



MESURES ET INDICATEURS GÉOSPATIAUX DES MENACES POUR L'HABITAT DU POISSON DANS LE BASSIN DU FLEUVE FRASER, EN PRENANT THOMPSON-NICOLA COMME ÉTUDE DE CAS

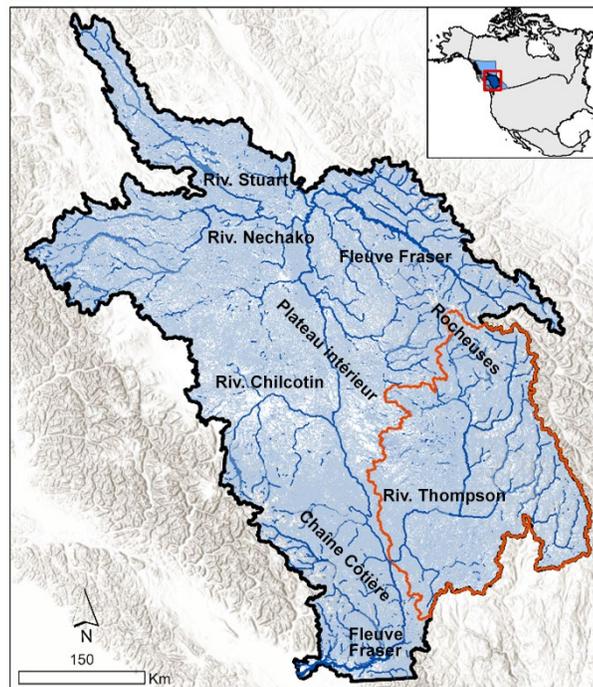


Figure 1. Principales rivières (lignes bleues) et réseau complet des cours d'eau (lignes bleu clair) du bassin du fleuve Fraser en Colombie-Britannique. L'unité hydrographique écologique de Thompson-Nicola est délimitée (orange).

Contexte :

Les activités humaines, les perturbations du paysage et les changements climatiques présentent de nombreuses menaces cumulatives pour le poisson et son habitat dans l'ensemble des eaux douces de la Colombie-Britannique (C.-B.). Des outils et des approches modernes pour le suivi et l'évaluation de ces menaces sont nécessaires pour appuyer des activités de réglementation, de planification, de partenariat et de surveillance adaptées et intégrées afin d'aider à protéger le poisson et son habitat.

Le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) a demandé à la Direction des sciences d'élaborer une approche géospatiale pouvant être utilisée pour rendre compte de l'état de l'habitat du poisson et de déterminer quels sont les éléments qui peuvent être évalués sur une base temporelle. Les résultats de cette évaluation seront utilisés pour faire rapport sur la situation des menaces pesant sur l'état de l'habitat du poisson. Le PPPH a également demandé une analyse spatiale des répercussions croisées des changements climatiques sur le débit et la température des cours d'eau et des menaces liées à l'activité humaine sur les écosystèmes des saumons du Pacifique dans l'unité hydrographique écologique (UHE) de Thompson-Nicola.

Le présent avis scientifique découle de l'examen régional par les pairs du 27 au 29 février 2024 sur les mesures et indicateurs géospatiaux des menaces pour l'habitat du poisson dans le bassin du fleuve Fraser, en prenant Thompson-Nicola comme étude de cas. 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

- Ces travaux présentent une approche pour compiler et quantifier une grande quantité de renseignements spatiaux afin d'estimer les menaces pour le poisson et son habitat dans le bassin du fleuve Fraser (BFF), y compris neuf menaces anthropiques et quatre menaces liées aux changements climatiques, ainsi que des cotes cumulatives de menace, à l'aide de données facilement accessibles.
- Aux fins du présent document, les menaces sont définies comme l'exposition du poisson et de son habitat aux activités anthropiques et aux changements climatiques. Les renseignements supplémentaires sur la sensibilité des poissons et des habitats du poisson cibles aux menaces définies (comme la relation entre les agents de stress et la réponse) dépassent la portée de cette analyse, mais seraient nécessaires pour élaborer une cartographie des effets cumulatifs.
- Les méthodes d'estimation de chacun des indicateurs fournissent un cadre initial normalisé à grande échelle qui peut être appliqué pour caractériser les menaces dans l'ensemble de la région du Pacifique. De plus, l'approche présentée intègre bon nombre des caractéristiques souhaitables des outils de cartographie géospatiale du poisson et de son habitat définis dans MPO (2022).
- En général, l'habitat des espèces en péril (EP) dont l'aire de répartition est limitée (p. ex. le chabot de la chaîne côtière, l'esturgeon vert, le naseux de Nooksack et le meunier de Salish) avait des cotes cumulatives de menace médianes plus élevées pour l'activité humaine pour tous les cours d'eau du BFF. À l'inverse, les cotes de menace médianes liées à l'activité humaine avaient tendance à être semblables parmi les unités de conservation (UC) du saumon et pour tous les cours d'eau, ce qui est attribuable en partie à la grande portée des UC, qui saisit intrinsèquement un plus grand éventail de cotes de menace dans l'ensemble des cours d'eau.
- Une réévaluation des menaces dans le temps a été jugée en grande partie réalisable, en tirant parti des mises à jour des données incluses et en utilisant l'évaluation actuelle des menaces comme base de référence.
- Des exemples d'applications des cotes de menace et des intrants connexes pour éclairer les décisions de gestion et d'établissement des priorités pour l'habitat du saumon dans l'unité hydrographique écologique (UHE) de Thompson-Nicola, en particulier dans le contexte des changements climatiques, ont été produits :
 - Il a été déterminé que les groupes de bassins versants des rivières Deadman et Adams ont des cotes composites cumulatives élevées dans les conditions climatiques actuelles et futures pour toutes les espèces de saumon dans l'UHE.
 - La cote composite des intrants riverains a permis de déceler des cotes élevées, notamment le long de la rivière Thompson Nord, de la rivière Eagle et de la rivière Shuswap, en fonction des intrants de sources non ponctuelles, des perturbations riveraines et de la favorabilité environnementale modélisée (probabilité d'occurrence) pour le frai du saumon.

- La cote composite pour les ressources en eau a révélé que le bassin versant de la rivière Thompson Sud avait des cotes élevées pour toutes les espèces de saumon, en se basant sur la cooccurrence d'allocations de prélèvement d'eau élevées et de faibles débits de cours d'eau.
- La cote de fragmentation anadrome a décelé une forte variation dans cette mesure à l'échelle de l'UHE, basée sur la favorabilité environnementale modélisée au-dessus des barrages qui constituent un obstacle complet.
- Considérations relatives à l'application :
 - L'approche analytique serait renforcée par des analyses de sensibilité et une validation avec des données indépendantes. À l'heure actuelle, la confiance qui peut être accordée à la caractérisation relative des cotes de menace (y compris les cotes de menace cumulatives) est incertaine. Les recommandations pour les analyses futures comprennent l'élaboration et l'application de mesures pour les taux de confiance accordés aux cotes de menace, qui pourraient être basées sur des examens d'experts ou des critères formels.
 - Diverses améliorations et solutions de rechange aux cotes de menace individuelles et cumulatives sont fournies aux fins d'examen. Il est recommandé de tenir compte de l'incertitude liée aux extrants avant d'appliquer l'approche pour éclairer les décisions en matière de gestion du poisson et de son habitat.
 - Cet outil à grande échelle peut offrir un éclairage sur la planification et l'établissement des priorités au sein des bassins hydrographiques. L'application à l'échelle locale peut être davantage éclairée par l'expertise locale, les connaissances autochtones, les données sur les populations de saumons et les outils à plus petite échelle.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

Les endroits où le poisson et son habitat sont touchés par les activités humaines et les changements climatiques et les façons par lesquelles ils sont touchés sont des renseignements essentiels nécessaires pour concentrer les ressources sur les mesures de gestion les plus efficaces afin d'aider à préserver les populations. Cependant, il est difficile de cerner l'ampleur des perturbations du paysage et des effets des changements climatiques pour répondre à ces questions en s'appuyant uniquement sur les évaluations traditionnelles sur le terrain. Les progrès réalisés en ce qui a trait aux programmes d'analyse spatiale, aux données satellitaires et aux bases de données accessibles au public ont permis d'estimer les menaces pour le poisson et son habitat à grande échelle spatiale à l'aide d'outils géospatiaux. L'élaboration et l'amélioration de méthodes d'estimation des menaces individuelles et cumulatives qui pèsent sur les écosystèmes d'eau douce fournissent des renseignements précieux sur les endroits où les ressources sont les plus nécessaires pour mieux gérer et conserver le poisson et son habitat.

Le Programme de protection du poisson et de son habitat (PPPH) a demandé à la Direction des sciences d'élaborer une approche géospatiale pour rendre compte de l'état de l'habitat du poisson et de déterminer quels sont les éléments qui peuvent être évalués sur une base temporelle. Les résultats de cette évaluation seront utilisés pour faire rapport sur la situation des menaces pesant sur l'état de l'habitat du poisson, y compris celles qui sont énumérées dans l'Énoncé de politique sur la protection du poisson et de son habitat (DFO 2019), entre autres. Cette étape de l'évaluation porte sur les menaces pour le poisson et son habitat, où les menaces sont définies comme l'exposition du poisson et de son habitat aux activités anthropiques et aux changements climatiques. Les évaluations futures établiront un lien entre les estimations de l'exposition et les réactions attendues des poissons aux fins de l'évaluation

des effets individuels et cumulatifs. Le PPPH a également demandé une analyse spatiale des menaces pour les écosystèmes du saumon du Pacifique dans l'unité hydrographique écologique (UHE) de Thompson-Nicola. Les bassins versants de Thompson-Shuswap et de la rivière Nicola ont été désignés comme des zones pilotes pour des processus de planification collaborative visant à définir les mesures qui profitent aux écosystèmes du saumon dans ces bassins versants et établir leur ordre de priorité, tout en tenant compte des répercussions des changements climatiques et des utilisations humaines. Les résultats de l'analyse spatiale pour Thompson-Nicola seront utilisés pour éclairer ces processus.

ÉVALUATION

Bassin du fleuve Fraser

La composante de l'écosystème de base pour cette évaluation était l'ensemble des tronçons de cours d'eau (longueur moyenne = 422 m, plage = 0,1 à 9 208 m) délimités par le Freshwater Atlas (FWA) de la Colombie-Britannique à une échelle de 1:20 000 (GeoBC 2011) au sein du BFF. Les résultats se sont concentrés davantage sur l'étendue de l'habitat du poisson des huit espèces inscrites en vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) dans le BFF (omble à tête plate, *Salvelinus confluentus*; chabot de la chaîne côtière, *Cottus aleoticus*; esturgeon vert, *Acipenser medirostris*; meunier des montagnes, *Catostomus platyrhynchus*; naseux de Nooksack, *Rhinichthys cataractae* ssp.; meunier de Salish, *Catostomus* sp. cf. *catostomus*; truite fardée versant de l'ouest, *O. clarkii lewisi*; esturgeon blanc, *Acipenser transmontanus*) et les UC des cinq saumons du Pacifique (chinook, *Oncorhynchus tshawytscha*; kéta, *O. keta*; coho, *O. kisutch*; rose, *O. gorbuscha*; rouge, *O. nerka*) évalués comme étant « en péril » (« en péril » signifiant une espèce préoccupante, menacée ou en voie de disparition selon les rapports du Comité sur la situation des espèces en péril au Canada [COSEPAC] jusqu'en février 2024).

Les menaces incluses à des fins d'estimation ont été compilées à partir des sources suivantes :

1. le document de politique du PPPH (MPO 2019) et le guide connexe¹;
2. l'élaboration initiale de l'outil dans la vallée du Fraser, en Colombie-Britannique (Boyd *et al.* 2022);
3. un examen de l'évaluation et des rapports de situation du COSEPAC pour les UC des espèces de poissons en péril et des saumons en péril.

Les neuf menaces évaluées liées à l'activité humaine et aux perturbations étaient les espèces aquatiques envahissantes (EAE), l'altération du débit, la destruction de l'habitat dans les cours d'eau, la fragmentation latitudinale, la fragmentation longitudinale (séparément pour les espèces anadromes et résidentes), la perturbation des zones riveraines, les nutriments, la pollution et la sédimentation (figure 1). Les menaces liées aux changements climatiques ont été traitées séparément dans la cotation cumulative des menaces et comprenaient les changements prévus dans les risques d'inondation, dans les faibles débits de cours d'eau, dans les débits élevés de cours d'eau et dans les températures élevées des cours d'eau.

¹ MPO. 2019. Guide (provisoire) de gestion des risques pour la protection du poisson et de son habitat. Pêches et Océans Canada – Programme de protection du poisson et de son habitat. Document interne.

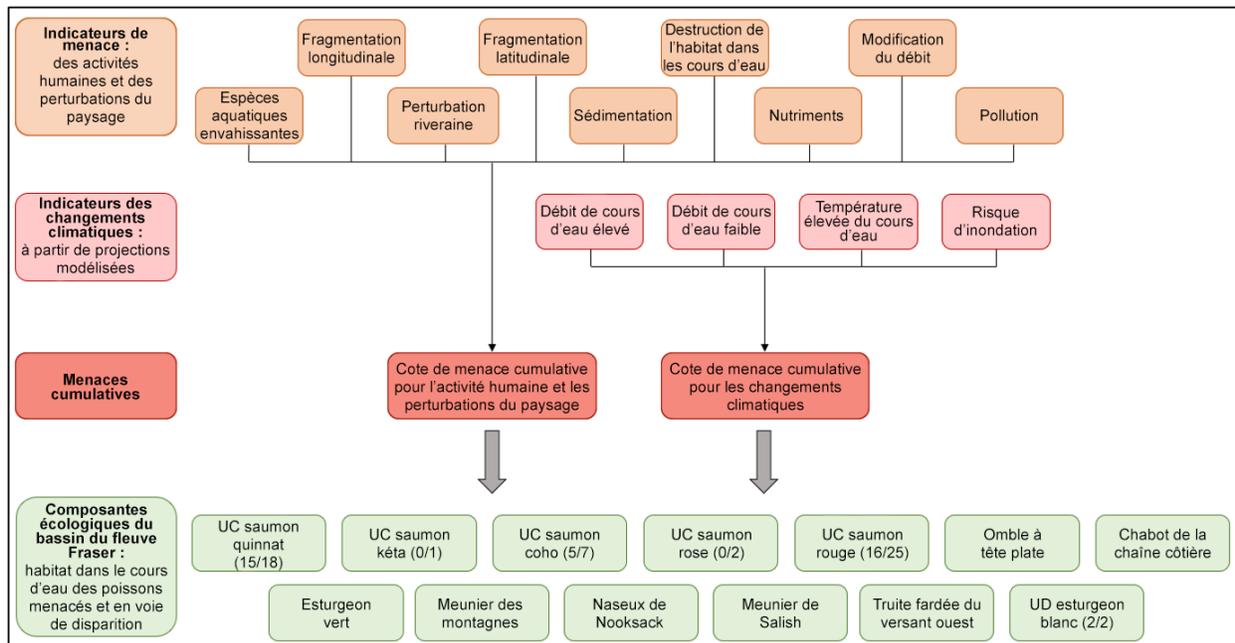


Figure 2. Cadre d'évaluation des menaces cumulatives pour le poisson et son habitat dans le bassin du fleuve Fraser, en Colombie-Britannique. Les parenthèses pour les espèces focales indiquent le nombre d'unités détectables (UD) définies pour les espèces en péril ou les unités de conservation du saumon (UC) qui sont préoccupantes, menacées ou en voie de disparition sur le total dans le bassin.

Les menaces liées à l'activité humaine et aux perturbations du paysage ont été calculées à partir d'une série de données spatiales sélectionnées en fonction des éléments suivants :

1. d'autres outils géospatiaux existants pour la C.-B. (MPO 2022);
2. une recherche documentaire sur les contributions humaines aux menaces (Boyd *et al.* 2022);
3. la disponibilité des données.

Des diagrammes des séquences des effets ont été fournis pour chacune de ces menaces. Les menaces liées aux changements climatiques provenaient de projections modélisées qui représentaient les moyennes climatiques (moyennes sur des périodes de 20 à 40 ans), et les résultats jusqu'en 2060 ont été présentés comme une période pertinente pour la gestion. Les exigences relatives à l'inclusion de données et de modèles pour estimer les menaces étaient les suivantes :

1. une couverture spatiale sur l'ensemble du BFF;
2. de l'information normalisée à l'échelle du BFF;
3. une résolution applicable aux tronçons de cours d'eau;
4. accessible au public.

Une vaste couverture spatiale et des renseignements normalisés étaient particulièrement importants pour que les cotes de menace ne soient pas pondérées de façon inégale dans l'ensemble du BFF en fonction de l'information disponible.

UHE de Thompson-Nicola

Pour l'étude de cas de l'UHE de Thompson-Nicola, on a élaboré des exemples de la façon dont les cotes de menace individuelles et cumulatives peuvent être appliquées pour aider à éclairer l'établissement des priorités de restauration et les mesures de gestion pour l'habitat du saumon. Les chevauchements de menaces focales ont été déterminés, avec deux façons de distinguer les domaines importants pour le saumon afin d'indiquer où des menaces plus élevées pourraient être plus préjudiciables. Plus précisément, soit les cotes ont été résumées par UC, soit des probabilités modélisées de la présence d'un habitat de frai du saumon favorable sur le plan environnemental ont été appliquées pour déterminer à quels emplacements des cotes de menace élevées ou faibles coïncidaient avec une favorabilité élevée ou faible pour le frai (figure 2). Les prévisions modélisées de la favorabilité provenaient de modèles de niche environnementale à grande échelle qui mettent l'accent sur la prévision des changements dans la favorabilité de l'habitat entre les conditions climatiques actuelles et les conditions climatiques futures (Iacarella *et al.* 2023). Les versions futures des analyses géospatiales peuvent s'appliquer à d'autres domaines importants pour le saumon, comme la qualité modélisée de l'habitat d'élevage des juvéniles ou les emplacements connus d'alevinage et de frai. Les cotes composites suivantes ont été démontrées pour l'UHE :

1. Cote composite cumulative des menaces : cette cote indique où une cooccurrence de menaces cumulatives élevées liées à l'activité humaine et d'une favorabilité environnementale pour le frai a été estimée, dans les conditions climatiques actuelles et futures.
2. Cote composite des intrants riverains : cette cote indique où la restauration des zones riveraines peut être la plus nécessaire en fonction de niveaux estimés élevés pour des intrants de sources non ponctuelles (nutriments, pollution, sédimentation), de la faible capacité de filtrage riverain et de la grande favorabilité environnementale pour le frai. Les sources ponctuelles n'ont pas été incluses dans cette cote, car on a présumé que le filtrage riverain ne préviendrait pas les intrants de sources ponctuelles.
3. Cote composite pour les ressources en eau : cette cote indique les prélèvements d'eau potentiellement préjudiciables en fonction des allocations de prélèvement d'eau autorisées par permis dans les cours d'eau où un faible débit est prévu, selon les conditions historiques et futures, dans les UC de saumon.
4. Cote composite de fragmentation anadrome : cette cote indique quels obstacles complets bloquent potentiellement la plus grande partie de l'habitat de frai favorable dans les conditions actuelles et futures. Elle se concentre sur la partie du réseau de cours d'eau allant d'un barrage initial à l'obstacle suivant en amont (barrage ou obstacle naturel).

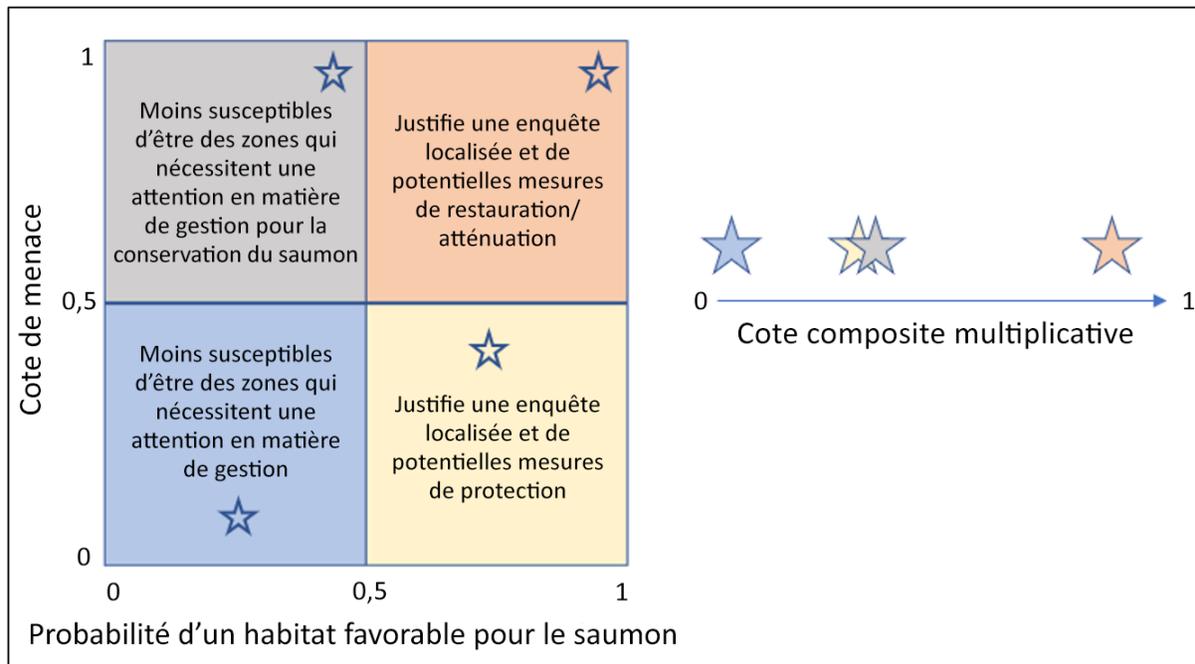


Figure 3. Rubrique des répercussions potentielles sur le plan de la gestion, indiquées par la combinaison multiplicative des cotes de menace avec les valeurs de l'habitat du saumon, comme la probabilité modélisée d'habitat favorable. Les symboles d'étoiles le long du gradient de cote composite multiplicative représentent une approximation de leur distribution relative de 0 à 1, en fonction de la rubrique codée par couleur, avec des exemples d'emplacements.

Résultats

Les cotes de menace cumulatives additives fondées sur les activités humaines et les changements climatiques ont montré des niveaux de menace estimés élevés dans le bas Fraser et le plateau intérieur (figure 3). Les groupes de bassins versants présentant les menaces cumulatives médianes les plus élevées étaient la rivière Nicola, le ruisseau Guichon et la rivière San Jose, du premier au troisième dans l'ensemble des bassins versants (figure 4a). Au sein des groupes de bassins versants du BFF, les activités ou les perturbations les plus courantes qui contribuaient aux menaces, en fonction de l'occurrence définie et selon la pertinence pour chaque cote de menace, étaient les routes, suivies par les barrages et la défoliation due aux ravageurs forestiers, puis par les feux de forêt (figure 4b). L'occurrence d'une activité ou d'une perturbation, comme définie pour chaque menace, était fondée sur sa présence dans une zone d'intérêt pour un tronçon de cours d'eau pour les menaces localisées (p. ex., altération du débit, perturbation riveraine, destruction de l'habitat dans le cours d'eau), sa présence en amont d'un cours d'eau focal pour les menaces accumulées par le débit (p. ex., sédimentation, nutriments, pollution), ou sa présence en aval d'un cours d'eau focal pour la fragmentation longitudinale pour les espèces anadromes.

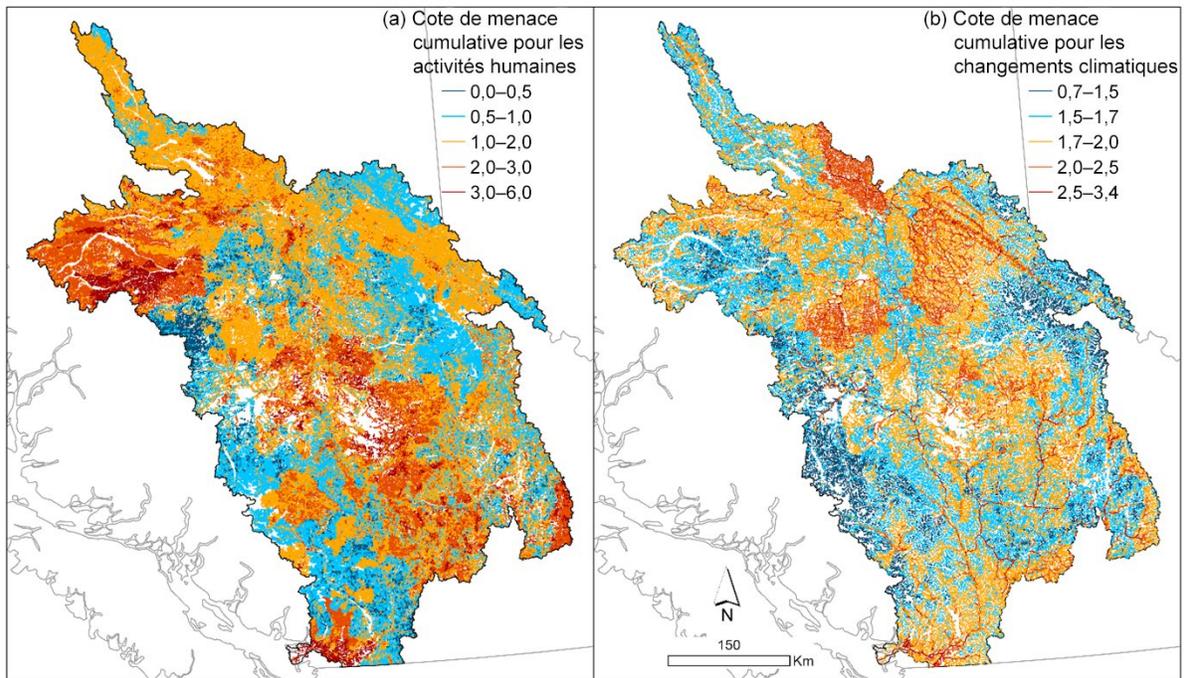


Figure 4. Cotes cumulatives de menace additives fondées sur a) les menaces liées à l'activité humaine et aux perturbations du paysage (EAE, fragmentation longitudinale et latitudinale, destruction de l'habitat dans les cours d'eau, altération du débit, perturbations riveraines et charge de sédiments, de nutriments et de pollution provenant de sources d'origine humaine) et b) les menaces liées aux changements climatiques (risque d'inondation, débit élevé et faible des cours d'eau et température élevée des cours d'eau jusqu'en 2060) pour le poisson et son habitat dans le BFF.

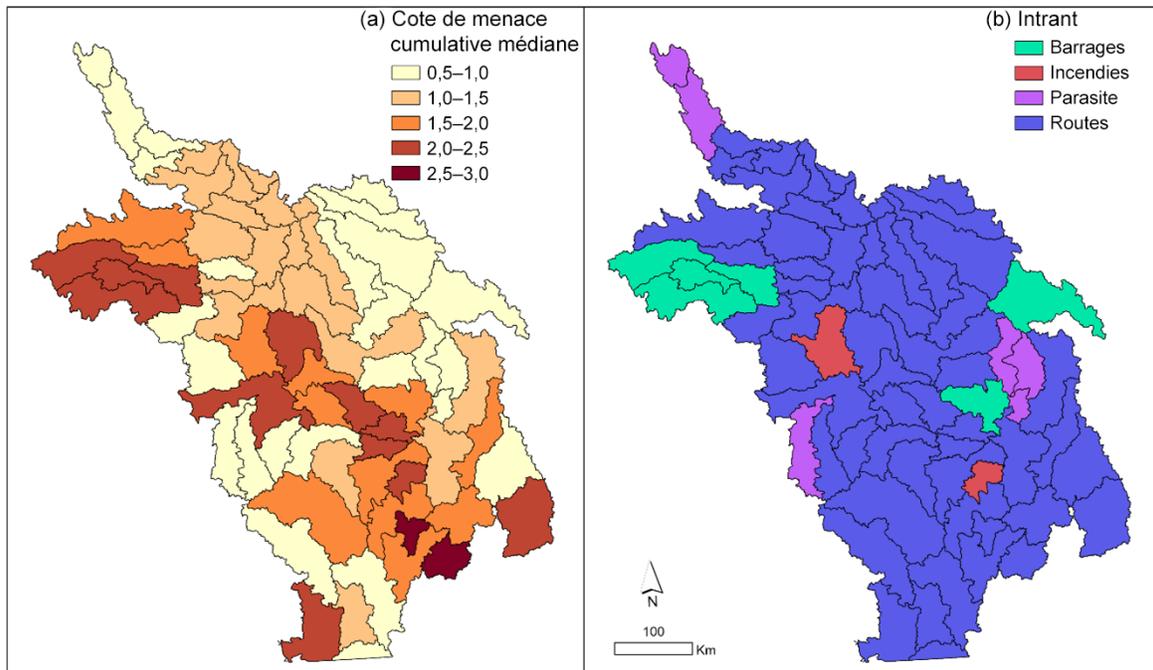


Figure 5. Résumé des résultats pour les groupes de bassins versants, indiquant a) la cote de menace cumulative médiane pour les menaces liées à l'activité humaine et aux perturbations du paysage et b) l'activité ou la perturbation la plus répandue contribuant aux menaces dans l'ensemble des cours d'eau, en fonction de leur occurrence en amont, en aval ou dans une zone d'intérêt d'un cours d'eau, selon leur pertinence pour chaque cote de menace.

Les cotes cumulatives de menace médianes liées à l'activité humaine et aux changements climatiques étaient généralement semblables dans l'ensemble des UC du saumon regroupées selon le statut de risque (c.-à-d. en péril ou non en péril) et par rapport à tous les cours d'eau du BFF. Toutefois, individuellement, certaines UC ont été associées à des cotes de menace plus élevées, en particulier l'UC du saumon rouge du lac Cultus en voie de disparition – tardif (SEL-03-02) et la population du lac Momich – début de l'été (SEL-09-xx) pour les menaces cumulatives liées à l'activité humaine (figure 5). Les cotes médianes pour les étendues des espèces en péril étaient considérablement plus élevées par rapport à l'ensemble des cours d'eau et des autres espèces en péril pour le chabot de la chaîne côtière, l'esturgeon vert, le naseux de Nooksack et le meunier de Salish pour les menaces cumulatives liées à l'activité humaine, et pour le meunier des montagnes, l'esturgeon vert et l'esturgeon blanc pour les menaces cumulatives liées aux changements climatiques (figure 6).

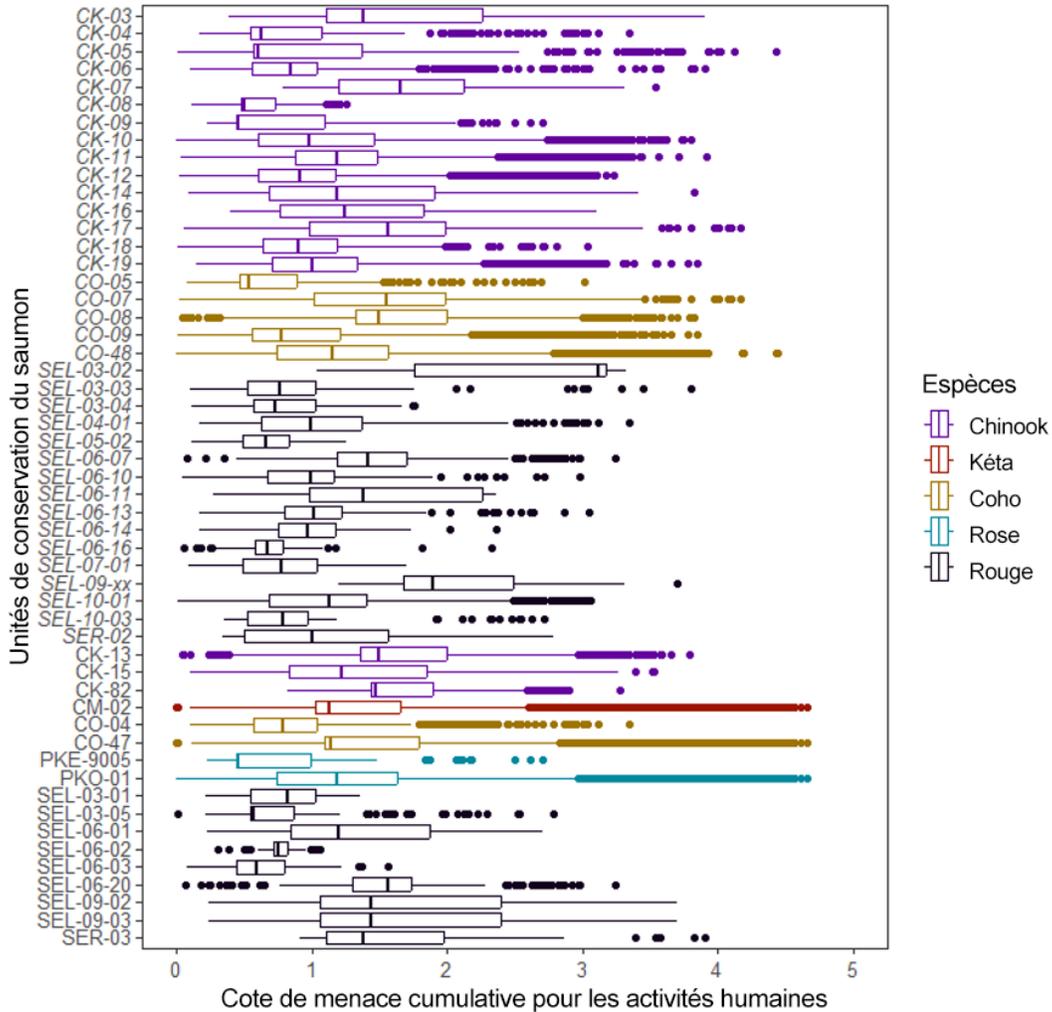


Figure 6. Les diagrammes de quartiles de Tukey de la cote de menace cumulative des activités humaines pour chaque unité de conservation (UC) du saumon dans le bassin du fleuve Fraser (inclut uniquement les cours d'eau sous les barrières naturelles pour le saumon). Les UC désignées comme étant préoccupantes, menacées ou en voie de disparition (« en péril ») par le COSEPAC sont en italique. Les UC comprenaient les unités du saumon chinook (CK), coho (CO), rose – pair (PKE), rose – impair (PKO), rouge – lac (SEL) et rouge – rivière (SER).

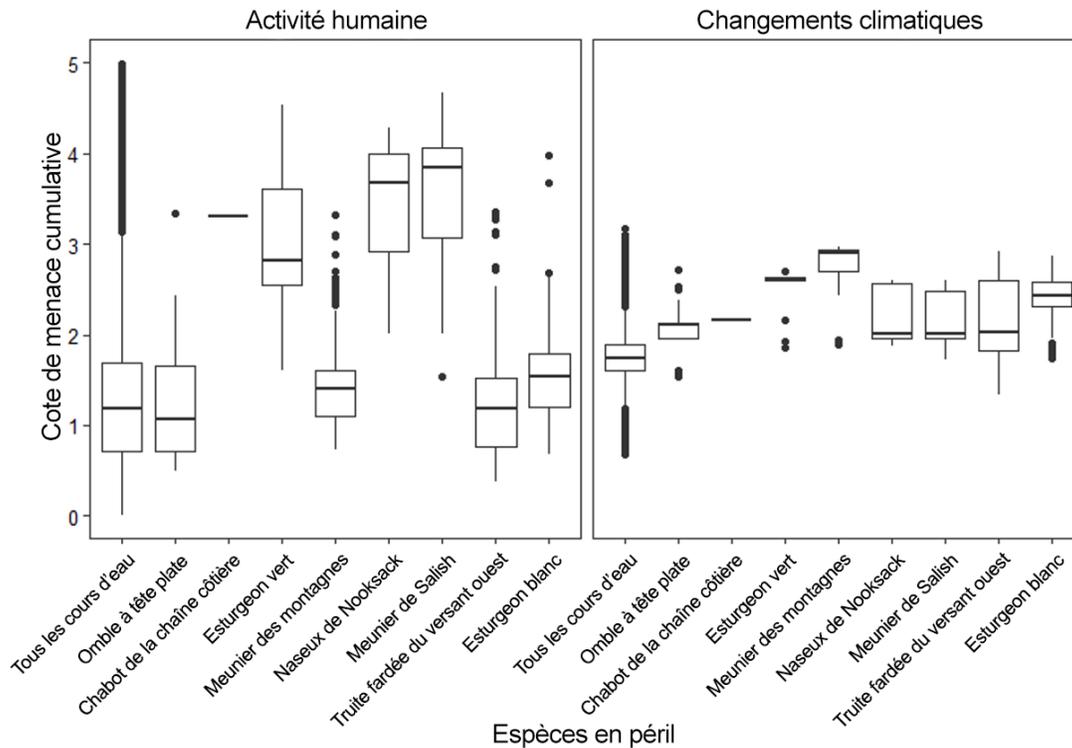


Figure 7. Les diagrammes de quartiles de Tukey des cotes de menace cumulative des menaces liées aux activités humaines et aux perturbations du paysage (panneau de gauche) et des menaces fondées sur les changements climatiques (panneau de droite) pour tous les cours d'eau du BFF et les habitats de cours d'eau délimités des espèces de poissons en péril.

Deux des quatre cotes composites pour l'UHE de Thompson-Nicola sont présentées ici : les cotes composites pour la menace cumulative et les intrants riverains. Les cotes cumulatives composites des menaces médianes au sein des groupes de bassins versants ont révélé des cotes globalement plus élevées pour le saumon rouge, en fonction de la favorabilité environnementale modélisée pour le frai (figure 7). Une probabilité plus élevée de favorabilité environnementale pour le frai peut ou non chevaucher les étendues actuelles des UC, car ces modèles font correspondre les conditions environnementales des tronçons de cours d'eau avec les conditions où le frai a été observé, mais n'incluent pas d'autres facteurs limitatifs qui peuvent déterminer les contraintes de répartition. De plus, les projections du modèle comprenaient les cours d'eau actuellement inaccessibles pour aider à éclairer une solution potentielle pour les barrières. Les groupes de bassins versants ayant les cotes médianes les plus élevées sont généralement demeurés les groupes avec les cotes les plus élevées en passant des conditions actuelles aux conditions futures. Parmi les bassins versants qui sont actuellement accessibles, les groupes de bassins versants des rivières Adams et Deadman ont obtenu des cotes composites constamment élevées dans les conditions actuelles et futures pour l'ensemble des espèces de saumon (y compris tous les cours d'eau) (figure 7).

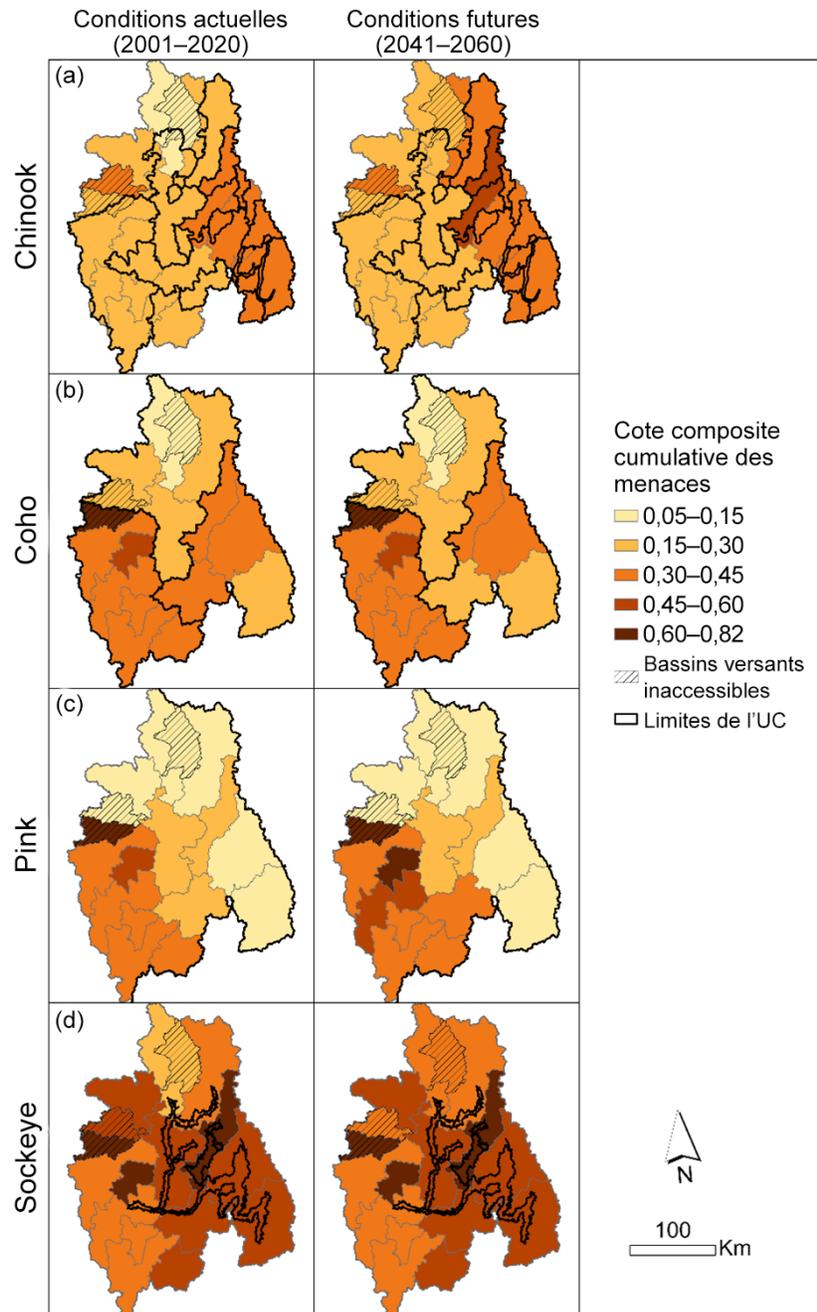


Figure 8. Cotes composites cumulatives médianes des menaces pour les groupes de bassins versants dans l'UHE de Thompson-Nicola d'après la valeur multiplicative des activités humaines et des perturbations du paysage fondées sur les menaces cumulatives et la favorabilité environnementale modélisée pour le frai : (rangée a) saumon quinnat, b) saumon coho, c) saumon rose et d) saumon rouge. Les probabilités de favorabilité environnementale modélisées utilisées dans la cote composite étaient basées sur les conditions (colonne a) actuelles et b) futures projetées pour tous les tronçons de cours d'eau (\geq quatrième rang), y compris les cours d'eau inaccessibles en raison de barrages et de barrières naturelles. Les groupes de bassins versants qui sont en grande partie inaccessibles sont marqués par des lignes hachurées, et les limites des UC du saumon sont tracées en noir.

La cote composite des intrants riverains indiquait où les intrants estimés élevés de sources non ponctuelles, en fonction de l'utilisation des terres et des perturbations riveraines,

correspondaient à une grande favorabilité environnementale du frai prévue pour le saumon (figure 8). On a estimé que les intrants de sources non ponctuelles étaient à leur plus élevé le long de la limite est de l'UHE de Thompson-Nicola (figure 8a). Les cotes composites des intrants riverains étaient à leur plus élevé le long des rivières Thompson Nord, Eagle et Shuswap, en particulier pour le saumon quinnat, le saumon coho et le saumon rouge (figure 8b–e).

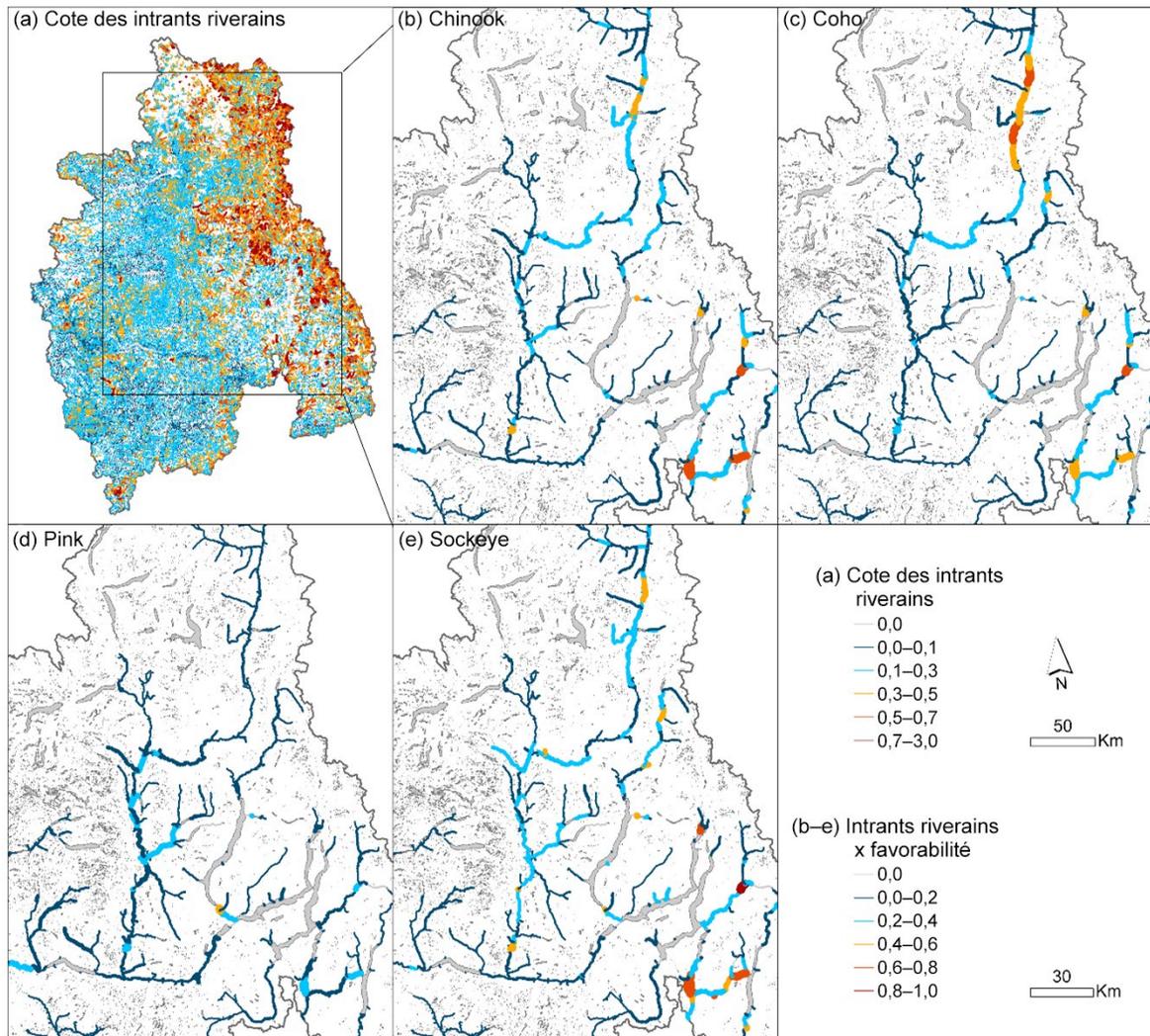


Figure 9. Cote composite des intrants riverains (a) basée sur les intrants de sources non ponctuelles et les cotes de perturbation riveraine. La cote des intrants riverains multipliée par la favorabilité environnementale modélisée pour le frai du saumon (conditions de référence de 1981 à 2020) indiquait des tronçons de cours d'eau accessibles où des valeurs élevées d'intrants riverains coïncidaient avec une grande favorabilité environnementale pour b) le saumon quinnat, c) le saumon coho, d) le saumon rose et e) le saumon rouge. Les lignes de cours d'eau sont mises à l'échelle pour mettre en évidence celles qui ont des cotes plus élevées.

Sources d'incertitude

Il existe certaines incertitudes communes associées à la production d'évaluations géospatiales des effets cumulatifs. Voici quelques incertitudes associées aux approches générales d'évaluation des menaces pesant sur une composante focale de l'écosystème : si les couches

d'entrée doivent être traitées avec la même importance; où les unités d'évaluation focale sont situées dans une cellule de grille de données matricielles (p. ex., les types d'utilisation du sol); comment les cotes sont transformées et normalisées (Halpern et Fujita 2013). Les sources de données peuvent également contenir des erreurs, par exemple il y a des taux d'erreur associés à la classification de l'utilisation des terres à partir de l'imagerie satellitaire, en fonction de l'algorithme appliqué. Une autre incertitude associée à ces analyses géospatiales est que les cotes dérivées sont souvent basées sur des valeurs approximatives plutôt que sur des mesures directes (DFO 2022). Ces travaux visaient à créer une correspondance plus directe entre les approximations et l'habitat du poisson afin de réduire cette incertitude en partie, par exemple en utilisant les valeurs d'entrée pour les nutriments, la pollution et la sédimentation recueillies par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC 2022) et d'autres sources connues, plutôt que d'associer directement l'empreinte des activités humaines terrestres à l'habitat du poisson. Les données sur les polluants d'ECCC provenant de l'Outil d'inventaire des polluants affectant les baleines et leurs proies (OIPABP) sont des estimations fondées sur les données de surveillance disponibles et comprennent des extrapolations pour combler les lacunes, et comportent donc également des incertitudes et sont sujettes à changement à mesure que d'autres données deviennent disponibles. Ces travaux intégraient également certains des mécanismes associés à la façon dont les activités humaines et les perturbations du paysage contribuent aux menaces pour l'habitat du poisson, bien que ceux-ci soient fondés sur des approximations généralisées qui distinguent probablement mieux les valeurs plus élevées et les valeurs plus faibles, tandis que diverses sources d'erreur peuvent créer plus d'incertitude pour les valeurs du milieu de la plage. L'approche utilisée pour combiner des menaces en une cote cumulative de menace (p. ex., addition, multiplication, etc.) est une autre incertitude qui peut être évaluée dans le contexte de travaux futurs en modélisant les réponses des populations aux menaces individuelles et cumulatives. Une grande partie du travail préparatoire à la cartographie des effets cumulatifs à grande échelle a porté sur les écosystèmes marins (Halpern et Fujita 2013), qui ne sont pas soumis au même type de complexités présentes dans les réseaux de cours d'eau, comme le débit et le déplacement en aval. Il existe de nombreux mécanismes et dépendances au contexte de la façon dont les activités humaines et les perturbations du paysage influencent les cours d'eau et l'habitat du poisson qui demeurent non résolus à grande échelle spatiale.

Pour chaque menace, des détails sont fournis sur les sources d'incertitude, les limites et la capacité d'étendre l'analyse pour la région du Pacifique, avec un taux de confiance coté par les auteurs du document de recherche basé sur les incertitudes et des limites définies (annexe A, tableau A1). Ces incertitudes et limites sont généralement liées à un manque d'information sur l'importance d'une activité humaine ou d'une perturbation du paysage en ce qui a trait à une menace, à des relations généralisées entre certaines activités ou perturbations et les menaces connexes, et à des projections modélisées des changements climatiques. Les taux de confiance ont été définis comme étant faibles pour cinq menaces (les données existent, mais sont considérées comme étant faibles ou contradictoires), moyens pour quatre menaces (il existe des données, mais avec des lacunes clés) et élevés pour quatre menaces (les données existent et sont considérées comme étant robustes) (annexe A, tableau A1).

Considérations futures pour les menaces individuelles et les espèces

Les principales considérations pour les analyses futures sont énumérées ci-dessous, et des considérations plus détaillées pour chaque menace se trouvent à l'annexe A (tableau A1).

- La truite arc-en-ciel (*O. mykiss irideus*) est une autre espèce importante sur les plans socioéconomique et culturel qui doit être évaluée; bien que le COSEPAC ait déterminé que

ses populations sont en voie de disparition, elle n'est pas inscrite en vertu de la LEP et n'a pas été incluse aux cinq saumons du Pacifique évalués.

- La menace liée à l'altération du débit pourrait traiter les changements dans la quantité d'eau et les changements dans la vitesse de l'eau comme étant des cotes distinctes. La pondération des allocations de prélèvement d'eau autorisées par permis en fonction du débit du cours d'eau et l'association des saisons probables de prélèvement aux niveaux de débit saisonniers modélisés aideraient également à affiner cette cote. De plus, les perturbations des forêts peuvent avoir des effets importants sur le débit des cours d'eau qui n'ont pas encore été saisis en raison d'un degré élevé de dépendance au contexte.
- Les barrages qui constituent des obstacles partiels et les ponceaux (qui constituent des obstacles complets ou partiels) pourraient être inclus dans les itérations futures de la cote de fragmentation longitudinale en fonction des hypothèses, des extrants et des utilisations souhaités. D'autres approches d'estimation de la fragmentation, comme l'évaluation de séries de barrages, sont menées en Colombie-Britannique par la Fédération canadienne de la faune.
- La cote de la menace liée aux perturbations riveraines applique actuellement une fenêtre de 10 ans aux données liées à la foresterie, en présumant un rétablissement de la capacité de filtrage au cours de cette période. Le retour d'autres fonctions riveraines, comme la contribution des débris ligneux, peut prendre jusqu'à 100 ans après la perturbation de la forêt. Une évaluation exhaustive des perturbations riveraines inclurait de multiples délais d'évaluation afin de saisir d'autres fonctions importantes (Quinn *et al.* 2020).
- Chaque substance a une toxicité différente; les polluants varient donc dans leur degré d'effet sur les poissons et dans les concentrations auxquelles ils commencent à avoir une incidence. Les itérations futures peuvent estimer séparément les apports de polluants par type pour permettre l'évaluation des effets des polluants par substance grâce à l'application d'évaluations toxicologiques et de lignes directrices sur la qualité de l'environnement. De même, des seuils ou des courbes de réponse aux facteurs de stress sont nécessaires pour toutes les menaces afin de prédire l'effet de l'exposition sur les poissons (voir les « Prochaines étapes » ci-dessous).
- Les menaces liées au débit des cours d'eau seraient améliorées par des prévisions de % d'écart absolu moyen basées sur des valeurs quotidiennes plutôt que mensuelles, ce qui peut être réalisé à une résolution de tronçon de cours avec l'achèvement du modèle du Pacific Climate Impacts Consortium en Colombie-Britannique (Schnorbus 2020).
- L'application à l'UHE de Thompson-Nicola et d'autres applications futures propres à la région bénéficieraient de la prise en compte d'autres valeurs de l'habitat du saumon (p. ex. l'habitat d'élevage), ainsi que de renseignements supplémentaires provenant de données locales, de la modélisation et des connaissances d'experts et autochtones.

Prochaines étapes pour l'évaluation globale des risques

- **Expansion spatiale** : Les menaces qui sont actuellement les plus limitées en ce qui a trait à une extension à d'autres bassins en Colombie-Britannique sont celles qui nécessitent des couches hydrologiques avec résolution fondamentale à l'échelle du bassin versant – nutriments, pollution, sédimentation, débit faible des cours d'eau et débit élevé des cours d'eau. Les autres menaces reposent sur des données qui sont aisément accessibles pour le reste de la Colombie-Britannique, mais la disponibilité de ces données pour le Yukon n'a pas été évaluée ici (annexe A, tableau A1). Les décisions méthodologiques devront être

réévaluées en vue de leur application à d'autres bassins présentant des caractéristiques différentes.

- **Nouvelle analyse dans le temps** : Il sera possible de réévaluer les menaces dans le temps à l'avenir, en utilisant les cotes de menace fournies ici comme base de référence. Les menaces peuvent être réévaluées à l'aide de couches de données mises à jour, avec la mise en garde que les nouveaux ajouts aux ensembles de données pourraient également être dus à des développements précédemment manquants qui ne sont pas nouveaux dans le paysage. Les intrants de sources ponctuelles pour les nutriments et la pollution qui sont tirés directement de l'Outil d'inventaire des polluants affectant les baleines et leurs proies (OIPABP)(ECCC 2022) constituent une exception; les évaluations mises à jour nécessiteraient des mises à jour de l'OIPABP ou l'association d'estimations avec tout changement dans les activités humaines pertinentes (annexe A, tableau A1).
- **Effets cumulatifs** : L'établissement de liens avec l'effet des menaces sur les composantes focales de l'écosystème est une prochaine étape clé de l'évaluation des effets cumulatifs. Les cotes de menace peuvent être pondérées en fonction de l'opinion d'experts sur la vulnérabilité de la composante écosystémique à chaque menace (Halpern *et al.* 2008; Vörösmarty *et al.* 2010). Une approche plus affinée consisterait à utiliser des courbes de réponse aux facteurs de stress qui délimitent les réponses non linéaires des composantes focales de l'écosystème pour une gamme de niveaux de menace (Rosenfeld *et al.* 2022; MacPherson *et al.* 2024).
- **Quantification de l'incertitude** : Il serait utile de poursuivre les travaux visant à quantifier les intervalles de confiance pour les cotes de menace. Une analyse de sensibilité peut être effectuée pour déterminer comment les hypothèses ou les valeurs appliquées ont influencé les cotes de menace, par exemple, lorsqu'il existe une gamme d'attentes raisonnables pour un intrant appliqué à une menace ou lorsqu'il y a de multiples intrants modélisés inclus dans une seule cote. Par exemple, la pondération des activités détruisant l'habitat dans les cours d'eau pourrait être différente en fonction des avis d'experts plutôt que de les traiter comme étant également destructrices. Il serait également possible de tester une gamme de coefficients plausibles pour les charges de sédiments de source non ponctuelle provenant de l'utilisation des terres. De telles itérations de cotation indiqueraient la mesure dans laquelle ces décisions modifient les cotes et sont particulièrement pertinentes si les comparaisons relatives entre les cours d'eau changent.
- **Vérification sur le terrain et validation de la réponse biotique** : La validation des menaces à l'aide d'une vérification sur le terrain et de données sur les lieux serait bénéfique, en particulier pour les menaces qui comportent des relations et des estimations appliquées, comme les charges accumulées par le débit (nutriments, pollution, sédimentation). Il serait également utile de comparer les cotes individuelles et cumulatives des menaces aux réponses des composantes focales de l'écosystème pour explorer les relations entre les menaces estimées et les réponses biotiques.

CONCLUSION

Les résultats de cette évaluation cumulative des menaces fournissent des estimations à haute résolution et à grande échelle de la variation spatiale des niveaux de menace entre les étendues des espèces focales et le réseau de cours d'eau du BFF afin d'aider à éclairer les mesures de gestion, de restauration et de protection, ainsi que pour la production de rapports sur l'état des menaces pour le poisson et son habitat. Des exemples d'application de cette information pour l'UHE de Thompson-Nicola indiquent un chevauchement des activités humaines et des menaces connexes avec des zones importantes pour le saumon du Pacifique,

ce qui pourrait être utilisé pour les processus de planification visant à améliorer l'habitat du saumon.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Appleby	Thomas	Programme de protection du poisson et de son habitat du MPO
Bailey	Richard	Bande Nooaitch
Braun	Doug	Direction des sciences du MPO
Chartrand	Shawn	Université Simon Fraser
Chu	Cindy	Direction des sciences du MPO
Davis	Ben	Direction des sciences du MPO
Dey	Cody	Environnement et Changement climatique Canada
Enders	Eva	Institut national de la recherche scientifique
Enslow	Chelsea	Province de la Colombie-Britannique
Finney	Jessica	Centre des avis scientifiques du Pacifique du MPO
Gravelle	Kristin	Programme de protection du poisson et de son habitat du MPO
Hilborn	Monica	Environnement et Changement climatique Canada
Hodgson	Emma	Direction des sciences du MPO
Iacarella	Josephine	Direction des sciences du MPO
Jumbo	Morgan	Bande Nooaitch
Laubman	Robyn	Splatsin
Lemieux	Jeffrey	Direction des sciences du MPO
Little	Patrick	Province de la Colombie-Britannique
Mazany-Wright	Nick	Fédération canadienne de la faune
Muirhead-Vert	Yvonne	Centre des avis scientifiques du Pacifique du MPO
Naman	Sean	Direction des sciences du MPO
Nordin	Lisa	Province de la Colombie-Britannique
Paterson	Keegan	Direction des sciences du MPO
Patterson	David	Direction des sciences du MPO
Porter	Marc	Fondation du saumon du Pacifique
Semeniuk	David	Programme de protection du poisson et de son habitat du MPO
van Geloven	Chelton	Upper Fraser Fisheries Conservation Alliance
Weller	Daniel	Direction des sciences du MPO

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion régional par les pairs du 27 au 29 février 2024 sur les mesures et indicateurs géospatiaux des menaces pour l'habitat du poisson dans le bassin du fleuve Fraser, en prenant Thompson-Nicola comme étude de cas. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

- Boyd, L., Grant, P., Lemieux, J., and Iacarella, J.C. 2022. [Cumulative Effects of Threats on At-Risk Species Habitat in the Fraser Valley, British Columbia](#). Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3243:vii + 65 p.
- ECCC. 2022. Pollutants Affecting Whales and their Prey Inventory Tool (PAWPIT): Development of an inventory of contaminants of concern for Resident Killer Whales and Chinook Salmon. Environment and Climate Change Canada.
- GeoBC. 2011. [Réseau de cours d'eau douce de l'Atlas](#). Gouvernement de la Colombie-Britannique.
- Halpern, B.S., and Fujita, R. 2013. [Assumptions, challenges, and future directions in cumulative impact analysis](#). Ecosphere 4:art131.
- Halpern, B.S., Walbridge, S., Selkoe, K.A., Kappel, C.V., Micheli, F., D'Agrosa, C., Bruno, J.F., Casey, K.S., Ebert, C., Fox, H.E., Fujita, R., Heinemann, D., Lenihan, H.S., Madin, E.M.P., Perry, M.T., Selig, E.R., Spalding, M., Steneck, R., and Watson, R. 2008. [A global map of human impact on marine ecosystems](#). Science 319:948–952.
- Iacarella, J.C., and Weller, J.D. 2023. [Predicting favourable streams for anadromous salmon spawning and natal rearing under climate change](#). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 81:1–13.
- MacPherson, L.M., Reilly, J.R., Neufeld, K.R., Sullivan, M.G., Paul, A.J., and Johnston, F.D. 2024. [Prioritizing bull trout recovery actions using a novel cumulative effects modelling framework](#). Fisheries Management and Ecology 31:e12649.
- Mohanty, M.P., and Simonovic, S.P. 2021. [Changes in floodplain regimes over Canada due to climate change impacts: Observations from CMIP6 models](#). Science of the Total Environment 792:148323.
- MPO. 2019. [Énoncé de politique sur la protection du poisson et de son habitat, août 2019](#).
- MPO. 2022. [Outils de cartographie géospatiale, indicateurs et mesures pour l'état du poisson et de son habitat dans la région du Pacifique](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2022/047.
- Quinn, T.P., Wilhere, G.F., and Krueger, K.L. 2020. Riparian Ecosystems, Volume 1: Science Synthesis and Management Implications. Habitat Program, Washington Department of Fish and Wildlife, Olympia, Washington.
- Rosenfeld, J., Gonzalez-Espinosa, P., Jarvis, L., Enders, E, Bayly, M., Paul, A., MacPherson, L., Moore, J., Sullivan, M., Ulaski, M., and Wilson, K. 2022. [Stressor-response functions as a generalizable model for context dependence](#). Trends in Ecology & Evolution 37:1032–1035.
- Schnorbus, M.A. 2020. VIC Glacier (VIC-GL) – Model Set-up and Deployment for the Peace, Fraser, and Columbia. Pacific Climate Impacts Consortium, University of Victoria, Victoria, BC.
- Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R., and Davies, P.M. 2010. [Global threats to human water security and river biodiversity](#). Nature 467:555–561.
- Weller, J.D., Moore, R.D., and Iacarella, J.C. 2023. Stream thermalscapes scenarios for British Columbia, Canada. Canadian Water Resources Journal / Revue canadienne des ressources hydriques:1–20.

ANNEXE

Tableau A1. Incertitudes, limites, capacité d'étendre la méthodologie au reste de la région du Pacifique et taux de confiance pour chaque menace estimée. Les taux de confiance comprennent faible (les données existent, mais sont considérées comme faibles ou contradictoires), moyenne (les données existent, mais il existe des lacunes clés) et élevée (les données existent et sont considérées comme solides); les principaux facteurs décisifs pour les cotes sont entre parenthèses.

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
<i>Composants focaux de l'écosystème</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • Les délimitations des tronçons de cours d'eau du FWA comportent des inexactitudes. • Les délimitations de l'habitat des espèces en péril peuvent ne pas englober l'entièreté de leur utilisation de l'habitat. 	<ul style="list-style-type: none"> • La truite arc-en-ciel n'a pas été incluse par la portée initiale, mais il serait avantageux de l'inclure dans les évaluations futures en tant qu'espèce dont les populations ont été désignées par le COSEPAC comme étant en voie de disparition. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faisable pour la Colombie-Britannique • Le réseau hydrographique national pourrait être utilisé pour le Yukon, avec un traitement et une préparation supplémentaires des bassins versants fondamentaux. 	Moyen (en raison de l'incertitude entourant la saisie de l'entièreté de l'étendue de l'habitat des espèces en péril)
<i>Espèces aquatiques envahissantes</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • Répartition approximative des polygones de l'aire de répartition de chaque espèce d'après les observations et un rayon de recherche de 10 km; la répartition réelle de chaque espèce est inconnue. • Détermination d'un statut d'espèce aquatique envahissante par rapport aux espèces non indigènes (c.-à-d. aucun effet consigné). • L'incidence de chaque espèce sur les composantes focales de l'écosystème n'est pas entièrement connue. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seules des observations d'espèces provenant de relevés opportunistes sont disponibles. • Une délimitation plus poussée de la répartition de chaque espèce (p. ex. à partir de modèles de répartition des espèces) améliorerait l'exactitude de cette cote. • Information limitée sur chaque espèce non indigène et sur les interactions avec les composantes focales de l'écosystème. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faisable pour la Colombie-Britannique • Nécessite des données équivalentes pour le Yukon. 	Moyen (en raison de l'incertitude liée à la saisie de l'entièreté de la répartition des EAE).
<i>Fragmentation longitudinale</i>			

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
<ul style="list-style-type: none"> • Les pentes abruptes peuvent constituer un obstacle naturel pour d'autres espèces, mais elles n'ont été prises en compte que pour le saumon du Pacifique. • Les obstacles au passage créés par les ponceaux ne sont pas connus pour tous les ponceaux de la BFF, et n'ont pas été inclus dans la cotation des menaces. • Il est possible que des passages au-dessus des barrages et des barrières naturelles aient été inclus comme des obstacles au passage. • Les barrières partielles peuvent bloquer complètement le passage selon le contexte, mais elles n'ont pas été incluses dans la cotation de la menace. 	<ul style="list-style-type: none"> • Connaissances limitées sur les pentes en tant qu'obstacles pour les poissons résidents; nécessiterait des cotes de menace propres à chaque espèce. • Évaluations limitées des ponceaux en tant qu'obstacles pour l'étendue du BFF. • Les obstacles au passage créés par les ponceaux n'ont pas été inclus. • Manque d'information détaillée sur les barrages constituant des obstacles partiels. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faisable pour la Colombie-Britannique • Nécessite des données équivalentes pour le Yukon. 	Moyen (basé sur une évaluation prudente en utilisant uniquement les barrages comme obstacles complets).
<i>Fragmentation latitudinale</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • Mesure dans laquelle l'infrastructure de contrôle des plaines inondables limite les déplacements latitudinaux à partir d'un cours d'eau donné. 	<ul style="list-style-type: none"> • Simple évaluation de la présence ou de l'absence d'une association entre les structures de lutte contre les inondations et les tronçons des cours d'eau. • La superficie d'habitat de plaine inondable reliée à un cours d'eau donné n'a pas encore été délimitée. • Ne tient pas encore compte d'autres éléments qui pourraient limiter les mouvements latitudinaux (p. ex., routes, chemins de fer). • Les données spatiales sur la canalisation ne sont pas disponibles et ne sont donc pas 	<ul style="list-style-type: none"> • Faisable pour la Colombie-Britannique • Nécessite des données équivalentes pour le Yukon. • Nécessité de tenir compte des autres longueurs de transects utilisées pour saisir l'infrastructure de lutte contre les inondations lors de l'application à d'autres bassins. 	Moyen (en raison de l'absence d'association avec l'habitat latéral)

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
	représentées en dehors de celles qui sont prises en compte par les couches d'infrastructure de couverture des terres urbaines et de lutte contre les inondations.		
<i>Destruction de l'habitat dans les cours d'eau</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • Les activités humaines ont toutes été traitées de la même façon et il n'existe aucune évaluation actuelle de l'intensité. • Les données sur les routes des industries forestière et pétrolière et gazière étaient fondées sur les tenures (c.-à-d. que les routes n'ont peut-être pas été construites ou peuvent avoir été déclassées); des routes qui n'ont pas été saisies par cet ensemble de données peuvent être présentes dans le paysage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune définition actuelle des activités qui peuvent être plus nocives pour l'habitat dans les cours d'eau que les autres. • Les activités sur les terres privées n'étaient pas explicitement incluses, mais étaient largement représentées par les autres couches d'activités humaines et de couverture des terres, en s'appuyant sur l'inspection visuelle des couches. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faisable pour la Colombie-Britannique • Nécessite des données équivalentes pour le Yukon. 	Élevé (en raison de données d'entrée robustes et exhaustives pour évaluer la présence de perturbations).
<i>Modification du débit</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • Les activités humaines sont toutes traitées de la même façon, mais ont probablement des contributions variables. • Le prélèvement d'eau est basé sur les allocations maximales autorisées par les permis, le montant réel prélevé est inconnu. • Les prélèvements comprennent à la fois les prélèvements d'eaux souterraines et d'eaux de surface, qui peuvent avoir des répercussions différentes sur l'écoulement; ces différences n'ont pas été prises en compte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il n'y a pas de désignation actuelle ou de données cohérentes sur les caractéristiques qui font en sorte que les barrages et les ponceaux ont une incidence plus élevée sur les régimes d'écoulement. • Les données sur la quantité d'eau prélevée ne sont pas disponibles. • Les données sur les prélèvements d'eau domestiques non autorisés (p. ex., prévention des 	<ul style="list-style-type: none"> • Faisable pour la Colombie-Britannique • Nécessite des données équivalentes pour le Yukon. 	Faible (en raison du manque d'information sur les prélèvements d'eau, c.-à-d. la quantité retirée et l'association avec les niveaux de débit saisonniers).

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
<ul style="list-style-type: none"> • Les effets en aval et en amont des barrages et de l'extraction de l'eau ne sont pas pris en compte. • D'autres utilisations des terres, en particulier les perturbations des forêts, peuvent avoir des effets importants sur le débit des cours d'eau, qui n'ont pas été inclus. 	<ul style="list-style-type: none"> incendies, habitations privées) en Colombie-Britannique ne sont pas disponibles. • À l'heure actuelle, il n'y a pas de relation générale pour tenir compte des effets en amont et en aval des barrages et des prélèvements d'eau sur le débit. • Idéalement, appliquer des données sur l'intensité des feux de forêt et la récolte, ainsi que sur les relations générales, pour tenir compte de l'effet des perturbations des forêts sur l'altération du débit. 		
<i>Perturbation du milieu riverain</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • Les activités humaines ont toutes été traitées de la même façon et il n'existe aucune évaluation actuelle de l'intensité. • Le calendrier pertinent relatif aux incendies et à la foresterie à inclure dépend de la fonction riveraine d'intérêt. • Les données sur les routes des industries forestière et pétrolière et gazière étaient fondées sur les tenures (c.-à-d. que les routes n'ont peut-être pas été construites ou peuvent avoir été déclassées); des routes qui n'ont pas été saisies par cet ensemble de données peuvent être présentes dans le paysage. • Zone tampon riveraine basée sur la norme de 30 m, mais d'autres distances tampons peuvent être 	<ul style="list-style-type: none"> • Évaluations actuellement limitées des largeurs de zone tampon nécessaires pour maintenir différentes fonctions riveraines, en fonction du système. • Zone riveraine basée sur les rivages statiques des cours d'eau et des rivières (ne tient pas compte de tout changement dans la position de la rivière au fil du temps). • Les activités sur les terres privées n'étaient pas explicitement incluses, mais étaient largement représentées par les autres couches d'activités humaines et de couverture des terres, en s'appuyant sur l'inspection visuelle des couches. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faisable pour la Colombie-Britannique • Nécessite des données équivalentes pour le Yukon. • Nécessité de tenir compte des différences dans les périodes de rétablissement des zones riveraines (p. ex. après une perturbation de la forêt) pour d'autres bassins et climats. 	Élevé (en raison de données d'entrée robustes et exhaustives pour l'évaluation de la présence de perturbations, actuellement axées sur la fonction riveraine de filtrage).

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
<p>importantes, en fonction du système.</p> <ul style="list-style-type: none"> Le niveau de défoliation par les ravageurs forestiers qui devrait être considéré comme étant une perturbation dépend de la fonction riveraine d'intérêt. 	<ul style="list-style-type: none"> Il ne s'agit pas d'une évaluation exhaustive de la perturbation pour toutes les fonctions riveraines; actuellement axé sur la capacité de filtrage. 		
Nutriments			
<ul style="list-style-type: none"> Les intrants liés à l'utilisation des terres dépendent probablement du contexte, mais ils ont été appliqués en tant que coefficient de concentration unique (et en tenant compte des débits de ruissellement). Les intrants de sources ponctuelles pour les charges d'effluents ont été estimés en utilisant les données de surveillance environnementale disponibles, et les estimations ont été effectuées en fonction des corrélations pour combler les lacunes dans les données (ECCC 2022). Les coefficients des sources non ponctuelles ont été dérivés de ressources documentaires limitées, y compris de l'ouest des États-Unis(ECCC 2022). Les coefficients de concentration des apports en nutriments provenant des perturbations liées aux forêts (blocs de coupe, incendies, défoliation par les ravageurs) ont été estimés en fonction de l'effet relatif par rapport 	<ul style="list-style-type: none"> Documentation et données sur les intrants liés à l'utilisation des terres limitées pour calculer les coefficients de contribution. Dépend de l'étendue des données de l'OIPABP (ECCC 2022) et des couches hydrologiques à haute résolution. 	<ul style="list-style-type: none"> Nécessite des couches hydrologiques à haute résolution pour les autres bassins (voir la menace liée au « débit des cours d'eau »). Avec des couches hydrologiques, réalisable pour le BFF, l'île de Vancouver, Haida Gwaii et les bassins versants côtiers, en fonction de l'étendue de l'OIPABP(ECCC 2022). 	<p>Faible (en raison de l'information incomplète sur les intrants de sources non ponctuelles et des hypothèses généralisées pour l'accumulation en aval et le filtrage riverain).</p>

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
<p>à la classification « Autres zones non urbaines ».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le calendrier pertinent relatif aux incendies et à la foresterie à prendre en compte peut être variable. • Les données sur les routes des industries forestière et pétrolière et gazière étaient fondées sur les tenures (c.-à-d. que les routes n'ont peut-être pas été construites ou peuvent avoir été déclassées); des routes qui n'ont pas été saisies par cet ensemble de données peuvent être présentes dans le paysage. • Les dépendances au contexte plus complexes de la capacité de filtrage riveraine ne sont pas prises en compte. • Les dynamiques de sédimentation plus complexes et localisées ne sont pas prises en compte. • Utilise des ruissellements et des débits de cours d'eau tirés de modèles hydrologiques qui ont été soumis à une réduction d'échelle, avec une incertitude associée. 			
<i>Pollution</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • Les intrants relatifs à l'utilisation des terres dépendent probablement du contexte, mais ont été appliqués en tant que coefficient unique (et en tenant compte des débits de ruissellement). • Les intrants de sources ponctuelles pour les charges d'effluents ont été estimés en utilisant les données de 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentation et données sur les intrants liés à l'utilisation des terres limitées pour calculer les coefficients de contribution. • Dépend de l'étendue des données de l'OIPABP (ECCC 2022) et des couches hydrologiques à haute résolution. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite des couches hydrologiques à haute résolution pour les autres bassins (voir la menace liée au « débit des cours d'eau »). • Avec des couches hydrologiques, réalisable pour le BFF, l'île de Vancouver, Haida Gwaii et les bassins 	<p>Faible (en raison de l'information incomplète sur les intrants de sources non ponctuelles et des hypothèses généralisées pour l'accumulation en aval et le filtrage riverain).</p>

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
<p>surveillance environnementale disponibles, et les estimations ont été effectuées en fonction des corrélations pour combler les lacunes dans les données (ECCC 2022).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les coefficients des sources non ponctuelles ont été dérivés de ressources documentaires limitées, y compris de l'ouest des États-Unis (ECCC, 2022). • N'inclut pas les rejets atmosphériques, car les taux de dépôt dans un cours d'eau donné étaient incertains. • Les contributions des polluants provenant des sédiments fluviaux n'ont pas été incluses (ECCC, 2022). • Les dépendances au contexte plus complexes de la capacité de filtrage riveraine ne sont pas prises en compte. • Les dynamiques de sédimentation plus complexes et localisées ne sont pas prises en compte. • Tous les polluants ont été traités en tant qu'exposition seulement, mais leurs effets sur la santé des poissons et de l'écosystème varient. 		<p>versants côtiers, en fonction de l'étendue de l'OIPABP (ECCC 2022).</p>	
Sédimentation			
<ul style="list-style-type: none"> • Les intrants relatifs à l'utilisation des terres dépendent probablement du contexte, mais ont été appliqués en tant que coefficient unique (et en tenant compte des débits de ruissellement). 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentation et données sur les intrants liés à l'utilisation des terres limitées pour calculer les coefficients de contribution. • Moins de documentation et de données disponibles sur la 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite des couches hydrologiques à haute résolution pour les autres bassins (voir la menace liée au « débit des cours d'eau »). 	<p>Faible (en raison de l'information incomplète sur les intrants de sources non ponctuelles et des hypothèses généralisées pour</p>

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
<ul style="list-style-type: none"> • Le calendrier pertinent relatif aux incendies et à la foresterie à inclure peut être variable. • Les données sur les routes des industries forestière et pétrolière et gazière étaient fondées sur les tenures (c.-à-d. que les routes n'ont peut-être pas été construites ou peuvent avoir été déclassées); des routes qui n'ont pas été saisies par cet ensemble de données peuvent être présentes dans le paysage. • Les dépendances au contexte plus complexes de la capacité de filtrage riveraine ne sont pas prises en compte. • Les dynamiques de sédimentation plus complexes et localisées ne sont pas prises en compte. • Les coefficients des sources non ponctuelles ont été dérivés de ressources documentaires limitées, y compris de l'ouest des États-Unis (ECCC 2022). 	<p>sédimentation que sur les nutriments et la pollution.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dépend de l'étendue des données de l'OIPABP (ECCC 2022) et des couches hydrologiques à haute résolution. 	<ul style="list-style-type: none"> • Avec des couches hydrologiques, réalisable pour le BFF, l'île de Vancouver, Haida Gwaii et les bassins versants côtiers, en fonction de l'étendue de l'OIPABP(ECCC 2022). 	<p>l'accumulation en aval et le filtrage riverain).</p>
<i>Risque d'inondation</i>			
<ul style="list-style-type: none"> • D'après des modèles pour l'étendue du Canada, avec une incertitude associée (Mohanty and Simonovic 2021). • Modèles produits à une résolution plus basse par rapport aux autres couches de données utilisées (1 km²). • Les modèles d'inondation sont considérés comme étant très incertains. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation limitée pour une enquête avec une résolution plus fine. • N'évalue pas le changement dans la probabilité d'occurrence d'une inondation d'une ampleur donnée. • Mesure basée sur une seule période de retour. 	<ul style="list-style-type: none"> • Faisable pour toute la région du Pacifique en fonction de l'étendue du modèle. 	<p>Faible (en raison de l'incertitude élevée associée aux projections des inondations).</p>

Sources d'incertitude	Limites	Expansion	Taux de confiance
<i>Débit du cours d'eau – Élevé et faible</i>			
<ul style="list-style-type: none"> Basé sur des modèles hydrologiques (Schnorbus 2020) avec une incertitude associée; certains mois donnent de meilleurs résultats que d'autres. Une certaine incertitude liée à la réduction de l'échelle des modèles, bien qu'une correspondance étroite ait été constatée entre les résolutions de l'échelle initiale et de l'échelle réduite. Facteur de correction utilisé pour rajuster les prévisions du débit des cours d'eau aux principaux barrages où la régulation du débit a été surveillée; non rajusté pour les barrages sans données hydrométriques connexes. 	<ul style="list-style-type: none"> La réduction d'échelle n'est actuellement effectuée que pour le BFF. Le % d'écart absolu moyen est calculé en fonction de valeurs mensuelles plutôt que quotidiennes, compte tenu des contraintes actuelles en matière de données. N'inclut pas les événements extrêmes comme les rivières atmosphériques ou les sécheresses. 	<ul style="list-style-type: none"> Besoin de couches hydrologiques à haute résolution pour les autres bassins. Des modèles à échelle plus fine (résolution des bassins versants fondamentaux) sont en train d'être élaborés par le Pacific Climate Impacts Consortium pour les bassins versants fréquentés par le saumon en C.-B.; il est estimé que la livraison aura lieu en 2026. 	Élevé (modèles bien établis avec méthode de réduction d'échelle validée).
<i>Température des cours d'eau</i>			
<ul style="list-style-type: none"> Basé sur des modèles statistiques de température des cours d'eau, avec une incertitude associée (Weller <i>et al.</i> 2023). Inclut implicitement l'effet des perturbations de l'utilisation des terres sur les températures des cours d'eau en fonction de l'ajustement du modèle aux données sur les lieux, mais ne modélise pas explicitement ces effets. 	<ul style="list-style-type: none"> Modèles élaborés pour les bassins versants d'une taille d'au moins 1 km², en fonction des données sur les lieux disponibles (généralement des cours d'eau de 3^e ordre et plus; Weller <i>et al.</i> 2023). N'inclut pas les événements extrêmes, comme les dômes de chaleur. 	<ul style="list-style-type: none"> Faisable pour la Colombie-Britannique, en fonction de l'étendue du modèle. Besoin de données sur la température des cours d'eau sur les lieux plus exhaustives pour que le Yukon produise et valide des modèles. 	Élevé (modèles validés qui fonctionnent bien par rapport à d'autres modèles de température à grande échelle).

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7

Courriel : DFO.PacificCSA-CASPacifique.MPO@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-72484-3 Cat No. Fs70-6/2024-041F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2024



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2024. Mesures et indicateurs géospatiaux des menaces pour l'habitat du poisson dans le bassin du fleuve Fraser, en prenant Thompson-Nicola comme étude de cas. Secr. can. des avis. sci. du MPO. Avis sci. 2024/041.

Also available in English:

DFO. 2024. Geospatial Indicators and Metrics for Threats to Fish Habitat in the Fraser River Basin with Thompson-Nicola as a Case Study. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2024/041.