



# ÉVALUATION DES EFFETS CUMULATIFS SUR LES POPULATIONS D'ÉPAULARDS RÉSIDENTS DU NORD ET DU SUD (*ORCINUS ORCA*) DANS LE PACIFIQUE NORD-EST



Épaulard résident.  
Photo : © Jared Towers

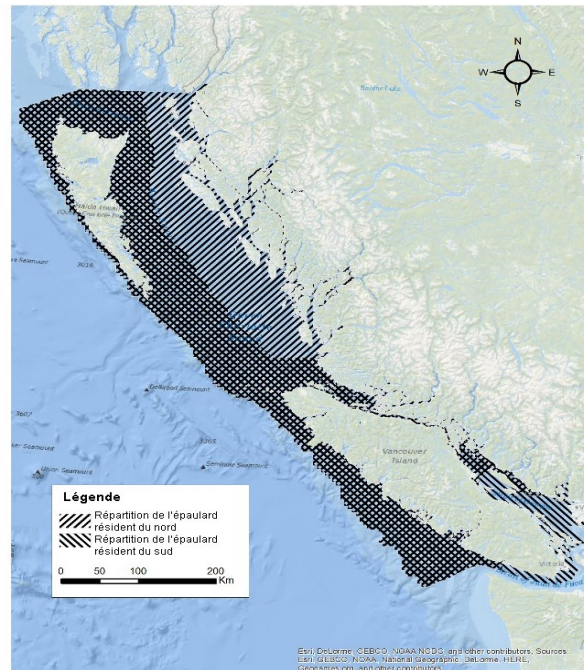


Figure 1 : Répartition des populations  
d'épaulards résidents du nord et du sud  
dans les eaux canadiennes

## Contexte :

En 2001, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a désigné les épaulards résidents du sud comme une population « en voie de disparition » et les épaulards résidents du nord comme une population « menacée », en raison de la petite taille des populations, de leur faible taux de reproduction, du déclin récent et inexplicé des populations et de l'existence de diverses menaces anthropiques. Ces désignations ont acquis force de loi lorsque les deux populations ont été inscrites à l'annexe 1 de la Loi sur les espèces en péril du Canada (LEP) en 2003. L'état des populations canadiennes d'épaulards résidents du nord et du sud a été réaffirmé par le COSEPAC en 2008. Un programme de rétablissement des épaulards résidents a été publié en 2008. Son objectif était le suivant : « Assurer la viabilité à long terme des populations résidentes d'épaulards en obtenant et en maintenant des conditions démographiques qui permettent de préserver leur potentiel reproductif, leur diversité génétique ainsi que leur continuité culturelle. » Le programme de rétablissement a été modifié deux fois à ce jour, en 2011 et 2018, afin de mettre à jour la section sur l'habitat essentiel et d'inclure des mises à jour mineures aux sections des renseignements sur les espèces et du contexte. Un plan

*d'action a par la suite été élaboré et publié en 2017. Il comprend notamment une mesure de rétablissement hautement prioritaire (n °11) : « 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 du MPO d'entreprendre une évaluation des effets cumulatifs des menaces pour les épaulards résidents du nord et du sud. L'avis scientifique découlant de cette évaluation peut servir à évaluer comment utiliser ces outils pour guider de façon adaptative la survie et le rétablissement de ces populations.*

*Le présent avis scientifique découle de la réunion du 12 au 13 mars 2019 sur l'Évaluation des effets cumulatifs sur les populations d'épaulards résidents du nord et du sud dans le Pacifique Nord-Est. 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

- En 2003, les épaulards résidents du sud et du nord ont été inscrits en tant que populations « en voie de disparition » et « menacée », respectivement, en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP). Un programme de rétablissement pour ces populations a été achevé en 2008 (modifié en dernier lieu en 2018; MPO 2018) et un plan d'action en 2017 (MPO 2017a).
- Le programme de rétablissement (modifié) élaboré en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) définit trois principales menaces pour les épaulards résidents : la disponibilité réduite des proies, les perturbations acoustiques et physiques et les contaminants environnementaux (MPO 2018).
- Les travaux en cours visent à aborder la mesure de rétablissement hautement prioritaire (MR n°1) du plan d'action, qui détermine le besoin « d'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 ».
- Dans la présente analyse, les mesures d'atténuation et de gestion potentielles n'ont pas été abordées. Les changements futurs des activités anthropiques n'ont pas été inclus. Les effets au niveau de la population des événements à impact élevé et de faible probabilité, comme les déversements catastrophiques d'hydrocarbures, ne sont pas pris en compte dans cette évaluation.
- Le cadre d'évaluation des effets cumulatifs élaboré comportait deux phases : un modèle conceptuel des séquences des effets (SE) qui décrivait les voies de liaison entre les menaces et les taux de mortalité et de natalité des épaulards résidents, y compris les interactions potentielles entre les menaces;
- Et un modèle d'analyse de viabilité de la population (AVP) qui évaluait quantitativement les effets des menaces prioritaires sur les trajectoires des populations d'épaulards résidents.
- Les données et connaissances actuelles ont permis de quantifier sept des 13 voies de liaison identifiées dans les SE pendant la deuxième phase du cadre d'évaluation (modèle d'AVP).
- Un certain nombre d'hypothèses clés ont été formulées dans la modélisation de l'AVP. On suppose que les conséquences de l'exposition aux menaces sont les mêmes pour les deux populations, et que l'exposition aux menaces est propre à la population. La quantification des voies de liaison entre le taux de mortalité et le taux de natalité a été fondée sur l'information principalement obtenue dans la région de la mer des Salish pendant l'été et

l'automne, mais on a supposé qu'elle représentait des conditions des menaces dans l'ensemble de l'aire de répartition et durant toute l'année. On a présumé que l'abondance du saumon quinnat, indépendamment de la sélectivité par taille exercée par les épaulards, représentait la proie préférée à la disposition des épaulards résidents.

- Les modèles de population ont été construits à partir des données démographiques et généalogiques du MPO et du Center for Whale Research, et d'un modèle de population déjà publié pour l'épaulard résident du sud (Lacy *et al.* 2017).
- On a comparé les impacts des scénarios de menaces individuelles et cumulatives sur les populations modélisées d'épaulards résidents du sud et d'épaulards résidents du nord aux trajectoires des populations observées (2000-2017) afin de définir un modèle qui reflète le mieux la dynamique réelle des deux populations. Des scénarios de menaces individuelles et cumulatives ont été mis à l'essai à l'aide de 10 000 simulations de modèles.
- Les scénarios des menaces individuelles utilisaient des paramètres mis à jour et nouvellement disponibles pour l'abondance du saumon quinnat, le bruit et la présence physique des navires, les collisions avec les navires et la contamination par les biphényles polychlorés (BPC). Pris un à la fois, les effets modélisés des menaces individuelles n'ont pas reproduit les trajectoires des populations observées pour les populations d'épaulards résidents du nord et du sud, ce qui suggère qu'un modèle cumulatif pourrait mieux répliquer les tendances de ces populations.
- Lorsque les menaces sont considérées ensemble (abondance du saumon quinnat, bruit et présence physique des navires, collision avec les navires et contamination par les BPC), les résultats du modèle de l'AVP reproduisent fidèlement les trajectoires des populations observées pour les deux populations, ce qui donne à penser que ce modèle est utile pour évaluer les effets cumulatifs.
- Le modèle d'AVP des effets cumulatifs a ensuite été utilisé pour projeter les trajectoires des populations d'épaulards résidents du nord et du sud dans l'avenir (10 000 simulations de modèles), en fonction des niveaux de menaces récents, des meilleures connaissances disponibles et de l'hypothèse selon laquelle aucune mesure d'atténuation future ne sera prise. Les sorties du modèle indiquent que la trajectoire moyenne modélisée de la population d'épaulards résidents du nord augmente jusqu'à la capacité de charge fixée dans le modèle en 25 ans. En revanche, la trajectoire moyenne modélisée de la population d'épaulards résidents du sud diminue, avec une probabilité de 26 % d'extinction de la population (définie dans le modèle comme un seul sexe restant); dans ces projections, l'extinction était estimée se produire après 75 à 97 ans.
- Le modèle souligne l'importance de considérer les menaces collectivement. Plus précisément, dans le cadre de l'évaluation de l'AVP des effets cumulatifs, l'abondance du saumon quinnat et ses interactions avec le bruit des navires et les BPC ont fortement influencé la dynamique modélisée des populations d'épaulards.
- Le cadre des effets cumulatifs élaboré, qui combine une SE et un modèle d'AVP, est une nouvelle approche qui identifie et quantifie explicitement les voies de liaison des menaces et les incertitudes connexes. Cette approche pourrait être utilisée pour d'autres populations et espèces.

## RENSEIGNEMENTS DE BASE

Trois écotypes d'épaulards (*Orcinus orca*) génétiquement et acoustiquement distincts habitent les eaux de la côte du Pacifique Nord-Est : l'épaulard du large; l'épaulard migrateur (ou épaulard de Biggs); et l'épaulard résident (Ford *et al.* 1998). L'écotype piscivore de l'épaulard résident se divise en deux groupes : l'épaulard résident du nord et du sud et l'épaulard résident du sud de l'Alaska (Ford *et al.* 2000; Matkin *et al.* 1999; 2014). Bien que les trois populations d'épaulards résidents soient des cétacés piscivores qui se nourrissent principalement de saumon quinnat (*Oncorhynchus tshawytscha*) et kéta (*O. keta*), et que leur habitat et leur régime alimentaire se chevauchent dans une certaine mesure, elles n'interagissent pas socialement et sont distinctes sur les plans culturel, sonore et génétique (MPO 2017b).

Les relevés de photo-identification à long terme des populations d'épaulards résidents du nord et du sud ont été entrepris par Michael Bigg dans les années 1970 et se poursuivent encore aujourd'hui (Programme de recherche sur les cétacés du MPO; Center for Whale Research). Les tendances des populations fondées sur les données des relevés indiquent que la population d'épaulard résident du sud a connu un taux de croissance global négatif (-0,2 %; 1979-2017), avec des baisses particulièrement prononcées entre 1995 et 2001. Depuis, la population s'est peu rétablie, et comptait 74 membres en 2018. En revanche, la population d'épaulard résident du nord a régulièrement augmenté pendant la période des relevés (taux de croissance = 2 %; 1979-2017), à l'exception d'un déclin entre 1997 et 2001. Depuis, la population est passée de 219 membres en 2004 à environ 309 membres en 2017 (MPO 2018).

Les populations d'épaulard résident du sud et du nord ont été inscrites comme étant en voie de disparition et menacées, respectivement, en vertu de la LEP en 2003. Les trois principales menaces qui pèsent sur ces deux populations sont la disponibilité réduite des proies, les perturbations acoustiques et physiques et les contaminants environnementaux (MPO 2011; MPO 2017a; MPO 2018). Le Plan d'action pour les épaulards résidents (*Orcinus orca*) du nord et du sud au Canada (MPO 2017a) définit 98 mesures de rétablissement (MR); une mesure de rétablissement hautement prioritaire (MR n° 11) détermine le besoin suivant : « *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* ». Jusqu'à présent, la plupart des recherches sur les menaces qui pèsent sur les épaulards résidents ont étudié ces menaces isolément. Pour évaluer les effets cumulatifs, cependant, il faut examiner les effets cumulatifs combinés que les activités humaines multiples peuvent avoir sur les individus, les populations, les communautés et les écosystèmes dans l'espace et le temps. Les évaluations des effets cumulatifs portent sur les effets de plusieurs menaces en convertissant les impacts en une seule monnaie ou mesure, ce qui permet de comparer les menaces et leurs effets combinés à long terme.

## ÉVALUATION

### Méthodes

Le cadre d'évaluation des effets cumulatifs élaboré pour répondre à cette demande comportait deux phases (figure 2). Dans la première phase, un modèle conceptuel des séquences des effets (SE) a été élaboré pour décrire les menaces et leurs impacts sur les taux de natalité et de mortalité des épaulards résidents. Les interactions entre les agents de stress ont été incorporées dans les SE afin de mieux représenter le système naturel, car les menaces peuvent interagir dans l'espace et dans le temps, ce qui modifie leur intensité respective et leurs effets sur les individus et les populations. Les sorties du modèle conceptuel des SE ont été utilisés

pour concevoir et affiner le modèle d'analyse de la viabilité de la population (AVP) dans la deuxième phase.

La deuxième phase du cadre d'évaluation des effets cumulatifs utilise le modèle de l'AVP pour évaluer quantitativement les effets individuels et cumulatifs des menaces prioritaires sur les trajectoires des deux populations d'épaulards résidents, en se fondant sur les méthodes et les résultats des travaux antérieurs (Ward *et al.* 2009; Ford *et al.* 2010; Vélez-Espino *et al.* 2014; Lacy *et al.* 2017). La documentation et les données existantes ont permis de paramétrer l'impact de chaque menace sur les taux vitaux des épaulards résidents (taux de mortalité et de natalité) et les relations publiées précédemment ont été mises à jour à l'aide des données récentes avant d'être analysées de nouveau. La structure du modèle s'appuie sur un modèle d'AVP existant élaboré pour l'épaulard résident du sud par Lacy et ses collaborateurs (2017).

Des modèles de population ont été construits séparément pour les populations d'épaulards du nord et du sud en utilisant les données des relevés recueillies entre 1979 et 2017 (Programme de recherche sur les cétacés du MPO (épaulard résident du nord); Center for Whale Research (épaulard résident du sud)). On a supposé que les taux de mortalité et de natalité de référence pour les populations d'épaulards du nord et du sud étaient ceux de la population d'épaulard résident du sud de l'Alaska, qui servait de population de référence pour les épaulards piscivores (Matkin *et al.* 2014). Les menaces ont ensuite été ajoutées comme modificateurs des taux vitaux de référence. Les données sur la population ont été compartimentées afin d'évaluer la capacité des scénarios du modèle à produire des résultats représentatifs des données observées. La modélisation des menaces commençait en 2000, était projetée jusqu'à aujourd'hui et les résultats de la modélisation ont ensuite été comparés à la dynamique observée de la population jusqu'en 2017. Les menaces ont été analysées individuellement et cumulativement en partant de l'hypothèse que des modèles appropriés reproduiraient la dynamique de population observée pour les populations d'épaulards du nord et du sud.

## Étapes de l'évaluation des effets cumulatifs

### 1. Établissement de la portée - déterminer :

a. Le but de l'évaluation (p. ex. le rétablissement de la population)
b. L'aire de répartition des populations à évaluer
c. Les agents de stress (menaces) à prendre en compte pour la population
d. Les connaissances actuelles sur les populations
e. Les mesures des paramètres souhaités (p. ex. taille de la population, taux de natalité, etc.)

**Établissement  
de la portée**

### 2. Élaboration d'un modèle conceptuel des séquences des effets (SE)

Créer un modèle conceptuel des séquences des effets reliant les agents de stress aux mesures des paramètres. Fournir des sources d'information et de données à l'appui pour chaque lien dans le modèle, y compris l'avis d'experts lorsqu'il n'y a pas d'information publiée. Documenter et intégrer les niveaux d'incertitude. Si possible, déterminer les types d'interaction possibles entre les agents de stress (p. ex. synergiques, additifs, etc.). S'il n'est pas possible de déterminer le type, supposer qu'il s'agit d'un type additif seulement.

**Modèle des  
séquences des  
effets (SE)**

### 3. Modèle de population et analyse des scénarios

Quantifier les relations entre les agents de stress et les espèces déterminées dans le modèle conceptuel des SE à partir d'une analyse documentaire, des avis d'experts et de modèles quantitatifs. Obtenir des données démographiques sur la population. Saisir les données dans le modèle de population et analyser les résultats de différentes combinaisons d'agents de stress sur les mesures des paramètres (pour examiner les différents niveaux de rétablissement de la population, les dommages admissibles).

**Scénarios du  
modèle de  
population**

Figure 2 : Diagramme des étapes de l'évaluation actuelle des effets cumulatifs.

## Résultats

Les modèles conceptuels des séquences des effets donnent une représentation visuelle de la structure du système à l'étude, ainsi que des éléments probants à l'appui pour chaque voie de liaison identifiée. Cette structure constitue la base de la modélisation de l'analyse de viabilité de la population dans la phase suivante de l'évaluation. Dans le modèle des SE pour les épaulards résidents (figure 3), la disponibilité des proies est un nœud central, avec deux voies de liaison directes vers le taux de mortalité et le taux de natalité et deux interactions avec d'autres menaces (Proies-Perturbation et Proies-Contamination) qui ont chacune deux voies de liaison vers le taux de mortalité et de natalité (six voies de liaison au total). L'intégration des interactions entre les menaces complique l'évaluation des impacts, car elles impliquent que les impacts ne sont pas additifs et peuvent avoir des effets non linéaires ou des effets de seuil. Les menaces déterminées par la LEP (disponibilité réduite des proies, perturbations acoustiques et physiques et contaminants environnementaux) qui ont été quantifiées dans le modèle d'AVP étaient représentées par l'abondance du saumon quinnat, le bruit et la présence physique des navires, les collisions avec les navires et la contamination par les BPC (figure 4). D'autres menaces pesant sur les populations d'épaulards résidents qui étaient indiquées dans le programme de rétablissement en vertu de la LEP (modifié) (MPO 2018) n'ont pas été incluses dans le modèle actuel, y compris la mortalité accidentelle dans les pêches, les déversements de pétrole, les maladies, les proliférations d'algues nuisibles, ainsi que l'exploration sismique et autres sons à haute intensité.

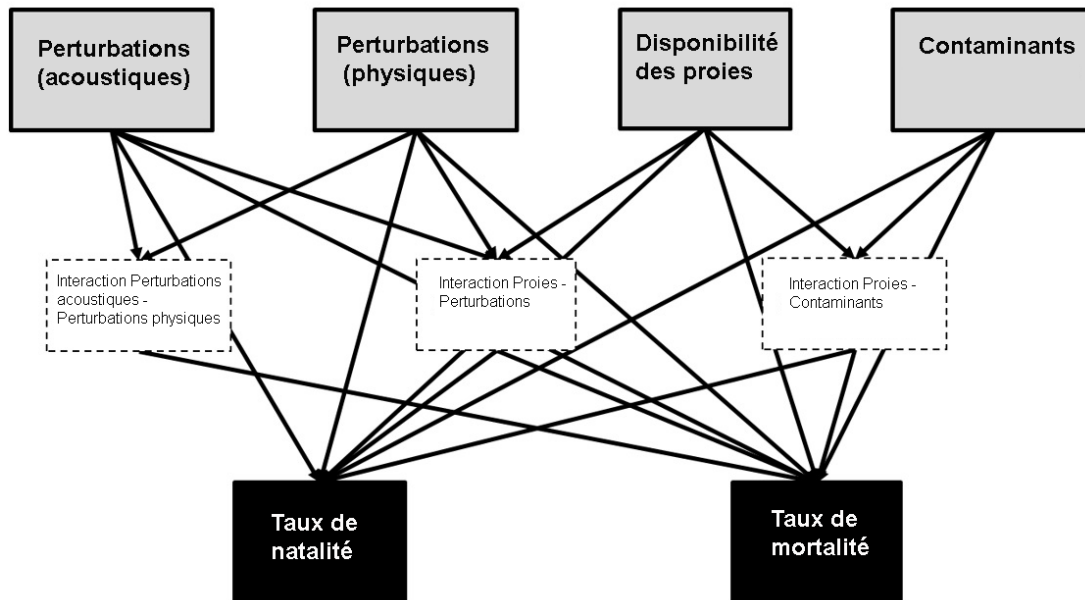


Figure 3 : Modèle conceptuel des séquences des effets défini pour les populations d'épaulards résidents, y compris les menaces prioritaires, les interactions et leurs impacts sur les taux de mortalité et de natalité des épaulards résidents.

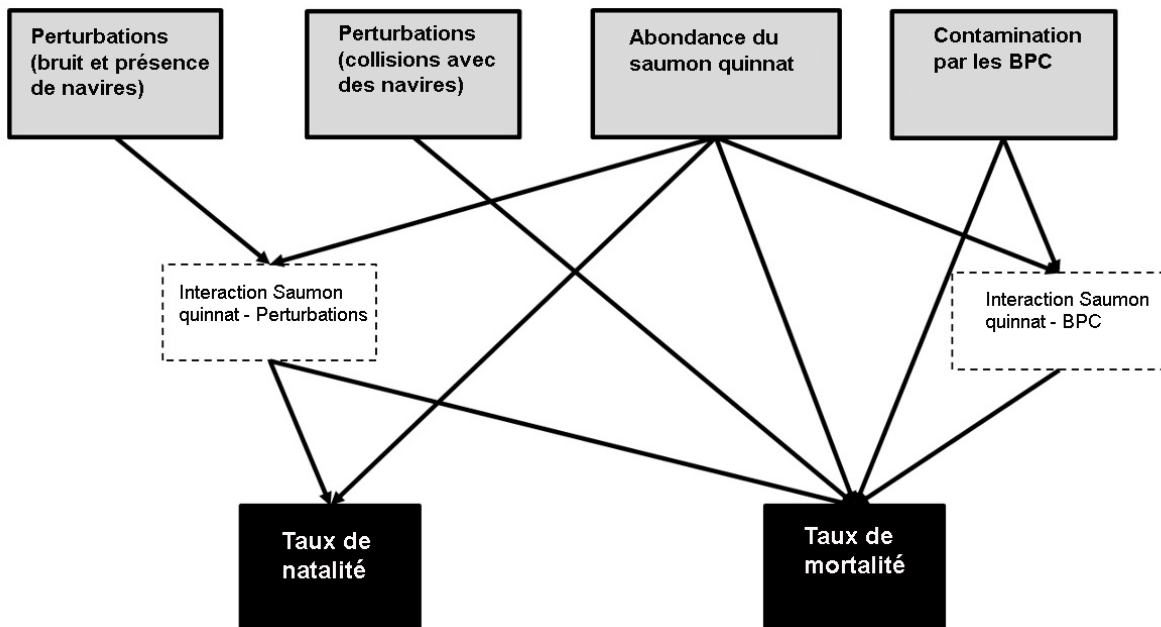


Figure 4 : Modèle conceptuel simplifié des séquences des effets défini pour l'analyse de viabilité de la population (AVP) des populations d'épaulards résidents.



Les données mises à jour ou nouvelles pour toutes les menaces qui ont été prises en compte dans cette évaluation des effets cumulatifs ont été intégrées dans les scénarios des modèles. Les scénarios de disponibilité des proies ont utilisé les données mises à jour du modèle d'abondance du saumon quinnat dans l'océan, prolongeant la série chronologique de 1979 à 2017 à partir des données utilisées dans les études précédentes (2008 : Lacy *et al.* 2017, et 2011 : Vélez-Espino *et al.* 2014b). Des analyses statistiques et de sélection de modèles ont été effectuées sur ces données afin de mettre à jour les relations entre les indices du saumon quinnat et les taux de mortalité et de natalité des épaulards résidents. Les scénarios de perturbation par les navires appliquaient une perte proportionnelle de temps consacré à la quête de nourriture en raison du bruit des navires tirée d'une nouvelle étude (Tollit *et al.* 2017), et l'intégration de la densité relative des navires pour les deux populations a été estimée en utilisant une analyse du nombre de transits des navires et de la présence de marinas. Le risque de collision avec les navires a été estimé à partir des rapports de collisions présumées. La contamination par les BPC a utilisé des données sur les concentrations mesurées de BPC provenant d'un certain nombre de nouvelles sources (Guy 2018; Gobas et Ross 2017, données inédites<sup>1</sup>).

Les modèles de menaces individuelles (c.-à-d. en prenant en compte une menace à la fois) ne correspondaient pas étroitement à la dynamique de la population observée. Parmi tous les scénarios de menaces individuelles et combinées analysés, c'est le modèle de menaces cumulatives qui tient compte de toutes les menaces prioritaires (abondance du saumon quinnat, bruit et présence physique des navires, collisions avec les navires et contamination par les BPC) qui a prévu la croissance démographique la plus proche des taux observés dans les deux populations. Les résultats du scénario du modèle des effets cumulatifs correspondent plus étroitement aux données observées pour l'épaulard résident du nord que pour l'épaulard résident du sud. Si l'on conserve toutes les autres menaces aux mêmes valeurs, il s'est avéré essentiel d'utiliser les valeurs historiques de l'indice du saumon quinnat (au lieu de valeurs aléatoires représentant la gamme des indices du saumon pour la période de temps complète) pour obtenir une bonne correspondance entre le modèle de l'épaulard résident du sud et les données observées pour cette population (figure 5). On a testé la sensibilité des paramètres du scénario du modèle pour distinguer les menaces ayant l'impact le plus grand sur la dynamique à long terme modélisée de la population. L'abondance du saumon quinnat était le paramètre le plus sensible du modèle et, par conséquent, la disponibilité des proies et ses interactions avec le bruit des navires, la présence physique des navires et la contamination par les BPC ont fortement influencé la dynamique modélisée des populations d'épaulards résidents, pour l'épaulard résident du nord et pour celui du sud.

---

<sup>1</sup> Gobas, F., et Ross, P.S. 2017. Évaluation des risques pour la santé des épaulards (*Orcinus orca*) posés par les contaminants émergents : établissement des priorités pour soutenir le rétablissement. Rapport de recherche inédit.

## Évaluation des effets cumulatifs sur les épaulards résidents du nord et du sud

Région du Pacifique

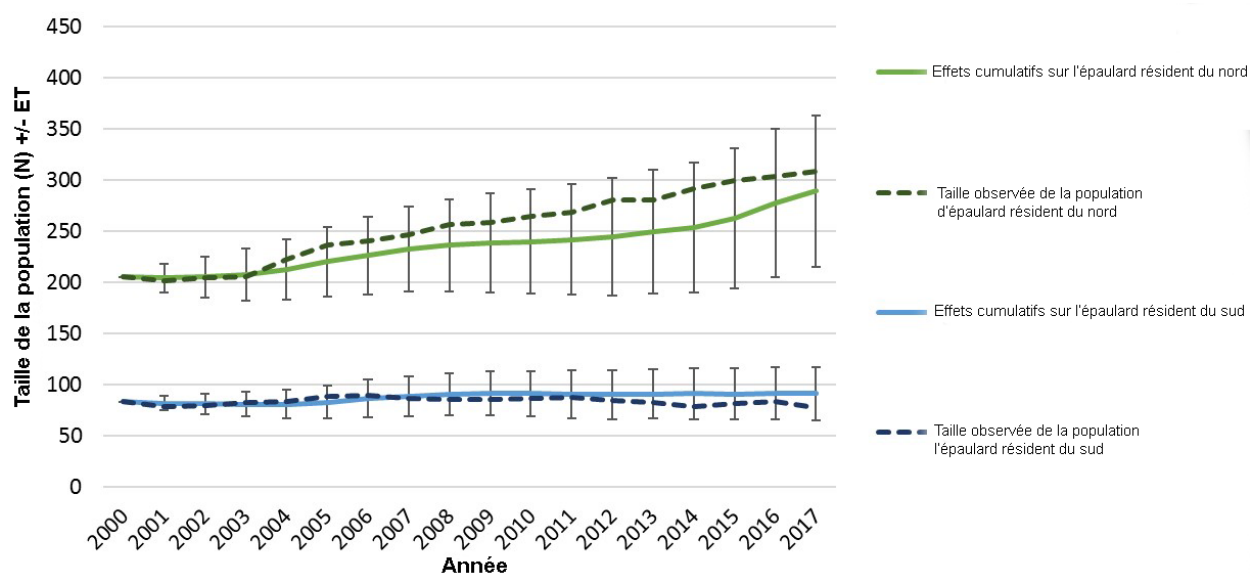
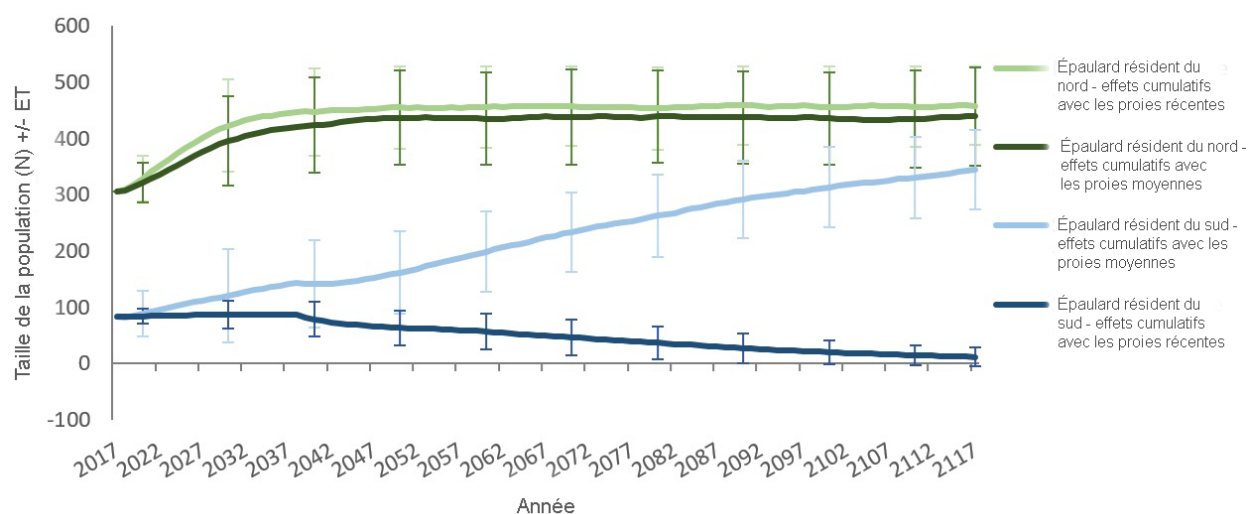


Figure 5 : Résultats moyens du modèle des effets cumulatifs (plus de 10 000 scénarios de modèles) pour l'épaulard résident du nord (vert) et l'épaulard résident du sud (bleu) (lignes pleines) à partir des valeurs historiques de l'indice du saumon quinnat et de la taille de la population observée (lignes pointillées), avec des barres d'erreur de  $\pm 1$  écart type.

Le modèle d'AVP des effets cumulatifs a également été utilisé pour projeter les trajectoires des populations d'épaulards résidents du nord et du sud dans l'avenir, en fonction des meilleures connaissances disponibles et de l'hypothèse selon laquelle aucune mesure d'atténuation future ne sera prise. La croissance démographique projetée a été examinée pour deux niveaux d'abondance du saumon quinnat (proies) – l'abondance moyenne historique à long terme (1979-2017) et l'abondance récente (2008-2017) (figure 6). Les résultats du modèle montrent que la trajectoire moyenne de la population d'épaulard résident du nord augmente jusqu'à la capacité de charge fixée dans le modèle en 25 ans, indépendamment des niveaux d'abondance des proies utilisés dans les projections (moyenne récente ou à long terme). Lorsque les niveaux de proies sont établis de manière à varier en fonction des valeurs moyennes à long terme de l'indice du saumon quinnat, les projections prédisent une augmentation de la population moyenne modélisée d'épaulard résident du sud. Lorsque l'on utilise les valeurs récentes de l'indice du saumon quinnat pour établir la variance des paramètres du modèle, la trajectoire moyenne de la population modélisée d'épaulard du sud diminue, avec une probabilité d'extinction de 26 % (définie dans le modèle comme un seul sexe restant). Dans ces 26 % des simulations de modèles (10 000 au total), on a estimé que l'extinction se produit après 75 à 97 ans.



*Figure 6 : Taille moyenne projetée de la population (barres d'erreur de  $\pm 1$  écart-type) des modèles pour l'épaulard résident du nord (vert) et l'épaulard résident du sud (bleu) (lignes pleines) dans 100 ans, selon le modèle des effets cumulatifs basé sur 10 000 simulations avec une abondance moyenne des proies (1979-2017) ou une abondance récente des proies (2008-2017).*

Les résultats de cette évaluation des effets cumulatifs confirment le rôle important que joue l'abondance du saumon quinnat dans la trajectoire de ces populations. Le cadre des effets cumulatifs qui a été élaboré, peaufiné et mis à l'essai à l'aide des renseignements les plus récents sur les menaces tirés de cette étude, pourrait être un outil utile pour les gestionnaires et les scientifiques. Cette méthode d'élaboration, en combinant la modélisation conceptuelle des séquences des effets et la modélisation de l'analyse de viabilité de la population, pourrait être un moyen utile pour les gestionnaires d'explorer les impacts potentiels sur les populations selon différents scénarios proposés d'atténuation et de gestion.

### Sources d'incertitude

- La dynamique au niveau des sous-populations d'épaulards résidents n'a pas été étudiée et pourrait devenir importante si des différences pertinentes (p. ex. exposition à des menaces dans l'espace et le temps) se manifestent dans les populations (p. ex. au niveau du groupe familial ou du clan).
- L'évaluation des effets cumulatifs n'a pas tenu compte de la concurrence possible entre les épaulards résidents du nord et du sud pour les proies, ni de la concurrence potentielle avec d'autres animaux.
- Les relations entre les menaces et les taux de mortalité et de natalité des épaulards résidents étaient fondées sur des renseignements obtenus principalement dans la région de la mer des Salish pendant l'été et l'automne, mais on a supposé qu'elles représentaient les conditions des menaces dans l'ensemble de l'aire de répartition des deux populations et durant toute l'année. On a présumé que l'abondance du saumon quinnat dans l'océan, indépendamment de la sélectivité par taille exercée par les épaulards, représentait les proies à la disposition des épaulards résidents.
- Il existe des limites des données et des incertitudes pour chacune des menaces prioritaires pour les épaulards résidents (disponibilité des proies, perturbations acoustiques,

perturbations physiques et contaminants) et leurs impacts sur les taux de mortalité et de natalité. Il conviendrait d'appliquer une approche itérative et adaptative pour mettre à jour le modèle des effets cumulatifs à mesure que de nouvelles données et des données sur d'autres menaces potentielles deviennent disponibles.

- Le modèle actuel utilise une estimation de l'abondance du saumon quinnat dans l'océan, modélisée par la Commission du saumon du Pacifique. Les données qui incluent la taille et l'âge pourraient être utilisées pour mieux représenter les exigences en matière de proies des épaulards résidents. Les populations de saumon quinnat elles-mêmes sont également touchées par les menaces anthropiques et la prédation exercée par les poissons, les oiseaux et les autres mammifères marins.
- Le modèle actuel ne tient compte de l'impact des perturbations acoustiques qu'en tant qu'impact direct sur la disponibilité des proies. Les effets de la perturbation acoustique sur la mortalité et la fécondité qui ne sont pas liés à l'alimentation et la distinction entre les effets de la présence des navires et le bruit des navires n'ont pas été inclus. Les effets du bruit et de la présence des navires sur les niveaux de stress et la susceptibilité aux maladies ou aux collisions avec les navires n'ont pas non plus été inclus. Il faudrait améliorer la caractérisation du bruit, y compris la variabilité spatiale et temporelle du paysage sonore naturel, dans les versions ultérieures du modèle des effets cumulatifs lorsque les connaissances et les données seront disponibles.
- Selon les occurrences documentées, les collisions avec des navires pour ces populations sont très rares (moins de 10 %), mais il est difficile d'attribuer la cause du décès chez les épaulards. Dans de nombreux cas, les carcasses ne sont jamais récupérées, ce qui signifie que seule une faible proportion fait l'objet d'une nécropsie.
- En ce qui concerne les contaminants, seuls les impacts des BPC sur les épaulards résidents et leur incidence inférée sur la mortalité des baleineaux ont été pris en compte, en raison d'un manque de connaissances sur les autres contaminants et leurs effets possibles. Il faudrait inclure les autres impacts des BPC sur le taux de natalité et les effets des autres contaminants prioritaires sur les épaulards résidents lorsque les connaissances et les données seront disponibles.
- La projection du modèle des effets cumulatifs suppose que les conditions de menaces modélisées demeurent aux niveaux actuels, sans changements futurs dans les activités anthropiques et sans mesures d'atténuation ou de gestion (autres que celles en place en 2017). L'inclusion des mesures de gestion les plus récentes et l'analyse de futures mesures potentielles peuvent servir à faire progresser davantage les résultats du modèle.
- D'autres menaces pesant sur les populations d'épaulards résidents qui étaient indiquées dans le programme de rétablissement en vertu de la LEP (modifié) (MPO 2018) n'ont pas été incluses dans le modèle actuel, y compris la mortalité accidentelle dans les pêches, les déversements de pétrole, les maladies, les proliférations d'algues nuisibles, ainsi que l'exploration sismique et autres sons temporaires à haute intensité.

## **CONCLUSIONS**

- Ce cadre d'évaluation des effets cumulatifs fait progresser le domaine en combinant un modèle conceptuel détaillé des séquences des effets et une analyse précise de viabilité de la population pour évaluer comment l'état actuel des activités humaines peut influencer la persistance future de l'épaulard résident du sud et du nord.

- Les recherches en cours dans le cadre d'initiatives comme le Plan de protection des océans et l'Initiative de protection des baleines peuvent servir à perfectionner le modèle et à mettre à l'essai les mesures d'atténuation et de gestion possibles ainsi que les répercussions sur la survie et le rétablissement à long terme des populations d'épaulards résidents du nord et du sud qui sont menacées et en voie de disparition.
- L'information tirée des recherches en cours ou futures sur les épaulards résidents, comme la concurrence pour les proies avec d'autres espèces dans les principales zones d'alimentation, l'efficacité de la quête de nourriture, la composition du régime alimentaire, l'analyse des proies sur le terrain, la surveillance et la modélisation acoustiques sous-marines, les sources et niveaux de contaminants, tous ces éléments aideront à orienter les futures versions du modèle des effets cumulatifs.
- Le modèle des effets cumulatifs pour les épaulards résidents et les versions futures améliorées peuvent aider à étayer de façon adaptative le processus de planification et de mise en œuvre du rétablissement des épaulards résidents. Les contributions possibles de cet outil à la mise en œuvre des mesures de rétablissement du Plan d'action pour les épaulards résidents (*Orcinus orca*) du nord et du sud au Canada comprennent l'examen des avantages des mesures de gestion visant à protéger les zones importantes, l'évaluation des répercussions possibles des perturbations et de la concurrence pour les proies exercée par les pêches, l'évaluation des répercussions possibles du rétablissement du saumon sur les épaulards résidents et l'évaluation des répercussions du projet sur les épaulards résidents et leur habitat, de façon à produire des avis sur les mesures permettant d'éviter et d'atténuer ces risques au besoin.
- Il convient de revoir et de mettre à jour les composantes de l'évaluation des effets cumulatifs sur les épaulards résidents (séquences des effets et modèles d'analyse de la viabilité de la population) à mesure que de nouvelles données et connaissances sont disponibles. En particulier, il faudrait mettre à jour les données sur la reconstitution de la montaison terminale du saumon quinnat pour pouvoir les utiliser dans les itérations futures à la place des données sur l'abondance du saumon quinnat dans l'océan.

## **AUTRES CONSIDÉRATIONS**

Il faudra tenir compte des impacts des changements climatiques, des changements futurs des menaces et de leur impact sur les populations d'épaulards résidents, les populations de proies et l'écosystème dans les futurs exercices de modélisation.

## **LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION**

<b>Nom</b>	<b>Prénom</b>	<b>Organisme d'appartenance</b>
Balcomb	Ken	Centre for Whale Research
Bocking	Bob	Premières Nations Maa-nulth
Brekke	Heather	MPO - Gestion des ressources, Espèces en péril
Brown	Tanya	MPO - Sciences
Candy	John	Centre des avis scientifiques du Pacifique du MPO
Christensen	Lisa	Centre des avis scientifiques du Pacifique du MPO
Danelesko	Tessa	Georgia Strait Alliance (GSA)
Dangerfield	Neil	MPO - Écologie et biogéologie des océans

<b>Nom</b>	<b>Prénom</b>	<b>Organisme d'appartenance</b>
Demarchi	Mike	Premières Nations Maa-nulth
Doniol-Valcroze	Thomas	MPO - Sciences, Mammifères marins
Grant	Paul	MPO - Sciences, Espèces en péril
Gregr	Edward	Université de la Colombie-Britannique
Hannah	Lucie	MPO - Sciences, Agents de stress écosystémiques
Houston	Kim	MPO - Sciences
Johnson	Larry	Premières Nations Maa-nulth
Jones	Lisa	MPO - Gestion des ressources, Espèces en péril
Kling	Ashley	MPO - Sciences, Mammifères marins
Lacy	Robert (Bob)	Union internationale pour la conservation de la nature
Lawson	Jack	MPO - Sciences, Terre-Neuve-et-Labrador
MacConnachie	Sean	MPO - Sciences, Mammifères marins
McDuffee	Misty	Raincoast Conservation Foundation
Murray	Cathryn	MPO - Sciences, Agents de stress écosystémiques
Nelson	Jocelyn	MPO - Sciences
O	Miriam	MPO - Sciences, Agents de stress écosystémiques
Olivier	Gilles	MPO - Sciences, administration centrale
Parken	Chuck	MPO - Sciences
Serra-Sogas	Norma	Université de Victoria
Shaikh	Sharlene	MPO - Gestion des ressources, Espèces en péril
Stredulinsky	Eva	MPO - Sciences, Mammifères marins
Vagle	Svein	MPO - Sciences
Van Zandvoort	Alisha	Environnement et Changement climatique Canada
Wright	Brianna	MPO - Sciences, Mammifères marins

## **SOURCES DE RENSEIGNEMENTS**

Le présent avis scientifique découle de la réunion du 12 au 13 mars 2019 sur l'Évaluation des effets cumulatifs sur les populations d'épaulards résidents du nord et du sud dans le Pacifique Nord-Est. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

Ford, J.K., 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), pp.1456-1471.

Ford, J.K.B., Ellis, G.M., and Balcomb, K.C. 2000. Killer whales: the natural history and genealogy of *Orcinus orca* in British Columbia and Washington State, second ed. UBC Press, Vancouver, British Columbia.

Ford, J. K., Ellis, G. M., Olesiuk, P. F., & Balcomb, K. C. 2010. Linking killer whale survival and prey abundance: food limitation in the oceans' apex predator? *Biology letters*, 6(1), 139-142.

- Guy, J. 2018. A risk analysis of legacy pollutants, PCBs, PBDEs and new emerging pollutants in the Salish Sea Killer Whales. Master's thesis, Simon Fraser University.
- 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
- Matkin, C. O., Ellis, G. M., Saulitis, E.L., Barrett-Lennard, L., and Matkin, D.R. 1999. Killer whales of southern Alaska. *North Gulf Oceanic Society*, Homer, AK.
- 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*). *Mar. Mamm. Sci.*, 30: 460–479. doi:10.1111/mms.12049.
- MPO. 2011. Programme de rétablissement des épaulards résidents (*Orcinus orca*) du nord et du sud au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, ix + 85 p.
- MPO. 2017a. Plan d'action pour les épaulards (*Orcinus orca*) résidents du nord et du sud au Canada. Série des plans d'action de la Loi sur les espèces en péril. Pêches et Océans Canada, Ottawa, v + 39 p
- MPO. 2017b . [L'épaulard résident du sud un examen scientifique de l'efficacité des mesures de rétablissement pour trois population de baleines en péril](#). 84 p.
- MPO. 2018. Programme de rétablissement des épaulards résidents (*Orcinus orca*) du nord et du sud au Canada [proposé]. Série de programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, ix + 93 p.
- Tollit, D., Joy, R., Wood, J. 2017. [Estimating the effects of noise from commercial vessels and whale watch boats on Southern Resident Killer Whales](#). SMRU Consulting. Prepared for the ECHO program of Vancouver Fraser Port Authority.
- Vélez-Espino, L.A., Ford, J.K., Araujo, H.A., Ellis, G., Parken, C.K. and Sharma, R. 2014. Relative importance of Chinook salmon abundance on resident killer whale population growth and viability. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 25(6), pp.756-780.
- Ward, E.J., Holmes, E.E., and Balcomb, K.C. 2009. Quantifying the effects of prey abundance on killer whale reproduction. *Journal of Applied Ecology*, 46(3), pp.632-640

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

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

ISSN 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2019. Évaluation des effets cumulatifs sur les populations d'épaulards résidents du nord et du sud (*orcinus orca*) dans le pacifique nord-est. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/030.

*Also available in English:*

DFO. 2019. *Cumulative Effects Assessment for Northern and Southern Resident Killer Whale (Orcinus Orca) Populations in the Northeast Pacific. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2019/030.*