



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien des avis scientifiques
Avis scientifique 2025/020

Région du Pacifique

ÉVALUATION DES EFFETS CUMULATIFS POUR LA POPULATION D'ÉPAULARD MIGRATEUR (DE BIGG) DE LA CÔTE OUEST DANS LE NORD-EST DU PACIFIQUE



L'épaulard de Bigg T109B3 chasse le marsouin de Dall. Photo : © Jared Towers



Figure 1. Carte des observations de la population d'épaulard de Bigg de la côte ouest; toutes les observations entre 1970 et 2022 (blanc); observations dans la partie canadienne de la mer des Salish entre 2005 et 2022 (orange).

CONTEXTE

En 2001, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a désigné la population migratrice d'épaulard de Bigg (également connu sous le nom d'« épaulard migrateur ») de la côte ouest comme étant menacée en raison de sa petite taille, de ses faibles taux de reproduction et des concentrations élevées en contaminants chimiques toxiques, persistants et bioaccumulables. Cette population est devenue protégée par la loi lorsqu'elle a été inscrite à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) du Canada en 2003.

Le Programme sur les espèces en péril de Pêches et Océans Canada (MPO) a demandé à la Direction des sciences de lui fournir une évaluation des effets cumulatifs des menaces anthropiques actuelles et potentielles sur l'épaulard de Bigg dans les eaux de la côte canadienne du Pacifique. Les avis scientifiques découlant de cette évaluation peuvent être utilisés pour appuyer les efforts visant la survie et le rétablissement de l'épaulard migrateur de la côte ouest, en particulier en aidant à orienter et à mettre en œuvre des mesures de rétablissement de façon adaptative.

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs régional du 18 au 20 juin 2024 sur l'évaluation des effets cumulatifs ciblant l'épaulard migrateur de la côte Ouest. 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

- L'écotype de la population migratrice de l'épaulard de Bigg de la côte ouest a été désigné comme espèce menacée au titre de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) en 2001. Le programme de rétablissement sous le régime de la LEP a été achevé en 2007 (MPO 2007) et est en cours de modification.
- Il décrit les menaces d'origine anthropique les plus pressantes pesant sur l'épaulard migrateur de la côte ouest, à savoir les contaminants chimiques et les perturbations physiques et acoustiques (MPO 2007), ainsi que d'autres menaces : les polluants biologiques, les métaux traces, les déversements de substances toxiques, les collisions avec des navires et le déclin de la disponibilité ou de la qualité des proies. Fondée sur le programme de rétablissement, la présente étude est axée sur quatre menaces cernées : les perturbations (acoustiques), les perturbations (physiques), le déclin de la disponibilité des proies et les contaminants.
- La présente analyse utilise un cadre des effets cumulatifs établi qui combine un modèle conceptuel de séquences des effets à une analyse de la viabilité de la population (AVP) afin d'évaluer les effets cumulatifs des quatre menaces relevées sur les indices vitaux de l'épaulard.
- L'étude porte sur la partie canadienne de la mer des Salish et sur le sous-ensemble d'épaulards migrants de la côte ouest qui y ont été observés entre 2005 et 2022 afin d'assurer un chevauchement optimal entre les connaissances sur les menaces et les observations de la population.
- Les connaissances actuelles sur la façon dont les menaces influent sur les taux de mortalité et de fécondité de l'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish ont été synthétisées dans le modèle global de séquence des effets composé de 16 liens fondés sur des données probantes entre les menaces cernées et les effets, huit à partir de menaces distinctes et huit à partir d'interactions entre les menaces. Les changements futurs dans les activités anthropiques et les menaces potentielles connexes, y compris celles liées aux changements climatiques, n'ont pas été inclus.
- Les liens de séquences des effets quantifiés grâce à des connaissances suffisantes ont été conservés pour former un modèle de séquence des effets propre à l'AVP, composé de six liens fondés sur des données probantes, quatre provenant de menaces distinctes et deux provenant d'interactions entre les menaces; ces menaces quantifiables ont éclairé les intrants et la structure du modèle de l'AVP.
- Le modèle de l'AVP a analysé la sensibilité et l'importance relative des menaces quantifiables (collisions avec les navires, biphényles polychlorés [BPC], bruit des navires, disponibilité réduite des proies), des interactions entre les menaces (entre les BPC et les proies, entre le bruit des navires et les proies) et des effets cumulatifs sur la trajectoire de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish.
- Dans le cadre de l'AVP, les menaces et interactions quantifiables ont été modélisées individuellement et ensemble dans un scénario d'effets cumulatifs. Le modèle des effets cumulatifs comprenait les répercussions de la disponibilité des proies sur la capacité de charge de la population, du masquage des sons des proies par le bruit des navires, de la

mortalité due aux collisions avec les navires et de la contamination par les BPC sur la mortalité des baleineaux.

- Le modèle cumulatif, qui comprend les quatre menaces, a reproduit la tendance de la population observée de manière fidèle, et la taille de la population dans la partie canadienne de la mer des Salish était comprise dans une proportion de 90 % de la distribution des estimations du modèle, ce qui indique un bon ajustement du modèle. La disponibilité réduite des proies était la menace avec le plus d'influence sur les tendances de l'abondance de l'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish.
- Le modèle de l'AVP tenant compte des effets cumulatifs peut être utilisé pour explorer les répercussions de différentes options d'atténuation et de gestion des menaces individuelles sur la trajectoire de la population et est sensible à la valeur de la capacité de charge (c.-à-d. l'abondance maximale dans la partie canadienne de la mer des Salish que l'environnement peut soutenir en fonction de la disponibilité des proies).
- Les projections ont montré une augmentation constante de la population dans la partie canadienne de la mer des Salish au cours des dix à vingt premières années, puis une taille de population stable pendant le reste de la simulation. La capacité de charge a eu le plus grand effet sur les tendances démographiques simulées, tandis que les tendances modélisées relatives aux proies ont eu des effets relativement faibles.
- Le cadre d'évaluation des effets cumulatifs utilisé ici, qui combine un modèle de séquences des effets à un modèle de l'AVP, est une approche établie qui cerne et quantifie explicitement les voies de liaison des menaces et les incertitudes connexes et qui pourrait être utilisée avec d'autres populations et espèces.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

Les eaux côtières du nord-est du Pacifique abritent trois écotypes distincts d'épaulards : l'épaulard de Bigg (aussi appelé « épaulard migrateur »), l'épaulard résident et l'épaulard du large. Ces écotypes ne se reproduisent pas entre eux et présentent des différences évidentes sur le plan de la morphologie, de la structure sociale, du régime alimentaire, du comportement acoustique et de la génétique (Deecke *et al.* 2005; Ford et Ellis 1999; Ford *et al.* 2013; Ford *et al.* 1998; Morin *et al.* 2024). Dans le nord-est du Pacifique, il existe plusieurs populations distinctes d'épaulards de Bigg, qui se nourrissent de mammifères marins. Elles sont en grande partie séparées géographiquement et comprennent les épaulards migrants de la côte ouest, les épaulards migrants AT1 et les épaulards migrants du golfe d'Alaska (Ford *et al.* 2013; Matkin *et al.* 2012; Parsons *et al.* 2013). La population d'épaulard migrateur de la côte ouest est la seule population de l'écotype de l'épaulard de Bigg à se trouver régulièrement dans les eaux au large de la côte canadienne du Pacifique et à avoir été identifiée par photo depuis les années 1970 (Bigg 1982; Ford *et al.* 2013).

En 2001, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a désigné la population d'épaulard migrateur de la côte ouest comme étant menacée en raison de sa petite taille, de son faible taux de reproduction et de ses niveaux élevés de contaminants chimiques toxiques. La population a été inscrite à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) du Canada en 2003, et cette inscription a été réaffirmée par le COSEPAC en 2008 et en 2023. Un programme de rétablissement pour l'épaulard de Bigg a été publié en 2007 dans le but d'« atteindre une viabilité à long terme de la population d'épaulards migrants de la côte ouest en réunissant les conditions nécessaires à la préservation de son potentiel reproducteur, de sa variation génétique et de sa continuité culturelle ». L'épaulard migrateur de la côte ouest est également inclus dans trois plans d'action visant plusieurs espèces : le « Plan d'action visant

des espèces multiples dans la réserve de parc national du Canada des Îles-Gulf » (2018), le « Plan d'action visant des espèces multiples dans la réserve de parc national du Canada Pacific Rim » (2017) et le « Plan d'action visant des espèces multiples dans la réserve de parc national, réserve d'aire marine nationale de conservation et site du patrimoine haïda Gwaii Haanas » (2016). On élabore actuellement un programme de rétablissement modifié pour l'épaulard de Bigg afin de mettre à jour les renseignements généraux et de désigner son habitat essentiel. Son plan d'action, également en cours d'élaboration, comprend une mesure de rétablissement hautement prioritaire (n° 7) visant à « évaluer les effets cumulatifs des impacts anthropiques possibles sur les épaulards résidents à l'aide d'un cadre approprié d'évaluation des impacts sur les espèces aquatiques ».

Le Programme sur les espèces en péril de Pêches et Océans Canada (MPO) a demandé à la Direction des sciences de lui fournir une évaluation des effets cumulatifs des menaces anthropiques actuelles et potentielles sur l'épaulard de Bigg dans les eaux de la côte canadienne du Pacifique.

Biologie

L'aire de répartition de l'épaulard migrateur de la côte ouest s'étend le long de la côte du Pacifique en Amérique du Nord, depuis le sud de la Californie jusqu'au sud-est de l'Alaska. Dans cette région, on les trouve principalement à l'intérieur de la limite du plateau continental (Ford *et al.* 2013; Towers *et al.* 2019). L'épaulard migrateur de la côte ouest est présent dans l'ensemble des eaux côtières de l'ouest du Canada toute l'année, et sa présence a été documentée avec une régularité croissante dans la mer des Salish des années 1970 à aujourd'hui (Baird et Dill, 1995; Houghton *et al.*, 2015).

L'écotype de l'épaulard de Bigg se spécialise dans la chasse aux mammifères marins. Les principales espèces proies de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest sont le phoque commun (*Phoca vitulina*), suivi du marsouin commun (*Phocoena phocoena*) et de l'otarie de Steller (*Eumetopias jubatus*; Ford *et al.* 2013). Ils chassent et consomment également le marsouin de Dall (*Phocoenoides dalli*), le dauphin à flancs blancs du Pacifique (*Lagenorhynchus obliquidens*), l'otarie de Californie (*Zalophus californianus*), l'éléphant de mer boréal (*Mirounga angustirostris*), le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrata*) et la baleine grise (*Eschrichtius robustus*; Baird et Dill 1995; Ford et Ellis 1999; Ford *et al.* 2013; Ford *et al.* 1998).

L'augmentation de la croissance et de l'abondance de la population a entraîné une plus grande densité d'épaulards migrants de la côte ouest dans leur aire de répartition. Ce phénomène est plus évident dans leur habitat principal autour de l'île de Vancouver, en particulier dans la mer des Salish. La fréquence à laquelle la présence de l'épaulard migrateur de la côte ouest a été documentée dans cette région a considérablement augmenté au fil du temps, depuis seulement quelques observations documentées chaque année dans les années 1970 et 1980 (Bigg 1982; Ford et Ellis 1999) à des centaines d'observations chaque année tout au long des années 2010 et 2020 (Ford *et al.* 2013; Houghton *et al.* 2015; Shields *et al.* 2018; données inédites du programme de recherche sur les cétacés du MPO et de Bay Cetology).

ÉVALUATION

L'évaluation des effets cumulatifs comprenait deux phases. Tout d'abord, à partir des connaissances actuelles, un modèle conceptuel global de séquences des effets a déterminé les différentes façons dont les menaces et les interactions entre les menaces peuvent avoir une incidence sur les indices vitaux, ce qui a été visualisé à l'aide de liens fondés sur des données probantes. Ensuite, pour éclairer le modèle de population, un modèle de séquence des effets propre à l'analyse de la viabilité de la population (AVP) a été créé en supprimant les liens qui

n'ont pas pu être quantifiés. La deuxième phase, le modèle de l'AVP, a d'abord nécessité le paramétrage des effets des menaces quantifiables et des interactions entre les menaces sur les indices vitaux des épaulards en fonction des connaissances actuelles (tableau 1). Ces effets ont ensuite été utilisés dans l'AVP pour évaluer les effets individuels et cumulatifs des menaces quantifiables sur la persistance de la population d'épaulard au fil du temps. Le modèle de l'AVP a été créé et adapté à partir d'un modèle existant élaboré pour l'épaulard résident (MPO 2007; Lacy *et al.* 2017; Murray *et al.* 2019).

Données et méthodes

La partie canadienne de la mer des Salish a été choisie comme zone d'étude parce qu'elle présentait la meilleure couverture des connaissances disponibles sur les menaces et faisait l'objet de relevés sur l'épaulard de manière relativement constante. Afin de construire et de mettre à l'essai le modèle de l'AVP quantitative pour l'épaulard migrateur de la côte ouest, des données récentes et précises sur la population étaient nécessaires, notamment : les taux annuels de fécondité, de mortalité et d'immigration, ainsi que la taille annuelle de la population.

Taille de la population et indices vitaux annuels

Le taux de fécondité annuel a été défini comme le nombre de naissances divisé par le nombre de femelles reproductrices vivantes chaque année dans le sous-ensemble de la partie canadienne de la mer des Salish (données inédites du programme de recherche sur les cétacés du MPO). Pour estimer l'abondance et le taux de mortalité annuels, des modèles de marquage-recapture de Cormack-Jolly-Seber (CJS) ont été ajustés aux historiques de capture annuelle de 415 baleines distinctes qui selon les observations ont utilisé la zone d'étude à tout moment entre 2005 et 2022 et ont donc été exposées à la forte intensité et à la diversité des menaces dans la mer des Salish. On a calculé l'abondance en divisant le nombre d'individus observés chaque année par les probabilités de recapture (Lebreton *et al.* 1992). L'immigration de l'épaulard migrateur de la côte ouest dans la mer des Salish avait été documentée au début de la série chronologique (Houghton *et al.* 2015; Shields *et al.* 2018; données inédites du programme de recherche sur les cétacés du MPO et de Bay Cetology), et a donc été incluse dans les modèles.

Quantification des menaces et modélisation de l'AVP

La quantification de chacune des quatre menaces relevées était fondée sur les connaissances et les données actuelles, et ces menaces quantifiables constituent les intrants du modèle de l'AVP (tableau 1). L'AVP a été utilisée pour simuler les effets des menaces sur la population cible et a été mise en œuvre à l'aide de Vortex, un logiciel en libre accès qui permet une simulation de la population basée sur l'individu (Lacy et Pollak 2023). Comme le modèle simule la façon dont les menaces influent sur les tendances de la population, la tendance démographique de référence à partir de laquelle les scénarios de menace sont comparés est une composante fondamentale. Étant donné que la population focale est déjà touchée par les menaces, les taux de fécondité et de mortalité pour la population d'épaulard résident du sud de l'Alaska (Matkin *et al.* 2014) qui est relativement peu touchée ont été utilisés comme tendance de référence, et les menaces quantifiables ont été modélisées comme des modificateurs des indices vitaux de référence de cette population (Murray *et al.* 2019).

Le modèle a été utilisé pour simuler les effets de menaces distinctes (bruit, collisions, contaminants) et les interactions entre les menaces (bruit et proies; contaminants et proies), et pour obtenir un modèle à effets cumulatifs combinés comprenant toutes les menaces et interactions (tableau 1). Pour commencer la simulation, on a utilisé la liste des individus

présents dans le sous-ensemble de la partie canadienne de la mer des Salish en 2005. Des simulations du modèle ont été exécutées 1 000 fois pour chaque scénario, et des statistiques sommaires sur le taux de croissance de la population (r) et la taille de la population à chaque pas de temps (Nt) ont été enregistrées.

Le modèle global de séquences des effets (figure 1A) contenait seize liens fondés sur des données probantes (chiffres encadrés) entre les menaces cernées et les effets, ce qui représente les connaissances actuelles au sujet des effets des menaces sur les indices vitaux. Le modèle de séquences des effets propre à l'AVP (figure 1B) représente les six voies de liaison entre la menace et l'effet qui pourraient être quantifiées avec suffisamment de confiance pour être entrées dans le modèle de l'AVP (menaces quantifiables). On manquait d'éléments probants pour quantifier dix liens provenant du modèle de séquences des effets.

Tableau 1. Description de la quantification des menaces déterminées et des paramètres précis utilisés dans le modèle de l'AVP pour simuler les effets des menaces quantifiables sur le sous-ensemble de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish.

Menaces quantifiables	Paramètres	Données à l'appui et mise en œuvre
Diminution de la disponibilité des proies	L'influence de la dépendance à la densité (par la disponibilité des proies) sur la mortalité annuelle a été prise en compte, et la capacité de charge était une fonction de l'indice des proies. Bien qu'une incertitude soit associée aux préférences exactes de l'épaulard migrateur de la côte ouest en matière de proies ainsi qu'à la mesure dans laquelle il peut changer de proies, les événements de prédation observés indiquent que les individus de cette population ciblent avec succès diverses espèces de proies.	Données sur les populations d'espèces proies utilisées pour créer un indice combiné des proies prenant en considération le phoque commun (MPO 2022); l'otarie de Steller (DFO 2021) et le marsouin commun (Matthew Hamer et Joseph Evenson 2016, données inédites). La proportion des proies dans l'indice est fondée sur les données inédites du programme de recherche sur les cétacés du MPO et de Bay Cetology portant sur les événements de prédation observés dans la mer des Salish.
Collisions avec des navires	La collision avec des navires entraîne l'accroissement de la mortalité des adultes. Cette menace a été modélisée selon deux scénarios de probabilité annuelle de collision mortelle avec un navire : 0,2 décès par année au sein de la population selon le nombre estimé de collisions, et 0,73 en tant qu'estimation extrême.	Rapports de nécropsies de baleines dont la cause de mortalité présumée est une collision avec un navire (Lee <i>et al.</i> 2023; Raverty <i>et al.</i> 2020); il n'est pas possible d'analyser tous les décès de baleines et il s'agit donc probablement d'une sous-estimation.

Menaces quantifiables	Paramètres	Données à l'appui et mise en œuvre
Bruit des navires	Le lien entre la perturbation acoustique et la réduction de la détection de phoques communs ou d'échoueries de phoques communs a été étudié au moyen de deux scénarios. On s'attend à ce que la disponibilité des proies soit réduite en raison du masquage acoustique des sons des proies dans les échoueries.	Modèle de bruit des navires (Burnham <i>et al.</i> 2023). Emplacement et abondance des échoueries de phoques communs (MPO 2022).
Contamination par les BPC+	Un modèle d'accumulation et de dépuration a été utilisé pour estimer le transfert des BPC de la mère au baleineau et son effet sur la mortalité des baleineaux. Un facteur de correction de 1,75x a été appliqué à la concentration moyenne en BPC pour tenir compte de la contribution d'autres polluants organiques persistants (POP) et du risque connexe; cette quantité corrigée est appelée « BPC+ ». Dans le modèle, la survie des baleineaux était fondée sur la concentration en BPC+ chez la mère. On a mis à l'essai de multiples scénarios portant sur le taux d'accumulation des contaminants (1, 2 et 6 mg/kg ⁻¹ pl par année).	Modèle d'accumulation et de dépuration des BPC pour les mammifères (Hall <i>et al.</i> 2018). Valeurs des BPC maternels mesurées chez l'épaulard de Bigg (n = 27; Guy 2018; Ross <i>et al.</i> 2013). Facteur de correction des BPC tiré de Mos <i>et al.</i> (2010).
Proies et bruit	On suppose que la perturbation sonore a une plus grande influence sur la disponibilité des proies dans des conditions de faible abondance des proies. Cette interaction a été prise en compte à l'aide d'un effet de seuil, appliqué uniquement lorsque l'indice des proies était inférieur à 1,0 (niveau moyen des proies).	La prise en compte de l'effet du bruit ne se produit que lorsque l'indice des proies tombe sous la valeur seuil (Murray <i>et al.</i> 2019).
Proies et BPC+	Lorsque la disponibilité des proies est faible, l'épaulard peut métaboliser sa graisse pour obtenir de l'énergie. Cette interaction tient compte de la possibilité que les BPC stockés dans la graisse maternelle soient métabolisés dans des conditions de faible abondance des proies, ce qui déclencherait l'effet de mortalité des baleineaux. Cet effet de seuil lié aux BPC+ a été appliqué lorsque l'indice des proies était inférieur à l'indice moyen (1,0).	La prise en compte de l'effet de contamination par les BPC+ se produit lorsque l'indice des proies tombe sous la valeur seuil (Murray <i>et al.</i> 2019).

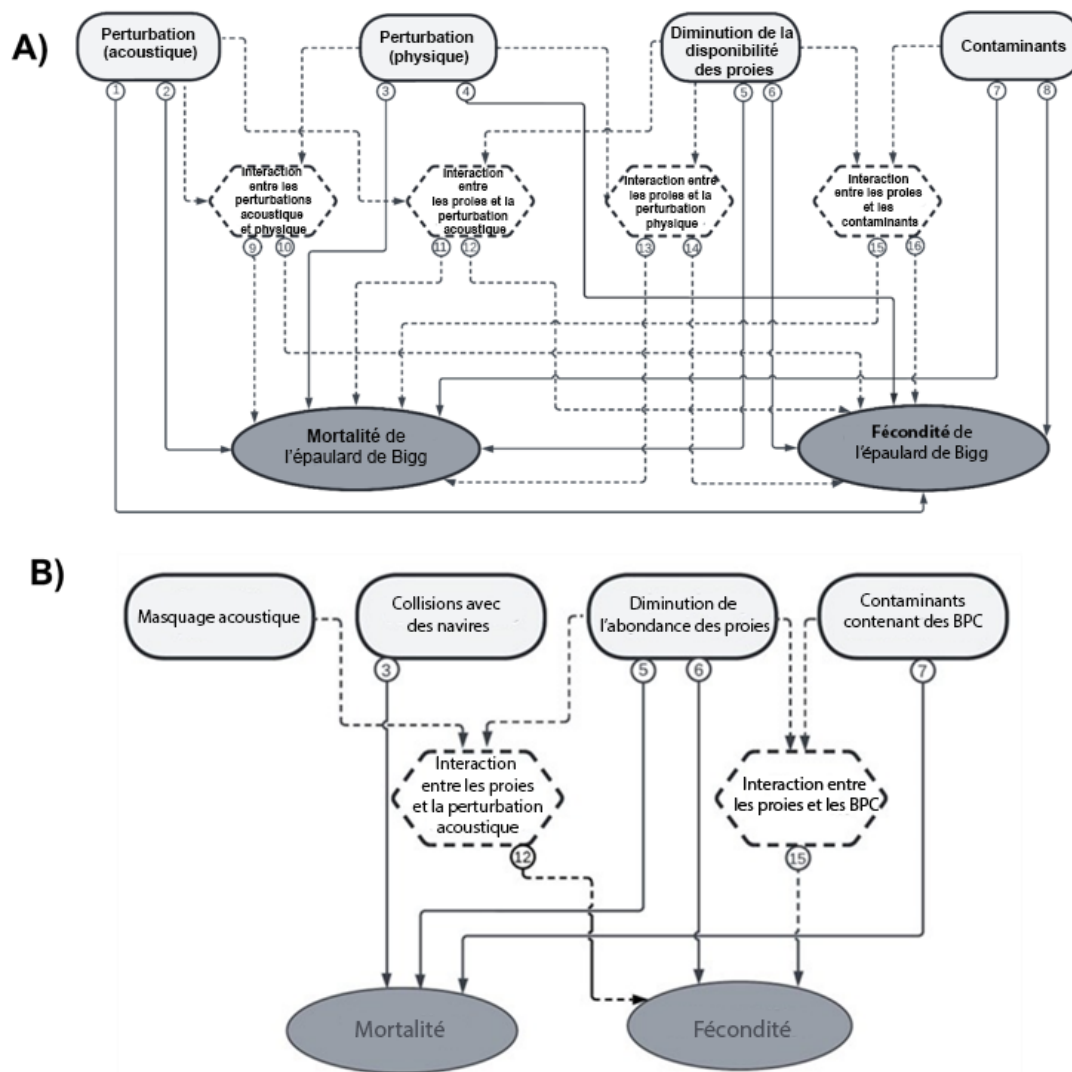


Figure 2. A) Modèle global de séquences des effets pour l'épaulard de Bigg montrant les 16 liens entre les menaces et les effets étayés par des preuves; huit sont directement liés aux effets sur les paramètres de la population (mortalité et fécondité) et les autres sont liés par quatre interactions entre les menaces; B) modèle de séquences des effets propre à l'analyse de la viabilité des populations (AVP) illustrant les six liens quantifiables fondés sur des données probantes entre les menaces et les effets inclus dans le modèle de l'AVP.

Résultats

Modèle conceptuel de séquences des effets

Les connaissances actuelles sur la façon dont les menaces influent sur les taux de mortalité et de fécondité de l'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish ont été synthétisées dans le modèle global de séquences des effets. Le modèle global comprenait 16 liens fondés sur des données probantes entre les menaces cernées et les effets, huit à partir de menaces distinctes et huit à partir d'interactions entre les menaces (figure 1A). Les liens de séquences des effets quantifiés grâce à des connaissances suffisantes ont été conservés pour former un modèle de séquence des effets propre à l'AVP, composé de six liens

fondés sur des données probantes, quatre provenant de menaces distinctes et deux provenant d'interactions entre les menaces; ces menaces quantifiables ont éclairé les intrants et la structure du modèle de l'AVP (figure 1B).

Modélisation de l'AVP

Les résultats des simulations de scénarios (figure 2) comprennent les tendances de référence (taux de la population d'épaulard résident du sud de l'Alaska) et les tendances observées (modèle de marquage-recapture de CJS) associées à la taille annuelle de la population à des fins de comparaison; l'hypothèse veut que les modèles appropriés reproduisent la dynamique de la population observée pour la population d'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish.

Les scénarios portant sur la perturbation acoustique, les phoques et les échoueries étaient similaires et coïncidaient avec la tendance observée dans la population (figure 1B). Les deux scénarios de collisions avec des navires n'ont montré qu'une petite dépression dans la tendance de la population au fil du temps et coïncidaient avec la tendance du scénario de référence (figure 1C). Dans les scénarios liés à la disponibilité des proies, on a pris en compte l'influence de la capacité de charge (K) sur la mortalité annuelle en considérant K comme fonction de l'indice des proies (figure 1D). Les valeurs les plus proches de la tendance observée étaient une mortalité de 3,5 % à K et K = 459 individus. Cette menace a eu l'effet le plus important sur la population simulée et coïncidait avec la tendance observée dans la population (figure 1D). Les scénarios associés à la menace de contamination par les BPC+ ont montré certains signes indiquant une dépression dans la population au cours des dernières années, mais coïncidaient principalement avec la tendance du scénario de référence (figure 1E). On a mis à l'essai de multiples scénarios portant sur le taux d'accumulation des PCB (1, 2 et 6 mg/kg⁻¹ pl par année). La meilleure correspondance entre les concentrations de BPC simulées et échantillonnées était le scénario avec un taux d'accumulation annuel de 6 mg/kg⁻¹ pl.

L'effet lié à l'interaction entre la disponibilité des proies et les BPC+ a eu peu d'influence sur la population simulée, et coïncidait avec la simulation de référence (figure 1F). L'interaction entre le bruit et les proies a eu un effet considérable, et coïncidait avec la taille de la population observée (figure 1F). Tous les scénarios associés à des menaces distinctes et à des interactions entre les menaces ont montré des taux de croissance de la population positifs, allant de 3,4 %, le taux le plus faible qui est associé aux effets des proies sur la capacité de charge, à 6,82 %, le taux le plus élevé qui est associé aux BPC+ à 1 mg.

Le scénario des effets cumulatifs comprenait quatre menaces avec les paramètres les mieux étayés pour chacune : l'effet de la disponibilité des proies sur la mortalité à K, l'effet de la perturbation acoustique sur la détection des phoques selon la disponibilité des proies, les collisions avec des navires selon une probabilité d'une collision mortelle équivalant à 0,2 au sein de la population par année, et l'interaction seuil entre la disponibilité des proies et les contaminants (BPC) qui entraîne la mortalité de baleineaux lorsque la concentration en BPC dépasse le seuil établi. Le modèle cumulatif a reproduit la tendance observée dans la population de manière fidèle, et la taille de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest était comprise dans une proportion de 90 % de la distribution des estimations du modèle.

Projections

On a projeté le modèle des effets cumulatifs sur 100 ans au moyen de deux valeurs K, 330 et 459 individus, chacune avec une probabilité de survie à K de 96,5 %. Les différentes tendances en matière de proies n'ont eu que des effets mineurs dans les scénarios. Les scénarios

comprenant une capacité de charge plus élevée ont montré un accroissement constant de la population au cours des vingt premières années, puis une taille de population stable d'environ 400 individus pendant le reste de la simulation (figure 4). Ces résultats signifient que pour ce sous-ensemble de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish, la capacité de charge induite par les proies est l'élément le plus important permettant de prédire la taille de la population.

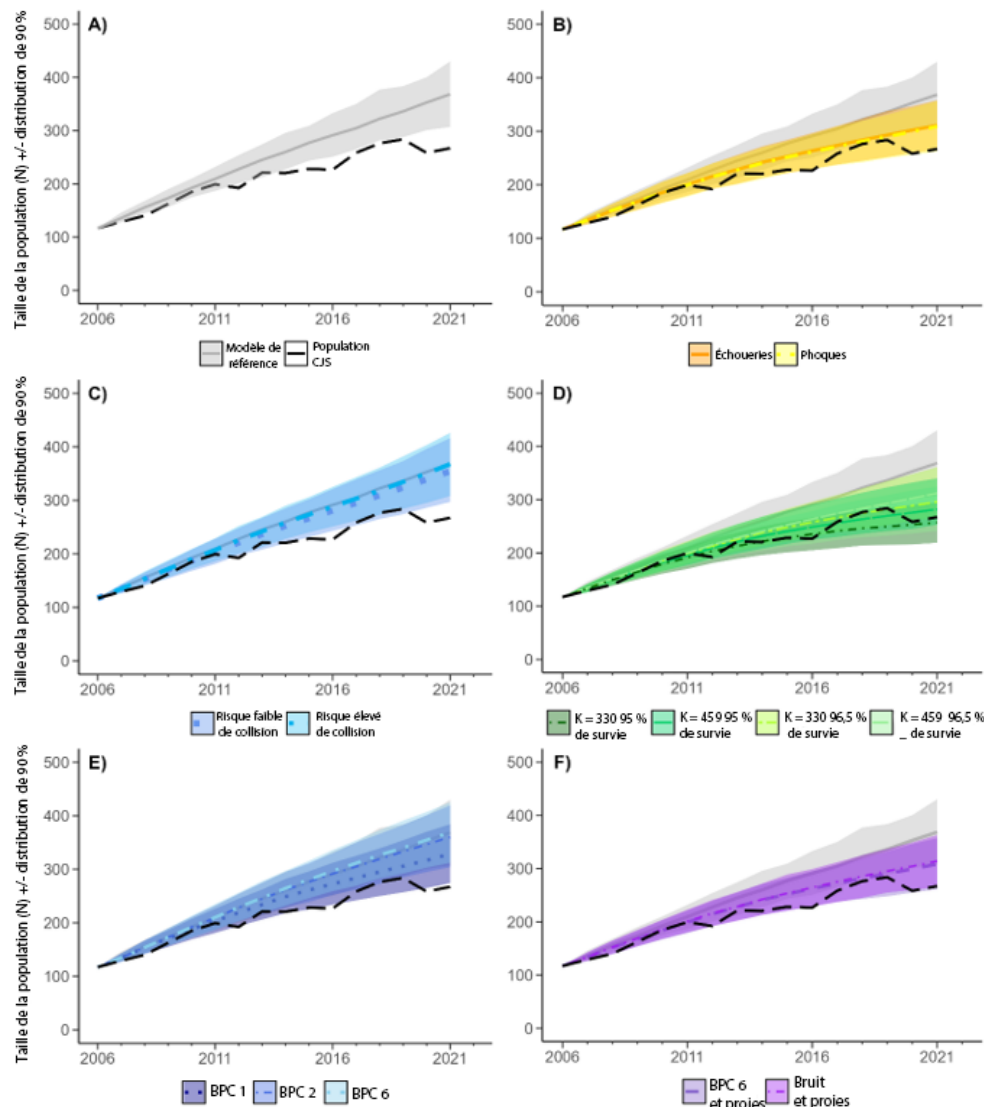


Figure 3. Résultats des scénarios liés à l'AVP du sous-ensemble dans la partie canadienne de la mer des Salish et distribution de 90 % figurant autour de la moyenne du modèle. A) modèle de référence (en gris) et tendance actuelle de la population provenant de la modélisation de marquage-recapture de CJS (ligne noire tiretée); B) perturbation acoustique modélisée selon l'impact du masquage sur le nombre de phoques et d'échoueries; C) perturbation physique liée aux risques de collision avec des navires, ce qui comprend un risque faible et un risque élevé; D) impact des proies sur la capacité de charge selon la mortalité; E) contaminants à trois niveaux d'accumulation; F) interactions entre les contaminants, le bruit et les proies.

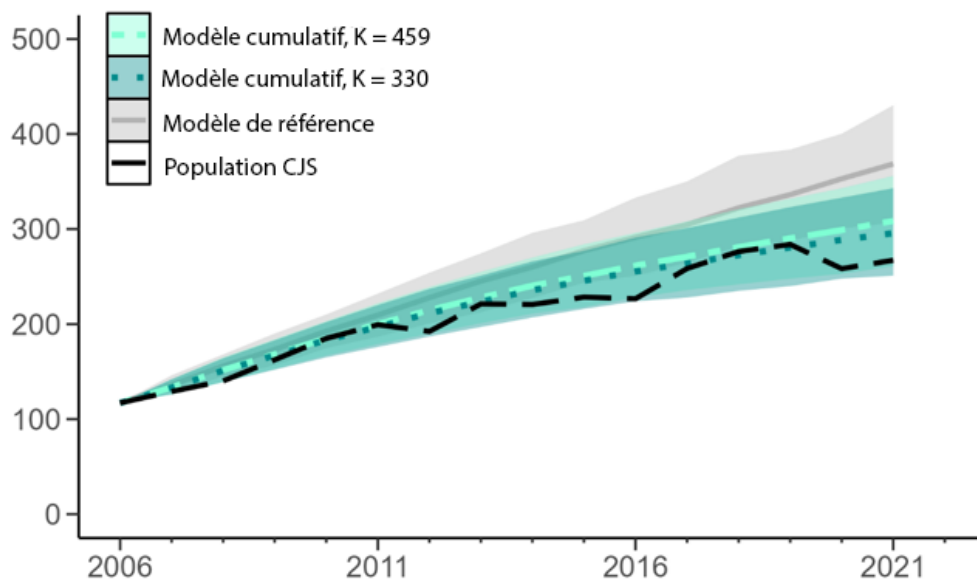


Figure 4. Scénario des effets cumulatifs, y compris toutes les menaces (effet des proies sur la capacité de charge selon la mortalité, bruit, collisions et interaction entre les proies et les BPC, selon une probabilité de survie à la capacité de charge de 96,5 %), montrant la moyenne du modèle et la distribution de 90 %. Le modèle de référence (en gris) et la tendance du modèle de marquage-recapture de CJS (ligne tiretée noire) sont inclus à des fins de comparaison.

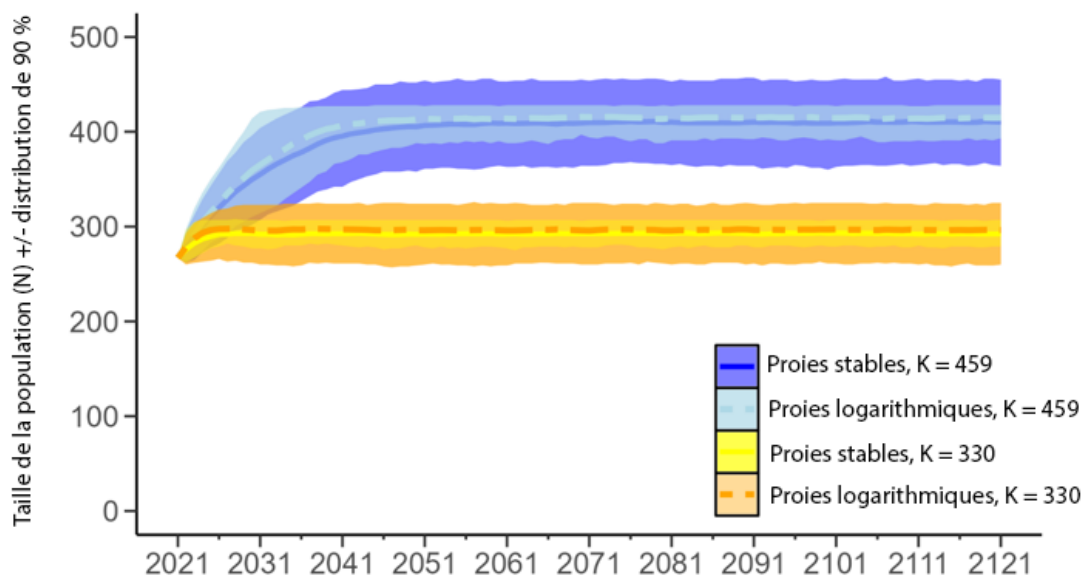


Figure 5. Projections de la taille de la population de l'épaulard migrateur de la côte ouest de 2021 à 2121 issues de deux scénarios qui comprennent un indice des proies, un niveau de proies stable ou une augmentation logarithmique, selon deux niveaux de capacité de charge. Les projections tiennent compte d'une probabilité de survie à la capacité de charge de 96,5 %.

Sources d'incertitude

- On ne détient pas autant de données et d'ouvrages sur la population d'épaulard migrateur de la côte ouest que sur les populations d'épaulards résidents du sud et du nord, qui sont mieux étudiées. Il a été nécessaire d'effectuer de nouvelles analyses pour caractériser les menaces et une nouvelle analyse de la population pour estimer les tendances annuelles liées à l'abondance et les indices vitaux étant donné que la dernière évaluation disponible de la population remonte à 2007 (Ford *et al.* 2007).
- Cette analyse a été limitée aux membres de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest qui ont été observés dans la mer des Salish canadienne. Par conséquent, la modélisation de l'abondance et des indices vitaux est limitée à ce sous-ensemble de la population et ne devrait pas être considérée comme une évaluation complète de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest dans le cadre d'un processus lié aux espèces en péril.
- Certains paramètres ont été tirés de travaux publiés sur d'autres populations; par exemple, on a supposé que les indices vitaux de la population d'épaulard résident du sud de l'Alaska représentaient une base de référence relativement peu touchée sur laquelle ajouter les impacts des menaces.
- Il existe des limites et des incertitudes liées aux données pour chacune des menaces relevées pesant sur l'épaulard de Bigg (perturbations acoustiques et physiques, contaminants chimiques et disponibilité réduite des proies) et à leurs répercussions sur les taux de mortalité et de fécondité. La modélisation des menaces dépendait de la disponibilité des données et, par conséquent, comprenait diverses échelles spatiales et temporelles. Une approche itérative et adaptative devrait être adoptée pour mettre à jour le modèle des effets cumulatifs à mesure que de nouvelles données deviennent disponibles et que des données et des connaissances sur d'autres menaces potentielles émergent.
- Étant donné que la disponibilité des proies est une composante clé du modèle des effets cumulatifs pour l'épaulard migrateur de la côte ouest, une représentation exacte de cette composante est essentielle. Les séries chronologiques de données sur l'abondance de trois principales espèces de proies de l'épaulard migrateur de la côte ouest ont été utilisées pour paramétrer cette menace : les données du relevé d'évaluation des stocks du MPO ont été utilisées pour le phoque commun et l'otarie de Steller, et les données sur le marsouin commun provenaient d'un relevé à long terme dans la partie américaine de la mer des Salish. Aucune série chronologique de données sur la population de marsouin de Dall n'était disponible.
- Les paramètres démographiques (fécondité et mortalité) et la compréhension de la dynamique de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest comportent une incertitude considérable. Les résultats de l'évaluation doivent donc être interprétés avec prudence.
- La séquence des effets globale a permis de déterminer que les menaces prioritaires peuvent avoir une incidence sur les indices vitaux de multiples façons, mais que seuls certains de ces effets pourraient être quantifiés aux fins d'entrée dans le modèle de l'AVP. D'autres menaces ont été relevées dans le document de rétablissement sous le régime de la LEP et dans la séquence des effets, mais elles n'étaient pas quantifiables (p. ex. polluants biologiques, métaux traces, déversements de produits toxiques). Ces menaces qui n'ont pas pu être intégrées à la modélisation de scénarios liés à l'AVP s'ajoutent au niveau d'incertitude des conclusions et des projections.

- Les projections de la croissance continue de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest jusqu'à l'atteinte de la capacité de charge étaient fondées sur l'hypothèse que les menaces actuelles demeurent stables, sans la mise en œuvre de mesures d'atténuation ou de gestion ni changements dans le degré de menace. Les effets des changements climatiques sur les menaces, les indices vitaux et d'autres composantes connexes de l'écosystème n'ont pas été inclus et pourraient avoir une incidence importante sur les projections.

CONCLUSIONS ET AVIS

Cette évaluation des effets cumulatifs fait progresser le domaine grâce à son adaptation d'un cadre d'effets cumulatifs établi pour l'épaulard résident à un écotype d'épaulard différent. Elle combine un modèle conceptuel de séquences des effets à une AVP pour évaluer les effets individuels et cumulatifs des menaces relevées (perturbations physiques et acoustiques, contaminants aux BPC et disponibilité des proies) sur les indices vitaux et est un outil qui peut servir à évaluer la façon dont les menaces ont une incidence sur l'avenir de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest.

Il était simple d'adapter le modèle global de séquences des effets. Le résultat était un outil transparent et efficace qui permettait de définir la portée et de structurer les intrants de cette évaluation à l'aide des liens fondés sur des preuves dans le but de lier les menaces aux effets sur les indices vitaux. Ce modèle a souligné l'importance de tenir compte des interactions entre les menaces, qui représentaient la moitié des liens fondés sur des données probantes. Il a également permis de mettre en évidence des lacunes précises dans les connaissances, car dix liens du modèle global n'ont pas pu être quantifiés. Le modèle de séquences des effets propre à l'AVP, utilisé pour éclairer le modèle subséquent de l'AVP de l'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish, comprenait six liens quantifiables fondés sur des données probantes, deux interactions entre les menaces, et la réduction de la disponibilité des proies comme menace la plus importante.

On a paramétré et modélisé les menaces et les interactions relevées de manière distincte dans l'AVP et de manière combinée dans le modèle des effets cumulatifs. Le modèle des effets cumulatifs a permis de saisir efficacement toutes les menaces relevées et la dynamique de la population observée. Selon les projections du modèle sur 100 ans, si la disponibilité des proies est stable ou à la hausse, la taille du sous-ensemble de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest devrait continuer de croître (jusqu'à ce qu'elle atteigne la capacité de charge).

La disponibilité des proies a eu l'influence la plus importante dans le modèle des effets cumulatifs, et les variations de ce paramètre ont causé les changements les plus importants dans le cadre des essais liés à la sensibilité. La capacité de charge pourrait limiter la croissance continue de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest si le niveau d'espèces proies est élevé et que celles-ci s'approchent de leur capacité de charge. Les projections liées au sous-ensemble de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish dépendent donc fortement de la disponibilité des proies et, par conséquent, les menaces qui pèsent sur les populations de proies sont indirectement liées à la population d'épaulard.

Les projections de la croissance continue de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest jusqu'à l'atteinte de la capacité de charge pourraient être influencées par un changement dans l'ampleur des menaces, comme l'accroissement du trafic maritime, la mise en œuvre de mesures d'atténuation telles que la réduction de la vitesse des navires, et les effets des changements climatiques sur les menaces, les populations de proies et la dynamique des écosystèmes.

La présente évaluation des effets cumulatifs, la première pour la population d'épaulard migrateur de la côte ouest, est un outil efficace pour explorer les effets et l'importance relative des menaces quantifiables sur la trajectoire du sous-ensemble de cette population. Elle est particulièrement utile pour les gestionnaires, qui peuvent faire varier les paramètres d'entrée dans le modèle afin d'explorer la façon dont différents scénarios d'atténuation et de gestion des menaces pourraient théoriquement avoir une incidence sur la trajectoire de la population; il convient de souligner que le modèle est très sensible à la valeur de la capacité de charge.

Le modèle cumulatif défini pour le sous-ensemble de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish comprenait des renseignements découlant de recherches en cours sur la caractérisation des menaces et l'évaluation de la population, comme la surveillance acoustique sous-marine, des relevés sur les pinnipèdes et les cétacés, et les impacts des contaminants. L'utilisation de modèles et leur amélioration dans les versions futures peuvent aider à orienter ou à mettre en œuvre de façon adaptative des mesures de rétablissement pour l'épaulard migrateur de la côte ouest, indiquées dans le programme de rétablissement de l'épaulard migrateur (*Orcinus orca*) au Canada (MPO 2021). Les composantes de l'évaluation des effets cumulatifs sur l'épaulard de Bigg (modèles de séquences des effets et d'AVP) devraient être examinées et mises à jour à mesure que de nouvelles données et connaissances deviennent disponibles.

Orientations futures

Bien que la population d'épaulard migrateur de la côte ouest soit relativement bien connue et fréquemment observée, il y avait comparativement moins de données et de documentation disponibles pour celle-ci que pour les épaulards résidents du sud et du nord. La surveillance continue de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest ainsi que des populations de ses proies aidera à déterminer la capacité de charge de l'écosystème et à affiner davantage les projections.

L'analyse de la taille de la population effectuée pour les travaux actuels ne constituait pas une évaluation de l'état de la population. L'évaluation n'a pas été conçue pour déterminer quelles menaces ou combinaisons de menaces pèsent sur l'épaulard de Bigg. On a plutôt évalué la réaction potentielle de la population d'épaulard migrateur de la côte ouest dans la partie canadienne de la mer des Salish aux principales menaces qui ont été relevées dans le cadre de son inscription à la liste de la LEP, ainsi que la disponibilité des proies dans la région.

De façon plus générale, de nombreuses incertitudes subsistent, et les efforts seraient améliorés par des recherches accrues. En particulier, les effets des perturbations acoustiques et de la présence de navires sur l'épaulard migrateur de la côte ouest constituent une lacune importante dans les connaissances. Les nouvelles recherches permettront de mieux comprendre ces menaces (p. ex., MPO 2017, 2024; Tennessen *et al.* 2024) et d'affiner le modèle des effets cumulatifs pour l'épaulard migrateur de la côte ouest.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Les impacts des changements climatiques et les changements futurs dans les menaces ainsi que leur impact sur les populations d'épaulard de Bigg, les populations de leurs proies et l'écosystème n'ont pas été inclus dans la présente évaluation et devraient être pris en compte dans le cadre des prochains efforts de modélisation, si possible.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom de famille	Prénom	Affiliation
Cashion	Madeline	MPO, Gestion des écosystèmes et des pêches, Espèces en péril
Doniol-Valcroze	Thomas	MPO Sciences
Finney	Jessica	MPO Centre des avis scientifiques du Pacifique
Giesbrecht	Emma	Transports Canada
Hannah	Lucie	MPO Sciences, Facteurs de stress écosystémiques
Henneman	Sonja	Transport Canada Manager
Holst	Meike	LGL Limited
Hunter	Karen	Présidente, MPO Sciences
Iacarella	Josephine	MPO Sciences
Jackson	Jennifer	MPO Sciences
Lockert	Krystal	Gestion des ressources naturelles
MacConnachie	Sean	MPO Sciences
Murray	Cathryn	MPO Sciences
Nelson	Jocelyn	MPO Sciences
Nordstrom	Chad	MPO Sciences
O	Miriam	MPO Centre des avis scientifiques du Pacifique
Pavlovic	Lola	Tsawwassen First Nation
Regehr	Eric	University of Washington
Sutton	Gary	Ocean Wise
Towers	Jared	MPO Sciences, Cétologie de la baie
Tucker	Strahan	MPO Sciences
Vachon	Felicia	Marine Education and Research Society

Nom de famille	Prénom	Affiliation
Vagle	Svein	MPO Sciences

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

- Baird, R.W., and Dill, L.M. 1995. Occurrence and behaviour of transient killer whales: seasonal and pod-specific variability, foraging behaviour, and prey handling. *Canadian Journal of Zoology* **73**(7): 1300-1311. doi:10.1139/z95-154.
- Bigg, M. 1982. An assessment of killer whale (*Orcinus orca*) stocks off Vancouver Island, British Columbia.
- Burnham, R.E., Vagle, S., Thupaki, P., and Thornton, S.J. 2023. Implications of wind and vessel noise on the sound fields experienced by southern resident killer whales *Orcinus orca* in the Salish Sea. *Endangered Species Research* 50: 31-46.
- Deecke, V.B., Ford, J.K.B., and Slater, P.J.B. 2005. [The vocal behaviour of mammal-eating killer whales: communicating with costly calls](#). *Animal Behaviour* **69**(2): 395-405.
- MPO. 2007. [Épaulard migrateur \(*Orcinus orca*\) programme de rétablissement](#).
- MPO. 2017. [Examen technique de l'énoncé des incidences environnementales sur le Terminal 2 à Roberts Bank et rapport complémentaire sur la navigation maritime : Effets sur les mammifères marins](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2017/001.
- MPO. 2021. [Tendances de l'abondance et de la répartition de l'otarie de Steller \(*Eumetopias jubatus*\) au Canada](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/035.
- MPO. 2022. [Évaluation des stocks de phoque commun du pacifique \(*Phoca vitulina richardsi*\) au Canada en 2019](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/034.
- Ford, J.K., and Ellis, G.M. 1999. Transients: mammal-hunting killer whales of British Columbia, Washington, and southeastern Alaska. UBC Press.
- Ford, J.K.B., Ellis, G.M., and Durban, J.W. 2007. [An Assessment of the Potential for Recovery of West Coast Transient Killer Whales Using Coastal Waters of British Columbia](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/088. iv + 34 p.
- Ford, J.K.B., Ellis, G., and Stredulinsky, E.H. 2013. [Information in support of the identification of critical habitat for Transient killer whales \(*Orcinus orca*\) off the west coast of Canada](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/155. iv + 46 p.
- Ford, J.K.B., Ellis, G.M., Barrett-Lennard, L.G., Morton, A.B., Palm, R.S., and Balcomb III, K.C. 1998. Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters. *Canadian Journal of Zoology* **76**(8): 1456-1471.
- Guy, J.M.G. 2018. A risk analysis of legacy pollutants: PCBs, PBDEs and new emerging pollutants in Salish sea killer whales. PhD, Simon Fraser University, Environment: School of Resource and Environmental Management M.R.M thesis Report No 672 224pp.
- Hall, A.J., McConnell, B.J., Schwacke, L.H., Ylitalo, G.M., Williams, R., and Rowles, T.K. 2018. Predicting the effects of polychlorinated biphenyls on cetacean populations through impacts on immunity and calf survival. *Environmental Pollution* **233**: 407-418.

- Houghton, J., Baird, R.W., Emmons, C.K., and Hanson, M.B. 2015. [Changes in the Occurrence and Behavior of Mammal-Eating Killer Whales in Southern British Columbia and Washington State, 1987–2010](#). Northwest Science 89(2): 154-169, 116.
- Lacy, R.C., and Pollak, J.P. 2023. Vortex: A stochastic simulation of the extinction process. Chicago Zoological Society, Brookfield, Illinois, USA.
- Lacy, R.C., Williams, R., Ashe, E., Balcomb III, K.C., Brent, L.J.N., Clark, C.W., Croft, D.P., Giles, D.A., MacDuffee, M., and Paquet, P.C. 2017. Evaluating anthropogenic threats to endangered killer whales to inform effective recovery plans. Scientific Reports 7(1): 14119.
- Lebreton, J.-D., Burnham, K.P., Clobert, J., and Anderson, D.R. 1992. [Modeling Survival and Testing Biological Hypotheses Using Marked Animals: A Unified Approach with Case Studies](#). Ecological Monographs 62(1): 67-118.
- Lee, K., Alava, J.J., Cottrell, P., Cottrell, L., Grace, R., Zysk, I., and Raverty, S. 2023. Emerging Contaminants and New POPs (PFAS and HBCDD) in Endangered Southern Resident and Bigg's (Transient) Killer Whales (*Orcinus orca*): In Utero Maternal Transfer and Pollution Management Implications. Environmental Science & Technology 57(1): 360-374. doi:10.1021/acs.est.2c04126.
- Matkin, C.O., Ward Testa, J., Ellis, G.M., and Saulitis, E.L. 2014. Life history and population dynamics of southern Alaska resident killer whales (*Orcinus orca*). Marine Mammal Science 30: 460-479.
- Matkin, C.O., Durban, J.W., Saulitis, E.L., Andrews, R.D., Straley, J.M., Matkin, D.R., and Ellis, G.M. 2012. [Contrasting abundance and residency patterns of two sympatric populations of transient killer whales \(*Orcinus orca*\) in the northern Gulf of Alaska](#). 16:19:33z.
- Morin, P.A., McCarthy, M.L., Fung, C.W., Durban, J.W., Parsons, K.M., Perrin, W.F., Taylor, B.L., Jefferson, T.A., and Archer, F.I. 2024. Revised taxonomy of eastern North Pacific killer whales (*Orcinus orca*): Bigg's and resident ecotypes deserve species status. Royal Society Open Science 11(3): 231368. doi:doi:10.1098/rsos.231368.
- Mos, L., Cameron, M., Jeffries, S.J., Koop, B.F., and Ross, P.S. 2010. [Risk-based analysis of polychlorinated biphenyl toxicity in harbor seals](#). Integrated Environmental Assessment and Management 6(4): 631-640.
- Murray, C.C., Hannah, L.C., Doniol-Valcroze, T., Wright, B., Stredulinsky, E., Locke, A. et R. Lacy. 2019. [Évaluation des effets cumulatifs sur les populations d'épaulards résidents du nord et du sud dans le Pacifique Nord-Est](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/056. xiii. + 103 p.
- Parsons, K.M., Durban, J.W., Burdin, A.M., Burkanov, V.N., Pitman, R.L., Barlow, J., Barrett-Lennard, L.G., LeDuc, R.G., Robertson, K.M., Matkin, C.O., and Wade, P.R. 2013. Geographic Patterns of Genetic Differentiation among Killer Whales in the Northern North Pacific. Journal of Heredity 104(6): 737-754. doi:10.1093/jhered/est037.
- Raverty, S., St. Leger, J., Noren, D.P., Burek Huntington, K., Rotstein, D.S., Gulland, F.M.D., Ford, J.K.B., Hanson, M.B., Lambourn, D.M., Huggins, J., Delaney, M.A., Spaven, L., Rowles, T., Barre, L., Cottrell, P., Ellis, G., Goldstein, T., Terio, K., Duffield, D., Rice, J., and Gaydos, J.K. 2020. Pathology findings and correlation with body condition index in stranded killer whales (*Orcinus orca*) in the northeastern Pacific and Hawaii from 2004 to 2013. PLOS ONE 15(12): e0242505. doi:10.1371/journal.pone.0242505.

- Ross, P.S., Desforbes, J.-P.W., Dangerfield, N.J., Crewe, N.F., Dubetz, C.P., Fischer, M.B., Fraser, T.L., and Ross, A.R. 2013. Blubber concentrations of PCBs, PBDEs, PCDDs and PCDFs from 1993 to 2009 in killer whales (*Orcinus orca*) from the North East Pacific Ocean. Unpublished.
- Shields, M.W., Hysong-Shimazu, S., Shields, J.C., and Woodruff, J. 2018. Increased presence of mammal-eating killer whales in the Salish Sea with implications for predator-prey dynamics. *PeerJ* **6**: e6062. doi:10.7717/peerj.6062.
- Tennessen, J.B., Holt, M.M., Wright, B.M., Hanson, M.B., Emmons, C.K., Giles, D.A., Hogan, J.T., Thornton, S.J., and Deecke, V.B. 2024. [Males miss and females forgo: Auditory masking from vessel noise impairs foraging efficiency and success in killer whales](#). *Global Change Biology* **30**(9): e17490.
- Towers, J.R., Sutton, G.J., Shaw, T.J.H., Malleson, M., Matkin, D., Gisborne, B., Forde, J., Ellifrit, D., Ellis, G.M., Ford, J.K.B., and Doniol-Valcroze, T. 2019. Photo-identification Catalogue, Population Status, and Distribution of Bigg's Killer Whales known from Coastal Waters of British Columbia, Canada. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3311: vi + 299 p.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Pêches et Océans Canada
Région du Pacifique
3190 Hammond Bay Road

Courriel : DFO.PacificCSA-CASPacifique.MPO@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-77063-5 N° cat. Fs70-6/2025-020F-PDF

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

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



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2025. Évaluation des effets cumulatifs pour la population d'épaulard migrateur (de Bigg) de la côte ouest dans le nord-est du Pacifique. *Secr. can. des avis. sci. du MPO. Avis sci.* 2025/020.

Also available in English:

DFO. 2025. *Cumulative Effects Assessment for West Coast Transient (Bigg's) Killer Whale Population In The Northeast Pacific*. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep.* 2025/020.