de B_{2019} était de 16 817 t (7 100 t – 57 754 t). L'estimation médiane selon la moyenne des modèles de la biomasse de 2018 était supérieure au PRL médian, mais inférieure au PRS médian. Au cours des deux dernières décennies, les recrutements annuels estimés selon la moyenne des modèles ont été inférieurs à la moyenne la plupart des années, sauf en 2009, 2013 et 2014 (figure 4b).

Les estimations des niveaux de biomasse et des points de référence tirées des évaluations des stocks selon la moyenne des modèles des zones 5ABCD et 3CD sont résumées dans le tableau 1. Pour la zone 5ABCD, la projection de la moyenne des modèles B_{2019} était de 0,60 (0,39-1,01) de la biomasse non pêchée (B_0). Pour la zone 3CD, la projection de la moyenne des modèles B_{2019} était de 1,13 (0,78-1,73) de B_0 . Les proportions indiquent la médiane (et les centiles de 2,5 et 97,5).

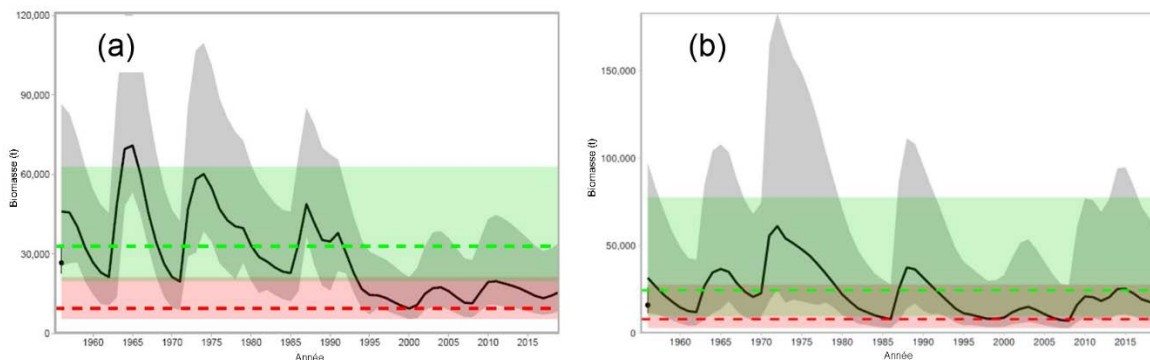


Figure 3. Biomasse estimée postérieure (médiane et intervalle de crédibilité à 95 %) selon la moyenne des modèles pour (a) la zone 5ABCD; et (b) la zone 3CD. Les lignes vertes en pointillés indiquent le PRS et les lignes rouges en pointillés, le PRL. Les zones ombragées autour des lignes des points de référence représentent les intervalles de crédibilité à 95 %.

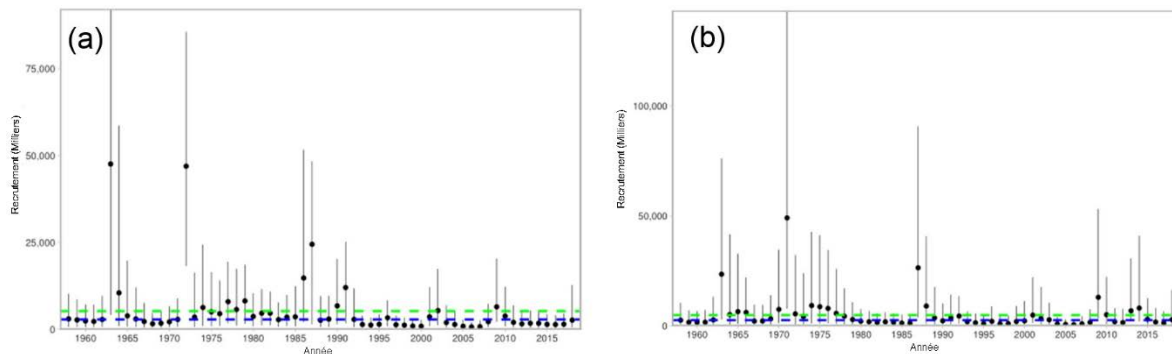


Figure 4. Recrutements estimés postérieurs (médiane et intervalle de crédibilité à 95 %) selon la moyenne des modèles pour (a) la zone 5ABCD; et (b) la zone 3CD. La ligne verte pointillée est la médiane des médianes postérieures et la ligne bleue pointillée, la moyenne des médianes postérieures.

Tableau 1 : Biomasse estimée postérieure et points de référence (centiles de 2,5, 50 et 97,5) selon la moyenne des modèles pour la zone 5ABCD (gauche) et la zone 3CD (droite). La biomasse est exprimée en tonnes métriques.

Point de référence	2,5 %	50 %	97,5 %	Point de référence	2,5 %	50 %	97,5 %
B_0	18 872,55	26 072,95	39 743,86	B_0	8 154,83	14 548,70	41 282,42
B_{1956}	25 747,48	46 965,35	84 161,39	B_{1956}	11 727,18	32 454,22	94 423,73
B_{2019}	8 701,41	15 687,40	33 339,51	B_{2019}	7 100,31	16 817,45	57 754,00
B_{2019}/B_0	0,39	0,60	1,01	B_{2019}/B_0	0,78	1,13	1,73
B_{2019}/B_{1956}	0,20	0,34	0,64	B_{2019}/B_{1956}	0,32	0,53	0,98
F_{2018}	0,01	0,02	0,04	F_{2018}	0,00	0,01	0,03
PRL (2000)	5 563	9 762	20 781	PRL (1986)	2 859	8,108	26,730
PRS (1956-2004)	20 048	33 780	61 615	PRS (1956-2004)	9 952	24 982	74 478

Avis sur les prélèvements

Pour chacune des deux zones, l'avis sur les prélèvements est fourni dans un tableau de décision, selon une méthode de la moyenne des modèles. Les tableaux de décision résument les probabilités de dépassement des points de référence en fonction d'une fourchette de niveaux de capture de recharge pour 2019 (allant de 0 t à environ trois fois le TAC de 2018 pour chaque zone). Les probabilités dans les tableaux de décision de la moyenne des modèles ont été établies à l'aide d'échantillons postérieurs combinés non pondérés du cas de référence et de six cas de sensibilité (voir la section Moyenne des modèles). La figure 5 montre la biomasse projetée pour 2020 selon la moyenne des modèles en fonction d'une certaine fourchette de niveaux de capture pour 2019 pour chaque zone.

Les tableaux de décision montrent les probabilités estimées que :

- la biomasse diminue entre 2019 et 2020 : $P(B_{2020} < B_{2019})$;
- la mortalité par pêche en 2019 dépasse la mortalité par pêche en 2018 : $P(F_{2019} > F_{2018})$;
- la biomasse en 2020 soit inférieure au PRL : $P(B_{2020} < PRL)$;
- la biomasse en 2020 soit inférieure au PRS : $P(B_{2020} < PRS)$;
- la mortalité par pêche en 2019 dépasse le TEL : $P(F_{2019} > TEL)$.

Région du Pacifique

Le tableau 2 présente le tableau de décision de la moyenne des modèles pour la zone 5ABCD pour une fourchette de niveaux de capture projetés pour 2019 (0 t à 3 000 t). En résumé :

- $P(B_{2020} < B_{2019})$ variait de 12 % à 89 % sur la fourchette des niveaux de capture pour 2019.
- $P(F_{2019} > F_{2018})$ variait de < 1 % à > 99 %. Les prises de 2018 ont été extrapolées à environ 200 t, d'où l'augmentation de la probabilité entre 200 t et 300 t.
- $P(B_{2020} < PRL)$ variait de 1 % à 11 %.
- $P(B_{2020} < PRS)$ variait de 98 % à 99 %.
- $P(F_{2019} > TEL)$ variait de <1 % à 95 %.

Le tableau 3 présente le tableau de décision de la moyenne des modèles pour la zone 3CD, pour une fourchette de niveaux de capture projetés pour 2019 (0 t à 1 500 t). En résumé :

- $P(B_{2020} < B_{2019})$ variait de 76 % à 89 % sur la fourchette des niveaux de capture pour 2019.
- $P(F_{2019} > F_{2018})$ variait de < 1 % à > 99 %. Les prises de 2018 ont été extrapolées à environ 164 t, d'où l'augmentation de la probabilité entre 100 t et 200 t.
- $P(B_{2020} < PRL)$ variait de 1 % à 1 %.
- $P(B_{2020} < PRS)$ variait de 95 % à 97 %.
- $P(F_{2019} > TEL)$ variait de <1 % à 96 %.

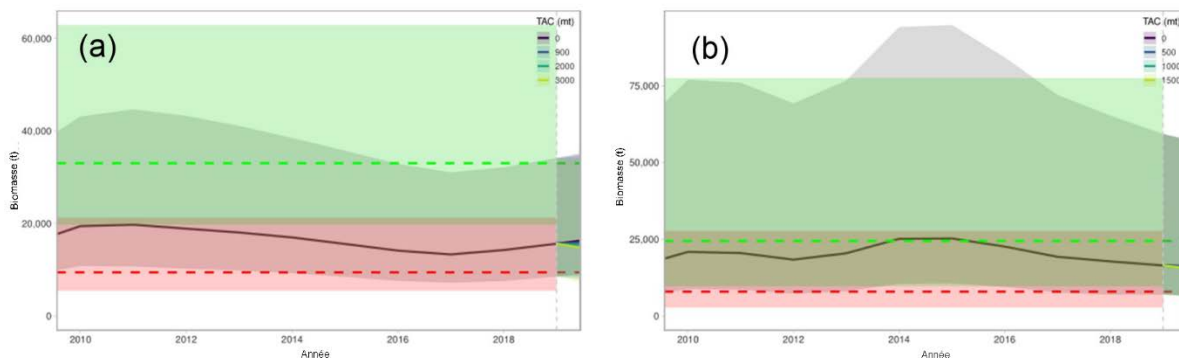


Figure 5. Biomasse estimée pour 2010-2018 selon la moyenne des modèles, avec projection jusqu'en 2020 pour (a) la zone 5ABCD et (b) la zone 3CD. Les lignes vertes en pointillés indiquent le PRS et les lignes rouges en pointillés, le PRL. Les zones ombragées autour des lignes des points de référence représentent les intervalles de crédibilité à 95 %.

Tableau 2 : Tableau de décision de la moyenne des modèles pour la zone 5ABCD.

Prises (tm)	$P(B_{2020} < B_{2019})$	$P(F_{2019} > F_{2018})$	$P(B_{2020} < PRL)$	$P(B_{2020} < PRS)$	$P(F_{2019} > TEL)$
0	0,12	<0,01	<0,01	0,98	<0,01
100	0,14	<0,01	<0,01	0,98	<0,01
200	0,17	<0,01	<0,01	0,99	<0,01
300	0,21	0,98	<0,01	0,99	<0,01
400	0,25	>0,99	<0,01	0,99	<0,01
500	0,29	>0,99	0,01	0,99	<0,01
600	0,34	>0,99	0,01	0,99	<0,01
700	0,38	>0,99	0,01	0,99	<0,01
800	0,43	>0,99	0,01	0,99	<0,01
900	0,47	>0,99	0,01	0,99	<0,01
1 000	0,52	>0,99	0,01	0,99	<0,01
1 100	0,56	>0,99	0,01	0,99	0,01

Prises (tm)	$P(B_{2020} < B_{2019})$	$P(F_{2019} > F_{2018})$	$P(B_{2020} < PRL)$	$P(B_{2020} < PRS)$	$P(F_{2019} > TEL)$
1 200	0,60	>0,99	0,02	0,99	0,02
1 300	0,63	>0,99	0,02	0,99	0,04
1 400	0,66	>0,99	0,02	0,99	0,08
1 500	0,69	>0,99	0,02	0,99	0,14
1 600	0,71	>0,99	0,03	0,99	0,22
1 700	0,74	>0,99	0,03	0,99	0,31
1 800	0,75	>0,99	0,03	0,99	0,40
1 900	0,78	>0,99	0,04	0,99	0,50
2 000	0,79	>0,99	0,04	0,99	0,58
2 100	0,81	>0,99	0,05	0,99	0,66
2 200	0,82	>0,99	0,05	0,99	0,73
2 300	0,83	>0,99	0,06	0,99	0,78
2 400	0,84	>0,99	0,07	0,99	0,83
2 500	0,85	>0,99	0,07	0,99	0,86
2 600	0,86	>0,99	0,08	0,99	0,89
2 700	0,87	>0,99	0,09	0,99	0,91
2 800	0,88	>0,99	0,09	0,99	0,93
2 900	0,89	>0,99	0,10	0,99	0,94
3 000	0,89	>0,99	0,11	0,99	0,95

Tableau 3 : Tableau de décision avec moyenne des modèles pour la zone 3CD.

Prises (tm) 2019	$P(B_{2020} < B_{2019})$	$P(F_{2019} > F_{2018})$	$P(B_{2020} < PRL)$	$P(B_{2020} < PRS)$	$P(F_{2019} > TEL)$
0	0,76	<0,01	<0,01	0,95	<0,01
100	0,77	<0,01	<0,01	0,95	<0,01
200	0,79	>0,99	<0,01	0,95	<0,01
300	0,80	>0,99	<0,01	0,96	<0,01
400	0,81	>0,99	<0,01	0,96	<0,01
500	0,82	>0,99	<0,01	0,96	<0,01
600	0,83	>0,99	<0,01	0,96	0,01
700	0,84	>0,99	<0,01	0,96	0,05
800	0,85	>0,99	<0,01	0,96	0,18
900	0,86	>0,99	0,01	0,96	0,36
1 000	0,87	>0,99	0,01	0,96	0,55
1 100	0,87	>0,99	0,01	0,96	0,71
1 200	0,88	>0,99	0,01	0,96	0,83
1 300	0,88	>0,99	0,01	0,97	0,90
1 400	0,89	>0,99	0,01	0,97	0,94
1 500	0,89	>0,99	0,01	0,97	0,96

Sources d'incertitude

L'incertitude due aux paramètres estimés et aux pondérations attribuées aux diverses composantes des données a été explicitement traitée selon une approche bayésienne. Pour la production de l'avis, les résultats de sept autres configurations de modèles ont été utilisés afin de générer les tableaux de décision. Toutefois, cette approche ne tient compte que de l'incertitude associée à l'ensemble des configurations de modèles incluses dans l'évaluation et peut sous-estimer des incertitudes structurelles plus importantes. D'autres incertitudes dans le cadre de la présente évaluation découlent des facteurs suivants :

Région du Pacifique

- i. l'absence de données fiables sur la composition selon l'âge de cette espèce, qui fourniraient des renseignements supplémentaires sur la vigueur du recrutement et la sélectivité des engins;
- ii. une série chronologique relativement courte des indices d'abondance indépendants de la pêche, qui ne montrent aucune tendance claire;
- iii. un biais possible dans les données de fréquence de longueur antérieures à 1996, attribuable à une sous-représentation possible des longueurs des poissons qui avaient été capturés, mais remis à la mer;
- iv. une mauvaise compréhension de la structure des stocks de morue du Pacifique dans les eaux du Pacifique;
- v. une mauvaise compréhension de la relation entre les données sur les captures commerciales par unité d'effort et l'abondance, ainsi que de l'incidence que les changements dans la gestion de la pêche ont eue sur cette relation.

Une comparaison des données sur la fréquence de longueur provenant de la pêche et des données provenant des relevés laisse entendre que les relevés sélectionnent des poissons plus jeunes que la pêche. Les modifications apportées à la gestion et aux pratiques de pêche depuis les années 1950 ont presque certainement entraîné des changements dans la sélectivité de la pêche au cours de la série chronologique en raison des changements de maillage et des changements potentiels dans la répartition spatiale de l'effort de pêche (p. ex. évitement des « points chauds » connus pour la morue du Pacifique). Par conséquent, il est presque certain que l'hypothèse du modèle de type différence-délai concernant la sélectivité marquée et invariable dans le temps à l'âge 2 n'est pas respectée pour ce stock.

De plus, on ne sait pas si le stock de morue du Pacifique de chacune des zones d'évaluation est biologiquement distinct des autres stocks de la C.-B. ou de l'Alaska, ce qui a des répercussions sur les conclusions fondées sur les estimations locales de la productivité et de la biomasse du stock. Il a été suggéré que des facteurs externes, notamment les influences environnementales (p. ex. le transport des larves dans l'eau) et la dynamique prédateur-proie, sont des mécanismes qui influent sur la productivité de la morue du Pacifique et ajoutent à l'incertitude concernant la compréhension de la dynamique des stocks.

Une modélisation pour simulation par rétroaction (une composante de l'évaluation de la stratégie de gestion) est recommandée afin d'évaluer le rendement des autres procédures de gestion pour la morue du Pacifique en fonction d'un éventail d'incertitudes structurelles (par exemple, Forrest *et al.* 2018), y compris la sélectivité variable dans le temps, les autres représentations de la structure du stock et les autres facteurs de productivité, tels que le forçage environnemental.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Environnement

Un certain nombre d'études ont mis à jour des corrélations entre le recrutement et les indices environnementaux pour la morue du Pacifique dans le détroit d'Hécate. L'hypothèse dominante actuelle indique une relation inverse entre le recrutement et le transport vers le nord des larves dans l'eau. On a démontré que le transport vers le nord dans l'eau présente une corrélation positive avec le niveau moyen annuel de la mer à Prince Rupert durant la saison du frai, lequel

a par la suite été utilisé en tant que variable explicative du recrutement dans un certain nombre d'études.

On ne connaît pas l'influence qu'auront les changements climatiques sur cette espèce et sur les conclusions de la présente évaluation des stocks. Même si l'on s'entend pour dire que les régimes de températures plus chaudes auront une incidence sur les espèces marines, la nature exacte de ces effets est mal comprise.

CONCLUSIONS ET AVIS

Malgré une grande incertitude dans les évaluations, on estime que la biomasse de la morue du Pacifique dans les zones 5ABCD et 3CD diminue après de courtes périodes de rétablissement. Dans les deux zones, on estime que le recrutement a été inférieur à la moyenne estimée à long terme (56 ans) la plupart des années au cours des deux dernières décennies.

Il n'a donc pas été possible d'appuyer l'utilisation de points de référence fondés sur le RMS et la B_0 pour ce stock. D'autres points de référence « historiques », reposant sur ceux qui avaient été acceptés pour les évaluations précédentes ou sur l'avis reçu lors de la réunion de l'examen régional par les pairs, ont été utilisés.

Les avis aux gestionnaires sont fournis dans des tableaux de décision (tableaux 2 et 3) qui résument la probabilité de dépassement des points de référence en fonction d'une fourchette de prises en 2019 pour une projection d'un an. Les tableaux de décision utilisent une méthode de moyenne des modèles conçue pour intégrer l'incertitude entourant sept autres scénarios de modèles.

PARTICIPANTS À LA RÉUNION

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Anderson	Sean	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section du poisson de fond
Christensen	Lisa	Direction des Sciences du MPO, Centre des avis scientifiques, région du Pacifique
Connors	Brendan	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section des méthodes d'évaluation quantitative
Edwards	Andrew	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section des méthodes d'évaluation quantitative
Flostrand	Linnea	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section du poisson de fond
Forrest	Robyn	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section des méthodes d'évaluation quantitative
Gagné	Marc	Équipe d'évaluation du MPO, ACN
Grandin	Chris	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section du poisson de fond
Haggarty	Dana	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section du poisson de fond
Haigh	Rowan	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section du poisson de fond
Keppel	Élise	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section du poisson de fond

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Kronlund	Rob	Direction des Sciences du MPO
MacDougall	Lesley	Direction des Sciences du MPO, Centre des avis scientifiques, région du Pacifique
McCall-Thompson	Élyse	Équipe d'évaluation du MPO, ACN
Mose	Brian	Regroupement commercial du secteur industriel (RCSI)
Ricard	Daniel	Direction des Sciences du MPO, Ressources aquatiques, région du Golfe
Starr	Paul	Canadian Groundfish Conservation Society
Stewart	Ian	Commission internationale du flétan du Pacifique (CIFP)
Tadey	Rob	Direction de la Gestion des ressources (poisson de fond) du MPO
Thompson	Jason	Conseil de la Nation haïda
Turris	Bruce	BC Groundfish Conservation Society
Wor	Catarina	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section de l'évaluation du saumon
Workman	Greg	Direction des Sciences du MPO, Division de la recherche et de l'évaluation des stocks, Section du poisson de fond

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de l'examen régional par les pairs du 10 au 11 octobre 2018 sur l'Évaluation de la morue du Pacifique de la Colombie-Britannique dans les zones 3CD et 5ABCD en 2018. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

Forrest, R.E., Holt, K.E, and Kronlund, A.R. 2018. Performance of alternative harvest control rules for two Pacific groundfish stocks with uncertain natural mortality: Bias, robustness and trade-offs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 206: 259–286.

Forrest, R.E., Rutherford, K.L, Lacko, L., Kronlund, A.R., Starr, P.J., and McClelland, E.K. 2015. [Assessment of Pacific Cod \(*Gadus macrocephalus*\) for Hecate Strait \(5CD\) and Queen Charlotte Sound \(5AB\) in 2013](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/052. xii + 197 p. (consulté le 13 décembre, 2018)

MPO. 2009. [Cadre décisionnel pour les pêches en conformité avec l'approche de précaution](#) (modifiée le 23 mai 2009, bien que les figures aient depuis changé). (consulté le 13 décembre, 2018)

MPO. 2015. [Évaluation de la morue du Pacifique \(*Gadus macrocephalus*\) dans le détroit de la Reine-Charlotte \(zone 5AB\) en 2013](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/027. (consulté le 13 décembre, 2018)

MPO. 2017. [Plans de gestion intégrée des pêches](#). À compter du 21 février 2017. Version 1,1. (consulté le 13 décembre, 2018)

Sinclair, A., and Starr, P. 2005. [Assessment of Pacific Cod in Hecate Strait \(5CD\) and Queen Charlotte Sound \(5AB\), January 2005](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/026: iii + 97 p. (consulté le 13 décembre, 2018)

Tyler, A., and Crawford, W. 1991. Modeling of recruitment patterns in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in Hecate Strait, British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48: 2240–2249.

Wallace, S., Turris, B., Driscoll, J., Bodtker, K., Mose, B., Munro, G. 2015. Canada's Pacific groundfish trawl habitat agreement: A global first in an ecosystem approach to bottom trawl impacts. *Marine Policy* 60: 240-248.

CE 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 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2019. Évaluation de la morue du Pacifique de la Colombie-Britannique dans les zones 3CD et 5ABCD en 2018. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/008.

Also available in English:

DFO. 2019. *Assessment of British Columbia Pacific Cod for Areas 3CD, and 5ABCD in 2018.*
DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2019/008.