



EXAMEN DU MODÈLE DE JOE D'ÉVALUATION DES EFFETS CUMULATIFS DU MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DE L'ALBERTA

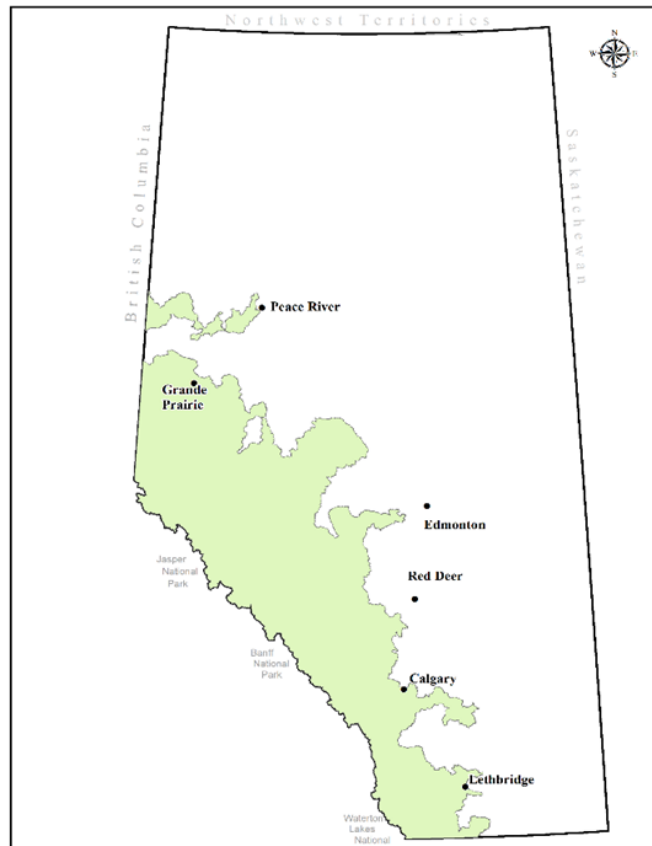


Figure 1. L'aire de répartition de l'Alberta (en vert) est incluse dans l'évaluation de la durabilité des pêches (EDP) de la truite fardée versant de l'ouest (*Oncorhynchus clarkii*), de la truite arc-en-ciel de la rivière Athabasca (*Oncorhynchus mykiss*) et de l'omble à tête plate (*Salvelinus confluentus*).

Contexte :

La province de l'Alberta (ministère de l'Environnement et des Parcs) a élaboré une nouvelle méthode de modélisation pour l'évaluation des menaces qui pèsent sur les espèces aquatiques en péril en Alberta. Cette méthode, appelée « modèle de Joe », a été mise au point pour l'omble à tête plate (*Salvelinus confluentus*) et est actuellement appliquée par le ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta pour les populations d'autres salmonidés en péril du versant est des Rocheuses (truite fardée versant de l'Ouest [*Oncorhynchus clarkii lewisi*] et à la truite arc-en-ciel de la rivière Athabasca [*Oncorhynchus mykiss*]). Ce modèle est utilisé comme une méthode solide pour prioriser géographiquement les mesures de rétablissement, de réglementation, de recherche et de gestion. Le modèle sera officiellement présenté comme une méthode complémentaire à l'évaluation des

menaces pour les plans de rétablissement ultérieurs du ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta pour l'omble à tête plate, la truite fardée versant de l'ouest et la truite arc-en-ciel. Cela pourrait avoir des conséquences importantes pour le programme des espèces en péril de Pêches et Océans Canada (MPO), puisque l'adoption des plans de rétablissement provinciaux représente une pratique exemplaire pour assurer la coordination du rétablissement et de la gestion des espèces en péril.

Le présent avis scientifique découle de la réunion régionale d'examen par les pairs concernant l'examen de la méthode d'évaluation des effets cumulatifs du ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta, qui s'est tenue du 18 au 20 septembre 2018. Cette réunion avait pour but d'examiner le modèle élaboré par la province de l'Alberta, d'évaluer la capacité d'intégrer des données quantitatives et qualitatives au modèle et de déterminer si les éléments du modèle ajouteraient une valeur supplémentaire au cadre actuel du MPO pour évaluer les menaces, les risques écologiques et les effets. Toute autre publication découlant de ce processus sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, dans le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

SOMMAIRE

- Le Secteur des sciences du MPO fournit des avis scientifiques au Programme sur les espèces en péril concernant les espèces qui ont été évaluées par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) comme étant en voie de disparition ou menacées, sous la forme d'une évaluation du potentiel de rétablissement (EPR). L'une des composantes du processus de l'EPR est l'évaluation des menaces; à ce jour, l'évaluation des menaces a été entravée par un manque d'outils efficaces. Le modèle de Joe d'évaluation des effets cumulatifs du ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta offre une méthode novatrice, car il intègre une réponse normalisée (axe des Y) qui permet d'établir l'ordre de priorité des menaces (doses/agent de stress). Ces courbes de réponse aux agents de stress (c.-à-d. les courbes dose-réponse) sont la composante fonctionnelle clé du modèle.
- Le modèle fournit un cadre pour évaluer les menaces (et éventuellement d'autres effets) de manière additive, et génère des hypothèses pour éclairer et orienter les mesures de gestion adaptative. Il permet également d'étudier les compromis possibles dans le cadre de plusieurs scénarios de menaces ou de mesures de rétablissement.
- Il s'agit d'un modèle statique conçu pour évaluer la capacité du système (c.-à-d. le potentiel qu'a le système de prendre en charge les individus adultes) en fonction des menaces qui ont été évaluées. On s'attend à ce que les extraits du modèle soient vérifiables.
- Il s'agit d'une approche de modélisation statique semi-quantitative qui peut être utilisée pour classer de multiples menaces par ordre de priorité selon leur niveau hiérarchique et cibler les analyses des menaces potentielles et les mesures de rétablissement. Par exemple, on peut le mettre à l'échelle sur le plan géographique, du niveau local au niveau régional, et sur le plan taxonomique, du niveau de la population à des unités désignables de plus grande envergure. Il s'agit d'une méthode structurée et transférable qui réduit la subjectivité associée aux extraits.
- En tant que modèle statique, il est conçu pour évaluer les menaces qui pèsent sur la population et ne prédit pas directement ou dynamiquement la réponse de la population. En tant que modèle additif (sur une échelle logarithmique), il n'intègre pas les interactions entre les menaces.

- L'utilisation de données quantitatives et qualitatives, notamment les données de surveillance, le savoir traditionnel, les connaissances locales et l'opinion d'experts, est appropriée dans cette méthode, à condition que l'incertitude et les hypothèses sous-jacentes soient clairement énoncées.
- Le modèle représente un outil supplémentaire permettant aux gestionnaires de comprendre les menaces qui pèsent sur la capacité du système et d'étudier les scénarios visant à maintenir ou à rétablir les populations. Comme c'est le cas de tout modèle, il faut interpréter les extrants dans le contexte des hypothèses sous-jacentes, des limites et des degrés d'incertitude.
- Les utilisateurs du modèle devraient :
 - énoncer explicitement l'incertitude et les hypothèses sous-jacentes;
 - entreprendre la validation du modèle, en particulier la gestion adaptative à des échelles appropriées et le perfectionnement des courbes de réponse aux agents stressants, afin d'améliorer encore le modèle et son application au fil du temps;
 - mener des analyses de sensibilité sur les agents de stress et des courbes de réponse aux agents de stress.
- Le modèle de Joe complète la matrice d'évaluation des menaces figurant dans les EPR et propose une méthode d'évaluation des menaces plus structurée. Il faudrait mener des études plus poussées sur l'application du modèle et de ses extrants, et confirmer leur utilité dans les futures EPR.
- Cette méthode peut éclairer la planification du rétablissement entreprise par le Programme des espèces en péril du MPO en générant des hypothèses éclairées et en ciblant les activités de gestion et de recherche.
- La méthode (c.-à-d. l'évaluation et la hiérarchisation des menaces) pourrait s'appliquer au Programme des espèces en péril du MPO et à d'autres secteurs (p. ex. Gestion des pêches et de l'aquaculture, Gestion des océans, Programme de protection du poisson et de son habitat) et leur être utile. L'élaboration d'un programme de recherche ciblé au sein du Secteur des sciences pour étudier la paramétrisation des modèles (p. ex. élaborer et perfectionner les courbes de réponse aux agents stressants) serait nécessaire à la réalisation du programme.

INTRODUCTION

La croissance des populations humaines et des économies de l'Alberta compte parmi les plus rapides au Canada et, par conséquent, la province fait face à des enjeux liés à la conservation des pêches qui évoluent rapidement. Le poisson et son habitat subissent d'importantes pressions en raison de l'aménagement et de l'utilisation des ressources. La détermination et la hiérarchisation des menaces individuelles sur une base bassin hydrographique par bassin hydrographique sont une première étape importante dans l'établissement des possibles mesures d'atténuation et de rétablissement pour améliorer la situation des populations de poissons dont la protection est envisagée. La prise en compte de multiples systèmes et des espèces d'eau douce menacées par divers effets individuels ou cumulatifs (p. ex. perte ou modification de l'habitat, espèces envahissantes, pêche récréative) est une question complexe qui peut sembler insurmontable. Pour régler ce problème, les ichtyobiologistes du ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta ont mis au point une méthode systématique pour évaluer les effets cumulatifs des menaces et formuler des hypothèses qui classent en ordre de

priorité les efforts d'atténuation et de rétablissement, sur un base bassin hydrographique par bassin hydrographique (MacPherson *et al.* 2019 Sous presse).

Dans le cadre de cette méthode, le ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta a premièrement élaboré un ensemble de règles d'évaluation de la durabilité des pêches (EDP) pour classer la situation des populations de poissons par bassin hydrographique au moyen d'une échelle normalisée et quantifiée. Chaque fois que le modèle est appliqué à une espèce de poisson, la situation historique, la situation actuelle (densité de poissons adultes) et les objectifs de gestion des pêches sont définis à l'aide d'une cote d'EDP. Les cotes d'EDP vont de 1 (populations les plus à risque) à 5 (populations les moins à risque). De plus, pour chaque bassin hydrographique, les menaces individuelles, notamment la fréquence, l'intensité et les effets sur les populations de poissons, sont quantifiées. Elles peuvent varier selon l'aire de répartition de l'espèce. Comme les ressources sont limitées, les mesures de rétablissement et d'atténuation doivent être clairement déterminées et hiérarchisées par bassin hydrographique. Le modèle de Joe d'évaluation des effets cumulatifs du ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta (ci-après appelé « modèle de Joe ») a été mis au point pour évaluer les effets de multiples agents stressants et établir l'ordre de priorité des hypothèses qui recensent les agents stressants limitant la situation actuelle (c.-à-d. la cote d'EDP) d'une espèce ciblée. Les hypothèses qui en découlent (c.-à-d. les scénarios) peuvent ensuite être mises à l'épreuve au moyen de mesures de gestion adaptative pour atteindre les objectifs de gestion des pêches. En fin de compte, le modèle est un outil supplémentaire qui peut être utilisé pour comprendre les menaces et déterminer l'endroit et la nature des mesures de rétablissement et d'atténuation que l'on pourrait prendre pour assurer le rétablissement et la durabilité des espèces de poissons ciblées.

Cette réunion régionale d'examen par les pairs avait pour but d'examiner le modèle élaboré par le ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta, d'évaluer la capacité d'intégrer des données quantitatives et qualitatives, et de déterminer si les éléments ou les extraits du modèle ajouteraient une valeur supplémentaire au cadre actuel du MPO utilisé dans les évaluations du potentiel de rétablissement (EPR) pour évaluer les menaces, les risques écologiques et les effets (p. ex. MPO 2014a).

Le présent avis scientifique résume les conclusions et les avis découlant de la réunion régionale d'examen par les pairs qui a eu lieu du 18 au 20 septembre 2018 à Canmore, en Alberta. Le document de recherche fournira les détails techniques du modèle, en utilisant des exemples pour étayer le présent avis (MacPherson *et al.* 2019 Sous presse). Les discussions tenues durant la réunion sont consignées dans le compte rendu (MPO 2019a Sous presse).

ÉVALUATION

Le modèle de Joe est un processus en deux parties (c.-à-d. évaluer la situation, évaluer les menaces hypothétiques) qui mène à une gestion adaptative visant à vérifier les hypothèses produites (MacPherson *et al.* 2019 Sous presse). La première étape exige de l'utilisateur qu'il définisse la situation actuelle en fonction d'une condition de référence provinciale et qu'il la compare à la situation souhaitée à l'aide de l'ensemble de règles de l'évaluation de la durabilité des pêches (EDP), et la deuxième étape évalue les menaces en utilisant des courbes de réponse aux agents de stress. Le modèle génère des hypothèses qui cernent les agents de stress limitant la situation actuelle (c.-à-d. la cote d'EDP) d'une espèce ciblée. À partir de ce processus, il est possible de concevoir, de mettre en œuvre et de mettre à l'essai des mesures d'atténuation efficaces.

Ensemble de règles de l'évaluation de la durabilité des pêches (EDP)

Le ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta a élaboré un ensemble de règles d'évaluation de la durabilité des pêches (EDP) selon lequel la situation des populations de poissons est classée sur une échelle normalisée (tableau 1). L'utilisation des cotes d'EDP assure l'uniformité et permet de comparer l'état des stocks dans l'ensemble de l'Alberta. Chaque fois que le modèle est appliqué, la densité des poissons adultes historique et actuelle et les objectifs de gestion des pêches sont définis à l'aide de l'ensemble des règles de l'EDP.

Il est important de définir les objectifs d'une pêche (c.-à-d. la cote d'EDP cible) en fonction d'une population de référence qui est raisonnable dans le paysage actuel. Par exemple, dans la région des sables bitumineux de l'Alberta, il serait déraisonnable d'établir la cote d'EDP cible par rapport à la population historique préalable à l'aménagement, parce que le paysage a été manipulé à un tel point qu'on ne peut pas le remettre dans son état historique.

Tableau 1. Évaluation de la durabilité des pêches (EDP) de l'Alberta et classements de l'évaluation des risques par rapport à la densité des poissons adultes. Pour chaque cote, la confiance dans les données est également évaluée (voir l'annexe 1).

Cote d'EDP	Classement de l'évaluation des risques
0	Espèce fonctionnellement disparue
1	Risque très élevé
2	Risque élevé
3	Risque modéré
4	Risque faible
5	Risque très faible

Les biologistes devraient périodiquement réévaluer la cote d'EDP de la population, à mesure que de nouvelles données sont recueillies sur l'état de la population, que la gravité des effets sur la population change et que de nouveaux effets apparaissent ou que les mesures de gestion changent. Pour chaque EDP, il faudrait utiliser les données les plus à jour pour comparer la population de poissons à la population de référence décrite dans les objectifs de gestion des pêches. Dans le cas des pêches très médiatisées, ces données sont recueillies au moyen de protocoles de surveillance active. Il s'agit généralement de relevés au filet dans les lacs et de la pêche à l'électricité dans les ruisseaux et les rivières. Dans le cas des pêches lénitiques de profil bas (p. ex. éloignées, non perturbées ou moins utilisées par les humains), la surveillance est effectuée selon des protocoles de surveillance passive. La surveillance passive des lacs repose sur l'évaluation de l'information relative à cinq facteurs : la similarité avec les lacs voisins activement surveillés, la superficie, l'accès routier, la science citoyenne et les rapports du personnel gouvernemental. Dans les cas où les données utilisées peuvent être imprécises ou inexacts, la quantité de données disponibles est limitée ou des données désuètes sont utilisées, il faut le mettre en évidence par de faibles cotes de confiance (p. ex. annexe 1).

Évaluation des menaces : intégration des effets cumulatifs à l'aide du modèle de Joe

Courbes de réponse aux agents de stress

Le modèle de Joe consiste en une série de courbes de réponse aux agents de stress où chaque effet est considéré comme indépendant, l'effet cerné étant l'agent de stress et la capacité du système à l'égard de la densité actuelle des poissons adultes étant la réponse (c.-à-d. l'axe commun des Y). Un axe commun des Y permet de combiner les agents de stress dans un modèle des effets cumulatifs. La capacité du système est une variable continue qui est égale à la valeur de l'axe des Y tirée de la courbe de réponse aux agents de stress pour une valeur particulière de l'axe des X (tableau 2, figure 2). L'extrait de chaque courbe est la capacité actuelle du système mise à l'échelle jusqu'à un maximum de 5 (c.-à-d. le potentiel pour le système de prendre en charge les individus adultes; figure 2). En utilisant les résultats de chaque courbe, on peut afficher la capacité du système pour chaque agent de stress sous forme de comparaison visuelle (figure 3). Cela permet à l'utilisateur de repérer les agents de stress qui ont le plus grand effet hypothétique sur la population.

Tableau 2. Capacité du système et catégories de pourcentage de la population de référence par rapport à la densité actuelle des poissons adultes.

Capacité du système	Pourcentage de la population de référence (%)	Densité actuelle des poissons adultes
0	0	Aucun adulte observé
< 0,9	< 20	Très faible densité (la plus faible densité possible sans disparition, adultes à peine détectables)
De 1,0 à 2,4	De 20 à 49,9	Faible densité, surpêche du potentiel reproducteur ¹
De 2,5 à 3,4	De 50 à 69,9	Densité modérée, surpêche de la croissance ² inférieure au rendement maximal soutenu (RMS)
De 3,5 à 4,99	De 70 à 99,9	Densité élevée, population égale ou supérieure au RMS avec une légère surpêche de la croissance
5	100	Population adulte la plus élevée possible à la capacité de charge de référence

¹ Un état de population semblable à celui qui est causé par la surpêche du potentiel reproducteur, c'est-à-dire le taux de pêche au-dessus duquel le recrutement dans le stock exploitable diminue considérablement. Cela ne sous-entend pas que l'état est causé par la pêche.

² Un état de la population semblable à celui qui est causé par la surpêche de la croissance, qui se produit lorsque le poisson est pêché à une taille moyenne inférieure à celle qui produirait le rendement maximal par recrue. Cela ne sous-entend pas que l'état est causé par la pêche.

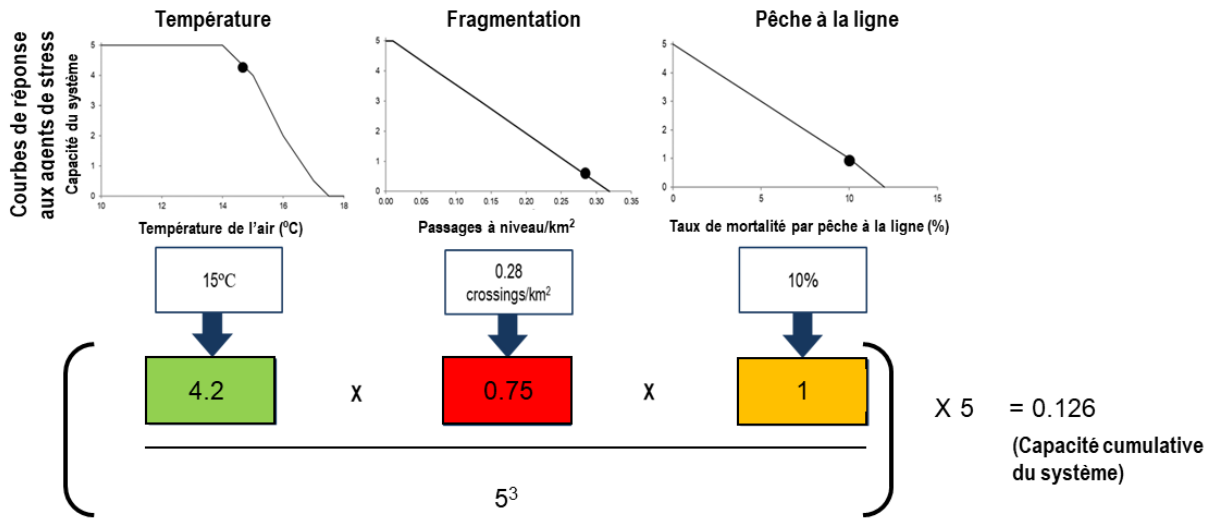


Figure 2. Illustration de l'effet multiplicateur de trois courbes hypothétiques de réponse aux agents de stress sur la capacité totale prévue du système. Le chiffre 0,126 signifie une très faible densité de poissons adultes (voir le tableau 2). Figure adaptée de Reilly et Johnson (communication personnelle).

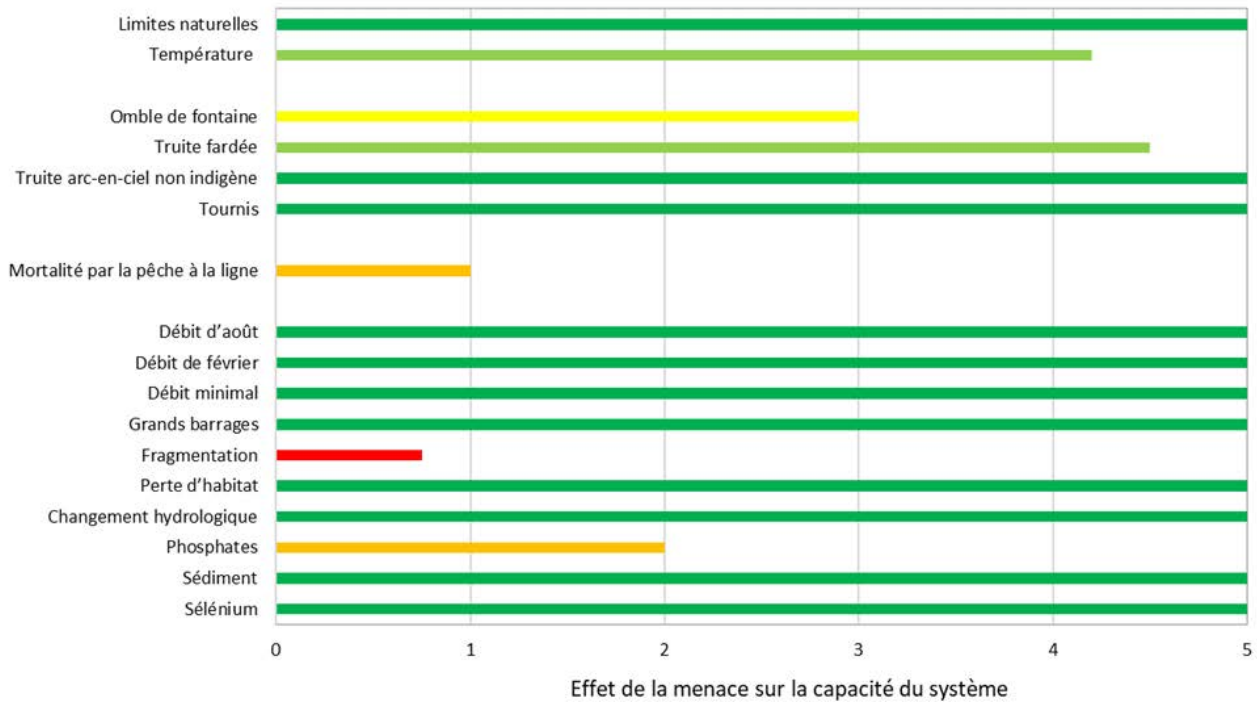


Figure 3. Effets prévus sur la capacité du système par les agents de stress utilisés dans un exemple du modèle de Joe. Une capacité du système de 5 laisse entendre un effet faible ou nul sur les densités de poissons adultes (vert foncé), tandis qu'une faible capacité du système, proche de 0, laisse entendre l'effet négatif le plus fort (rouge).

Il faut tenir compte de la biologie de l'espèce et des agents de stress ayant une incidence sur l'espèce pour déterminer l'échelle à laquelle le modèle est appliqué. Par conséquent, un résumé biologique détaillé de l'espèce ciblée est requis.

Les courbes de réponse aux agents de stress sont élaborées à l'aide des meilleures données disponibles, y compris l'analyse des données spatiales, les données sur les pêches disponibles dans la base de données du Fisheries and Wildlife Information Management System de la province de l'Alberta, le consensus des avis professionnels qui se sont dégagés dans des séminaires, et les connaissances locales et les connaissances des intervenants. Dans le cas des courbes de réponse aux agents stressants qui ne sont pas quantifiées ou qui ne font pas l'objet de recherches approfondies, l'élaboration de la forme de la courbe s'accompagne d'une grande subjectivité. La poursuite des efforts de validation ou d'estimation de la forme et des caractéristiques de la courbe à partir de données empiriques améliorera la confiance dans le modèle global. Il est recommandé d'élaborer des catégories de confiance définies et des descriptions pour chaque courbe de réponse aux agents de stress (p. ex. annexe 1). Pour chaque courbe, il faut établir un classement de la confiance dans les données d'entrée et dans la relation hypothétique entre les agents de stress et la réponse.

Il est important de noter que ce modèle est additif (sur une échelle proportionnelle [logarithmique]) et qu'il ne tient pas compte des relations synergiques ou antagonistes (c.-à-d. des effets cumulatifs supérieurs ou inférieurs aux effets additifs parmi les agents de stress). De plus, il ne tient pas compte des aspects des agents de stress qui dépendent de la densité (p. ex. la concurrence, la prédation, la maladie). De plus, les effets cumulatifs spatiaux et temporels peuvent être très différents sur le plan de l'échelle d'applicabilité et de la pertinence par rapport à un agent de stress particulier. On ne sait pas si cette méthode permet de les réunir efficacement, un aspect qui mérite des études plus poussées.

Le modèle de Joe convient le mieux aux menaces chroniques (p. ex. mortalité par pêche à la ligne, fragmentation de l'habitat) et ne tient pas compte des événements catastrophiques éclair et/ou imprévus (p. ex. déversements accidentels à grande échelle) qui peuvent survenir occasionnellement. Une version dynamique du modèle de Joe serait nécessaire pour l'intégration de ces événements.

Extrants du modèle

L'extrait du modèle de Joe est la capacité totale prévue du système pour l'espèce ciblée, à partir de laquelle on peut déterminer le pourcentage prévu de la population de référence (tableau 2). Le modèle résume les agents de stress qui, si on le souhaite, peuvent être regroupés en grandes catégories de menaces (p. ex. habitat [perte et dégradation], hybrides [espèces non indigènes et exotiques], pêche [sources de mortalité directe]). Les extrants servent à cerner les agents de stress potentiels qui ont le plus grand effet négatif sur la population de l'espèce ciblée (p. ex. fragmentation; figure 3) et à mettre à l'essai les stratégies de gestion possibles pour déterminer les mesures d'atténuation ayant le plus grand effet global positif (p. ex. augmentation de la capacité du système) [tableau 3].

L'extrait du modèle de Joe est la capacité totale du système. En utilisant l'exemple illustré à la figure 3 (c.-à-d. 17 agents de stress), l'équation pour calculer de la capacité du système serait la suivante (équation 1) :

$$\text{(Équation 1)} \quad \left(\frac{4,2 \times 0,75 \times 1,2 \times 5^{11} \times 2,8 \times 4,5 \times 2}{5^{17}} \right) \times 5 = 0,03 \text{ (Capacité totale du système)}$$

On peut calculer le pourcentage prévu de la population de référence en divisant la capacité totale du système par 5, puis en multipliant le résultat par 100 (équation 2).

$$\text{(Équation 2)} \quad \left(\frac{0,03}{5}\right) \times 100 = 0,61 \%$$

Applicabilité aux évaluations des menaces des EPR du MPO

Le modèle de Joe est complémentaire à la matrice d'évaluation des menaces pesant sur les espèces en péril figurant dans les EPR, et propose une méthode d'évaluation des menaces plus structurée en reconnaissant les effets cumulatifs des agents de stress. Toutefois, il ne faut pas le considérer comme un substitut au processus actuel d'évaluation des menaces du MPO. L'élaboration d'un modèle de Joe exige beaucoup de main-d'œuvre et nécessite des données historiques (qui, pour de nombreuses espèces, ne sont pas disponibles ou, dans certains cas, ne peuvent pas être découvertes) ainsi qu'un suivi régulier et une consultation auprès des détenteurs du savoir (p. ex. scientifiques, pêcheurs locaux) pour élaborer et perfectionner les courbes de réponse aux agents de stress. Pour mieux comprendre son utilisation au sein du MPO, l'application du modèle et de ses extrants devrait faire l'objet d'un examen plus approfondi dans les futures EPR sur les salmonidés de l'Alberta. Cela permettrait également d'effectuer un examen plus approfondi des extrants du modèle dans le contexte d'une évaluation des menaces de l'EPR (c.-à-d. une étude de cas) et une comparaison des résultats de l'évaluation des menaces de EPR du MPO et des extrants du modèle de Joe.

La méthode (c.-à-d. l'évaluation et la hiérarchisation des menaces) pourrait s'appliquer au Programme des espèces en péril du MPO et à d'autres secteurs (p. ex. Gestion des pêches et de l'aquaculture, Gestion des océans, Programme de protection du poisson et de son habitat) et leur être utile. L'élaboration d'un programme de recherche ciblé au sein du Secteur des sciences du MPO pour étudier la définition des paramètres du modèle (p. ex. élaborer et perfectionner les courbes de réponse aux agents stressants) serait nécessaire à la réalisation du programme.

Tableau 3. Exemple de la capacité totale actuelle prévue du système pour l'omble à tête plate adulte dans les sous-bassins hydrographiques (HUC10) du grand bassin hydrographique de la rivière Clearwater (HUC8) et du changement prévu de la capacité totale du système à la suite de la mise en œuvre des mesures de rétablissement. QE = qualité de l'eau.

HUC8 ³	HUC10	Nom de la HUC10	Capacité prévue du système	Mesure(s) de rétablissement						
				Règlements de pêche	Assainissement de passages à niveau	Amélioration de la QE	Règlements de pêche et assainissement de passages à niveau	Règlements de pêche et amélioration de la QE	Assainissement de passages à niveau et amélioration de la QE	Règlements de pêche et assainissement de passages à niveau et amélioration de la QE
				Modification prévue de la capacité du système						
11010301	1101030101	Rivière Clearwater – Parc national Banff	3,2	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	1,5
11010301	1101030102	Rivière Clearwater en amont du ruisseau Elk	3,1	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	1,5
11010301	1101030103	Ruisseau Forbidden	3,2	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	1,5
11010301	1101030104	Ruisseau Timber	3,2	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	1,5
11010301	1101030105	Ruisseau Washout	3,2	1,5	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	1,5
11010301	1101030106	Ruisseau Elk	1,8	0,8	0,0	1,3	0,8	2,8	1,3	2,8
11010301	1101030107	Cours moyen de la rivière Clearwater	1,6	0,7	0,1	0,9	0,9	2,1	1,1	2,4
11010301	1101030108	Ruisseau Limestone	1,9	0,9	0,4	0,3	1,5	1,3	0,8	2,1
11010301	1101030109	Ruisseau Seven Mile	0,6	0,3	0,1	1,6	0,5	2,6	2,1	3,3
11010301	1101030110	Rivière Tay	0,7	0,3	0,3	1,2	0,8	2,1	2,0	3,3
11010301	1101030111	Cours inférieur de la rivière Clearwater	0,2	0,1	0,2	0,9	0,3	1,4	1,9	2,9

³ En 2013, la Direction de la gestion des pêches, en collaboration avec les programmes de gestion des données sur les parcs et de gestion de l'eau du ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta, a créé une collection provinciale complète et regroupée d'unités hydrologiques normalisées fondées sur les normes et procédures de la United States Geological Survey (USGS, Institut d'études géologiques des États-Unis). Le code d'unité hiérarchique (HUC, mis pour « Hierarchical Unit Code ») des bassins hydrographiques établit une base de référence normalisée qui couvre toutes les zones, et dans laquelle des unités hydrologiques de plus petite taille sont imbriquées successivement dans des unités hydrologiques plus grandes, créant ainsi un ensemble de données hiérarchiques sur les limites des bassins hydrographiques. À l'heure actuelle, quatre niveaux de bassins hydrographiques imbriqués ont été délimités, soit les HUC à 2, 4, 6 et 8 chiffres. Les HUC à 10 chiffres sont délimités pour les versants est de l'Alberta. Les HUC à deux chiffres sont les plus grands bassins hydrographiques et les HUC à dix chiffres sont les plus petits, à l'échelle la plus petite (MacPherson *et al.* 2019 Sous presse).

Sources d'incertitude

On ne sait pas si le modèle de Joe réunit efficacement les effets cumulatifs spatiaux et temporels. En qualité de modèle additif, il n'intègre actuellement pas les interactions synergiques ou antagonistes entre les agents de stress.

La combinaison des écarts ou incertitudes peut être un problème inhérent au modèle; les applications de la méthode doivent donc faire l'objet d'une évaluation critique avant d'accepter les conclusions et la méthode proprement dite. Le signalement explicite des écarts et des sources d'incertitude est nécessaire et doit se faire à chaque étape pertinente du processus de modélisation, ainsi que dans l'ensemble, à l'étape des extrants finals.

Il existe un certain élément de subjectivité dans l'élaboration heuristique de chaque courbe de réponse aux agents de stress pour les agents de stress qui ne sont pas quantifiés et pour ceux qui n'ont pas fait l'objet de recherches importantes. En outre, pour chaque courbe de réponse aux agents de stress, il y a un risque de ne pas connaître la forme de la courbe de réponse et l'endroit où les points d'inflexion (c.-à-d. le seuil) se produisent.

Pour chaque courbe de réponse aux agents de stress, il faudrait effectuer une analyse de sensibilité officielle des données d'entrée et de la relation hypothétique entre les agents de stress et la réponse. Cette étape est importante pour déterminer les paramètres qui provoquent les changements les plus sensibles dans les extrants du modèle. Il sera également important de déterminer les tampons (c.-à-d. les barres d'erreur) autour des seuils pour chaque agent de stress. Cette démarche est particulièrement importante pour les courbes de réponse aux agents de stress pour lesquelles les données utilisées pour élaborer la courbe sont associées à une faible confiance. Cela met encore plus l'accent sur la nécessité de mener des études sur le terrain pour corroborer les formes des courbes de réponse aux agents de stress.

CONCLUSIONS ET AVIS

Le modèle de Joe propose une méthode novatrice en intégrant une réponse normalisée (axe des Y) qui permet d'établir un ordre de priorité des menaces. Les courbes de réponse aux agents de stress sont la composante fonctionnelle clé du modèle. Il s'agit d'un modèle statique conçu pour évaluer la capacité du système (c.-à-d. le potentiel de prendre en charge les individus adultes) en fonction des menaces qui ont été évaluées. L'extrait du modèle peut servir à classer de multiples menaces par ordre de priorité à des niveaux hiérarchiques et devrait pouvoir être mis à l'essai dans le cadre d'expériences de gestion adaptative. Le modèle est conçu pour évaluer les menaces qui pèsent sur la population et ne prédit pas directement ou dynamiquement la réponse de la population. De plus, à l'heure actuelle, il n'est pas conçu pour intégrer les interactions (p. ex. antagonistes, synergiques) entre les menaces.

Plusieurs suggestions de perfectionnement du modèle ont été formulées à l'intention du ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta. Comme c'est le cas de tout modèle, il faut interpréter les extrants dans le contexte des hypothèses sous-jacentes, des limites et des degrés d'incertitude. Plus précisément, les utilisateurs du modèle devraient énoncer explicitement les incertitudes et les hypothèses sous-jacentes, signaler les écarts, effectuer des analyses de sensibilité et valider le modèle (p. ex. raffinement des courbes de réponse aux agents de stress) pour améliorer encore le modèle et son application. Les écarts ou incertitudes composés peuvent être un problème inhérent; par conséquent, l'application de la méthode doit faire l'objet d'une évaluation critique avant d'accepter les conclusions.

En fin de compte, le modèle propose une méthode structurée et transparente pour la prise de décisions de gestion en comparant la situation actuelle à la situation souhaitée et en établissant l'ordre de priorité des mesures de gestion potentielles nécessaires pour atteindre les objectifs de gestion des pêches et, par conséquent, pour déterminer les mesures de gestion adaptative. Le modèle est complémentaire à la matrice d'évaluation des menaces figurant dans les EPR et propose une méthode d'évaluation des menaces plus structurée. Il faudrait mener des études plus poussées sur l'application du modèle de Joe et de ses extrants dans les futures EPR. Cette méthode peut éclairer la planification du rétablissement entreprise par le Programme des espèces en péril en générant des hypothèses éclairées et en ciblant les activités de gestion et de recherche.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Le modèle de Joe est un outil qualitatif utile pour la consultation et pour la collecte du savoir local, du savoir traditionnel et des avis d'experts. Il a également été démontré que le modèle, en tant qu'outil, permet aux intervenants de comprendre les causes et les effets des agents de stress connus ou prévus. Il s'agit d'une application utile pour la consultation du public et d'une méthode transparente pour démontrer le fondement des décisions de gestion. De plus, le modèle a la capacité d'intégrer les connaissances écologiques traditionnelles (CET) et les connaissances écologiques locales; toutefois, dans tous les cas, l'incertitude et les hypothèses sous-jacentes doivent être clairement énoncées.

La méthode (c.-à-d. l'évaluation et la hiérarchisation des menaces) pourrait s'appliquer au Programme des espèces en péril du MPO et à d'autres secteurs (p. ex. Gestion des pêches et de l'aquaculture, Gestion des océans, Programme de protection du poisson et de son habitat) et leur être utile. L'élaboration d'un programme de recherche ciblé au sein du Secteur des sciences pour étudier le perfectionnement et la mise à l'essai du modèle et de la définition des paramètres (p. ex. uniformité des résultats) et la mesure dans laquelle le modèle et les paramètres reflètent le « monde réel » serait nécessaire à la réalisation du programme. La poursuite de l'application du modèle au fil du temps devrait être considérée comme un processus heuristique qui pourrait donner lieu à d'autres améliorations et applications du modèle.

L'outil a été conçu pour les espèces en péril, mais on peut également l'appliquer de façon proactive pour empêcher les espèces de devenir en péril. En d'autres termes, on pourrait élaborer des courbes de réponse aux agents de stress suivies de scénarios de gestion pour les espèces qui ne sont pas encore menacées ou en voie de disparition, et les faire suivre d'une évaluation de l'efficacité des mesures.

Le modèle vise à cibler les agents de stress actuels ou prévus qui influent sur la densité des poissons adultes ainsi que les menaces qui ont le plus grand effet négatif. Cependant, les « variables meurtrières » ou les accidents (p. ex. déversement catastrophique d'hydrocarbures, déversement de chlore) ne sont introduits dans le modèle que si l'événement se produit, car il s'agirait d'agents de stress massifs. On peut utiliser le modèle pour démontrer les changements dans la densité des poissons adultes découlant de la mise en œuvre de mesures d'atténuation. Ce serait également l'occasion de recueillir des données pertinentes pour améliorer les courbes actuelles de réponse aux agents de stress concernant ces événements (p. ex. les seuils de déclin, le temps qu'il faut à un système pour se rétablir naturellement).

On pourrait envisager de futurs travaux visant à inclure l'incertitude dans le modèle de Joe (p. ex. MPO 2014b). De plus, une échelle de l'axe des Y de 0 à 100 plutôt que de 0 à 5

éliminerait l'utilisation de la capacité du système, qui est une étape redondante et un vestige des premières formulations du processus. Cela pourrait également réduire la confusion entre le système de cotation de l'EDP et le système de cotation de la capacité du système, qui sont tous deux sur une échelle de 0 à 5. L'extrait d'un modèle de Joe utilisant la méthode de 0 à 100 serait un pourcentage prévu de la population de référence simple à comprendre (tableau 2).

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Organisation
Michael Sullivan	Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta
Laura MacPherson	Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta
Andrew Paul	Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta
Jessica Reilly	Ministère de l'Environnement et des Parcs de l'Alberta
Joclyn Paulic	MPO, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Région du Centre et de l'Arctique
Chantelle Sawatzky	MPO, Sciences, Région du Centre et de l'Arctique
Peter Rodger	MPO, Programme des espèces en péril, Région du Centre et de l'Arctique
Adam Van der Lee	MPO, Sciences, Région du Centre et de l'Arctique
Neil Mochnacz	MPO, Sciences, Région du Centre et de l'Arctique
Jim Reist	MPO, Sciences, Région du Centre et de l'Arctique
Eva Enders	MPO, Sciences, Région du Centre et de l'Arctique
Karine Robert	MPO, Sciences, Région de la capitale nationale
Shannan May-McNally	MPO, Programme des espèces en péril, Région de la capitale nationale
Jason Shpeley	MPO, Programme de protection du poisson et de son habitat, Région du Centre et de l'Arctique
Jeffrey Lemieux	MPO, Sciences, Région du Pacifique
Shelley Humphries	Parcs Canada (parcs nationaux Banff, Yoho et Kootenay)
Tom Knight	Parcs Canada (parc national de Jasper)
Jordan Rosenfeld	Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique
Lorne Fitch	Cows and Fish Program

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion de l'examen de la méthode d'évaluation des effets cumulatifs du ministère d'Alberta Environment & Parks, qui s'est tenue du 18 au 20 septembre 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. 2014a. [Lignes directrices sur l'évaluation des menaces, des risques écologiques et des répercussions écologiques pour les espèces en péril](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/013. (Erratum : juin 2016)

Région du Centre et de l'Arctique

- MPO. 2014b. [Projet pilote de cadre d'analyse du risque écologique visant à guider la gestion axée sur l'écosystème dans la zone de gestion intégrée de la côte nord du Pacifique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/026.
- DFO. 2019a. Compte rendu de l'examen régional de la méthodologie d'évaluation des effets cumulatifs du ministère de l'environnement et des parcs de l'Alberta; du 18 au 20 septembre 2018. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Compte rendu 2019/019. Sous presse.
- MPO. 2019b. [Identification des espèces, des groupes fonctionnels et des attributs des communautés d'importance écologique pour la région biogéographique de l'Ouest de l'Arctique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/019.
- MacPherson, L., Sullivan, M., Reilly, J., et Paul, A. 2019. Évaluation de la durabilité des pêches d'Alberta : Une guide pour évaluer l'état de la population, et quantifier les effets cumulatifs à l'aide de la technique du modèle de Joe. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2019/058. vi + 45 p. Sous presse.

ANNEXE 1 – CATÉGORIES DE CERTITUDE ET DESCRIPTIONS*Tableau A1. Catégories de certitude et descriptions utilisées dans l'évaluation des espèces, des groupes fonctionnels et des propriétés communautaires d'importance écologique (MPO 2019b).*

Catégorie	Description
Certitude très élevée (TE)	Information scientifique détaillée examinée par des pairs ou données propres à la zone comprenant des ensembles de données pertinents à long terme.
Certitude élevée (E)	Information scientifique substantielle ou données récentes propres à la zone. Cela comprend des sources examinées ou non par des pairs.
Certitude modérée (M)	Quantité moyenne d'information scientifique provenant principalement de sources non examinées par des pairs et d'observations sur place non systématiques ou fortuites. Cela comprend de l'information scientifique et l'opinion d'experts. Cela peut comprendre des données plus anciennes provenant de la zone et également de l'information qui n'est pas propre à la zone.
Certitude faible (F)	Peu d'information scientifique, mais l'opinion d'experts est pertinente pour le sujet et la zone.
Certitude très faible (TF)	Peu ou pas d'information scientifique. L'opinion d'experts est fondée sur les connaissances générales.
Inconnue (U)	Aucune information.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Centre et de l'Arctique
Pêches et Océans Canada
501, croissant University
Winnipeg (Manitoba)
R3T 2N6

Téléphone : 204-983-5232

Courriel : xcna-csa-cas@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : <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. Examen du modèle de Joe d'évaluation des effets cumulatifs du ministère de l'environnement et des Parcs de L'Alberta. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2019/045.

Also available in English:

DFO. 2019. Review of Alberta Environment and Parks Cumulative Effects Assessment Joe Model. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2019/045.