



DETERMINATION DE LA TAILLE DE LA REMONTE PROPRE AU STOCK DE SAUMON ROUGE DU FLEUVE FRASER

SOCKEYE SALMON



Saumons rouges adultes au stade de la reproduction. Site Web du MPO



Figure 1. Carte du bassin versant du fleuve Fraser (en vert) d'après l'Atlas des eaux douces (Freshwater Atlas) de la Colombie-Britannique.

CONTEXTE

La gestion du saumon rouge du fleuve Fraser (*Oncorhynchus nerka*) repose sur les estimations de l'abondance avant, pendant et après la saison de pêche des adultes en montaison par stock et par âge, communément appelées estimations de la taille des remonte. Les estimations de la taille des remonte après la saison de pêche servent à mesurer la productivité et l'état du stock aux fins de planification de la pêche (Grant *et al.* 2011), contribuent à la planification du rétablissement (MPO 2020a, b) et permettent d'évaluer les facteurs limitant la survie, comme la mortalité en cours de montaison (Martins *et al.* 2011; Hinch *et al.* 2012; Doutaz *et al.* 2023). Malgré l'importance des estimations de la taille des remonte après la saison de pêche pour ces analyses, les principaux facteurs contributifs (captures, échappées de géniteurs, mortalité en cours de montaison) et leurs effets cumulatifs n'ont pas été consignés et évalués de manière cohérente.

La Direction de la gestion des pêches de Pêches et Océans Canada (MPO) a demandé à la Direction des sciences de procéder à un examen et à la consignation des méthodes utilisées actuellement pour estimer la taille de la remonte propre au stock de saumon rouge du fleuve Fraser après la saison de pêche. Ce travail a documenté le processus actuel et l'incertitude associée et a produit des recommandations en matière d'améliorations, comme d'autres méthodes de production d'estimations de la taille des remonte, et d'orienter l'utilisation et l'interprétation des estimations de la taille des remonte et des paramètres connexes (p. ex. estimations de mortalité en cours de montaison, taux d'exploitation).

Le présent avis scientifique découle de l'examen régional par les pairs du 27 au 29 mai 2024 sur la détermination de la taille de la remonte propre au stock de saumon rouge du fleuve Fraser. 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

- Les estimations de la taille des remontes après la saison de pêche des stocks de saumon rouge du Fraser sont utilisées pour prévoir les futures montaisons, rendre compte des taux d'exploitation et des estimations de la mortalité en cours de montaison, et effectuer des évaluations des stocks.
- Pour la plupart des stocks de saumon du Pacifique, la taille de la remonte consiste en la somme des estimations des captures et des échappées de géniteurs; le saumon rouge du fleuve Fraser est unique en ce sens que la taille de la remonte inclut également les estimations de la mortalité en cours de montaison propre au stock qui tiennent compte des conditions environnementales et biologiques défavorables.
- Les estimations de la mortalité en cours de montaison propre au stock de saumon rouge du fleuve Fraser ont augmenté et peuvent souvent dépasser les estimations des captures et occasionnellement les estimations des échappées de géniteurs dans la contribution globale aux calculs de la taille de la remonte.
- Le processus actuel de détermination de la taille de la remonte du saumon rouge du Fraser après la saison de pêche, en cours depuis 2009, est conçu pour améliorer les estimations en intégrant la mortalité en cours de montaison propre au stock et en examinant les principales composantes du processus de détermination de la taille de la remonte – captures, échappées de géniteurs et mortalité en cours de montaison.
- Une documentation détaillée a été fournie et un examen approfondi du processus utilisé pour estimer la taille de la remonte après la saison de pêche propre au stock a été effectué, en mettant l'accent sur les captures, les échappées et la mortalité en cours de montaison, ainsi que sur l'incertitude et la sensibilité des intrants dans l'erreur de facteur.
- Des recommandations visant à améliorer le processus actuel d'estimation de la taille de la remonte propre au stock et des directives sur l'utilisation des ensembles de données générés par ce processus ont été formulées.
- Les principales recommandations sont les suivantes : simplifier la structure générale de la taille de la remonte après la saison de pêche, mettre à jour les estimations des relevés visuels des échappées de géniteurs pour en améliorer la précision, recevoir des rapports cohérents et opportuns sur les captures de toutes les pêches qui ont un potentiel raisonnable d'intercepter le saumon rouge du Fraser, mettre à jour et étendre les modèles de mortalité en cours de montaison pour inclure tous les stocks évalués, et travailler à quantifier l'incertitude dans tous les intrants et tous les extrants.
- Un tableau récapitulatif des recommandations ainsi que des critères d'évaluation ont été élaborés pour faciliter la priorisation en fonction des différents objectifs de l'utilisateur final.
- La quantification et la réduction de l'incertitude relative aux facteurs liés à la taille des remontes favoriseront la crédibilité des utilisations en aval, y compris les analyses du taux d'exploitation et de la productivité, ainsi que l'estimation de l'incidence de la mortalité en cours de montaison.
- La taille des remontes après la saison de pêche et ses ensembles de données devraient être utilisés pour les évaluations après la saison de pêche de la taille des remontes, des taux d'exploitation et de la productivité, ainsi que pour les prévisions et les évaluations à l'appui de la planification à long terme. À l'heure actuelle, ils ne devraient pas être utilisés

pour les évaluations de la gestion en cours de saison ou les évaluations nécessitant des estimations quotidiennes sous-jacentes.

- Un biais important et l'imprécision de certains facteurs liés à la taille des remontes et de leurs paramètres connexes nécessitent un examen supplémentaire de leur utilisation (p. ex. les taux d'exploitation pour les petits stocks).
- Une meilleure compréhension et une meilleure quantification de la mortalité en cours de montaison appuieront également les plans de rétablissement et de reconstitution du Ministère pour le saumon rouge du fleuve Fraser et d'autres populations de saumons, surtout compte tenu de l'augmentation prévue de la fréquence des conditions de migration extrêmes et de la réduction des captures ou des échappées de géniteurs.

INTRODUCTION

Chaque année, la gestion du saumon rouge du fleuve Fraser (*Oncorhynchus nerka*) repose sur une série temporelle (avant-saison, en cours de saison et après-saison) d'estimations de l'abondance des adultes en montaison au début de la saison des pêches côtières, communément appelées estimations de la taille de remontes. Les estimations de la taille des remontes après la saison de pêche servent à mesurer la productivité et à mener des évaluations des stocks aux fins de planification de la pêche (Grant *et al.* 2011), contribuent à la planification du rétablissement (MPO 2020a, b) et permettent d'évaluer les facteurs limitant la survie, comme la mortalité en cours de montaison (Martins *et al.* 2011; Hinch *et al.* 2012; Doutaz *et al.* 2023). Les estimations après la saison de pêche sont produites pour 28 stocks de saumon rouge du Fraser au moyen d'une approche annuelle examinée par des experts pour déterminer la taille des remontes (figure 2). Les paramètres connexes de ce processus de détermination de la taille des remontes, comme le taux d'exploitation, sont utilisés pour évaluer de manière informelle le rendement de la gestion (p. ex. objectifs d'échappées de géniteurs, objectifs de captures internationaux et nationaux, *Traité sur le saumon du Pacifique* de 1985). L'approche globale et les résultats du processus de détermination de la taille des remontes sont liés aux obligations des Premières Nations et aux ententes découlant des traités.

Les tailles des remontes pour les stocks de saumons du Pacifique (*Oncorhynchus* spp.) sont le plus souvent fondées sur la somme après la saison de pêche des estimations des captures et des échappées de géniteurs par âge. Cette approche, cependant, ne tient pas compte de la mortalité en cours de montaison, définie comme étant la mortalité naturelle et anthropique (à l'exclusion des captures débarquées) entre le début de la pêche en mer et juste avant l'arrivée des saumons dans les frayères. Les estimations de la taille des remontes du saumon rouge du Fraser après la saison de pêche sont uniques, car elles incluent les estimations de la mortalité en cours de montaison propre au stock qui tiennent compte des conditions environnementales et biologiques défavorables. Les changements récents aux conditions de migration dans le fleuve (p. ex. des débits élevés ou des températures élevées; Patterson *et al.* 2016) se sont traduits par une augmentation de la taille des remontes de saumon rouge du Fraser attribuable à la mortalité en cours de montaison dont les estimations actuelles dépassent souvent les estimations des captures et, parfois, des échappées de géniteurs dans la contribution globale aux calculs de la taille des remontes. Ce changement justifie la nécessité d'examiner et d'élaborer des approches pour mieux quantifier la mortalité en cours de montaison.

L'approche pour inclure les estimations de la mortalité en cours de montaison dans les estimations de la taille des remontes du saumon rouge du Fraser après la saison de pêche a varié tout au long de la série chronologique (figure 2). De 1977 à 1992, les estimations de la mortalité en cours de montaison n'étaient pas incluses de façon uniforme dans les estimations

de la taille des remontes, et étaient le plus souvent basées sur la différence entre les estimations (DBE) des échappées de géniteurs (SE) et les estimations des échappées potentielles de géniteurs (PSE), ces dernières estimations étant basées sur les estimations de l'abondance dans le bas Fraser (c.-à-d. les estimations à Mission) après la prise en compte des captures durant les années intermédiaires. Ces différences entre les estimations (DBE) ont été déterminées pour les regroupements de stocks par périodes de montaison pendant la saison de pêche utilisés aux fins de gestion, soit les montaisons hâtives dans la rivière Stuart, les montaisons du début de l'été, les montaisons de l'été et les montaisons tardives, étant entendu qu'une partie des différences entre les estimations représentent des incertitudes et des biais inhérents à la composition des stocks, aux captures et aux échappées qui y contribuent (Macdonald *et al.*, 2010). De 1992 à 2008, l'inclusion des estimations de la mortalité en cours de montaison est devenue plus structurée, seules les différences entre les estimations négatives ($SE < PSE$) étant réparties entre les stocks dont les migrations se déroulent en même temps et incluses comme estimations de la mortalité en cours de montaison propre au stock. Cependant, la répartition de ces différences entre les estimations agrégées entre les stocks individuels peut conduire à des estimations des pertes en rivière qui ne sont pas nécessairement liées aux facteurs de mortalité en cours de montaison au niveau du stock, masquant potentiellement la relation de mortalité entre les pertes et les conditions de migration en eau douce. De plus, le fait d'utiliser les différences entre les estimations uniquement lorsque celles-ci sont négatives peut entraîner un biais positif dans les estimations de la taille des remontes, en supposant que les estimations des captures et des échappées de géniteurs ne sont pas biaisées. La sélection systématique de la plus élevée des estimations entre celle des échappées de géniteurs et celle des échappées potentielles de géniteurs surestimerait la productivité et sous-estimerait le taux d'exploitation (ER). De plus, les cas où les différences entre les estimations sont positives ($SE > PSE$) n'indiquent pas nécessairement qu'il n'y a pas eu de mortalité en cours de montaison, mais plutôt qu'il existe des renseignements supplémentaires sur l'erreur associée aux facteurs liés à la taille des remontes qui doivent être évalués.

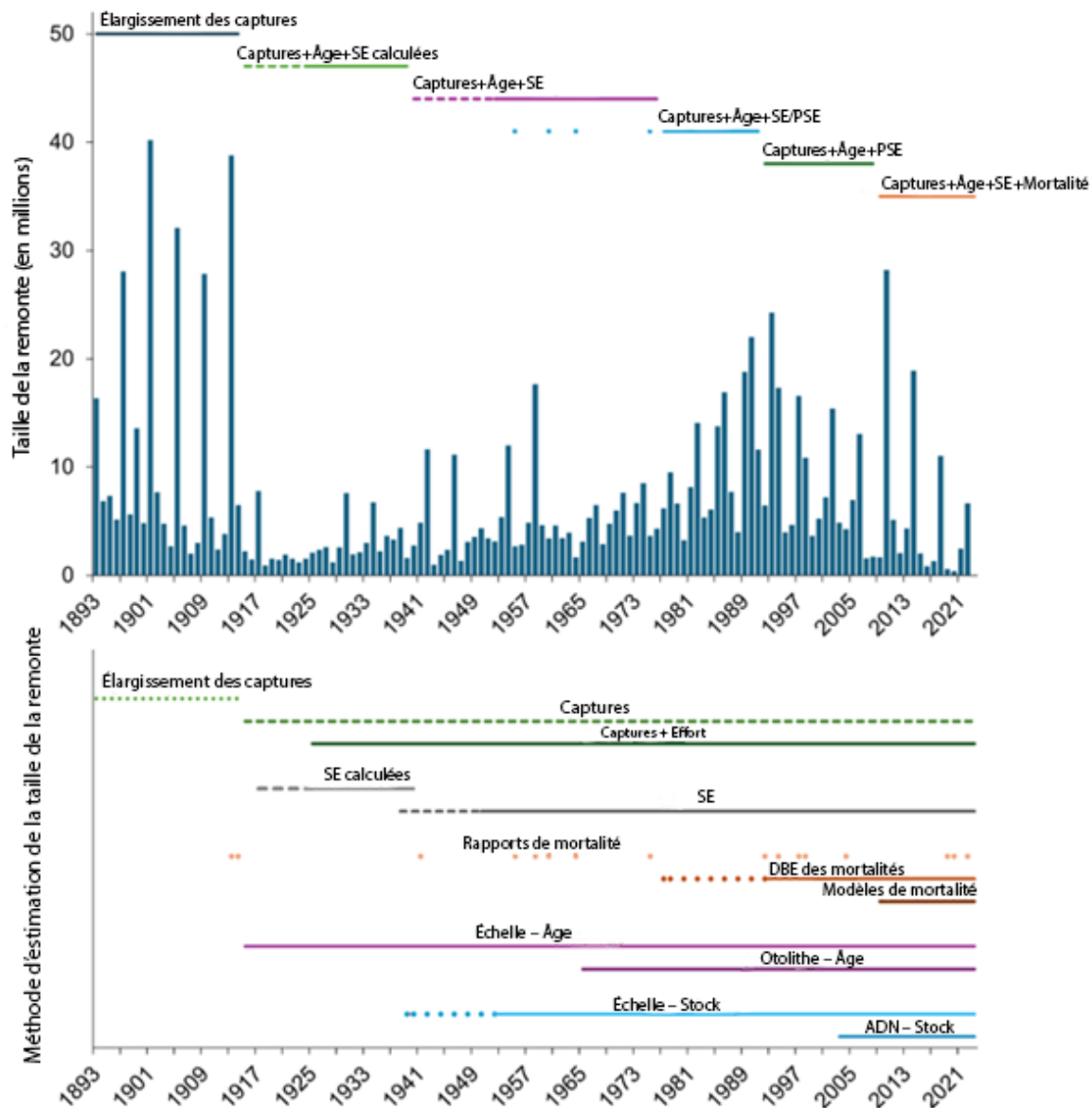


Figure 2. Aperçu des différentes approches d'estimation de la taille des remontes après la saison de pêche pour le saumon rouge du Fraser. Le graphique du haut résume les changements dans la détermination de la taille des remontes au cours des années 1893 à 2022; le graphique du bas fournit plus de renseignements sur les changements dans la disponibilité et l'utilisation des données d'évaluation des stocks pour déterminer la taille des remontes. Les abréviations concernent les estimations des échappées de géniteurs (SE) et des échappées potentielles de géniteurs (PSE), ces dernières étant basées sur les estimations de l'abondance dans le bas Fraser (c.-à-d. les estimations à Mission) après la prise en compte des captures durant les années intermédiaires. La différence entre les estimations (DBE) est calculée comme étant la différence entre les estimations des échappées de géniteurs (SE) et celles des échappées potentielles de géniteurs (PSE). L'inclusion explicite et uniforme des estimations de la mortalité en cours de montaison dans les calculs des tailles des remontes est relativement récente, et commence en 2009. Les données sur la taille des remontes proviennent de la base de données sur la taille des remontes, la pêche et les échappées (RuFEs) de la Commission du saumon du Pacifique (CSP).

Les préoccupations selon les stocks associées à l'utilisation des différences entre les estimations comme estimations des pertes en cours de montaison peuvent être mises en évidence par la relation entre les estimations des échappées de géniteurs (SE) et celles des échappées potentielles de géniteurs (PSE). Les stocks à montaison hâtive dans la rivière Stuart et de la rivière Thompson Nord sont deux exemples de stocks de saumon rouge du Fraser affichant des différences entre les estimations négatives constantes, ce qui suggère une mortalité constante et parfois importante dans ces rivières (figure 3). La relation entre les estimations des échappées de géniteurs (SE) et celles des échappées potentielles de géniteurs (PSE) pour le saumon rouge à montaison hâtive dans la rivière Stuart est conforme à notre compréhension des conditions de migration extrêmes et de la mortalité en cours de montaison (figure 3A; Macdonald *et al.* 2010). En revanche, il n'y a pas de justification biologique à la mortalité disproportionnellement élevée du saumon rouge de la rivière Thompson Nord par rapport aux autres stocks qui migrent au même moment (figure 3B). Un examen plus approfondi des estimations des échappées de géniteurs révèle que les méthodes d'évaluation visuelle utilisées pour la rivière Thompson Nord, large et aux eaux turbides, sont probablement biaisées à la baisse. Ces cas mettent en évidence le fait que les écarts selon les stocks entre les estimations des échappées potentielles de géniteurs (PSE) et celles des échappées de géniteurs (SE) peuvent être le résultat de biais dans les estimations des captures et des échappées de géniteurs et pas seulement attribuables à la mortalité en cours de montaison.

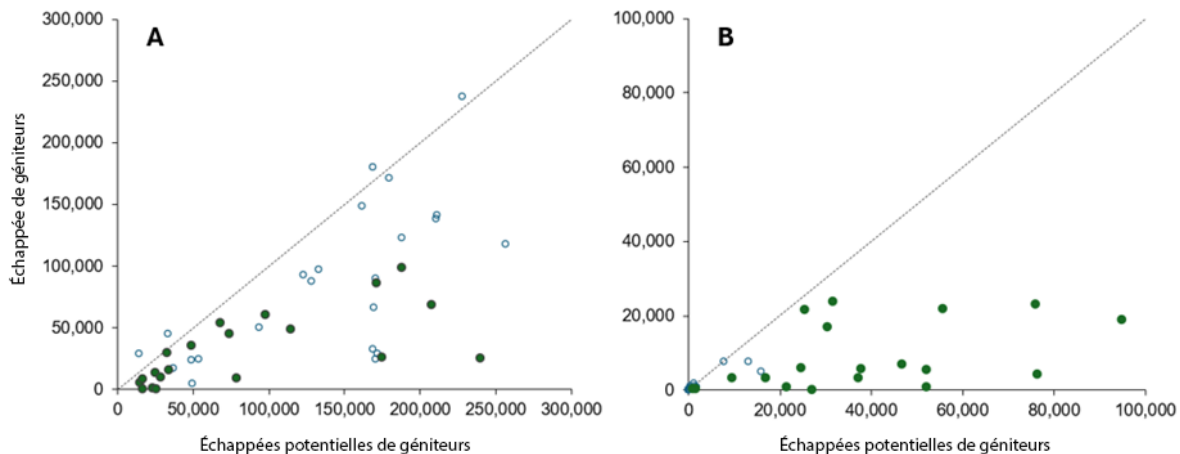


Figure 3. Comparaison entre les estimations des échappées potentielles de géniteurs (PSE; abondance dans le cours inférieur du fleuve à Mission moins les captures en amont) et des échappées de géniteurs (SE) pour le saumon rouge à montaison hâtive dans la rivière Stuart (A) et de la rivière Thompson Nord (B). Les cercles évidés représentent les données de 1977 à 2002; les cercles pleins représentent les données de 2003 à 2022, marquant la transition vers les affectations génétiques des stocks dans les estimations des échappées potentielles de géniteurs (PSE). La ligne noire pointillée représente la ligne 1:1 (PSE = SE). Il y a eu une différence entre les estimations (DBE; SE - PSE) négative constante pour les deux stocks. Pour les montaisons hâtives dans la rivière Stuart, cela correspond à notre compréhension des conditions de migration extrêmes et de la mortalité en cours de montaison. Pour celles de la rivière Thompson Nord, il n'y a pas de raison convaincante d'avoir une différence entre les estimations (DBE) négative aussi importante associée à la mortalité en cours de montaison. Les données proviennent de la base de données sur la taille des remonte, la pêche et les échappées (RuFEs) de la Commission du saumon du Pacifique (CSP).

Une meilleure compréhension de la taille des remonte, des facteurs liés à la taille des remonte et de la productivité connexe aidera à évaluer l'état des stocks. Des améliorations dans la quantification des captures propres au stock et de la mortalité en cours de montaison

peuvent aider à orienter les efforts de reconstitution et de rétablissement pour se concentrer sur les facteurs qui contribuent le plus aux déclins globaux. Les changements apportés à la politique canadienne (p. ex. la Politique concernant le saumon sauvage; MPO 2005) et à la législation relative aux espèces en voie de disparition (*Loi sur les espèces en péril* [LEP]; Comité sur la situation des espèces en péril au Canada [COSEPAC]) ont mis davantage l'accent sur la diversité des populations et les stocks à plus faible abondance, et sur l'examen approfondi des données d'évaluation des stocks de faible abondance. Le fait de ne pas reconnaître les biais majeurs ou de rejeter les divergences réelles comme des erreurs d'évaluation aléatoires associées à une faible précision peut mener à des conclusions erronées concernant les principaux facteurs à l'origine des changements dans l'abondance de la population. Par exemple, le fait d'ignorer la mortalité en cours de montaison du saumon rouge à montaison hâtive de la rivière Stuart des 30 dernières années impliquerait que la productivité (recrues par géniteur) ou les captures seraient les seuls facteurs limitatifs importants du potentiel de reconstitution et de rétablissement (figure 4). Les rapports géniteur à géniteur indiquent qu'au cours de 19 des 30 dernières années, moins de géniteurs sont retournés à leurs frayères natales qu'il y avait de géniteurs à l'origine (figure 4A). Cependant, cet échec constant du remplacement, et donc ce déclin, ne semble pas être dû la baisse de la productivité (recrues par géniteur; figure 4B). Lors de seulement 4 des 30 dernières années, le nombre estimé de saumons rouges à montaison hâtive de la rivière Stuart a été inférieur au nombre de géniteurs de l'année d'éclosion. Cela signifie que s'il n'y avait pas de captures et de mortalité en cours de montaison, la population de géniteurs devrait augmenter. Si nous supposons qu'il n'y a pas de mortalité en cours de montaison (ajouter toutes les différences entre les estimations [DBE] négatives aux échappées de géniteurs [SE]) pour isoler l'incidence des captures, nous ne voyons encore que 5 des 30 dernières années sans niveaux de remplacement (figure 4C). Toutefois, si nous supposons qu'il n'y a pas eu de captures pour isoler l'incidence de la mortalité en cours de montaison, nous revenons à 19 des 30 dernières années lors desquelles le remplacement n'a pas été atteint (figure 4D), ce qui signifie que pour 15 des 30 dernières années le remplacement serait atteint s'il n'y avait pas de mortalité en cours de montaison (soustraire quatre années de faible productivité).

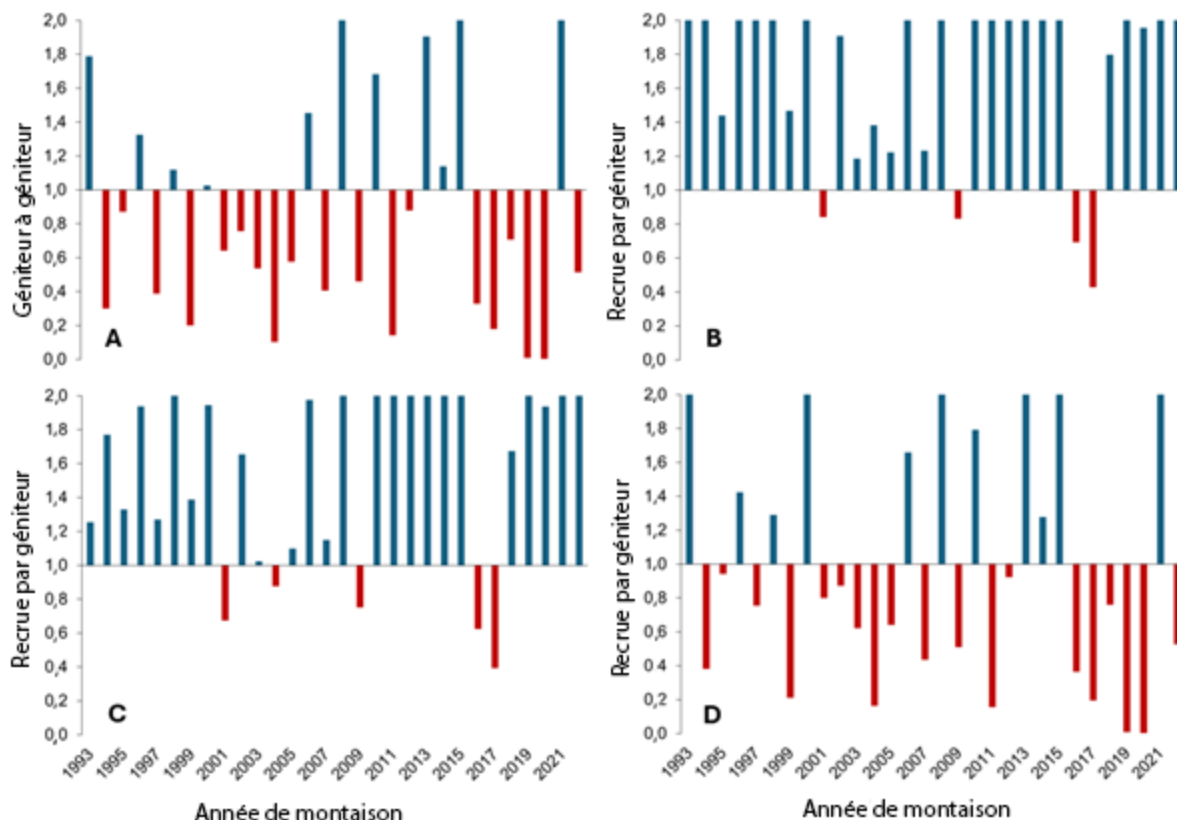


Figure 4. Variations annuelles du ratio de différents paramètres des recrues par géniteur de l'année d'éclosion pour le saumon rouge à montaison hâtive de la rivière Stuart de 1993 à 2022. Chaque graphique illustre un paramètre différent : A) géniteur à géniteur, B) recrue par géniteur, C) recrue par géniteur en supposant qu'il n'y a pas de mortalité en cours de montaison (captures seulement), et D) recrue par géniteur en supposant une mortalité en cours de montaison (aucune capture). Une valeur de 1 représente le remplacement, supérieure à 1 (en bleu) signifie une croissance de la population et inférieure à 1 (en rouge) signifie une diminution de la population par rapport aux géniteurs de l'année d'éclosion. Les rapports géniteur à géniteur sont inférieurs au taux de remplacement pour 19 années sur 30 (A), mais cela est dû à la faible productivité seule (recrue par géniteur) pour seulement 4 de ces années (B). Le fait de ne pas tenir compte des facteurs de mortalité en cours de montaison (C) et des captures (D) dans la détermination de la taille des remontes peut mener à des conclusions erronées concernant les principaux facteurs entraînant des changements dans l'abondance de la population, ce qui pourrait mal orienter les efforts de rétablissement et de reconstitution. Les nombres totaux ont été utilisés sans ajustement pour tenir compte de la classe d'âge. L'axe des x est plafonné à 2 aux fins d'affichage. Les données proviennent de la base de données sur la taille des remontes, la pêche et les échappées (RuFEs) de la Commission du saumon du Pacifique (CSP).

Un groupe de travail a été formé pour déconstruire les facteurs liés à la taille des remontes et élaborer des critères supplémentaires concernant l'utilisation appropriée des différences entre les estimations (DBE) pour estimer les pertes en cours de montaison au niveau du stock (Robinson et Patterson 2014, 2015). Cela a mené à l'élaboration d'un processus annuel qui comprend des ajustements pour tenir compte de l'incertitude entourant les échappées de géniteurs et les captures totales par stock, ainsi que des estimations distinctes de la mortalité en cours de montaison fondées sur les relations entre conditions de migration défavorables et la survie du saumon pendant sa migration. Les estimations ont été calculées comme la somme des échappées de géniteurs, des captures et, dans la plupart des cas, d'un ajustement de la

taille des remontes (RSA) qui représentait un ajustement numérique attribué à l'une des quatre sources potentielles : les échappées de géniteurs, les captures, la mortalité en cours de montaison et les autres sources. Avec cette approche, les estimations des pertes en cours de montaison et à partir des évaluations ont été revues pour l'incertitude et le biais suivant les procédures relatives aux données en cours de saison. L'ajustement des estimations des échappées de géniteurs ($RSA_{\text{Géniteurs}}$) a permis des rajustements selon le stock en fonction des biais soupçonnés dans les méthodes pour les échappées en zone terminale. L'ajustement des estimations des captures (RSA_{Captures}) a produit d'autres estimations de captures non attribuées qui auraient pu ne pas être intégrées aux structures comptables des captures existantes. Dans la plupart des cas, l'ajustement de la mortalité en cours de montaison ($RSA_{\text{Mortalité}}$) était un paramètre connexe d'une différence entre les estimations (DBE) négative; cependant, avec cette approche, les valeurs de $RSA_{\text{Mortalité}}$ ont été vérifiées pour s'assurer qu'elles correspondaient à la mortalité attendue étant donné l'association connue avec les conditions environnementales et biologiques. La catégorie RSA_{Autres} a été créée pour les ajustements à la taille de la remonte qui n'ont pas pu être intégrés dans l'une des trois méthodes d'évaluation du stock établies (p. ex. estimation des échappées de géniteurs [SE] absente ou incomplète). Cette méthode provisoire de détermination de la taille des remontes après la saison de pêche était en place pour les années de montaison 2009 à 2013. L'approche actuelle en matière de taille des remontes après la saison de pêche, les recommandations d'amélioration et les directives sur leur utilisation sont résumées dans la section Évaluation ci-dessous.

ÉVALUATION

Méthodes actuelles d'estimation de la taille des remontes après la saison de pêche, selon le stock

Les méthodes utilisées pour générer des estimations de la taille des remontes selon le stock après la saison de pêche entre 2014 et 2022 reflètent un changement distinct vers des reconstitutions basées sur les estimations des échappées de géniteurs, évitant ainsi le défi de concilier les différences entre les estimations (DBE) à un niveau propre au stock. L'accent a été ainsi mis sur les facteurs de risque environnementaux et biologiques qui ont une incidence sur la mortalité en cours de montaison, avant l'évaluation des approximations quantitatives de la mortalité en rivière (p. ex. les différences entre les estimations [DBE]). Les équations suivantes sont actuellement utilisées pour calculer la taille des remontes après la saison de pêche propres au stock de saumon rouge du Fraser :

$$\text{Taille de la remonte} = \text{géniteurs} + \text{captures} + \text{RSA}$$

$$RSA = RSA_{\text{Géniteurs}} + RSA_{\text{Captures}} + RSA_{\text{Mortalité}} + RSA_{\text{Autres}}$$

$$RSA_{\text{Mortalité}} = (\text{géniteurs} + RSA_{\text{Géniteurs}}) * \% \text{ mortalité} / (100 \% - \% \text{ mortalité})$$

Les composantes ajustées (c.-à-d. les RSA) des équations sont déterminées par les membres du groupe de travail qui se réunissent au moins une fois par année pour discuter de chaque composante et produire les estimations d'après la saison de pêche. Pour chaque année de montaison, les experts en méthodes d'estimation d'échappées de géniteurs et de captures présentent l'incertitude des approches utilisées et des ajustements nécessaires pour élaborer de meilleures estimations de ces composantes aux fins de la détermination de la taille de la remonte. Cette étape est suivie du processus d'établissement de la mortalité en cours de montaison, dans lequel les membres du groupe de travail discutent des renseignements environnementaux et biologiques disponibles pour déterminer les estimations du pourcentage

de mortalité selon le stock. Ces estimations sont ensuite utilisées pour reconstituer la taille de la remonte à partir des estimations de l'échappée de géniteurs ajustées.

Les méthodes utilisées pour estimer l'échappée de géniteurs pour chaque population varient en fonction des attributs du système et des attentes d'avant la saison concernant la taille de la remonte. Des techniques de faible précision, comme les relevés visuels, sont généralement utilisées lorsque l'échappée prévue est inférieure à 75 000 géniteurs. Pour les populations dont les échappées prévues sont supérieures à 75 000 géniteurs, des méthodes plus intensives et plus précises sont généralement utilisées (c.-à-d. barrière de dénombrement, marquage-recapture, hydroacoustique; Grant *et al.* 2011). Sur le plan numérique, la plupart des saumons rouges du fleuve Fraser sont dénombrés dans les frayères à l'aide de méthodes de haute intensité avec des estimations quantifiables de l'incertitude (c.-à-d. faibles valeurs du CV). Cependant, une proportion élevée des plus de 180 cours d'eau de frai du saumon rouge du Fraser est estimée à l'aide de méthodes de faible intensité avec des estimations d'incertitude non quantifiées. L'évaluation des stocks par le MPO consiste à évaluer les estimations de leurs échappées de géniteurs pour le biais connu ou prévu dans le cadre du processus de détermination du $RSA_{\text{Géniteurs}}$. Dans la plupart des cas, le biais dans les estimations des échappées est systématique et découle de l'utilisation d'un facteur d'élargissement inapproprié appliqué aux pics de dénombrements de saumons dans les frayères pour générer des estimations des échappées pour les systèmes faisant l'objet de relevés visuels. Les décisions de rajustement des échappées présentées lors des réunions annuelles du groupe de travail sur les ajustements de la taille des remontes comprennent une documentation sur la source, la direction et l'ampleur du biais probable pour chaque stock faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte.

De nombreuses pêches dirigées et non dirigées interceptent les saumons rouges du fleuve Fraser adultes pendant leur migration de fraie de retour. L'estimation de ces captures par un éventail diversifié de pêches repose sur une série d'outils de surveillance et de déclaration. Les données sur les captures fournies par la plupart des programmes de surveillance sont classées par espèce, tandis que les estimations des captures par stock et par âge sont généralement générées d'après les programmes d'échantillonnage des pêches expérimentales, à moins que les captures aient été directement échantillonnées. La principale source d'incertitude est de savoir si toutes les pêches potentielles qui peuvent intercepter les saumons rouges du fleuve Fraser ont été évaluées pour estimer les captures totales. L'incertitude des estimations des captures propres au stock et à l'âge utilisées dans le processus de détermination de l'ajustement de la taille des remontes varie selon le groupe de stock et l'année, les pêches contribuant aux données, les méthodes d'estimation utilisées et l'erreur aléatoire. Pour la détermination du RSA_{Captures} , les estimations des prises totales d'une pêche donnée sont évaluées en fonction du biais connu ou prévu. Il incombe aux gestionnaires des ressources du MPO, avec l'appui du personnel de la Commission du saumon du Pacifique et des gestionnaires des pêches des États-Unis, de présenter les décisions sur le biais aux réunions du groupe de travail sur les ajustements de la taille des remontes avec une explication des sources d'incertitude.

L'objectif général de cette approche pour le $RSA_{\text{Mortalité}}$ est d'utiliser notre compréhension actuelle de la façon dont le devenir des poissons pendant la migration vers l'amont est influencé par les facteurs environnementaux et biologiques pour éclairer les estimations de la mortalité en cours de montaison en fonction de la condition. À ce titre, le processus d'établissement du $RSA_{\text{Mortalité}}$ a été élaboré pour intégrer une approche plus centrée sur les poissons pour estimer la mortalité en fonction des recherches actuelles sur la biologie de la migration du saumon. Les données sont présentées dans deux tableaux sommaires et évaluées selon une série d'étapes

reproductibles visant à établir une plage numérique d'estimations de la mortalité raisonnables avant l'examen des estimations dérivées de différentes sources de données d'évaluation des stocks.

Le premier tableau est rempli avec les cotes de risque de mortalité approximatives (1 à 4) qui représentent une plage de pourcentages de mortalité plausibles pour chaque stock faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte, en utilisant les facteurs de risque environnementaux et biologiques pour une année donnée. La structure du tableau est conçue pour regrouper l'incidence de facteurs précis (ou de facteurs de stress) sur la mortalité en cours de montaison, chaque colonne représentant une meilleure estimation de la contribution indépendante du paramètre à la mortalité. Les relations quantifiables entre la température élevée ou le débit élevé et la mortalité nous permettent de créer des profils d'exposition environnementaux qui sont éclairés par des estimations propres au stock de la période de migration quotidienne et des répartitions plus faibles de l'abondance dans les rivières (Macdonald *et al.* 2010; Martins *et al.* 2011). Les autres colonnes environnementales et biologiques sont traitées comme des modificateurs des cotes de risque dominantes pour l'exposition environnementale. Une description plus détaillée des colonnes est fournie dans le tableau 1.

Tableau 1. Exemple d'un tableau récapitulatif des risques d'exposition environnementale et biologique de 2022. Les valeurs de l'évaluation globale des risques propres au stock générées à partir de ce tableau sont ensuite entrées dans le tableau d'évaluation quantitative à l'étape suivante du processus d'établissement du RSA_{Mortalité}. NR indique qu'aucun événement n'a été signalé.

PÉRIODE DE MONTAISON	GROUPE DE STOCKS	ÉTAPE 1 : Exposition à la température	ÉTAPE 1 : Exposition au débit élevé	ÉTAPE 1 : Exposition au débit faible	ÉTAPE 1 : Autres événements	ÉTAPE 2 : Comportement migratoire	ÉTAPE 2 : Pression de la pêche	ÉTAPE 2 : État des poissons	ÉVALUATION GLOBALE DES RISQUES (propres au stock)	COMMENTAIRES
Hâtive	Montaison hâtive dans la Stuart	3	4	1	NR	2	1	2	4	–
Début de l'été	Pitt	2	1	1	NR	1	1	1	1	–
Début de l'été	Chilliwack	1	1	1	NR	1	1	1	1	–
Début de l'été	Nahatlatch	2	1	1	NR	1	2	1	2	–
Début de l'été	Gates	2	1	1	NR	1	2	2	2	Franchissement de barrages
Début de l'été	Nadina	3	2	1	NR	2	2	2	3	–
Début de l'été	Bowron	2	2	1	NR	1	2	1	2	–
Début de l'été	Taseko	2	1	1	NR	1	2	1	2	–

Région du Pacifique

Détermination de la taille de la remonte propre au
saumon rouge du fleuve Fraser

PÉRIODE DE MONTAISON	GROUPE DE STOCKS	ÉTAPE 1 : Exposition à la température	ÉTAPE 1 : Exposition au débit élevé	ÉTAPE 1 : Exposition au débit faible	ÉTAPE 1 : Autres événements	ÉTAPE 2 : Comportement migratoire	ÉTAPE 2 : Pression de la pêche	ÉTAPE 2 : État des poissons	ÉVALUATION GLOBALE DES RISQUES (propres au stock)	COMMENTAIRES
Début de l'été	Upper Barriere	3	1	1	NR	1	2	1	2	–
Début de l'été	Scotch	3	1	1	NR	1	2	2	3	–
Début de l'été	Seymour	3	1	1	NR	1	2	2	3	–
Été	Raft	2	1	1	NR	1	2	1	2	–
Été	Thompson Nord	2	1	1	NR	1	2	1	2	–
Été	Chilko	3	1	1	NR	2	2	1	3	–
Été	Horsefly	3	1	1	NR	1	2	2	3	–
Été	Mitchell	3	1	1	NR	1	2	1	3	–
Été	Montaison tardive dans la Stuart	3	1	1	NR	1	2	1	3	–
Été	Stellako	3	1	1	NR	1	2	1	3	–
Été	Harrison	3	1	1	NR	2	2	1	2	Entrée précoce, montaison tardive

Région du Pacifique

Détermination de la taille de la remonte propre au
saumon rouge du fleuve Fraser

PÉRIODE DE MONTAISON	GROUPE DE STOCKS	ÉTAPE 1 : Exposition à la température	ÉTAPE 1 : Exposition au débit élevé	ÉTAPE 1 : Exposition au débit faible	ÉTAPE 1 : Autres événements	ÉTAPE 2 : Comportement migratoire	ÉTAPE 2 : Pression de la pêche	ÉTAPE 2 : État des poissons	ÉVALUATION GLOBALE DES RISQUES (propres au stock)	COMMENTAIRES
Tardive	Birkenhead	3	1	1	NR	1	2	1	2	–
Tardive	Weaver	1	1	3	NR	2	2	3	3	Entrée précoce, montaison tardive
Tardive	Cultus	1	1	1	NR	2	2	1	2	Entrée précoce, montaison tardive
Tardive	Montaison tardive dans la Shuswap	2	1	1	NR	2	2	1	2	Entrée précoce, montaison tardive
Tardive	Portage	2	1	1	NR	2	2	1	2	Entrée précoce, montaison tardive, franchissement de barrages

La cote du risque d'exposition à la température constitue le fondement de cette évaluation globale des risques en raison de la force de la recherche en soutien sur le mécanisme derrière cette mortalité et du potentiel de générer un lien quantitatif avec les estimations de la mortalité en cours de montaison (Eliason *et al.* 2011; Martins *et al.* 2011; Patterson *et al.* 2016). Le risque de mortalité est quantifié comme l'exposition pendant 96 heures à une température moyenne, soutenue par la réduction de la capacité métabolique qui se produit à des températures élevées et les limites associées à la performance de nage et à la progression vers l'amont (Farrell *et al.* 2008; Eliason *et al.* 2011). Plus précisément, les données recueillies à chaque site de surveillance de la température de l'eau en temps réel sont mises en correspondance avec les tendances migratoires quotidiennes de chaque stock faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte afin d'évaluer le risque d'exposition thermique le long de son corridor de migration. Cette approche utilise des estimations quotidiennes de l'abondance propre à chaque stock à Mission pour éclairer le moment de la migration et la répartition de l'abondance relative. Pour les évaluations des risques d'exposition dans le cours inférieur du fleuve, la répartition à Mission est représentée en fonction de la température moyenne quotidienne de l'eau pour le bas Fraser à Qualark (100 km en amont de Mission) et le risque global propre au site est calculé (figure 5). Pour les évaluations de l'exposition plus en amont, la répartition à Mission est ajustée par un taux de migration fixe propre à chaque site afin de s'aligner avec les emplacements des sites de surveillance de la température en amont. La cote de risque la plus élevée parmi les emplacements disponibles est utilisée pour remplir la colonne sur l'exposition à la température pour chaque stock.

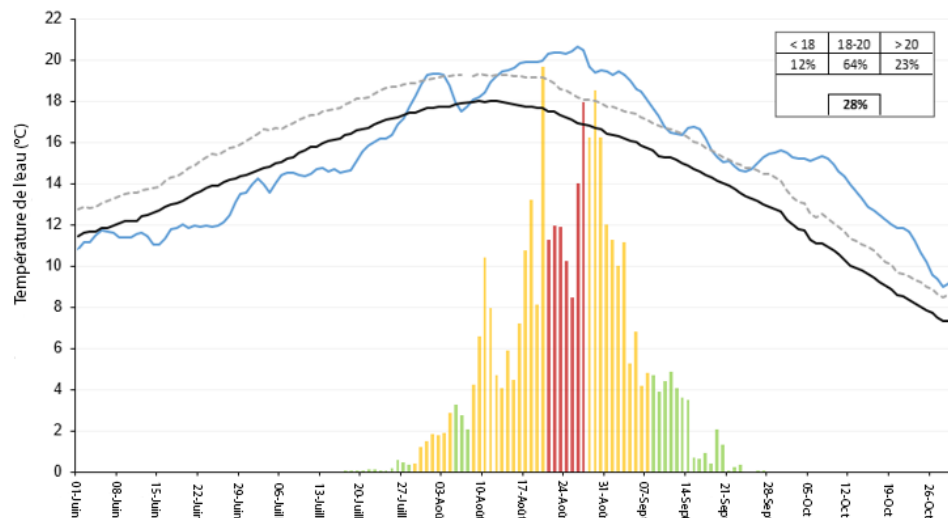


Figure 5. Exemple de visualisation du risque d'exposition à la température pour le saumon rouge de la rivière Chilko en 2022, à l'aide des données quotidiennes sur l'abondance propre au stock et la température de l'eau à Mission pour le bas Fraser (Programme des observations environnementales du fleuve Fraser à Qualark). Les barres présentent l'abondance relative, où le vert indique que le saumon rouge franchit le site de surveillance lorsque la température de l'eau est inférieure à 18 °C, le jaune, lorsque la température de l'eau est entre 18 et 20 °C, et le rouge, lorsque la température de l'eau est supérieure à 20 °C. La contribution proportionnelle de chaque couleur à l'abondance globale à Mission est présentée dans le tableau inséré, avec la valeur finale en gras représentant le risque global sur 96 heures, pondéré par la catégorie de température (voir Robinson *et al.* accepté). La ligne noire continue et la ligne grise pointillée représentent la moyenne quotidienne et la température de l'eau à +1SD pour la période de 1941 à 2021. La ligne continue en bleu représente la température de l'eau pour l'année d'évaluation (c.-à-d. 2022).

La cote du risque de mortalité suivant, l'exposition aux débits élevés, imite l'approche d'exposition à des températures élevées en utilisant les seuils de débit élevé des travaux publiés (p. ex. Macdonald *et al.* 2010) pour estimer le risque. Les estimations quotidiennes de l'abondance propre au stock à Mission sont utilisées pour éclairer les répartitions du moment de la migration et de l'abondance relative, et elles sont représentées en fonction du débit moyen quotidien pour le bas Fraser seulement. Les autres colonnes indiquent d'autres variables environnementales ou biologiques qui peuvent modifier les cotes de risque de température élevée ou de débit élevé. Des effets de faibles débits ont été notés à quelques occasions, comme ceux des dispositifs servant à réduire la vitesse d'écoulement de l'eau, avant d'atteindre les zones d'évaluation du frai. Le risque de mortalité associé aux événements géomorphologiques, comme les glissements de terrain, est pris en considération dans une cote distincte. Le risque de mortalité découlant d'un comportement migratoire anormal est fondé sur les écarts propres au stock en ce qui concerne la période à laquelle les saumons arrivent de la mer, entrent dans le fleuve, arrivent dans les frayères et fraient. Par exemple, une cote plus élevée est attribuée aux populations qui entrent tôt dans la rivière en raison de leur association étroite avec un taux de mortalité élevé en cours de montaison (Hinch *et al.* 2012). La cote pour le risque supplémentaire posé par la pêche est basée sur l'opinion d'experts sur la proportion d'un stock donné qui est susceptible de mourir après être entré en contact avec un engin de pêche, soit la mortalité accidentelle liée à la pêche [FRIM] (Patterson *et al.* 2017). La cote de la dernière colonne biologique sur l'état des poissons est évaluée en fonction des rapports sur la taille des poissons, l'état superficiel des poissons et la rétention des œufs.

La dernière étape du tableau d'évaluation des risques de mortalité consiste à estimer la fourchette la plus probable du pourcentage de mortalité pour chaque stock en évaluant le risque d'exposition cumulatif dans les colonnes du tableau. Peu de recherches sont consacrées à la façon dont deux ou plusieurs facteurs potentiels (p. ex. les agents de stress) interagissent (c.-à-d. de manière antagoniste, synergique ou additive; Côté *et al.* 2016) pour influencer la mortalité globale (Patterson *et al.* 2016, 2017). Au minimum, on suppose une réponse à l'agent de stress de dominance, une variante de l'agent de stress antagoniste, où la valeur la plus élevée pour la température ou le débit est la position de départ par défaut pour la cote globale. L'opinion des experts est ensuite utilisée pour déterminer si la mortalité supplémentaire doit être appliquée en raison d'autres facteurs de risque (p. ex. franchissement de barrages), en gardant à l'esprit que les poissons ne peuvent mourir qu'une fois, de sorte que le risque spatial et temporel est pris en compte à ce stade. Inversement, c'est également là que les renseignements propres au stock peuvent être utilisés pour proposer des mesures d'atténuation contre une valeur élevée (p. ex. tolérance thermique du stock de la rivière Chilko; Eliason *et al.* 2011). Les renseignements supplémentaires pertinents pour la décision finale sont documentés.

Les estimations quantitatives de la mortalité du saumon rouge du Fraser disponibles chaque année sont présentées dans le deuxième tableau sommaire. Tout d'abord, les estimations de la mortalité propre au stock générées par les programmes de marquage en cours de saison ou les modèles fondés sur le marquage élaborés à partir de la relation entre le moment de la migration et le risque d'exposition environnementale sont présentées (English *et al.* 2005; Martins *et al.* 2011). Ces modèles sont utilisés pour estimer la mortalité en fonction du moment de la migration propre à chaque stock et des données sur les conditions environnementales pour une année d'évaluation donnée. Ensuite, cinq estimations différentes des pertes en cours de montaison entre les pertes dans le cours inférieur du fleuve et les échappées de géniteurs (c.-à-d. les variations des différences entre les estimations [DBE]) produites par les procédures existantes en saison et après la saison sont évaluées. On effectue ensuite une comparaison de la fourchette des cotes du risque de mortalité du tableau précédent avec ces estimations quantitatives. L'estimation ponctuelle finale de la mortalité se situe normalement dans la

fourchette du risque de mortalité convenue par le groupe de travail; les justifications de tout écart sont documentées.

La dernière étape du processus est la tâche compliquée d'intégrer tous les ensembles de données examinés et générés dans le processus d'après-saison dans les ensembles de données de production historiques. Il s'agit notamment d'appliquer les composantes de la taille des remontes à différents niveaux de regroupement du stock et d'attribuer la composition selon l'âge aux estimations de la taille des remontes après la saison de pêche propres au stock afin d'étayer les estimations des recrues. De plus, les estimations du rapport des sexes et de la rétention des œufs recueillies pendant les relevés dans les frayères sont intégrées pour calculer les estimations des femelles reproductrices efficaces utilisées dans les calculs du stock-recrutement. L'intégration finale et le stockage de l'ensemble de données sont effectuées par le personnel de la Commission du saumon du Pacifique.

Recommander des améliorations à apporter à la détermination de la taille des remontes selon le stock

Le processus actuel d'estimation de la taille des remontes après la saison de pêche documenté dans Robinson *et al.* (accepté) représente l'un des quelques exemples de la façon d'intégrer la mortalité en cours de montaison ainsi que les captures et les échappées de géniteurs dans les estimations pour le saumon du Pacifique (p. ex. Potter *et al.* 2004; Baker *et al.* 2014), même si la quantification de la mortalité propre à chaque stade est depuis longtemps reconnue comme importante dans les évaluations des stocks (Ricker 1976). En l'absence d'autres processus examinés par les pairs, une liste détaillée des recommandations potentielles a été compilée qui couvre tout le spectre de la collecte et de l'analyse des données, ainsi que des rapports sur les échappées de géniteurs, les captures et la mortalité en cours de montaison, et un examen des autres méthodes d'estimation de la taille de la remonte du saumon rouge du fleuve Fraser tirées de documents publiés connexes (Patterson *et al.* accepté) a été effectué. Cela confirme que les améliorations continues de la détermination de la taille de la remonte après la saison de pêche profiteront aux utilisateurs de ces données. L'objectif principal de chaque recommandation est d'améliorer la qualité globale des produits de données et la véracité du processus utilisé pour générer ces produits. Par conséquent, chaque recommandation a été sélectionnée pour satisfaire aux critères d'amélioration suivants :

1. elle améliore l'un de ces extrants pour une ou plusieurs périodes d'après la saison de pêche du stock faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte : taille de la remonte, échappée de géniteurs, captures, mortalité en cours de montaison propres au stock ou tout ce qui précède selon l'âge;
2. elle aborde l'un des domaines à améliorer cibles suivants : reproductibilité, transparence, documentation, pratiques exemplaires, quantification de l'incertitude ou réduction de l'incertitude (voir le tableau 2).

En outre, les recommandations doivent mettre l'accent sur au moins un des domaines clés suivants :

1. une contribution directe (p. ex. échappée de géniteurs);
2. une contribution indirecte (p. ex. état du poisson, effort de pêche);
3. un processus (p. ex. évaluation des risques);
4. un produit principal (p. ex. taille de la remonte propre au stock);
5. un dérivé du produit principal (p. ex. taux d'exploitation).

Les principales recommandations pour chaque catégorie sont les suivantes : simplifier l'approche globale de la taille de la remonte après la saison de pêche, mettre à jour les estimations des relevés visuels des échappées de géniteurs pour en améliorer la précision, recevoir des rapports cohérents et opportuns sur les captures de toutes les pêches qui ont un potentiel raisonnable d'intercepter le saumon rouge du Fraser, mettre à jour et étendre les modèles de mortalité pour inclure tous les stocks faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte, et travailler à quantifier l'incertitude dans tous les intrants et extrants (tableau 2). Une série de méthodes pour générer des estimations des échappées de géniteurs, des captures et de la mortalité en cours de montaison lorsque la taille du stock est très faible ou que les données sur les composantes individuelles sont exceptionnelles (p. ex. aucune donnée sur les captures, mortalité extrêmement élevée) ont également été recommandées, ainsi qu'un modèle de reconstitution de la montaison après la saison de pêche. Une mise en garde générale a été faite quant à la grande incertitude de certaines estimations de la taille, des composantes et des dérivés de la remonte (c.-à-d. taux d'exploitation, estimations du recrutement du stock), en particulier pour les stocks de faible abondance. D'autres travaux sont nécessaires pour évaluer les recommandations afin de déterminer si des améliorations seront probablement apportées comme prévu et pour veiller à ce que les efforts soient axés sur l'évolution et les objectifs multiples de la production de tailles de remonte propres aux stocks selon l'âge pour le saumon rouge du Fraser. Les déclinés de l'abondance des stocks, les diminutions des captures et les augmentations de la mortalité en cours de montaison ne sont pas uniques au saumon rouge du Fraser; par conséquent, les méthodes et les recommandations seront probablement utiles à d'autres processus d'évaluation des populations de saumon du Pacifique.

Tableau 2. Caractérisation sommaire des recommandations pour l'amélioration de la détermination de la taille des remontes. Les indications « direct » (D) et « indirect » (I) indiquent l'objectif et le type d'amélioration pour chaque recommandation. La colonne « Effort » reflète le niveau d'effort à produire. La colonne « Lien avec le processus » fait référence à un sous-ensemble de processus scientifiques et de gestion sur lequel chaque recommandation aurait une incidence (FP = Conseil du fleuve Fraser, RR = rétablissement ou reconstitution, SSA = évaluations de l'état des stocks, WG = groupe de travail sur la taille des remontes après la saison de pêche). Les autres colonnes fournissent un contexte supplémentaire pour aider à définir la portée et à prioriser les recommandations à la lumière des principaux défis scientifiques et des principales considérations. La dernière colonne comprend les principales dépendances à d'autres recommandations.

Recommandation	Taille de la remonte	Géniteurs	Captures	Mortalité en cours de	Reproductibilité/Transparence	Documents	Meilleures pratiques	Quantification de l'incertitude	Réduction de l'incertitude	Effort	Lien avec le processus	Principaux défis scientifiques	Principales considérations et dépendances (R-#)
APPROCHE GLOBALE													
R-1 : Simplifier la structure globale de la taille de la remonte après la saison de pêche	D	–	–	–	D	–	I	–	–	Faible	Tous	Circonstances imprévues	Respect de R-4 et R-11
R-2 : Normaliser le niveau de regroupement des populations	D	–	–	–	D	–	I	–	–	Moyen	Tous	–	Définir les objectifs pour plusieurs utilisateurs finaux
R-3 : Normaliser le niveau de la portée spatiale	D	–	–	–	D	–	I	–	–	Faible	Tous	Mortalité naturelle en mer	Déplacement spatio-temporel des pêches
ÉCHAPPÉE DE GÉNITEURS													
R-4 : Mettre à jour les facteurs d'élargissement des relevés visuels	I	D	–	I	–	–	–	–	D	Moyen	RR, SSA	Besoin d'intervalles de confiance	–
R-5 : Quantifier l'incertitude dans les estimations des échappées selon l'âge	–	D	–	–	–	–	I	D	–	Moyen	FP, RR, SSA	Élaboration de méthodes	–
R-6 : Accorder la priorité à la réduction de l'incertitude	–	D	–	I	–	–	–	–	D	Élevé	RR, SSA	–	Réaffectation des ressources Considérations

Région du Pacifique

Détermination de la taille de la remonte propre au saumon rouge du fleuve Fraser

Recommandation	Taille de la remonte	Géniteurs	Captures	Mortalité en cours de	Reproductibilité/ Transparence	Documents	Meilleures pratiques	Quantification de l'incertitude	Réduction de l'incertitude	Effort	Lien avec le processus	Principaux défis scientifiques	Principales considérations et dépendances (R-#)
pour les stocks de faible abondance													relatives au <i>Traité sur le saumon du Pacifique</i>
R-7 : Supprimer l'échappée de géniteurs de stocks faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte	–	D	–	–	D	I	D	–	I	Faible	SSA	Nécessite un examen par les pairs; nécessite une réévaluation des séries chronologiques sur les échappées de géniteurs	R-4
CAPTURES													
R-8 : Déclarer toutes les captures de manière uniforme et en temps opportun	I	–	D	I	D	D	D	–	D	Élevé	FP, RR	–	Coopération multigroupes
R-9 : Améliorer la collecte de données sur la mortalité accidentelle liée à la pêche (FRIM)	I	–	I	D	I	I	I	–	D	Élevé	FP, RR	Renseignements limités sur la baisse de la mortalité	Coopération multigroupes; R-8
R-10 : Quantifier l'incertitude dans les estimations des captures	I	–	D	–	–	I	–	D	–	Élevé	RR	Large portée	Limites de capacité; R-8
R-11 : Améliorer l'attribution de l'âge et du stock	I	–	D	–	–	–	–	–	D	Moyen	FP, SSA	Limites d'attribution des stocks génétiques	Coopération multigroupes; R-8
R-12 : Supprimer les captures faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte	I	–	D	–	D	I	D	–	–	Faible	GT	–	Mises à jour des bases de données; R-8, R-9, R-11

Région du Pacifique

Détermination de la taille de la remonte propre au saumon rouge du fleuve Fraser

Recommandation	Taille de la remonte	Géniteurs	Captures	Mortalité en cours de	Reproductibilité/ Transparence	Documents	Meilleures pratiques	Quantification de l' incertitude	Réduction de l' incertitude	Effort	Lien avec le processus	Principaux défis scientifiques	Principales considérations et dépendances (R-#)
MORTALITÉ EN COURS DE MONTAISON													
R-13 : Générer des estimations de la mortalité pour tous les stocks faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte lors d'un examen annuel	I	–	–	D	I	–	I	–	D	Moyen	RR, SSA	Données limitées sur les stocks du bas Fraser	R-2
R-14 : Examiner régulièrement la documentation sur la biologie de la migration des saumons adultes	–	–	–	D	–	–	D	–	–	Faible	Tous	–	–
R-15 : Améliorer les cotes d'exposition à la température et les modèles de mortalité	–	–	–	D	–	–	–	I	D	Moyen	Tous	Compromis entre le modèle propre au stock et le modèle plus général pour l'espèce	R-22
R-16 : Améliorer les cotes d'exposition aux débits et les modèles de mortalité	–	–	–	D	–	–	–	I	D	Moyen	Tous	Nécessite un examen par les pairs	R-22
R-17 : Mettre à jour les modèles de comportement migratoire et de prévision de la mortalité	–	–	–	D	–	–	–	I	D	Moyen	FP, RR	Lié à l'exposition thermique	R-22
R-18 : Quantifier la mortalité accidentelle liée à la pêche (FRIM)	–	–	–	D	–	–	–	I	D	Moyen	Tous	Effets cumulatifs	R-8, R-9, R-15, R-22
R-19 : Quantifier la condition des poissons liée à la mortalité	–	–	–	D	–	–	D	I	D	Moyen	Tous	Résultats non uniformes à ce jour	R-22

Région du Pacifique

Détermination de la taille de la remonte propre au saumon rouge du fleuve Fraser

Recommandation	Taille de la remonte	Géniteurs	Captures	Mortalité en cours de	Reproductibilité/ Transparence	Documents	Meilleures pratiques	Quantification de l'incertitude	Réduction de l'incertitude	Effort	Lien avec le processus	Principaux défis scientifiques	Principales considérations et dépendances (R-#)
R-20 : Réévaluer l'utilisation du modèle à moyennes mobiles (MA model) et des variantes des différences entre les estimations (DBE)	-	-	-	D	I	-	-	-	-	Moyen	Tous	-	-
R-21 : Quantifier l'incertitude dans les estimations de la mortalité	-	-	-	D	-	-	D	D	I	Élevé	RR	Nombreuses sources d'incertitude; élaboration de méthodes	-
R-22 : Modéliser les effets multifactoriels et cumulatifs	-	-	-	D	-	-	D	I	D	Élevé	RR	-	R-14
R-23 : Réévaluer le processus global d'évaluation des risques	-	-	-	D	D	-	I	-	-	Moyen	RR	Nombre limité d'événements de mortalité extrême à modéliser	-
R-24 : Produire des estimations de la mortalité indépendantes	-	-	-	D	-	-	D	-	D	Élevé	RR	Nombreuses idées, difficile, dans certains cas non prouvées	R-14
R-25 : Générer une résolution spatiale et temporelle de la mortalité	-	-	-	I	-	D	I	I	I	Élevé	RR	Élaboration de méthodes	R-8, R-9
INTÉGRATION DES DONNÉES													
R-26 : Fournir des indicateurs de la qualité des données	I	-	-	-	-	-	-	I	-	Faible	Tous	-	R-5, R-10, R-21
R-27 : Documenter les intrants et les extrants des composantes de base	I	-	-	-	I	D	I	-	-	Faible	GT	-	-

Région du Pacifique

Détermination de la taille de la remonte propre au saumon rouge du fleuve Fraser

Recommandation	Taille de la remonte	Géniteurs	Captures	Mortalité en cours de	Reproductibilité/ Transparence	Documents	Meilleures pratiques	Quantification de l' incertitude	Réduction de l' incertitude	Effort	Lien avec le processus	Principaux défis scientifiques	Principales considérations et dépendances (R-#)
DIAGNOSTICS													
R-28 : Réévaluer l'efficacité des diagnostics actuels	I	I	I	I	I	–	D	–	–	Moyen	FP, SSA	Mesures de rendement difficiles à quantifier	R-5, R-10, R-21
RÔLES ET RESPONSABILITÉS													
R-29 : Formuler des exigences détaillées en matière de renseignements et d'échéancier	I	I	I	I	–	D	–	–	–	Faible	GT	–	–
AUTRES AMÉLIORATIONS													
R-30 : Explorer les différents facteurs à prendre en considération pour la mise à jour des séries chronologiques historiques	D	–	–	–	I	–	–	–	–	Élevé	RR, SSA	–	Incidence sur les ensembles de données historiques
R-31 : Documenter la confiance globale dans la taille et les composantes de la remonte.	D	I	I	I	–	–	–	D	–	Élevé	Tous	Élaboration de méthodes	R-26
R-32 : Relier les travaux sur la mortalité après la saison de pêche aux travaux en cours de saison sur les moyennes mobiles	–	–	–	D	I	I	–	–	–	Moyen	FP	–	–
TAILLE DES PETITES REMONTES ET DONNÉES EXCEPTIONNELLES													
R-33 : Élaborer des approches générales pour	D	–	–	–	D	–	–	–	–	Moyen	RR	Élaboration de méthodes	–

Région du Pacifique

Détermination de la taille de la remonte propre au saumon rouge du fleuve Fraser

Recommandation	Taille de la remonte	Géniteurs	Captures	Mortalité en cours de	Reproductibilité/ Transparence	Documents	Meilleures pratiques	Quantification de l' incertitude	Réduction de l' incertitude	Effort	Lien avec le processus	Principaux défis scientifiques	Principales considérations et dépendances (R-#)
les tailles des petites remontes													
R-34 : Élaborer des méthodes pour estimer les très faibles échappées de géniteurs	–	D	–	–	D	–	–	–	I	Moyen	SSA	–	–
R-35 : Élaborer une approche pour estimer les absences d'échappées de géniteurs	–	D	–	–	D	–	–	–	I	Moyen	SSA	Examen des méthodes de remplissage	–
R-36 : Élaborer des méthodes pour estimer le très faible nombre de captures provenant des petites remontes	–	–	D	–	D	–	–	–	I	Moyen	RR	–	Mettre à jour les systèmes d'intégration des données
R-37 : Élaborer une approche pour l'absence de données pertinentes sur les captures	–	–	D	–	D	–	–	–	I	Moyen	Tous	Examen des méthodes de remplissage	R-8
R-38 : Élaborer des méthodes d'estimation de la mortalité durant les petites remontes	–	–	–	D	D	–	I	–	I	Moyen	RR, SSA	–	R-15
R-39 : Élaborer des approches pour les estimations de la mortalité extrême	–	–	–	D	D	–	I	–	I	Moyen	RR	Élaboration de méthodes; données limitées pour le modèle	Mettre à jour les systèmes d'intégration des données; R-30

Orientation sur l'utilisation de différents ensembles de données liés à la taille des remontes

Les estimations de la taille de la remonte d'après la saison de pêche propres au stock de saumon rouge du Fraser ont été produites et rendues publiques avant l'élaboration de lignes directrices pour une utilisation appropriée. De plus, il est encore plus compliqué de coexister avec un ensemble similaire de tailles de remonte (et de paramètres connexes) selon le stock générées en se fondant sur les méthodes en cours de saison (Michielsens et Martens, 2022). Le fait de ne pas reconnaître l'utilisation appropriée de chaque ensemble de données pourrait avoir des conséquences imprévues sur les conclusions tirées au sujet de l'état du stock, de la mortalité en cours de montaison, de la productivité ou des répercussions de la récolte. Des directives et une justification concernant les estimations précises de la taille de la remonte qui devraient être utilisées dans des situations particulières (p. ex. les estimations de la productivité par rapport aux évaluations de gestion en cours de saison) ont été fournies. Des conseils sur les limites des composantes de la taille de la remonte et sur la meilleure façon d'interpréter les paramètres connexes du processus, comme la productivité et les taux d'exploitation, ont également été fournis.

En général, les estimations de la taille des remontes après la saison de pêche devraient être utilisées lorsque les séries chronologiques historiques sur la taille de la remonte et ses composantes présentent le plus d'intérêt (tableau 3). Cela comprend une évaluation d'après-saison des taux d'exploitation et de mortalité aux fins d'évaluation de l'état des stocks et de planification du rétablissement. Toutefois, si l'intention principale est d'évaluer le rendement de la gestion des pêches en cours de saison, il faut utiliser les estimations fondées sur la taille des remontes à Mission. Cela comprendrait des simulations potentielles de l'efficacité d'autres mesures de gestion en cours de saison, comme la fermeture de fenêtres, qui nécessitent des reconstitutions quotidiennes de l'abondance et des captures.

Tableau 3. Aperçu des principales différences entre les estimations de la taille des remontes après la saison de pêche élaborées après le processus d'ajustement de la taille et les estimations fondées sur la taille des remontes à Mission générées immédiatement après la saison (version abrégée du tableau 2 dans Patterson et al. acceptée) et orientations sur leurs utilisations.

-	Estimations de la taille des remontes après la saison de pêche	Estimations fondées sur la taille des remontes à Mission
Paramètres connexes	Échappée de géniteurs + captures + mortalité en cours de montaison (plus ajustement du biais pour les géniteurs et les captures)	Abondance à Mission + captures en mer
Résolution temporelle	Estimations annuelles	Estimations annuelles dérivées des estimations quotidiennes de l'abondance
Résolution du stock	28 groupes ayant fait l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte (la plupart sont harmonisés avec les UC et les stocks prévus)	52 groupes captures et espèces
Disponibilité	pendant ~6 mois après la saison	Immédiatement après la saison, des mises à jour étant effectuées à mesure que de

**Détermination de la taille de la remonte propre au
saumon rouge du fleuve Fraser**

Région du Pacifique

-	Estimations de la taille des remontes après la saison de pêche	Estimations fondées sur la taille des remontes à Mission
		plus amples renseignements sont disponibles.
Types d'utilisations recommandées	Évaluation après la saison de pêche Prévision de stock-recrutement Taux d'exploitation Analyses de la productivité Mortalité en cours de montaison Évaluations à l'appui de la planification et de la gestion à long terme, comme les points de référence, les évaluations de l'état, les évaluations des plans de rétablissement des stocks	Évaluations d'après la saison de pêche de la gestion en cours de saison. Échappées potentielles de géniteurs (PSE) Taille de la remonte provisoire avant les valeurs d'après la saison de pêche disponibles Différence entre les estimations (DBE) Estimations quotidiennes des périodes de migration, du taux de propagation et de déviation Taux de récolte par engin et par zone Évaluations de la vulnérabilité à la pêche propre aux stocks

Considérations sur les écosystèmes

Il y a eu une augmentation de la fréquence et de l'ampleur des rapports sur la mortalité naturelle en cours de montaison de nombreux stocks de saumon du Pacifique (Patterson *et al.* 2016; Westley 2020). Pour de nombreux stocks de saumon rouge du Fraser, les estimations annuelles de la mortalité en cours de montaison peuvent souvent dépasser les valeurs des prises ou des échappées de géniteurs (p. ex. saumon rouge à montaison hâtive de la rivière Stuart; figure 6). Par conséquent, la pratique courante consistant à ignorer les estimations de la mortalité en cours de montaison, ou à supposer que celle-ci est négligeable, comme c'est le cas pour d'autres saumons du Pacifique (Branch et Hilborn 2010; Cunningham *et al.* 2018; Peacock *et al.* 2020; Atlas *et al.* 2023), n'est pas une position défendable pour les évaluations du saumon rouge du Fraser. Cependant, la gestion de stocks multiples a de plus en plus évolué vers une gestion de stocks uniques, ce qui a généralement réduit les estimations des captures et augmenté celles des échappées de géniteurs pour le saumon du Pacifique (Cunningham *et al.* 2018; Freshwater *et al.* 2020). Par conséquent, des efforts ont été déployés pour améliorer les estimations de toutes les composantes de la taille de la remonte afin de mieux refléter la réalité actuelle de captures plus faibles, de mortalité en cours de montaison plus élevée et de l'examen plus minutieux des estimations variables des échappées de géniteurs. Bon nombre des méthodes décrites pour quantifier la mortalité en cours de montaison et les recommandations connexes visant à améliorer les estimations de la mortalité sont propres au saumon rouge du Fraser, mais ces travaux peuvent aider à éclairer d'autres évaluations de saumons confrontées à des défis similaires. En particulier, la mortalité en cours de montaison jouera probablement un rôle plus important dans les évaluations futures du saumon avec des changements prévus aux facteurs de stress environnementaux liés à la migration (von Biela *et al.* 2020; Crozier et Siegel 2023). Ces travaux représentent un exemple peu commun d'utilisation de renseignements sur les écosystèmes pour aider à déterminer le rôle potentiel que la mortalité en cours de montaison causée par l'environnement aura dans les futurs efforts de rétablissement et de reconstitution des stocks.

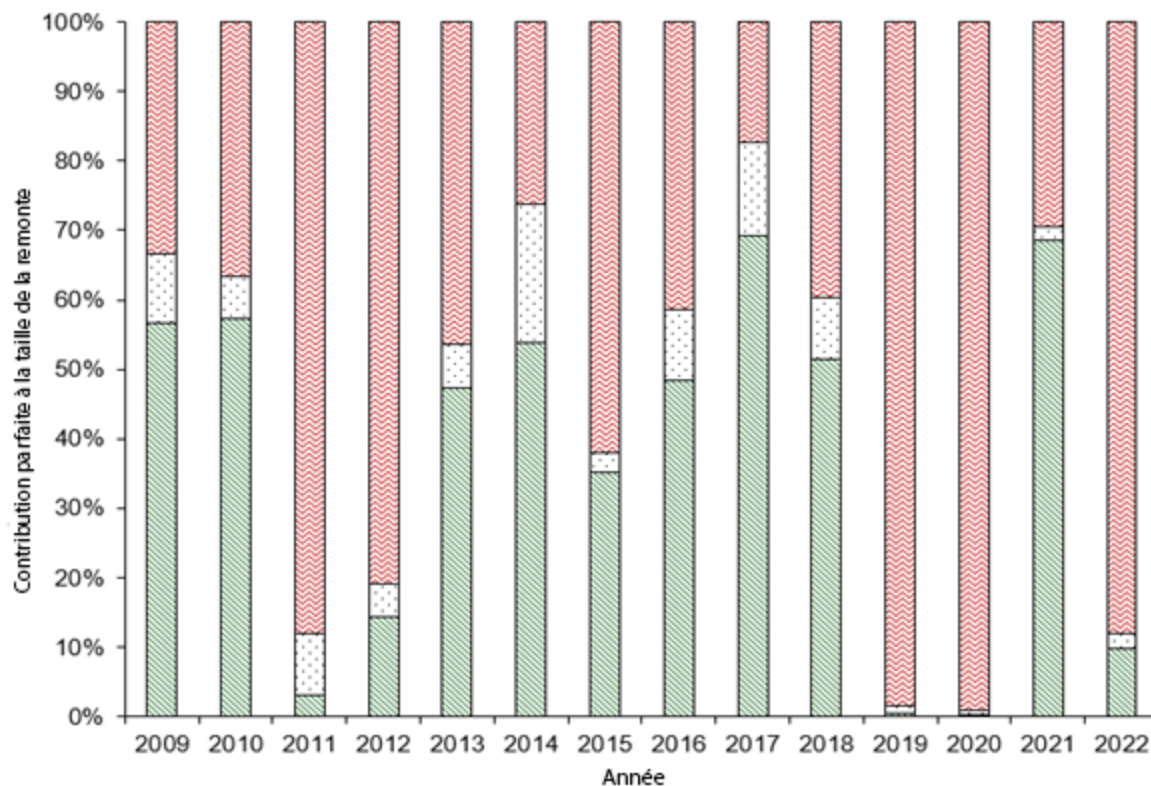


Figure 6. Contributions des échappées de géniteurs (bandes avec diagonales vertes), des captures (bandes avec points noirs) et de la mortalité en cours de montaison (bandes avec vagues rouges) aux tailles des remontes du saumon rouge à montaison hâtive de la rivière Stuart après la saison de pêche de 2009 à 2022. Les estimations de la mortalité en cours de montaison dépassent souvent celles des échappées de géniteurs et des captures, ce qui démontre l'importance de l'estimation annuelle de la mortalité en cours de montaison. Les données proviennent de la base de données sur la taille des remontes, la pêche et les échappées (RuFEs) de la Commission du saumon du Pacifique (CSP).

Sources d'incertitude

Les sources d'incertitude sont abordées en détail dans l'examen de la détermination de la taille de la remonte après la saison de pêche et le tableau des recommandations d'amélioration ci-dessus (p. ex. tableau 1; Patterson *et al.* accepté). Les principales sources d'incertitude qui ont été mises en évidence au cours du processus d'examen pour chaque domaine principal sont les suivantes :

- Échappées de géniteurs – la précision des estimations des échappées de géniteurs varie généralement en fonction de la taille prévue de la remonte.
- Captures – la couverture d'interception dirigée et non dirigée peut changer dans le temps et l'espace.
- Mortalité – il existe très peu d'estimations indépendantes de la mortalité (p. ex. par télémétrie).
- Remontes de petite taille – elles sont associées à une augmentation générale de l'incertitude dans toutes les valeurs des composantes et nécessitent une interprétation prudente des paramètres connexes de la taille des remontes (p. ex. le taux d'exploitation).

- Processus relatif à la taille des remontes – les ajustements apportés aux composantes de la taille des remontes sont fondés en partie sur les opinions d'experts; par conséquent, les valeurs finales ne sont pas toujours reproductibles avec une expertise et des connaissances nouvelles ou différentes concernant les stocks.
- Changement climatique – l'augmentation de la variabilité des conditions environnementales peut avoir une incidence sur l'incertitude liée non seulement aux modèles de mortalité prédisant en dehors de leurs conditions paramétrées, mais aussi aux estimations des échappées de géniteurs et des captures.

CONCLUSIONS ET AVIS

Le présent processus de consultation scientifique fournit des renseignements de base sur l'estimation de la taille des remontes et la sensibilité à l'incertitude liée aux intrants, et passe en revue les méthodes actuelles de détermination de la taille des remontes selon le stock après la saison de pêche. Les méthodes actuelles produisent des estimations d'après la saison de pêche des tailles de remonte selon le stock et l'âge, des échappées de géniteurs, des captures et de la mortalité en cours de montaison grâce à une analyse des données complexes et à l'intégration entre organismes scientifiques et organismes de gestion. Ce processus de collaboration est conçu pour examiner l'incertitude dans toutes les composantes des intrants et tenir compte des répercussions du changement climatique dans les évaluations des stocks pour la gestion des pêches en utilisant les renseignements sur les écosystèmes pour éclairer les estimations de la mortalité en cours de montaison.

Des conseils sur l'utilisation des ensembles de données générés par ce processus d'après la saison de pêche sont également fournis. Les résultats de l'approche actuelle pour l'après-saison de pêche sont utilisés dans d'autres processus scientifiques et de gestion avec des objectifs variables. Il est recommandé que ces ensembles de données sur la taille des remontes et les composantes soient utilisés pour les évaluations d'après-saison de la taille des remontes selon le stock, des taux d'exploitation et de la productivité, ainsi que pour l'évaluation des prévisions et de la planification à long terme. Ils ne doivent pas être utilisés pour les évaluations de la gestion en cours de saison ou pour les évaluations nécessitant des estimations quotidiennes sous-jacentes; les estimations fondées sur la taille des remontes à Mission sont actuellement adaptées à ces objectifs.

De nombreuses recommandations visant à améliorer le processus actuel d'estimation de la taille des remontes selon le stock ont été formulées dans le cadre de ce processus. Une liste détaillée des recommandations visant à améliorer l'estimation de la taille des remontes après la saison de pêche est fournie (tableau 2). Les participants à la réunion ont mis en avant les recommandations ci-dessous et peaufiné les critères d'évaluation utilisés dans le tableau 2 pour éclairer l'établissement de l'ordre de priorité des recommandations en fonction des objectifs des utilisateurs.

- R-1 : Simplifier la structure globale de la taille de la remonte après la saison de pêche
- R-4 : Mettre à jour les facteurs d'élargissement des relevés visuels
- R-8 : Recevoir des rapports cohérents et opportuns sur toutes les captures
- R-13 : Générer des estimations de la mortalité pour tous les stocks faisant l'objet d'un ajustement de la taille de la remonte lors d'un examen annuel
- R-5, R-10, R-21 : Quantifier l'incertitude des estimations des échappées de géniteurs, des captures et de la mortalité en cours de montaison selon le stock et l'âge

Les participants à ce processus d'examen par les pairs ont mis l'accent sur les considérations et les conseils suivants pour la détermination de la taille de la remonte après la saison de pêche :

- Les estimations finales de la taille des remontes après la saison de pêche sont généralement présentées sous forme d'estimations ponctuelles seulement, tandis que les trois principales composantes – géniteurs, captures et mortalité en cours de montaison – comprennent une incertitude non quantifiée qui ajoute à la sensibilité globale de la détermination de la taille des remontes.
- Un biais important et l'imprécision de certaines composantes des tailles des remontes propres aux stocks et de leurs paramètres connexes nécessitent un examen supplémentaire de leur utilisation (p. ex. les taux d'exploitation pour les petits stocks).
- Il est conseillé d'envisager l'agrégation des données d'évaluation pour les stocks qui migrent au même moment afin de réduire le biais et l'imprécision des composantes de la taille des remontes et des paramètres connexes pour les stocks de faible abondance.
- La quantification et la réduction de l'incertitude des composantes de la taille des remontes favoriseront la crédibilité des utilisations en aval, y compris les analyses du taux d'exploitation et de la productivité, et l'estimation de l'incidence de la mortalité en cours de montaison sur les programmes de rétablissement et de reconstitution des stocks.
- La mortalité en cours de montaison peut être plus élevée que le nombre des captures certaines années; par conséquent, pour rétablir les stocks dans les conditions climatiques actuelles et futures, il faudra probablement prendre en compte d'autres points que la seule gestion de la récolte.
- Des efforts continus sont nécessaires pour apporter des améliorations aux méthodes de détermination de la taille des remontes après la saison de pêche afin de s'adapter à l'évolution de la gestion et des utilisations scientifiques.
- L'évaluation d'autres stocks de saumon du Pacifique devrait tenir compte des travaux présentés ici comme une approche potentielle pour composer avec les répercussions du changement climatique sur les changements dans les profils de mortalité, de récolte et d'échappée du saumon.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Alexander	Richard	LGL Limited
Anderson	Erika	Centre des avis scientifiques du MPO, région du Pacifique
Brkic	Dejan	Commission du saumon du Pacifique
Burnett	Karen	Direction de la gestion des ressources halieutiques du MPO
Davis	Brooke	Direction des Sciences du MPO

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Decker	Scott	Direction des Sciences du MPO; coprésident du Comité technique pour le Conseil du fleuve Fraser
Dionne	Kaitlyn	Direction des Sciences du MPO
Everitt	Sean	Direction des Sciences du MPO
Fisher	Aidan	Lower Fraser Fisheries Alliance; Comité technique pour le Conseil du fleuve Fraser
Forrest	Maxine	Commission du saumon du Pacifique
Hamazaki	Toshihide "Hamachan"	<i>Department of Fish and Game</i> de l'Alaska
House	Patricia	Direction des Sciences du MPO
Huang	Ann-Marie	Direction des Sciences du MPO
Jenewein	Brittany	Direction de la gestion des ressources halieutiques du MPO
Keizer	Adam	Direction de la gestion des pêches du MPO
Komick	Nicholas	Direction des Sciences du MPO
Latham	Steve	Commission du saumon du Pacifique
Martens	Fiona	Commission du saumon du Pacifique
Martins	Eduardo	Université du Nord de la Colombie-Britannique
Michielsens	Catherine	Commission du saumon du Pacifique
Patterson	David	Direction des Sciences du MPO
Robinson	Kendra	Direction des Sciences du MPO
Rose	Gordon	Northwest Indian Fisheries Commission; Comité technique pour le Conseil du fleuve Fraser
Samarasin	Pasan	Programme sur les espèces en péril du MPO
Schwindt	Colin	Direction de la gestion des ressources du MPO Comité technique pour le Conseil du fleuve Fraser
Tessier	Laura	Direction des Sciences du MPO

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Veilleux	Maxime	Direction de la gestion des ressources du MPO Comité technique pour le Conseil du fleuve Fraser

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

- Atlas, W.I. M.R. Sloat, W.H. Satterwaite, T.W. Buehrens, C.K. Parken, J.W. Moore, N.J. Mantua, J. Hart, and A. Potapova. 2023. Trends in Chinook salmon spawner abundance and total run size highlight linkages between life history, geography and decline. *Fish. Fish.* 24: 595-617.
- Baker, M.R., Schindler, D.E., Essington, T.E., and Hilborn, R. 2014. [Accounting for escape mortality in fisheries: implications for stock productivity and optimal management](#). *Ecol. Appl.* 24(1): 55–70.
- Branch, T.A., and Hilborn, R. 2010. [A general model for reconstructing salmon runs](#). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 67(5): 886–904.
- Côté, I.M., Darling, E.S., and Brown, C.J. 2016. Interactions among ecosystem stressors and their importance in conservation. *Proc. R. Soc. B.* 283: 20152592.
- Crozier, L.G., and Siegel, J.E. 2023. [A Comprehensive Review of the Impacts of Climate Change on Salmon: Strengths and Weaknesses of the Literature by Life Stage](#). *Fishes.* 8(6): 319.
- Cunningham, C.J., Branch, T.A., Dann, T.H., Smith, M., Seeb, J.E., Seeb, L.W., and Hilborn, R. 2018. [A general model for salmon run reconstruction that accounts for interception and differences in availability to harvest](#). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 75(3): 439–451.
- Doutaz, D., Huang, A.-M., Decker, S., et Vivian, T. 2023. [Évaluation du potentiel de rétablissement de neuf unités désignables du saumon rouge \(*Oncorhynchus nerka*\) du fleuve Fraser – Partie 2 : Biologie, habitat, menaces, mesures d'atténuation et dommages admissibles – Éléments 1 à 11, 14, 16 à 18, 22](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/003. xvi + 289 p.
- Eliason, E.J., Clark, T.D., Hague, M.J., Hanson, L.M., Gallagher, Z.S., Jeffries, K.M., Gale, M.K., Patterson, D.A., Hinch, S.G., and Farrell, A.P. 2011. Differences in thermal tolerance among Sockeye salmon populations. *Sci.* 332: 109-112.
- English, K.K., Koski, W.R., Sliwinski, C., Blakley, A., Cass, A., and Woodey, J.C. 2005. [Migration Timing and River Survival Of Late-Run Fraser River Sockeye Salmon Estimated Using Radiotelemetry Techniques](#). *Trans. Am. Fish. Soc.* 134(5): 1342–1365.
- Farrell, A., Hinch, S., Cooke, S., Patterson, D., Crossin, G.T., Lapointe, M., and Mathes, M. 2008. [Pacific Salmon in Hot Water: Applying Aerobic Scope Models and Biotelemetry to Predict the Success of Spawning Migrations](#). *Physiol. Biochem. Zool.* 81(6): 697–708.
- Freshwater, C., Holt, K.R., Huang, A.M. and Holt, C.A., 2020. [Benefits and limitations of increasing the stock-selectivity of Pacific salmon fisheries](#). *Fish. Res.* 226: 105509.

- Grant, S.C.H., MacDonald, B.L., Cone, T.E., Holt, C.A., Cass, A., Porszt, E.J., Hume, J.M.B., Pon, L.B. 2011. [Evaluation of Uncertainty in Fraser Sockeye \(*Oncorhynchus nerka*\) Wild Salmon Policy Status using Abundance and Trends in Abundance Metrics](#). DFO. Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/087. viii + 183 p.
- Hague, M.J., Ferrari, M.R., Miller, J.R., Patterson, D.A., Russells, G.L., Farrell, A.P., and Hinch, S.G. 2011. Modelling the future hydroclimatology of the lower Fraser River and its impacts on the spawning migration survival of sockeye salmon. *Glob. Change. Biol.* 17: 87-98.
- Hinch, S.G., Cooke, S.J., Farrell, A.P., Miller, K.M., Lapointe, M., and Patterson, D.A. 2012. [Dead fish swimming: a review of research on the early migration and high premature mortality in adult Fraser River sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*](#). *J. Fish Biol.* 81(2): 576–599.
- Macdonald, J.S., Patterson, D.A., Hague, M.J., and Guthrie, I.C. 2010. [Modeling the Influence of Environmental Factors on Spawning Migration Mortality for Sockeye Salmon Fisheries Management in the Fraser River, British Columbia](#). *Trans. Am. Fish. Soc.* 139(3): 768–782.
- Martins, E.G., Hinch, S.G., Patterson, D.A., Hague, M.J., Cooke, S.J., Miller, K.M., Lapointe, M.F., English, K.K., and Farrell, A.P. 2011. [Effects of river temperature and climate warming on stock-specific survival of adult migrating Fraser River sockeye salmon \(*Oncorhynchus nerka*\)](#). *Global Change Biol.* 17(1): 99–114.
- Michielsens, C.G.J. and Martens, F.J. (Editors). 2022. Overview of pre-season and in-season assessment methods for Fraser River Sockeye salmon. *Pacific Salmon Comm. Tech. Rep.* No. 49. 217 p.
- MPO 2005. [La politique du Canada pour la conservation du saumon sauvage du Pacifique](#). Pêches et Océans Canada. Vancouver, BC. 50 p.
- MPO. 2020a. [Évaluation du potentiel de rétablissement – saumon rouge \(*Oncorhynchus nerka*\) du lac Cultus \(2019\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2020/011.
- MPO. 2020b. [Évaluation du potentiel de rétablissement de neuf unités désignables du saumon rouge \(*Oncorhynchus nerka*\) du fleuve Fraser – Partie 1 : Probabilité d'atteindre les cibles de rétablissement fixées](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2020/012.
- Patterson, D.A., Cooke, S.J., Hinch, S.G., Robinson, K.A., Young, N., Farrell, A.P. and Miller, K.M. 2016. [A perspective on physiological studies supporting the provision of scientific advice for the management of Fraser River Sockeye salmon \(*Oncorhynchus nerka*\)](#). *Conserv. Physiol.* 4(1): cow026.
- Patterson, D.A., Robinson, K.A., Lennox, R.J., Nettles, T.L., Donaldson, L.A., Eliason, E.J., Raby, G.D., Chapman, J.M., Cook, K.V., Donaldson, M.R., Bass, A.L., Drenner, S.M., Reid, A.J., Cooke, S.J., and Hinch, S.G. 2017. [Review and Evaluation of Fishing-Related Incidental Mortality for Pacific Salmon](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/010. ix + 155 p.
- Peacock, S.J., Hertz, E., Holt, C.A., Connors, B., Freshwater, C. and Connors, K., 2020. Evaluating the consequences of common assumptions in run reconstructions on Pacific salmon biological status assessments. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 77(12): 1904-1920.

- Potter, E.C.E., Crozier, W.W., Schön, P.-J., Nicholson, M.D., Maxwell, D.L., Prévost, E., Erkinaro, J., Gudbergsson, G., Karlsson, L., Hansen, L.P., MacLean, J.C., Ó Maoiléidigh, N., and Prusov, S. 2004. [Estimating and forecasting pre-fishery abundance of Atlantic salmon \(*Salmo salar* L.\) in the Northeast Atlantic for the management of mixed-stock fisheries](#). ICES J. Mar. Sci. 61(8): 1359–1369.
- Reed, T.E., Schindler, D.E., Hague, M.J., Patterson, D.A., Meir, E., Waples, R.S. and Hinch, S.G., 2011. Time to evolve? Potential evolutionary responses of Fraser River sockeye salmon to climate change and effects on persistence. PLoS One. 6(6): p.e20380.
- Ricker, W.E. 1976. [Review of the Rate of Growth and Mortality of Pacific Salmon in Salt Water, and Noncatch Mortality Caused by Fishing](#). J. Fish. Res. Board Can. 33: 1483-1524.
- Robinson, K.A. and Patterson, D.A. 2014. Improvements to determining post-season run size for Fraser River sockeye salmon. SEF Final Report.
- Robinson, K.A. and Patterson, D.A. 2015. Run Size Adjustment for Fraser sockeye salmon – SEF Final Report.
- von Biela, V.R., Bowen, L., McCormick, S.D., Carey, M.P., Donnelly, D.S., Waters, S., Regish, A.M., Laske, S.M., Brown, R.J., Larson, S. and Zuray, S., 2020. [Evidence of prevalent heat stress in Yukwoodeon River Chinook salmon](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 77(12): 1878-1892.
- Westley, P.A.H. 2020. [Documentation of en route mortality of summer chum salmon in the Koyukuk River, Alaska and its potential linkage to the heatwave of 2019](#). Ecol. Evol. 10(19): 10296-10304.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

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

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

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

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-77127-4 N° cat. Fs70-6/2025-021F-PDF

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

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



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2025. Détermination de la taille de la remonte propre au stock de saumon rouge du fleuve Fraser. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2025/021.

Also available in English:

DFO. 2025. *Stock-Specific Fraser River Sockeye Salmon Run Size Determination*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2025/021.