



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science



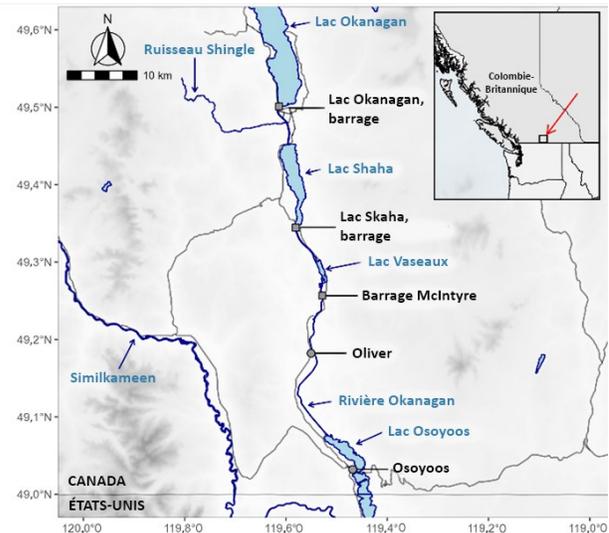
Secrétariat canadien des avis scientifiques
Avis scientifique 2024/060

Région du Pacifique

ÉTAT EN VERTU DE LA POLITIQUE CONCERNANT LE SAUMON SAUVAGE, POINT DE RÉFÉRENCE LIMITE ET OBJECTIFS D'ÉCHAPPÉE POTENTIELS POUR LE SAUMON ROUGE DE L'OKANAGAN



Saumons rouges reproducteurs dans la rivière Okanagan en amont du lac Osoyoos.



Contexte

L'unité de gestion des stocks de saumon rouge de l'Okanagan, composée d'une unité de conservation, comprend actuellement trois populations élevées dans les lacs de séjour Osoyoos, Skaha et Okanagan. L'objectif d'échappée actuel de 35 500 a été fixé en 1999, lorsque seul le lac Osoyoos était accessible. Les réintroductions provenant d'une écloserie de l'Osoyoos dans les lacs Skaha et Okanagan ont commencé en 2004 et en 2016, respectivement, et la population du lac Skaha est maintenant bien établie, représentant près de la moitié des échappées totales ces dernières années (moyenne 2019-2023 de 43,5 % et fourchette de 28,1 à 55,9 %). En outre, depuis 1999, le bassin de l'Okanagan a fait l'objet d'importantes initiatives de rétablissement visant à améliorer la survie globale des saumons, notamment un système de gestion de l'eau, la restauration de l'habitat de frai et l'amélioration de la passe à poissons. Au cours de 12 des 20 années écoulées depuis 2004, les échappées pour la seule population de l'Osoyoos ont dépassé l'objectif d'échappée actuel, ce qui suggère que l'objectif d'échappée de 1999 n'est plus approprié.

Le Programme de gestion des pêches de Pêches et Océans Canada (MPO) a demandé à la Direction des sciences d'estimer la capacité de charge biologique du système de l'Okanagan en ce qui concerne la production de saumoneaux dans les lacs de séjour et la superficie totale disponible pour le frai des adultes dans les habitats fluviaux, afin de déterminer les objectifs d'échappée appropriés pour le saumon rouge du bassin de l'Okanagan en Colombie-Britannique.

Cet avis scientifique est issu de l'examen régional par les pairs des 21 et 22 novembre 2023 et du 25 juin 2024 sur les objectifs d'échappée révisés pour le saumon rouge du bassin de l'Okanagan en Colombie-Britannique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

SOMMAIRE

- Le saumon rouge de l'Okanagan constitue une seule unité de gestion des stocks (UGS), laquelle contient une seule unité de conservation (UC) avec trois populations de reproducteurs distinctes; celles-ci se trouvent dans les lacs Osoyoos, Skaha et Okanagan. Des reproducteurs revenant naturellement ont été rétablis dans le lac Skaha en 2011 et dans le lac Okanagan en 2022, grâce à des modifications des barrières d'accès qui ont permis leur passage.
- L'objectif d'échappée actuel pour le saumon rouge de l'Okanagan a été fixé à 35 500 sur la base de l'étude de Hyatt et Rankin (1999), mais cet objectif a été dépassé au cours de 12 des 20 dernières années pour la seule population du lac Osoyoos (2004 à 2023). En outre, les améliorations de la gestion de l'eau, les changements dans l'évaluation des stocks, la restauration de l'habitat et la réintroduction de l'aire de répartition grâce à l'amélioration de la passe à poissons ont fondamentalement changé la structure du stock et notre compréhension de celui-ci. L'objectif ne reflète donc plus la capacité des habitats disponibles pour le saumon rouge dans le bassin de l'Okanagan.
- Les estimations de la capacité actuelle de l'habitat et les points de référence potentiels ont été étudiés à l'aide de trois approches différentes : (1) estimations de la capacité de l'habitat de frai fondées sur une cartographie détaillée du débit et de la taille du gravier de l'habitat (les trois lacs); (2) estimations de la capacité de l'habitat de croissance fondées sur l'échantillonnage dans le lac (p. ex. contenu stomacal) et la modélisation du réseau trophique (lacs Osoyoos et Skaha); et (3) estimation des points de référence fondée sur des modèles de reproducteurs-recrues (lac Osoyoos).
- Les estimations de la capacité de l'habitat de frai ont été considérées comme l'approche la plus appropriée pour déterminer l'état de la population et les points de référence de gestion potentiels, parce que des estimations uniformes et fiables ont pu être élaborées pour les trois populations. La capacité médiane de l'habitat de frai pour les trois populations regroupées était comprise entre 180 754 et 205 588.
- L'état en vertu de la Politique concernant le saumon sauvage (PSS) a été évalué pour la série chronologique regroupée des reproducteurs des lacs Osoyoos et Skaha, sur la base de quatre paramètres standards (abondance relative, abondance absolue, tendance à long terme et variation en pourcentage sur trois générations) et des points de référence connexes, en utilisant des méthodes établies.
- L'état final a été évalué à « ambre » avec un niveau de confiance élevé. Cependant, l'UC est confrontée à de graves menaces liées aux changements climatiques et elle risque fort de passer à l'état rouge dans un avenir proche.
- L'UGS du saumon rouge de l'Okanagan, laquelle contient une UC dont l'état n'est pas rouge à l'heure actuelle, est considérée comme étant au-dessus du point de référence limite (PRL) en vertu des dispositions relatives aux stocks de poissons de la *Loi sur les pêches* modernisée.

- Les estimations fondées sur l'habitat du nombre de reproducteurs qui maximise les recrues (S_{MAX} ; correspondant à une utilisation complète de l'habitat de frai disponible) pour les trois lacs ont servi à déterminer les objectifs de gestion potentiels pour l'UGS du saumon rouge de l'Okanagan. Une fourchette cible candidate de 96 000 à 135 000 reproducteurs se rapprocherait d'un objectif d'échappée fondé sur le S_{MSY} (50 à 70 % du S_{MAX}). Une fourchette cible candidate de 192 000 à 231 000 reproducteurs pourrait être utilisée pour représenter un objectif de maximisation de la production totale (100 à 120 % du S_{MAX}). Les objectifs d'échappée propres à chaque population lacustre sont également estimés et fournis.
- Le saumon rouge de l'Okanagan subit déjà les effets des changements climatiques. Les effets des changements climatiques augmenteront probablement la fréquence des conditions défavorables tout au long de leur cycle de vie (p. ex. barrières thermiques pendant la migration de retour des adultes, augmentation de la mortalité des œufs due au gel). La préservation de divers phénotypes peut accroître la résilience à long terme et devrait être prise en compte dans le cadre de la planification de la gestion.

INTRODUCTION

Le saumon rouge canadien de l'Okanagan est l'un des trois seuls stocks de saumon rouge restants dans le bassin du fleuve Columbia et, en moyenne (depuis 2008), il représente plus de 80 % de tous les saumons rouges qui y retournent (Hyatt et Stockwell 2019). Tout au long de l'histoire, le fleuve Columbia a permis de soutenir des pêches importantes, cruciales pour les Premières Nations et les communautés tribales. Après la colonisation, ces eaux ont continué à soutenir un large éventail de pêches, notamment les pêches commerciales américaines, les pêches des tribus signataires de traités, les pêches non visées par un traité et les pêches des Premières Nations du Canada. Historiquement, le saumon rouge était présent dans les lacs Osoyoos, Skaha et Okanagan (Fryer 1995), mais les barrages érigés au XX^e siècle ont empêché l'accès aux frayères en amont des lacs Skaha et Okanagan. En 2004, les premiers alevins de saumon rouge provenant d'une éclosérie ont été réintroduits en amont du lac Skaha à l'aide de reproducteurs du lac Osoyoos et, en 2011, le barrage de la décharge du lac Skaha a été modifié pour permettre le passage des reproducteurs en montaison. En 2016, des alevins provenant d'une éclosérie (également issus du stock de reproducteurs du lac Osoyoos) ont été réintroduits pour la première fois dans les affluents du lac Okanagan (Hyatt *et al.* 2019) et, pendant les années 2020 et 2021, un petit nombre d'adultes de retour ont été autorisés à accéder au lac Okanagan. En 2022-2023, les reproducteurs ont été autorisés à passer librement dans le lac Okanagan; un peu moins de 5 000 reproducteurs de saumon rouge ont été dénombrés dans les affluents du lac Okanagan en 2022 et 14 en 2023. Cette dernière année a été marquée par un faible taux d'échappée pour l'ensemble de l'unité de conservation et, à l'heure actuelle, le passage des saumons rouges adultes dans le lac Okanagan n'est que partiel.

En plus des modifications des barrières de passage, Pêches et Océans Canada (MPO), la province de la Colombie-Britannique (C.-B.) et l'Okanagan Nation Alliance (ONA) ont travaillé en collaboration sur plusieurs initiatives qui partagent un objectif général d'amélioration de la survie des saumons (Hyatt et Stockwell 2019). Ces projets comprennent un système de gestion de l'eau mis en place depuis 2004 (Hyatt *et al.* 2015; Brönmark *et al.* 2023) et la restauration de l'habitat de frai (Carlile 2022). Dans l'ensemble, ces initiatives ont réussi à soutenir une abondance de reproducteurs et d'effectif de la montaison plus importants que ceux observés depuis les années 1960, et au cours de 12 des 20 dernières années depuis 2004 (inclusivement), les échappées pour la seule population de l'Osoyoos ont dépassé l'objectif

global d'échappée de 35 500, qui a été fixé en 1999 sur la base de la compréhension actuelle de la capacité du lac Osoyoos (Hyatt et Rankin 1999). Ces observations suggèrent que l'objectif d'échappée en vigueur depuis 1999 ne représente plus la structure actuelle de la population et le potentiel de production du saumon rouge.

L'unité de gestion des stocks (UGS) de saumon rouge de l'Okanagan comprend trois populations associées aux lacs de séjour de l'Osoyoos, de Skaha et de l'Okanagan. Lorsque l'unité de conservation (UC) a été définie pour la première fois dans le cadre de la Politique concernant le saumon sauvage (PSS) du Canada (MPO 2005) pour ce stock, seul le lac Osoyoos était accessible, et il a donc été défini comme « saumon rouge de l'Osoyoos ». À la suite de la modification des barrières et de la recolonisation subséquente des lacs Skaha et Okanagan, l'UC a été révisée en 2024 pour inclure les trois populations lacustres et a été renommée « saumon rouge Osoyoos-Skaha-Okanagan ».

La Gestion des pêches du MPO a demandé à la Direction des sciences d'estimer la capacité biologique du bassin de l'Okanagan et de proposer des objectifs d'échappée actualisés pour le saumon rouge de l'Okanagan. L'évaluation et les conseils découlant de cet examen régional par les pairs du Secrétariat canadien des avis scientifiques (SCAS) serviront à éclairer la Gestion des pêches du MPO sur les révisions des objectifs de gestion de la pêche et d'échappée de reproducteurs. Cette évaluation biologique sera également utilisée pour soutenir les discussions bilatérales entre le Canada et les États-Unis.

Les trois principaux objectifs de ce processus sont les suivants :

1. Déterminer l'état et les points de référence limites (PRL) pour l'ensemble de l'UGS du saumon rouge du bassin de l'Okanagan, ou en tant que populations lacustres distinctes à des fins de gestion des pêches, si les données le justifient.
2. Déterminer le ou les objectifs d'échappée de saumon rouge pour l'ensemble du bassin de l'Okanagan, sur la base des résultats de (1).
3. Examiner et établir les incertitudes liées aux données et aux méthodes, y compris les considérations écologiques et relatives aux changements climatiques.

Ce document est destiné à fournir aux gestionnaires des pêches des détails pertinents sur la biologie du stock afin d'étayer et de renseigner les objectifs d'échappée. La prise en compte des objectifs socio-économiques, des valeurs culturelles et des facteurs écosystémiques potentiels dans le cadre d'une éventuelle évaluation future des risques dépasse le cadre de ce processus.

ÉVALUATION

Nous avons examiné trois approches de rechange pour établir des points de référence potentiels fondés sur la biologie :

1. la capacité de charge biologique du système fondée sur la quantification des capacités de l'habitat de frai des trois lacs de séjour (Osoyoos, Skaha et Okanagan),
2. des estimations actualisées de la productivité en eau douce dans deux des lacs de séjour (Osoyoos et Skaha) et
3. un modèle de reproducteurs-recrues pour la population du lac Osoyoos.

En outre, l'état biologique de l'UC Osoyoos-Skaha-Okanagan a été évalué sur la base de paramètres et de points de référence établis, tout en tenant compte de l'élargissement de l'aire de répartition du saumon rouge dans l'UC. Sur la base des estimations de la capacité de

l'habitat de frai, des points de référence de gestion de recharge fondés soit sur l'approximation des reproducteurs au rendement maximal soutenu ou les reproducteurs qui ont un S_{MSY} et ceux qui haussent le recrutement au maximum, le S_{MAX} est présenté pour chaque lac séparément ainsi que pour l'ensemble de l'UGS comprenant les trois lacs. Enfin, les incertitudes liées aux données et aux méthodes, ainsi qu'une discussion sur les répercussions possibles des changements climatiques sur le saumon rouge de l'Okanagan et les travaux futurs sont présentés dans le document de recherche du SCAS.

Des estimations du nombre de reproducteurs étaient disponibles pour les trois populations lacustres : à partir de 1961 pour la population du lac Osoyoos, de 2012 pour la population du lac Skaha et de 2022 pour la population du lac Okanagan. Alors que la modélisation des reproducteurs-recrues est généralement la méthode par défaut pour déterminer les points de référence pour les populations de saumon du Pacifique, une série chronologique appropriée pour ce type d'analyse n'existe que pour la population du lac Osoyoos. C'est pourquoi d'autres méthodes ont été examinées afin d'estimer les points de référence en fonction de la capacité de charge fondée sur l'habitat, laquelle peut être calculée en l'absence d'une série chronologique adéquate de reproducteurs-recrues. Un autre avantage de ces méthodes est qu'elles fournissent des points de référence potentiels qui sont fondés sur le potentiel de chaque habitat, plutôt que sur l'abondance actuelle de la population qui, pour les lacs Skaha et Okanagan, est encore soutenue par l'ensemencement au moyen de poissons d'écloserie. Ces lacs disposent d'un habitat disponible qui n'est vraisemblablement pas encore entièrement colonisé et n'ont donc pas atteint leur abondance naturellement autonome (comme l'a probablement fait la population du lac Osoyoos). En outre, en raison de la courte série chronologique et de l'absence de réduction du recrutement en fonction de la densité dans la gamme observée d'abondances de reproducteurs pour la population de l'Osoyoos, les ajustements des modèles bayésiens reproducteurs-recrues et reproducteurs-saumoneaux de Ricker étaient très sensibles à l'hypothèse préalable de recharge concernant le paramètre de capacité. Dans le cadre d'un test de sensibilité portant sur neuf autres spécifications d'*a priori* de capacité, l'estimation *a posteriori* médiane de S_{MAX} pour la population du lac Osoyoos était comprise entre 99 000 et 537 000 pour les ajustements de Ricker des reproducteurs-adultes et entre 99 000 et 522 000 pour les ajustements de Ricker des reproducteurs-saumoneaux. De même, l'estimation *a posteriori* médiane de S_{MSY} pour la population du lac Osoyoos variait de 66 000 à 300 000 pour les ajustements de Ricker des reproducteurs adultes.

La première de ces méthodes fondées sur l'habitat consiste à utiliser la longueur des poissons, la zone des nids de frai, la surface de nid de frai et la taille des particules du lit (gravier) pour estimer la capacité de frai. Les données nécessaires à cette méthode ont été récemment mises à jour pour les trois populations lacustres (tableau 1). Il s'agit de la seule méthode qui puisse être appliquée (à l'heure actuelle) aux trois populations.

Tableau 1. Estimation de l'aire de frai et de la capacité de reproduction à l'aide de deux méthodes fondées sur l'habitat pour chaque population de lac.

Population	Zone de frai disponible (m ²)	Capacité de frai	Capacité d'alevinage du lac
Lac Osoyoos	139 663	108 977	131 619
Lac Skaha	35 497	35 998	30 391
Lac Okanagan	50 243	49 569	Non disponible

La deuxième méthode fondée sur l'habitat visait à estimer la capacité d'alevinage des juvéniles dans les lacs. Cette méthode est beaucoup plus exigeante en données et nécessite des estimations de l'abondance des juvéniles, ainsi qu'un vaste échantillonnage biologique de

l'ensemble des réseaux trophiques pélagiques. Les données étaient disponibles pour appliquer cette méthode aux lacs Osoyoos et Skaha sur une courte période, mais pas pour le lac Okanagan.

Sur la base des résultats de ces analyses, il a été déterminé que les estimations de la capacité de l'habitat de frai constituaient la meilleure source pour déterminer à la fois les repères biologiques pour la détermination de l'état et les points de référence de gestion potentiels (c.-à-d. les objectifs d'échappée).

L'état de la PSS pour l'UC a été évalué à « ambre » avec un niveau de confiance élevé sur la base de l'abondance regroupée des reproducteurs pour les lacs Osoyoos et Skaha (figure 3), ce qui reflète la grande majorité de l'abondance des reproducteurs naturels dans l'UC au cours des dernières années. Cette série chronologique regroupée présente des estimations constantes des reproducteurs depuis 2012, de sorte que 2015 est la première moyenne générationnelle de quatre ans disponible pour l'évaluation de l'état.

L'état a été déterminé par l'examen, par des experts, des résultats de l'algorithme rapide de l'état (Pestal *et al.* 2023; MPO 2024), lequel visait à saisir les résultats des évaluations intégrées de l'état des stocks menées par des experts dans le passé (Grant *et al.* 2011; Grant et Pestal 2013; Grant *et al.* 2020; MPO 2015; MPO 2016). Les repères inférieurs et supérieurs pour le paramètre de l'abondance relative ont été fixés à 20 % et 40 % de la capacité médiane estimée des reproducteurs, respectivement (20 % du S_{MAX} fondé sur l'habitat : 28 603; 40 % du S_{MAX} fondé sur l'habitat : 57 207). Le choix d'utiliser ces points de référence correspond aux évaluations précédentes de l'état de l'UC de saumon rouge de Chilliwack-DE (Grant *et al.* 2020, p. 160). Outre les repères d'abondance relative définis ci-dessus, le paramètre d'abondance absolue (avec 1 000 et 10 000 comme repères inférieur et supérieur) est applicable, car la série chronologique permet de saisir la plupart des reproducteurs sauvages actuels dans l'UC. Toutefois, la moyenne générationnelle de l'abondance des reproducteurs a été bien supérieure à 10 000, de sorte que ce paramètre n'a pas d'incidence sur la détermination de l'état dans ce cas. En raison de la courte série chronologique pour les lacs Osoyoos et Skaha regroupés, un seul point de données (2023) était disponible pour le paramètre de variation en pourcentage, et les paramètres de tendance à long terme n'étaient pas disponibles. Ces paramètres de tendance n'ont pas d'incidence sur la détermination de l'état dans ce cas, car les paramètres de tendance ne sont pas utilisés dans l'algorithme rapide de l'état de la PSS lorsque le paramètre de l'abondance relative est disponible. L'évaluation rapide de l'état de la PSS a révélé qu'il n'avait été vert que pour la première année de la série chronologique disponible des moyennes générationnelles (2015). Toutes les années suivantes, l'état a été constamment ambre, avec un niveau de confiance élevé (2016 à 2023). Le paramètre de variation en pourcentage (évalué uniquement pour 2023) a mis en évidence un fort déclin au cours des trois dernières générations et se situe dans la zone *rouge* pour ce paramètre.

Même si l'état de l'ensemble de l'UC est ambre depuis 2016, les pêches ont été abondantes et se sont élevées en moyenne à 64 254 (fourchette de 4 185 à 175 863), avec de nombreuses années récentes où le nombre de captures et la mortalité en cours de route ont été supérieurs à l'abondance des reproducteurs (figures 4 et 5). Il est important de souligner que même si l'état de l'ensemble de l'UC a été ambre de 2016 à aujourd'hui (selon la moyenne générationnelle de l'abondance des reproducteurs), pour certaines de ces années (c.-à-d. 2015, 2019, 2021 et 2023), l'abondance annuelle des reproducteurs était inférieure ou proche de la valeur de référence inférieure pour le paramètre de l'abondance relative. Les principales pressions qui pourraient faire passer l'UC à l'état rouge dans un avenir proche sont l'augmentation de la température de l'eau pendant la migration des adultes vers l'amont, les températures élevées du lac Osoyoos, ainsi que les pêches et les mortalités liées à la pêche. Pour ces raisons, il est

important que les experts (ONA et MPO) examinent chaque année l'évaluation rapide de l'état de la PSS et collaborent pour fournir des mises à jour régulières. En outre, si une population autonome qui se reproduit naturellement est pleinement établie dans le lac Okanagan, on devrait réexaminer la série chronologique utilisée pour l'évaluation de l'état. Il convient de mentionner que les évaluations rapides de l'état de la PSS sont un processus scientifique occidental qui ne prend pas en compte les pratiques et les objectifs de gestion mieux définis de la Nation Okanagan.

De récents avis scientifiques concernant la détermination des PRL pour les UGS dans le cadre des dispositions relatives aux stocks de poissons de la *Loi sur les pêches* modernisée (C. A. Holt *et al.* 2023; K. Holt *et al.* 2023) ont recommandé que les PRL soient fondés sur l'état des UC qui les composent. Ils suggéraient que si l'une des UC d'une UGS était considérée comme étant dans la zone rouge, l'UGS entière soit considérée comme étant « en dessous du PRL ». L'UGS du saumon rouge de l'Okanagan ne comprend qu'une seule UC qui n'a pas actuellement d'état rouge, et cette UGS est donc considérée comme étant au-dessus du point de référence limite en vertu des dispositions relatives aux stocks de poissons dans la *Loi sur les pêches* modernisée du MPO (2019).

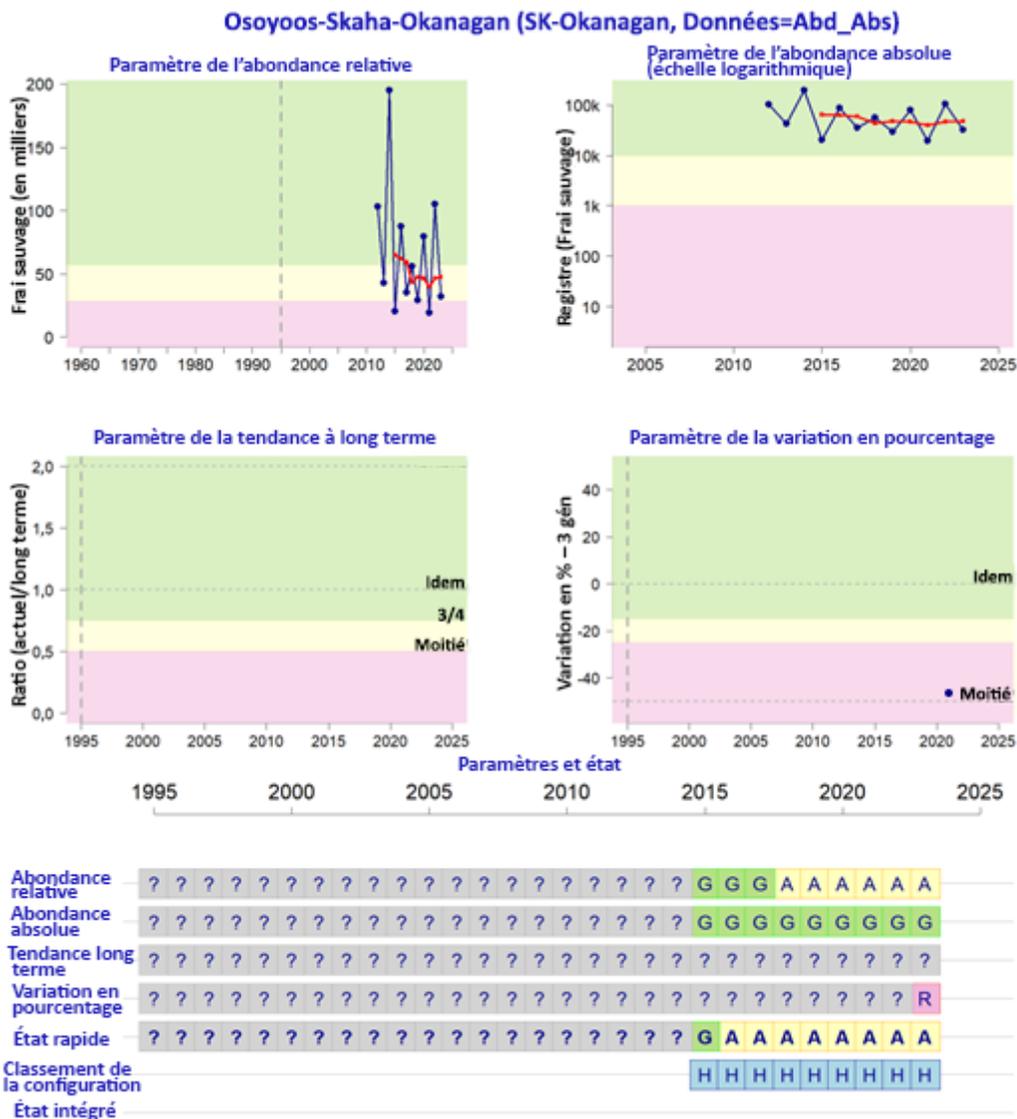


Figure 2. Paramètres et état de l'UC Osoyoos-Skaha-Okanagan (SEL-01-01) en utilisant l'abondance regroupée des reproducteurs des lacs Osoyoos et Skaha comme indicateur d'état. La série chronologique regroupée commence en 2012, de sorte que la moyenne générationnelle utilisée pour la détermination de l'état est disponible pour la première fois en 2015. Les panneaux supérieurs montrent les quatre paramètres standards de la PSS, calculés sur la base des séries chronologiques disponibles sur l'abondance des reproducteurs. Le panneau du bas résume l'état de chaque paramètre individuel et montre l'évaluation rapide de l'état de l'UC avec un indice de confiance. Cette UC n'a pas été évaluée précédemment dans le cadre d'un atelier intégré d'évaluation de l'état de la PSS, de sorte que la ligne État intégré est vide.

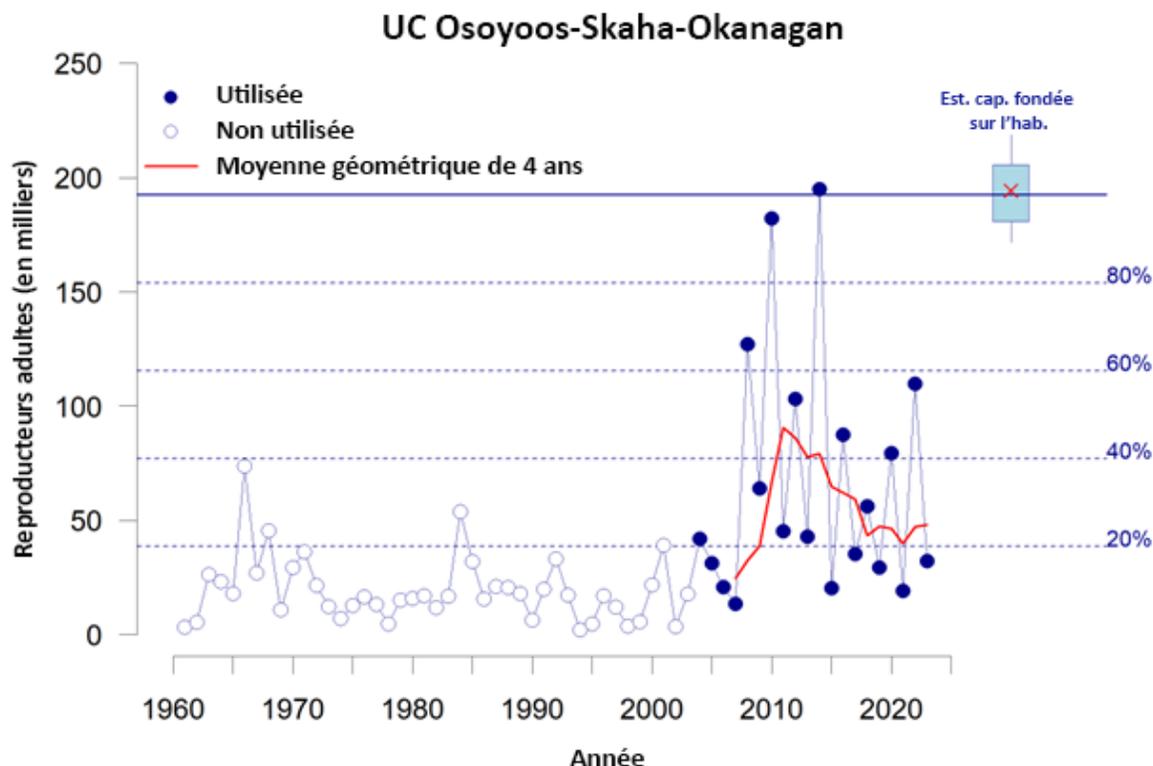


Figure 3. Abondance des reproducteurs comparée à l'estimation de la capacité de frai fondée sur l'habitat – Unité de conservation Osoyoos-Skaha-Okanagan. La série chronologique montre toutes les estimations disponibles, mais seules les estimations commençant en 2004 (cercles pleins) ont été utilisées pour l'évaluation de l'état. Les valeurs antérieures à 2011 incluent les reproducteurs de la seule population du lac Osoyoos. Les valeurs de 2011 à 2021 incluent les reproducteurs des populations des lacs Osoyoos et Skaha. Les valeurs à compter de 2022 incluent les reproducteurs des populations des lacs Osoyoos, Skaha et Okanagan. Le tableau 2 présente des valeurs candidates fondées sur d'autres regroupements de populations lacustres. Cette figure renvoie à la ligne inférieure de ce tableau. La ligne continue rouge représente la moyenne géométrique sur quatre ans. Le diagramme en boîte pour la capacité d'habitat montre la médiane (ligne horizontale), la moyenne (x rouge), les 25^e et 75^e percentiles (boîte), et les 10^e et 90^e percentiles (moustaches). Les lignes horizontales en pointillé marquent les repères et les objectifs potentiels définis en termes de pourcentage de la médiane des estimations de la capacité de frai fondées sur l'habitat (axe secondaire des ordonnées).

Compte tenu de l'élargissement continu de l'aire de répartition et de la différence observée dans les tendances des reproducteurs pour les populations des lacs Osoyoos et Skaha, les points de référence de gestion potentiels pour les trois populations lacustres sont fournis séparément, ainsi que pour l'ensemble de l'UGS. Ils s'appuient sur des proportions de rechange des estimations de la capacité de l'habitat de frai, qui est censée être une approximation du S_{MAX} (tableau 2).

Une fourchette cible pour guider la détermination d'un objectif d'échappée pour chaque population lacustre pourrait être fondée sur un objectif de rendement maximal soutenu (RMS). Avec les informations disponibles, le S_{MSY} pourrait être approximativement égal à 50 % du S_{MAX} fondé sur l'habitat, étant donné que 40 % du S_{MAX} ont été utilisés pour estimer 80 % du S_{MSY} (Grant *et al.* 2020, 2011; Grant et Pestal 2013), et la fourchette cible pourrait s'étendre sur 10 %

de part et d'autre (c.-à-d. de 40 à 60 % du S_{MAX} fondé sur l'habitat). Par ailleurs, une fourchette cible pour chaque population lacustre pourrait être fixée entre 90 et 110 % de l'estimation du S_{MAX} fondé sur l'habitat, ce qui correspondrait environ à un objectif de maximisation de la production totale. Si les gestionnaires exigent des objectifs globaux pour l'ensemble des lacs, il faut tenir compte du fait que les populations qui les composent n'ont pas de covariance uniforme, ce qui exige des objectifs plus élevés qu'une simple somme des objectifs pour chaque lac. La détermination du niveau auquel ces objectifs devraient être augmentés lors de l'agrégation nécessiterait des analyses par simulation, ce qui n'entraîne pas dans le cadre de ce processus; par conséquent, les proportions d'objectifs des estimations des points de référence relevés (S_{MSY} et S_{MAX}) ont simplement été augmentées de 10 % afin de tenter de tenir compte de cette incertitude. Si l'on considère l'UGS dans son ensemble, une gamme d'objectifs potentiels pour un objectif approximatif de S_{MSY} a été établie comme étant comprise entre 96 000 et 135 000 reproducteurs, et un objectif candidat fondé sur le S_{MAX} comme étant compris entre 192 000 et 231 000.

Tableau 2. Exemples de points de référence potentiels pour la gestion du saumon rouge de l'Okanagan. Les fourchettes cibles utilisent des proportions de recharge de l'estimation médiane du S_{MAX} fondé sur l'habitat, arrondies au millier le plus proche. Pour les lacs individuels, l'objectif approximatif de S_{MSY} est fixé à 40 à 60 % des estimations du S_{MAX} fondé sur l'habitat, et l'objectif du S_{MAX} est fixé à 90 à 110 % du S_{MAX} fondé sur l'habitat. Pour l'UGS entière, des pourcentages plus élevés sont utilisés pour tenir compte de la composition variable du stock (50 à 70 % pour le S_{MSY} , 100 à 120 % pour le S_{MAX}). Remarque : le rendement de ces objectifs potentiels n'a pas été évalué dans les simulations avancées.

Unité de population	S_{MSY} cible	S_{MAX} cible
Lac Osoyoos	43 000 à 64 000	96 000 à 118 000
Lac Skaha	14 000 à 21 000	32 000 à 39 000
Lac Okanagan	19 000 à 29 000	43 000 à 53 000
Tous les saumons rouges de l'Okanagan	96 000 à 135 000	192 000 à 231 000

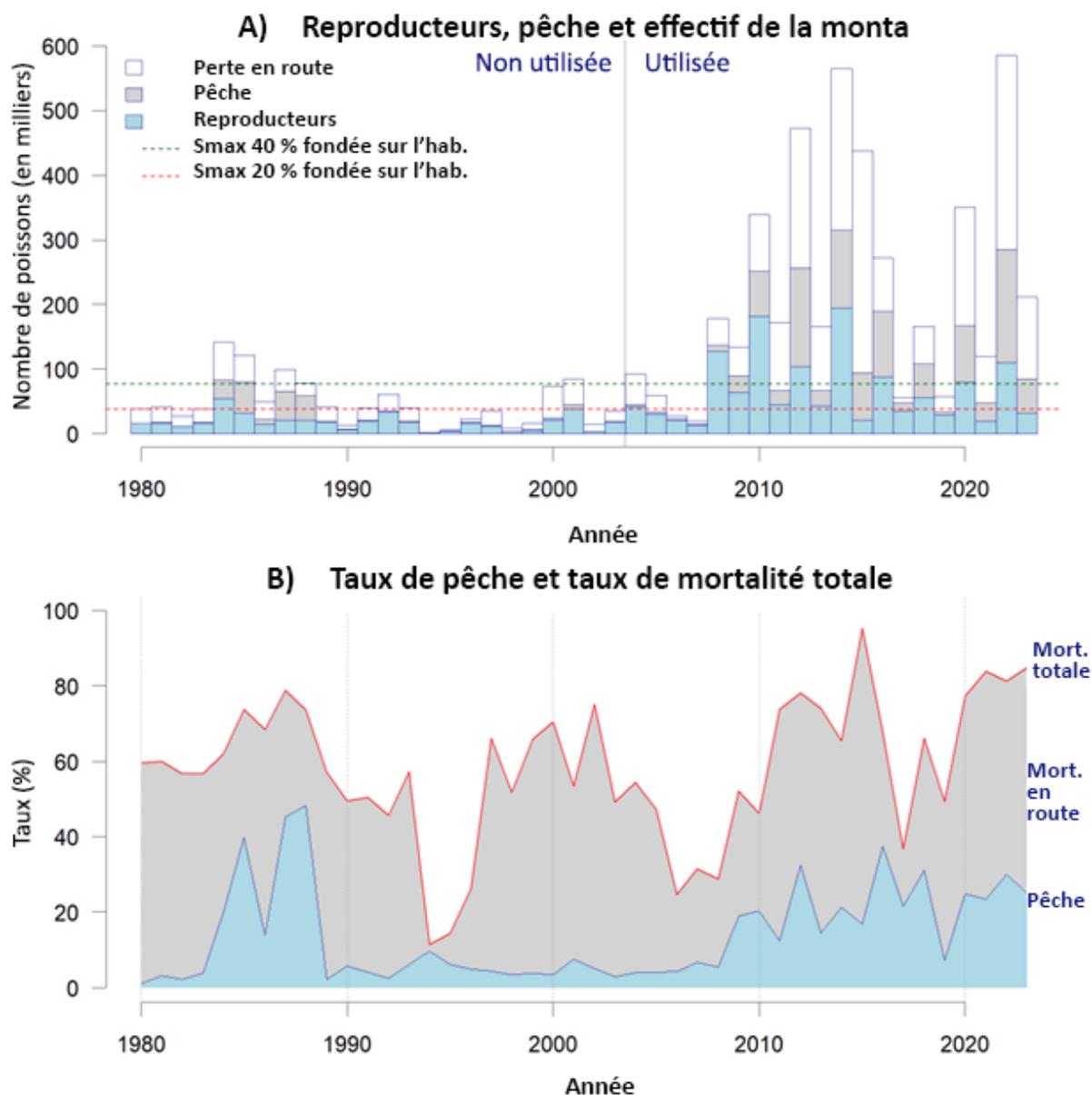


Figure 4. Résumé des reproducteurs, des captures, de l'effectif de la montaison, du taux de capture et du taux de mortalité totale pour l'UC de saumon rouge Osoyoos-Skaha-Okanagan. (A) Les barres empilées montrent la proportion annuelle de l'effectif total de la montaison qui a atteint les frayères, a été capturée en rivière ou a censée avoir été perdue au cours de la migration vers l'amont en raison d'autres sources de mortalité. L'abondance annuelle des reproducteurs peut être comparée aux repères inférieurs et supérieurs fondés sur l'habitat. (B) Les zones ombrées montrent les composantes du taux de capture annuel et de la mortalité en route (eau douce uniquement) de la mortalité totale (ligne rouge).

Sources d'incertitude liées aux changements climatiques futurs

Les changements climatiques, actuels et futurs, constituent une menace majeure pour le saumon rouge de l'Okanagan tout au long de son cycle de vie. Au cours de sa migration vers l'amont se trouvent trois goulets d'étranglement importants dus à des températures élevées le

long du couloir de migration du saumon rouge de l'Okanagan, qui sont susceptibles d'avoir une incidence sur la survie et la productivité des adultes en eau douce. Il s'agit :

1. des tronçons les plus chauds du bras principal du fleuve Columbia, associés aux réservoirs situés derrière les barrages Bonneville, John Day et McNary dans le cours inférieur du fleuve Columbia;
2. la température du lac Pateros (également appelé réservoir « Wells Pool »), qui forme le bassin d'admission du barrage Wells, où les saumons rouges adultes se tiennent souvent avant de pénétrer dans le bassin versant de l'Okanagan¹ (Hyatt *et al.* 2003, 2020); et
3. la rivière Okanogan (WA), longue de 115 km, dans laquelle les températures de l'eau en été sont généralement supérieures de 3 à 5 °C à celles du lac Pateros (Hyatt *et al.* 2020; Stiff *et al.* [en cours de préparation])².

Le passage des saumons rouges adultes dans le cours inférieur du fleuve Columbia se déroule principalement entre juin et juillet. En juin, les températures moyennes journalières de l'eau dépassent rarement 18 °C dans le bassin d'admission de Bonneville, mais atteignent une moyenne de 20 °C en juillet en raison du réchauffement saisonnier (Columbia River Data Access in Real Time [CBR-DART]). Une analyse des données historiques montre que les températures de l'eau en juillet dans le cours inférieur du fleuve Columbia ont augmenté de 2,6 °C depuis 1949 (Environmental Protection Agency des États-Unis [USEPA] 2018). L'augmentation de la fréquence des dates avec des conditions thermiques élevées de cette ampleur est connue pour avoir une incidence négative sur la vitesse de migration, le calendrier, la condition physique, la répartition spatiale et les profils de maladie du saumon rouge en migration (Martins *et al.* 2012; Miller *et al.* 2014; Quinn *et al.* 1997).

Ces effets liés à la température sont très probablement à l'origine de la forte mortalité des saumons rouges adultes dans le bras principal du fleuve Columbia en 2015, lorsque les températures à Bonneville en juin étaient supérieures de 3,4 °C à la moyenne décennale. Cette année-là, 61 % de la montaison totale a été exposée à des températures supérieures à 20 °C. Lors des années fraîches et humides, le pourcentage de saumons rouges exposés à des températures de 20 °C à Bonneville représente en moyenne 0,1 % de la montaison (p. ex. 1993, 1999, 2011 et 2012). Le pourcentage augmente généralement de 10 à 20 % lors des années de fort El Niño (p. ex. 1987, 1992, 1998) (CBR-DART).

La mortalité en route des adultes migrant vers l'amont est souvent plus élevée que le nombre de reproducteurs (figure 5). En 2015, la mortalité du saumon rouge entre les barrages de Bonneville et de McNary était environ deux fois plus élevée que la moyenne pluriannuelle enregistrée entre 2006 et 2014 (Fryer *et al.* 2017), avec des mortalités massives de saumons enregistrées à plusieurs endroits du bassin (National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA] 2016). Une estimation finale du pourcentage de saumons rouges de l'Okanagan ayant atteint les frayères depuis l'embouchure du fleuve Columbia était inférieure à 5 % cette année-là (Fryer *et al.* 2017; Hyatt *et al.* 2020). Les projections du modèle climatique mondial (MCM) à échelle réduite (Abatzoglou et Brown 2012) de la température moyenne journalière de l'air sur des sites clés le long du couloir de migration de la rivière Okanogan/Okanagan (Hyatt *et al.*

¹ Partie américaine de la rivière Okanagan

² Stiff, H. W., K. D. Hyatt, M. M. Stockwell et A. D. Ogden. Tendances des indices d'exposition à la température de l'eau pour la migration et le frai des saumons adultes dans le bassin versant de l'Okanagan, 2010-2099. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Secr. en cours de préparation.

2020) suggèrent que d'ici 2040-2069, les événements de mortalité comme celui de 2015 seront probablement plus fréquents.

Parmi les trois lacs de séjour, le lac Osoyoos est le plus vulnérable à la « compression » de la température et de l'oxygène. La compression de la température et de l'oxygène se produit en été lorsque les concentrations d'oxygène au fond tombent en dessous de 4 ppm et que les températures près de la surface dépassent 17 °C. Les saumons rouges juvéniles en phase d'alevinage sont alors comprimés dans un petit volume d'habitat approprié dans la colonne d'eau (Brett *et al.* 1969; Brett et Blackburn 1981). L'incertitude demeure quant à la question de savoir si les changements interannuels des conditions de compression compromettraient la croissance et la survie des saumons rouges juvéniles et contribueraient à la diminution de la montaison totale. Les projections suggèrent que les réductions des apports fluviaux induites par les changements climatiques et l'augmentation de la charge en éléments nutritifs dans le lac Osoyoos due au développement humain auront des effets négatifs d'une ampleur inconnue sur la montaison des saumons rouges (Hyatt *et al.* 2003; Merritt *et al.* 2006).

La dévalaison des saumoneaux de l'UC Osoyoos-Skaha-Okanagan a lieu entre avril et juin, avec un pic de migration vers la mi-mai. Les projections relatives aux changements climatiques indiquent que la fréquence moyenne des dates au cours desquelles les températures moyennes journalières de l'eau dépassent 15 °C pendant la dévalaison pourrait passer de 25-35 jours (actuellement) à 41-45 jours d'ici les années 2050, principalement en mai et juin (Stiff *et al.* [en cours de préparation.]²).

Enfin, les changements climatiques pourraient également avoir des répercussions futures sur la survie en mer du saumon rouge de l'Okanagan. D'après les conclusions de Hinch et Martins (2011), la majorité des stocks de saumon rouge du Pacifique évalués devraient connaître une diminution possible de la survie des immatures dans l'océan et une diminution très probable de la survie des adultes de retour.

Sources d'incertitude dans les données

Les estimations de la capacité de frai ont été utilisées dans nos analyses pour déterminer l'état et les points de référence de gestion potentiels. Cependant, les estimations de la capacité de l'habitat de frai peuvent être sensibles aux hypothèses du modèle, comme l'hypothèse que tous les poissons ont la longueur moyenne observée dans le lac Osoyoos. Les simulations de Monte Carlo qui ont échantillonné au hasard les gammes de longueurs connues du saumon rouge ont indiqué que les estimations de la capacité peuvent varier considérablement lorsque la variation de la longueur des poissons est prise en compte. Cette analyse de sensibilité n'évalue qu'une seule hypothèse du modèle. Ainsi, les capacités de frai estimées par le modèle pour les trois lacs doivent être interprétées avec prudence, étant donné qu'elles sont fondées sur plusieurs hypothèses, dont la plupart n'ont pas été officiellement prises en compte dans nos estimations de l'incertitude. En outre, les estimations de la capacité de frai utilisées dans le présent document pour déterminer l'état et les points de référence de gestion potentiels représentent un aperçu instantané d'un système dont l'aire de répartition s'élargit et qui fait l'objet d'efforts de restauration actifs.

Les données utilisées pour les analyses de reproducteurs-recrues étaient fondées sur le dénombrement aux barrages des saumons rouges adultes en montaison et sur les ratios de dénombrement aux barrages, avec des ajustements pour la récolte. Ces dénombrements sont imparfaits pour plusieurs raisons différentes. Étant donné que nombre de ces variables ne sont généralement pas quantifiables, il subsiste une certaine incertitude (possiblement exacerbée) quant à l'abondance nette d'un stock donné de saumons rouges qui retournent à l'embouchure

du fleuve Columbia. L'attribution des adultes de retour à un lac donné dans le bassin de l'Okanagan est une source supplémentaire d'incertitude dans les analyses de reproducteurs-recrues. Estimés à l'aide de l'aire sous la courbe, les ratios de reproducteurs qui apparaissent dans les frayères des lacs Osoyoos et Skaha ont été utilisés pour répartir les nombres relatifs de saumons rouges se rendant aux lacs Skaha et Osoyoos, bien qu'il y ait des preuves d'un certain égarement entre ces deux populations, estimé à 4 % à partir de seulement trois années de données pertinentes. En outre, les estimations du nombre de reproducteurs de saumon rouge dans les zones de frai du lac Skaha étaient sujettes à des erreurs d'identification de certains saumons rouges en tant que saumons kokanis, ou vice versa, d'autant plus que les reproducteurs précoces de saumon rouge (les « madeleineaux ») peuvent être identifiés à tort comme des saumons kokanis en raison de leur plus petite taille par rapport aux reproducteurs adultes.

Les données sur les pré-saumoneaux, utilisées à la fois pour l'analyse de reproducteurs-recrues de la population du lac Osoyoos et pour les estimations de la capacité de pré-saumoneaux fondées sur la bioénergétique pour les lacs Osoyoos et Skaha, ont probablement sous-estimé le nombre de pré-saumoneaux d'âge 1 (c.-à-d. les juvéniles qui restent dans le lac pendant une deuxième année) en raison de la capacité des plus gros poissons d'échapper au chalut.

Enfin, les analyses bioénergétiques, qui n'ont été utilisées que pour corroborer les résultats des estimations de la capacité des reproducteurs, étaient incertaines, principalement en raison du petit nombre d'années disponibles pour l'étude. Par conséquent, il n'y a eu qu'une seule année dans chacun des lacs Osoyoos et Skaha au cours de laquelle la capacité du lac pour les saumons rouges juvéniles a semblé être atteinte. En outre, la généralisation de ces résultats n'est pas évidente, d'autant plus que d'autres années, un plus grand nombre de saumons rouges juvéniles ont été pris en charge alors que la capacité de charge ne semblait pas avoir été atteinte.

CONCLUSIONS ET AVIS

L'état de l'UC Osoyoos-Skaha-Okanagan en vertu de la PSS est constamment ambre depuis 2016, principalement en raison de l'abondance moyenne générationnelle des reproducteurs qui se situe entre 20 et 40 % de l'estimation du S_{MAX} fondé sur l'habitat, utilisée comme repère d'abondance relative inférieur et supérieur, respectivement. Toutefois, en raison des menaces importantes liées au climat, il existe un risque élevé que l'état de l'UC passe au rouge dans un avenir proche. Il sera donc extrêmement important de suivre son état chaque année et de relever rapidement tout changement.

Les fourchettes d'objectifs potentiels fondées sur l'habitat présentées ici reflètent les conditions contemporaines et récentes dans le bassin de la rivière Okanagan et sont donc sujettes à des modifications futures de l'abondance et de la qualité de l'habitat disponible. En outre, cette UGS connaît actuellement des modifications importantes dues à l'élargissement de l'aire de répartition, à l'amélioration de l'habitat de frai, à la mise en liberté des écloséries et aux fluctuations liées aux variations constantes du climat local, notamment en ce qui concerne l'augmentation des températures, la diminution du manteau neigeux et d'autres changements dans la chronologie des apports d'eau au système. Toutes ces influences exigent que les scientifiques et les gestionnaires des pêches surveillent très attentivement les échappées et les captures chaque année. En outre, ces instabilités font qu'il est difficile de donner un avis sur le nombre précis d'années après lequel le prochain examen des objectifs d'échappée devrait avoir lieu. Nous recommandons plutôt de porter une attention annuelle aux caractéristiques de l'UGS elle-même (p. ex. dépassement constant des objectifs d'échappée, recolonisation, variations

dans la capacité de l'habitat de frai) pour déterminer quand il convient de procéder au prochain examen des objectifs d'échappée et quand organiser des discussions sur cette question à la table du Canadian Okanagan Basin Technical Working Group (COBTWG) (groupe de travail technique canadien du bassin de l'Okanagan – ONA, MPO et province de la C.-B.).

En outre, compte tenu des projections climatiques, les gestionnaires devraient s'efforcer de maintenir la diversité génétique (c'est-à-dire en conservant des populations de taille saine) afin de se prémunir contre les conditions climatiques futures incertaines.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Alameddine*	Ibrahim	ESSA Technologies
Alex*	Kari	Okanagan Nation Alliance
Allan*	Dean	MPO, Direction des sciences
Anderson*	Erika	MPO, Centre des avis scientifiques, région du Pacifique
Askey	Paul	Freshwater Fisheries Society of BC
Carr-Harris*	Charmaine	MPO, Direction des sciences
Davis*	Brooke	MPO, Direction des sciences
Decker*	Scott	MPO, Direction des sciences
Dionne*	Kaitlyn	MPO, Direction des sciences
Dobson	Diana	MPO, Direction des sciences
Finney	Jessica	Centre des avis scientifiques, région du Pacifique
Freshwater*	Cameron	MPO, Direction des sciences
Fryer*	Jeff	Columbia River Inter-Tribal Fish Commission
Grant	Sue	MPO, Direction des sciences
Hawkshaw	Mike	MPO, Gestion des pêches
Hertz*	Eric	Pacific Salmon Foundation
Holt	Carrie	MPO, Direction des sciences
Huang	Ann-Marie	MPO, Direction des sciences
Jackson*	Chad	Département de la Pêche et de la Faune de l'État de Washington
Jenewein*	Brittany	MPO, Gestion des pêches
Judson	Braden	MPO, Direction des sciences
King	Kristen	Province de la Colombie-Britannique, ministère de l'Eau, des Terres et de la Gestion des ressources
Lawrence*	Shayla	Okanagan Nation Alliance
Machin*	Dawn	Membre de la Nation Okanagan
Mathieu	Chelsea	Okanagan Nation Alliance
McGrath*	Elinor	Okanagan Nation Alliance
Muirhead-Vert	Yvonne	Centre des avis scientifiques, région du Pacifique
Ogden*	Athena	MPO, Direction des sciences

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Parken*	Chuck	MPO, Direction des sciences
Pestal*	Gottfried	SOLV Consulting
Pham*	Samantha	Okanagan Nation Alliance
Potapova*	Anna	MPO, Direction des sciences
Reader*	Jeffrey	MPO, Gestion des pêches
Selbie	Daniel	MPO, Direction des sciences
Stiff	Howard	MPO, Direction des sciences
Tessier*	Laura	MPO, Direction des sciences

* A participé à la réunion de suivi du 25 juin 2024.

SOURCES OF RENSEIGNEMENTS

Cet avis scientifique est issu de l'examen régional par les pairs des 21 et 22 novembre 2023 et du 25 juin 2024 sur les objectifs d'échappée révisés pour le saumon rouge du bassin de l'Okanagan en Colombie-Britannique. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

Abatzoglou, J.T., and Brown, T.J. 2012. [A comparison of statistical downscaling methods suited for wildfire applications](#). International Journal of Climatology. 32: 772–780.

Brett, J.R., Shelbourn, J.E., and Shoop, C.T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. Journal of the Fisheries Board of Canada. 26: 2363–2394.

Brett, J.R., and Blackburn, J.M. 1981. [Oxygen Requirements for Growth of Young Coho \(*Oncorhynchus kisutch*\) and Sockeye \(*O. nerka*\) Salmon at 15 °C](#). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 38: 399–404.

Carlile, N. 2022. 2022 Redd Surveys & Drone Imagery Okanagan River Restoration Initiative (ORRI). Prepared by Okanagan Nation Alliance Fisheries Department for the ORRI Steering HCP Committees. Westbank, BC.

DFO. 2005. Canada's Policy for the Conservation of Wild Pacific Salmon. pp. 57.

Fisheries Act, RSC 1985, c F-14, retrieved on 2024-07-03. Amendment 2019, c. 14.

Fryer, J.K. 1995. Columbia Basin sockeye salmon: Causes of their past decline, factors contributing to their present low abundance, and future outlook. University of Washington, Seattle, WA.

Fryer, J.K., Kelsey, D., Wright, H., Folks, S., Bussanich, R., Hyatt, K.D., Selbie, D.T., and Stockwell, M.M. 2017. Studies into factors limiting the abundance of Okanagan and Wenatchee Sockeye Salmon in 2015. Columbia River Inter-Tribal Fish Commission (CRITFC) Technical Report 17-06. Columbia River Intertribal Fish Commission. Portland, OR. 217 p.

Grant, S.C.H., MacDonald, B.L., Cone, T.E., Holt, C.A., Cass, A., Porszt, E.J., Hume, J.M.B., and 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.

- Grant, S.C.H. and Pestal, G. 2013. [Integrated Biological Status Assessments Under the Wild Salmon Policy Using Standardized Metrics and Expert Judgement: Fraser River Sockeye Salmon \(*Oncorhynchus nerka*\) Case Studies](#). Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/106. v + 132 p.
- Grant, S.C.H., Holt, C.A., Pestal, G., Davis, B.M. et MacDonald, B.L. 2020. [Réévaluation de 2017 de l'état biologique intégré du saumon rouge du fleuve Fraser \(*Oncorhynchus nerka*\) selon la Politique concernant le saumon sauvage, au moyen de paramètres normalisés et d'avis d'experts](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2020/038. ix + 232 p.
- Hinch, S.G., and Martins, E.G. 2011. A review of potential climate change effects on survival of Fraser River sockeye salmon and an analysis of interannual trends in en route loss and pre-spawn mortality. Cohen Commission Tech. Rept. 9:134p. Vancouver, B.C.
- Holt, C.A., Holt, K., Warkentin, L., Wor, C., Connors, B., Grant, S., Huang, A.-M., et Marentette, J. 2023. [Lignes directrices pour la définition des points de référence limites pour les unités de gestion des stocks de saumons du Pacifique](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/009. iv + 79 p.
- Holt, K.R., Holt, C.A., Warkentin, L., Wor, C., Davis, B., Arbeider, M., Bokvist, J., Crowley, S., Grant, S., Luedke, W., McHugh, D., Picco, C., et Van Will, P. 2023. [Application de méthodes d'estimation des points de référence limites à des unités de gestion des stocks de saumons du Pacifique dans le cadre d'études de cas](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Doc. de rech. 2023/010. v + 150 p.
- Hyatt, K.D., and Rankin, D.P. 1999. A habitat based evaluation of Okanagan sockeye salmon escapement objectives. Fisheries and Oceans Canada, Nanaimo, B.C.
- Hyatt, K.D., Stockwell, M.M., and Rankin, D.P. 2003. [Impact and Adaptation Responses of Okanagan River Sockeye Salmon \(*Oncorhynchus nerka*\) to Climate Variation and Change Effects During Freshwater Migration: Stock Restoration and Fisheries Management Implications](#). Canadian Water Resources Journal. 28: 689–713.
- Hyatt, K.D., Alexander, C.A.D., and Stockwell, M.M. 2015. [A decision support system for improving “fish friendly” flow compliance in the regulated Okanagan Lake and River System of British Columbia](#). Canadian Water Resources Journal. 40: 87–110.
- Hyatt, K.D., and Stockwell, M.M. 2019. Chasing an Illusion? Successful restoration of Okanagan River Sockeye Salmon in a sea of uncertainty, in: Krueger, C.C., Taylor, W.W., Youn, S. (Eds.), From Catastrophe to Recovery: Stories of Fish Management Success. American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 65–100.
- Hyatt, K., Withler, R., Garver, K. 2019. [Examen des introductions récentes et proposées d'alevins de saumon rouge de l'Okanagan \(*Oncorhynchus nerka*\) dans les lacs Skaha et Okanagan : historique, incertitudes et répercussions](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2018/014. vi + 43 p.
- Hyatt, K.D., Stiff, H.W., and Stockwell, M.M. 2020. Historic water temperature (1924- 2018), river discharge (1929-2018), and adult Sockeye Salmon migration (1937- 2018) observations in the Columbia, Okanogan, and Okanagan rivers. Fisheries and Oceans Canada, Pacific Biological Station, Nanaimo, B.C.
- Martins, E.G., Hinch, S.G., Cooke, S.J., and Patterson, D.A. 2012. [Climate effects on growth, phenology, and survival of sockeye salmon \(*Oncorhynchus nerka*\): a synthesis of the current state of knowledge and future research directions](#). Rev Fish Biol Fisheries. 22: 887–914.

- Mathieu, C., Machin, D., Ogden, A., King, K., Reimer, S., Louie, C., and Alex, K.I. 2023. Okanagan Fish and Water Management Tools (FWMT) year 2022-2023, Prepared for the FWMT Steering Committee and Douglas County PUD. Okanagan Nation Alliance Fisheries Department, Westbank, B.C.
- Merritt, W.S., Alila, Y., Barton, M., Taylor, B., Cohen, S., and Neilsen, D. 2006. [Hydrologic response to scenarios of climate change in sub watersheds of the Okanagan basin, British Columbia](#). *Journal of Hydrology*. 326: 79–108.
- Miller, K.M., Teffer, A., Tucker, S., Li, S., Schulze, A.D., Trudel, M., Juanes, F., Tabata, A., Kaukinen, K.H., and Ginther, N.G. 2014. Infectious disease, shifting climates, and opportunistic predators: cumulative factors potentially impacting wild salmon declines. *Evolutionary Applications*. 7: 812–855.
- MPO. 2015. [Politique concernant le saumon sauvage – évaluations de l'état biologique pour les unités de conservation du saumon coho du Fraser intérieur \(*Oncorhynchus kisutch*\)](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2015/022
- MPO. 2016. [État biologique intégré du saumon quinnat \(*Oncorhynchus tshawytscha*\) du sud de la Colombie-Britannique en vertu de la politique concernant le saumon sauvage](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2016/042.
- MPO. 2024. [Approximations rapides de l'état du saumon du Pacifique dérivées d'évaluations d'experts intégrées dans le cadre de la Politique concernant le saumon sauvage de Pêches et Océans Canada](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2024/004.
- NOAA, 2016. 2015 Adult Sockeye Salmon passage report (No. Report prepared by NOAA Fisheries in Collaboration with the U.S. Army Corps of Engineers and Idaho Department of Fish and Game). NOAA Fisheries. 62 pp.
- Pestal, G., MacDonald, B.L., Grant, S.C.H., and Holt, C.A. 2023. State of the Salmon: rapid status assessment approach for Pacific salmon under Canada's Wild Salmon Policy. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3570: xiv + 200 p.
- Quinn, T.P., Hodgson, S., and Peven, C. 1997. Temperature, flow, and the migration of adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in the Columbia River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54: 1349–1360.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2018. Assessment of Climate Change Impacts on Temperature of the Columbia and Snake Rivers. EPA Region 10, Seattle, WA.

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 978-0-660-73836-9 N° cat. Fs70-6/2024-060F-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. État en vertu de la Politique concernant le saumon sauvage, point de référence limite et objectifs d'échappées candidats pour le saumon rouge de l'Okanagan. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2024/060.

Also available in English:

DFO. 2024. Wild Salmon Policy Status, Limit Reference Point, and Candidate Escapement Goals for Okanagan Sockeye Salmon. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2024/060.