



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

ÉTAT DU SAUMON DU PACIFIQUE CANADIEN : Considérations sur la gestion du saumon du Pacifique dans un climat changeant

Un document de travail scientifique de Pêches et Océans Canada

Nous soulignons, humblement et respectueusement, que le présent document a été rédigé sur les territoires traditionnels non cédés des Nations x̣ẉməθḳẉəỵəm (Musqueam), Ṣḳẉx̣ẉú7mesh (Squamish) et sə̣lilẉəta4 (Tsleil-Waututh). Nous reconnaissons que ces nations sont les intendantes des terres et des eaux depuis des temps immémoriaux, et nous honorons leur profonde compréhension de l'interdépendance entre les peuples et les systèmes naturels.

Référence recommandée : MacDonald, B. et S.C.H. Grant (2023). *Le rapport sur l'état du saumon du Pacifique au Canada : Considérations pour la gestion du saumon du Pacifique dans le contexte du changement climatique*. Pêches et Océans Canada Rapport 23-2305. 27 p.

Équipe de base (Secteur des sciences du MPO): Sue Grant, Bronwyn MacDonald, Jackie King, Daniel Selbie, Ian Perry, James Mortimer

Collaborateurs : Les personnes suivantes ont directement contribué à ce document par des discussions, en fournissant des exemples, et en revoyant et corrigeant les versions préliminaires.

Paige Ackerman
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Alston Bonamis
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Mike Bradford
Direction des sciences du MPO

Douglas Braun
Direction des sciences du MPO

Tina Chestnut
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Carolyn Churchland
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Brendan Connors
Direction des sciences du MPO

Diana Dobson
Direction des sciences du MPO

Cameron Freshwater
Direction des sciences du MPO

Ryan Galbraith
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Mike Hawkshaw
Direction des sciences du MPO

Carrie Holt
Direction des sciences du MPO

Ann-Marie Huang
Direction des sciences du MPO

Karen Hunter
Direction des sciences du MPO

Josephine Iacarella
Direction des sciences du MPO

Lester Jantz
Direction de la gestion des pêches du MPO

Ronald Kadowaki
Direction de la gestion des pêches du MPO

Matt Mortimer
Direction de la gestion des pêches du MPO

Chantal Nessman
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Chrys Neville
Direction des sciences du MPO

Derek Nishimura
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Chuck Parken
Direction des sciences du MPO

David Patterson
Direction des sciences du MPO

Bruce Runciman
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Adam Silverstein
Direction de la gestion des écosystèmes du MPO

Howard Stiff
Direction des sciences du MPO

Catarina Wor
Direction des sciences du MPO

Conception et images : lauratimmermans.ca

Photo de la page couverture : Shane Kalyn, 4 Element Photos.

Photo de l'intérieur de la page couverture : Paul Vecsei

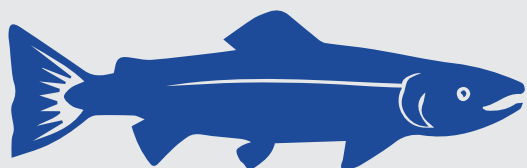
© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par la ministre des Pêches et des Océans, 2023

Cat. No. Fs144-70/2023F-PDF ISBN 978-0-660-68923-4

Préambule

Ce document de travail a été demandé au cours des premières étapes de l'Initiative de la Stratégie relative au saumon du Pacifique (ISSP) afin de fournir une orientation stratégique sur le sujet du changement climatique et du saumon du Pacifique. L'ISSP a été annoncée en juin 2021 comme une réponse stratégique à long terme aux effets négatifs du changement climatique, de la perte d'habitat et de la pression de la pêche sur le saumon¹. L'ISSP correspond à une initiative de 647 millions de dollars dont le but est « d'enrayer le déclin marqué et continu des principales populations de saumon du Pacifique sur la côte ouest du Canada et de les ramener à un niveau durable pour les générations futures »². L'ISSP vise à protéger et à reconstituer les stocks dans la mesure du possible grâce à des mesures concernant l'habitat, la récolte et les éclosiers, soutenues par une intégration et une collaboration accrues³.

L'objectif de ce document de travail est d'élargir le champ d'action sur le sujet du changement climatique et du saumon du Pacifique et déterminer les problèmes et les leçons apprises en passant en revue la littérature et mobiliser le personnel du Pêches et Océans Canada (MPO). Le document qui en résulte est un document de haut niveau rédigé pour un public intéressé par le saumon du Pacifique.



Un saumon Chinook du Fraser fait un saut aux chutes Rearguard dans le cours supérieur du fleuve Fraser, C.-B. Source : Shane Kalyn, 4 Element Photos.

Sommaire

Quand l'état du saumon du Pacifique reviendra-t-il à la normale? Ces dernières années, la région Pacifique du Canada a connu des conditions environnementales extrêmes, et de nombreuses populations de saumon ont décliné. Les fluctuations des conditions environnementales et de l'abondance en saumon ne représentent pas un phénomène nouveau. Des périodes de faible production de saumon ont eu lieu par le passé, tout comme de meilleures périodes, variant autour d'un état moyen ou « normal ». Les systèmes de gestion du saumon du Pacifique du Canada ont été créés à partir de ces observations historiques, en supposant que les conditions futures refléteraient celles du passé. Cependant, le changement climatique impose des conditions environnementales en dehors de leur aire de répartition historique, ce qui a une incidence sur les habitats, la survie et la distribution du saumon.

Le terme « normal » n'existe plus dans un climat en mutation. À mesure que le climat de la planète continue de changer, certaines populations de saumon s'en sortiront mieux que d'autres, ce qui nuira à leur répartition dans l'ensemble du paysage et des zones marines. Les populations de saumons de demain ne ressembleront pas à celles d'aujourd'hui, et nous ne pourrons pas empêcher toutes les pertes et l'ensemble des autres changements dus aux effets du changement climatique.

Il est urgent d'agir. Ce document montre comment le changement climatique crée des difficultés pour la gestion du saumon du Pacifique et comment il compromet le travail bien intentionné et coûteux réalisé dans toute la région. Conformément aux données scientifiques et au leadership national dans le cadre de la stratégie nationale d'adaptation du

Canada, nous proposons une nouvelle orientation stratégique visant à soutenir et à aligner la gestion du saumon du Pacifique sur notre réalité changeante :

L'adaptation au changement climatique est au cœur des politiques, des programmes et des activités du MPO liés au saumon du Pacifique.

L'adaptation consiste à utiliser l'information sur le changement climatique actuel et futur non seulement pour éviter ou réduire les effets négatifs, mais aussi pour exploiter les avantages potentiels. Nous définissons une adaptation significative comme étant tournée vers l'avenir et proactive. Le fait d'incorporer l'adaptation au changement climatique dans les processus de planification et de prise de décision nouveaux et en cours a été associé à une mise en œuvre de l'adaptation réussie, et appuie les engagements pris par le gouvernement du Canada de renforcer la résilience dans ses activités.

Nous proposons une voie à suivre avec une liste d'activités et d'outils qui peuvent nous permettre d'aborder de façon plus rigoureuse le changement climatique dans la gestion du saumon. Il s'agit notamment d'améliorer notre capacité d'adaptation, de créer une équipe pour diriger et soutenir l'adaptation, d'améliorer la collaboration et de lancer des processus d'évaluation et de planification de l'adaptation qui s'appuient sur des projections du changement climatique, des évaluations de la vulnérabilité et la planification de scénarios.

Climat non stationnaire

La variabilité environnementale ne reflète plus celle observée historiquement.



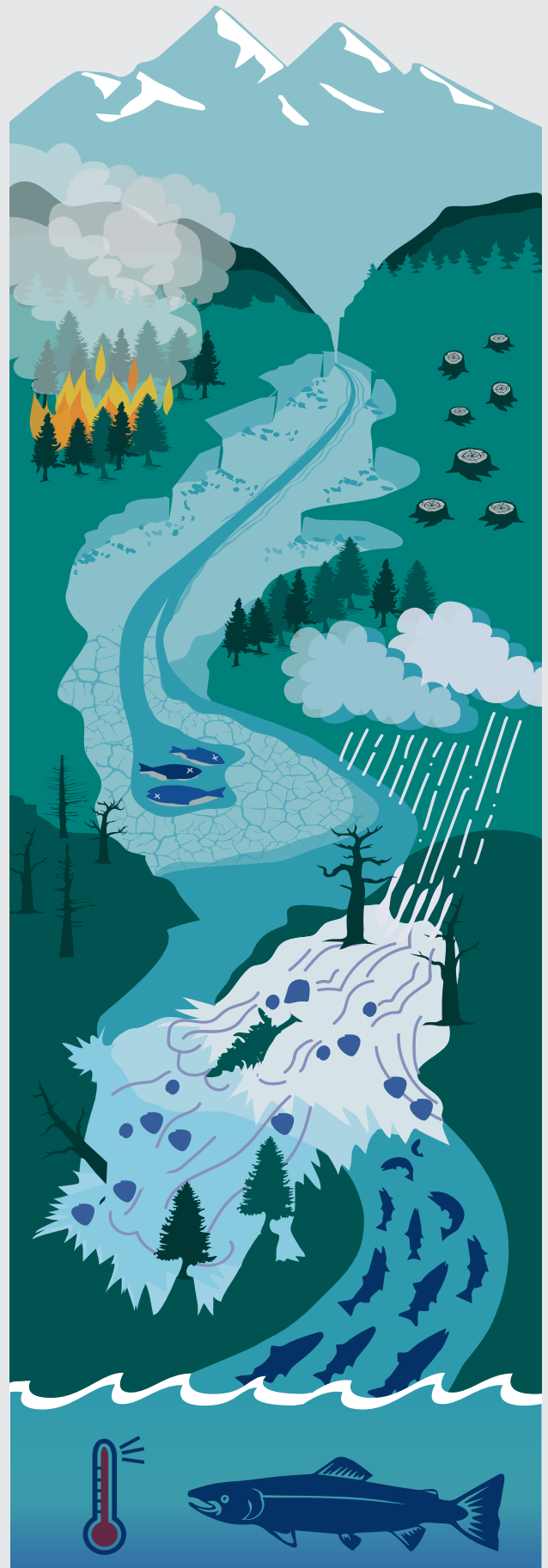
Le voyage d'un saumon sur une planète qui se réchauffe

Les saumons du Pacifique font partie des plus grands migrateurs du monde. Ils commencent leur première migration après l'éclosion, en se rendant à la surface de l'eau pour prendre une petite bouffée d'air afin de remplir leur vessie natatoire⁴. C'est une distance de nage courte, mais cruciale, qui marque le début d'un incroyable voyage. Ils vont ensuite parcourir des centaines de kilomètres à travers les habitats d'eau douce et d'océan, pour finalement revenir dans leurs ruisseaux et rivières natals pour frayer.

Le changement climatique touche désormais le saumon du Pacifique à tous les stades de son cycle de vie. Les saumons ont de moins en moins de chances de dépasser leur premier stade de vie, celui des œufs. Les inondations de plus en plus fréquentes et les débits élevés des rivières affouillent les frayères ou enfouissent les œufs dans les sédiments⁵⁻¹¹. À l'inverse, en période de sécheresse, l'assèchement des lits de rivière peut provoquer l'échouage, la suffocation et la mort des œufs et des saumons juvéniles¹².

Le calendrier des événements de la vie du saumon comme l'éclosion et la migration des juvéniles vers les cours d'eau, les lacs et l'océan est modifié par les changements de la température de l'eau et du débit des rivières. Cela peut créer des décalages dans le calendrier de migration et la disponibilité de la nourriture si les saumons arrivent trop tôt ou trop tard pour s'aligner sur la production alimentaire⁸. Une fois dans l'océan, les sources de nourriture comme le zooplancton sont désormais plus souvent de qualité inférieure¹³⁻²⁰, tandis que les saumons des eaux plus chaudes ont besoin de plus de nourriture, de meilleure qualité, pour soutenir leur croissance²¹.

Lorsqu'il retourne dans sa rivière natale pour frayer, le saumon est confronté à une augmentation de la température de l'eau qui stresse son corps, augmente sa sensibilité aux maladies, nuit à la viabilité de sa reproduction et à la condition de sa progéniture, et dépasse parfois la limite létale²²⁻²⁷. Les saumons rencontrent également davantage d'obstacles à la migration, comme les glissements de terrain ou les faibles niveaux d'eau dus à la sécheresse, qui coupent l'accès à leurs frayères^{27,28}. De tels événements catastrophiques se produiront plus fréquemment et augmenteront en gravité dans les années à venir²⁹⁻³¹.

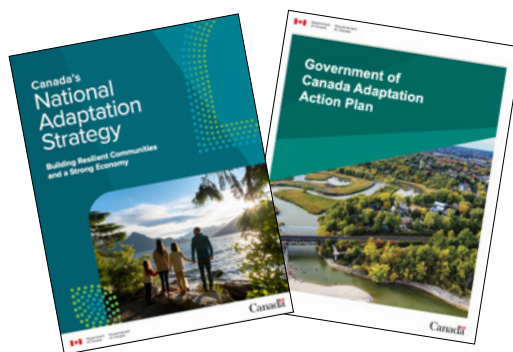


Introduction

Le gouvernement du Canada reconnaît que le changement climatique a des effets irréversibles sur l'environnement et les personnes²⁹.

En réponse, le Canada a déterminé le besoin de s'adapter au changement climatique et a publié une *stratégie nationale d'adaptation* et le *plan d'action* qui l'accompagne au milieu de 2023^{32,33}.

Comme de nombreux autres organismes de ressources naturelles, le MPO a élaboré une approche de gestion du saumon, de son habitat et des systèmes socioéconomiques qui en dépendent, en se fondant sur l'hypothèse prédominante de la **stationnarité environnementale : l'idée que les conditions environnementales fluctuent à l'intérieur d'une plage connue**³⁵⁻³⁷. En vertu de ce principe, les organismes de gestion des ressources naturelles ont utilisé les conditions passées comme bases de gestion ou points de référence pour les habitats et les populations^{38,39}. Jusqu'à présent, la plupart des réponses de gestion aux facteurs de stress humains et environnementaux visaient à restaurer ou conserver les écosystèmes tels que nous les connaissons^{36,39,40}. Toutefois, cet objectif ne correspond pas à la réalité du changement climatique^{39,41,42}.



« Dans le contexte des feux de forêt records qui font rage partout au pays et dans la foulée d'ouragans records comme Fiona et d'inondations records en Colombie-Britannique, cette stratégie est plus que jamais nécessaire pour établir une vision commune de notre avenir. »

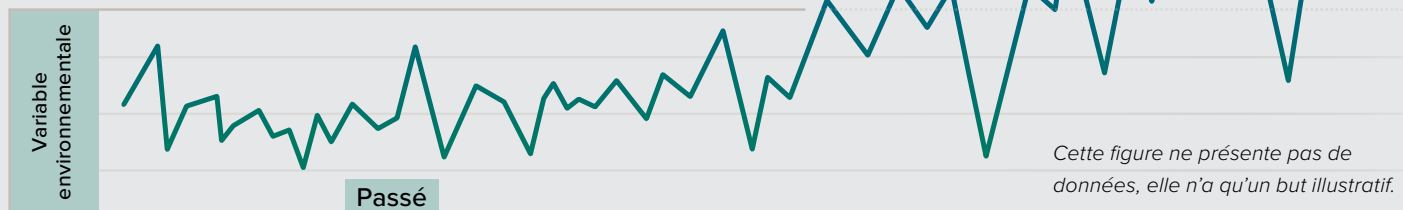
— L'honorable Steven Guilbeault, ministre de l'Environnement et du Changement climatique, le 27 juin 2023³⁴.

Vision de la stratégie nationale d'adaptation du Canada : « Nous tous qui vivons au Canada, ainsi que nos collectivités et l'environnement naturel, sommes résilients aux changements climatiques. Nos mesures d'adaptation collectives améliorent notre bien-être et notre sécurité, favorisent la justice, l'équité et la réconciliation avec les peuples autochtones, et garantissent une économie et un environnement florissants aux générations futures³². »

Le changement climatique impose constamment des conditions environnementales qui sortent du cadre de notre expérience passée^{36,39}. Dans notre nouvelle réalité, les écosystèmes de saumon du Pacifique réagissent à la fois aux effets du changement climatique et aux effets combinés du changement

Climat non stationnaire

La variabilité environnementale ne reflète plus celle observée historiquement.



climatique sur d'autres facteurs de stress, comme l'extraction d'eau et la déforestation⁸. En réponse à l'intensification des facteurs de stress, il est de plus en plus improbable que les environnements en mutation rapide reviennent à la « normale »^{36,39}.

À mesure que le changement climatique éloigne les environnements de ce que nous avons connu, nous ne pourrons pas contrôler tous les résultats. Certaines populations de saumon du Pacifique s'en sortiront mieux que d'autres, ce qui aura une incidence sur leur répartition générale dans le paysage et dans les zones marines. Les migrations et l'utilisation de l'habitat du saumon dans le futur ne ressembleront pas à ce qu'elles sont aujourd'hui. À terme, la répartition du saumon du Pacifique devrait se déplacer vers le nord⁴³⁻⁴⁸.

Nous pouvons faire face aux changements actuels et futurs en transformant la gestion du saumon.

Cela va au-delà des stratégies qui se concentrent uniquement sur le renforcement de la résilience des systèmes naturels, dans l'espoir qu'ils retrouvent leur état antérieur⁴⁹. Un nouveau paradigme de la gestion des ressources naturelles est en train d'émerger, qui met l'accent sur la préparation et la gestion du changement par une adaptation prospective^{39,49-51}. Cela signifie qu'il faut utiliser les renseignements

sur le changement climatique futur pour prendre des mesures dès maintenant afin d'éviter ou de réduire au minimum les effets négatifs attendus, et pour se préparer aux possibilités éventuelles.

Ce document de travail représente la première étape d'un processus destiné **à favoriser l'adaptation au changement climatique** dans le cadre de la gestion du saumon du Pacifique :

- *Nous définissons ce que nous considérons comme une adaptation significative au changement climatique.*
- *Nous montrons comment les systèmes de gestion du saumon fondés sur l'hypothèse de la stationnarité sont remis en question par le changement climatique, et comment des risques supplémentaires pourraient être occasionnés par l'absence d'une adaptation significative.*
- *Nous proposons une nouvelle orientation stratégique qui reconnaît l'importance d'intégrer l'adaptation dans l'ensemble de nos activités de gestion du saumon.*
- *Nous présentons des activités et des outils qui permettent d'aller de l'avant.*



Des chenaux anastomosés alimentés par des glaciers s'écoulent dans le lac Berg, dans le bassin hydrographique du haut Fraser, en Colombie Britannique. Au Canada, les glaciers se sont résorbés rapidement au cours de la dernière décennie²⁹. Cette résorption entraînera une diminution de l'approvisionnement en eau de fonte glaciaire et une augmentation des températures dans les rivières et les ruisseaux qu'ils alimentent depuis toujours¹⁰. Source : Shane Kalyn, 4 Element Photos.

Qu'est-ce qu'une adaptation significative au changement climatique?

Une adaptation significative au changement climatique est un processus continu qui vise à réduire la vulnérabilité des systèmes sociaux, écologiques et économiques aux effets du changement climatique ⁵².

Dans ce cas, ces systèmes comprennent le saumon, ses écosystèmes, ainsi que les personnes et les institutions qui en dépendent et les gèrent.

Pour ce faire, l'adaptation au changement climatique doit être prospective et proactive.

L'adaptation prospective s'appuie sur des trajectoires plausibles du changement climatique. Les systèmes de connaissances autochtones, scientifiques et autres travaillent ensemble pour déterminer les futurs possibles ^{53,54}, et pour faciliter les changements comportementaux, technologiques et organisationnels afin de se préparer à ces futurs ^{55,56}. L'approche est stratégique et délibérée ^{49,57}, mais ne signifie pas que nous pouvons contrôler tous les résultats, même avec une adaptation efficace ⁵⁸. Par exemple, des extinctions ou des déplacements d'espèces locales se sont produits et continueront de se produire, affectant une variété d'espèces dans différentes régions du monde en raison du changement climatique ^{59,60}.

L'adaptation au changement climatique se situe sur un continuum allant de progressif à transformationnel ⁵⁹. L'adaptation progressive maintient l'essence et l'intégrité d'un système ou d'un processus à une échelle donnée, tandis que l'adaptation transformationnelle modifie les attributs fondamentaux du système, créant de nouveaux états et interactions ^{61,62}. Les actions progressives sont limitées par les structures sociales, économiques et gouvernementales ⁵⁹, et peuvent s'avérer insuffisantes pour éviter les risques liés à l'aggravation des effets du changement climatique ⁶²⁻⁶⁴.

L'adaptation transformationnelle permet de surmonter ces limites et d'élargir l'éventail des solutions disponibles pour l'avenir ⁵⁹.

Les approches proactives et transformatrices du changement sont moins susceptibles de conduire à la maladaptation ⁶⁴. Cela se produit lorsque les actions ne s'attaquent pas de manière appropriée aux causes profondes de la vulnérabilité au changement climatique ⁵⁷. Par le biais de la maladaptation, des actions mal planifiées peuvent en fait accroître la vulnérabilité au changement climatique et réduire le nombre de solutions futures disponibles ^{56,57}. Par exemple, la vulnérabilité augmenterait probablement si les subventions étaient utilisées pour soutenir, ou « verrouiller », des pratiques de pêche non durables lorsque les prises ont diminué en raison du changement climatique ⁶⁵. La maladaptation est souvent le résultat d'une planification qui se concentre sur les secteurs économiques individuels et les risques climatiques de manière isolée, de même que sur les gains à court terme ⁵⁹.

Une planification significative de l'adaptation aux changements futurs est essentielle pour les investissements dans les infrastructures et l'élaboration des politiques ⁵⁶. Les actions proactives peuvent également éliminer les obstacles et permettre aux systèmes de réagir plus rapidement après l'apparition de changements ⁵⁶.



La rivière Eagle, une rivière à saumon, serpente en bordure de la ville de Sicamous, en Colombie Britannique. Le saumon du Pacifique existe dans des systèmes d'éléments et de processus sociaux et écologiques en interaction.

Source : Shane Kalyn, 4 Element Photos.

Les périls de la gestion du passé

L'objectif de la Politique concernant le saumon sauvage du Canada est de « rétablir et maintenir des populations de saumon saines et diversifiées ainsi que leurs habitats pour le bénéfice et le plaisir de la population canadienne à perpétuité »⁶⁶.

Bien que cet objectif soit hautement souhaitable, nous sommes conscients que le rétablissement et le maintien des populations de saumons et des habitats **tels que nous les avons connus** reposent sur la stationnarité environnementale, alors que nous vivons dans un monde non stationnaire.

Dans cette section, nous montrons comment les systèmes de gestion du saumon du Pacifique fondés sur l'hypothèse de la stationnarité sont remis en question par le changement climatique, et comment cela compromet le travail bien intentionné et coûteux que nous effectuons et soutenons.

Approches de gestion actuelles

Priorité aux populations pour la conservation et le rétablissement

Les investissements dans le rétablissement du saumon du Pacifique sont en grande partie destinés aux populations les plus menacées de disparition⁶⁷. Cette démarche est conforme aux exigences de la *Loi sur les espèces en péril* et de la *Loi sur les pêches*, qui exigent toutes deux la planification du rétablissement des populations en péril. Puisque de nombreuses populations de saumon sont en déclin, en particulier dans le sud de la Colombie-Britannique⁸, des pressions s'exercent pour élargir ces efforts de rétablissement à un nombre croissant de populations.

Lorsque les ressources sont limitées, le fait d'investir en priorité dans les populations les plus à risque présente un coût d'opportunité⁶⁸. Par exemple, les populations plus viables peuvent être contournées ou déplacées vers le bas de la liste des priorités. Ces compromis passent souvent inaperçus⁶⁹. Dans le cas des espèces menacées, il est peu probable que le fait de se concentrer uniquement sur les espèces

les plus menacées permette de réduire au minimum le nombre total d'extinctions à long terme⁷⁰. Par ailleurs, investir dans des espèces qui ne sont pas actuellement dans un état critique, ou qui ont une plus grande viabilité, peut améliorer leur résilience et empêcher ces espèces de devenir en péril à l'avenir⁶⁸.

Le changement climatique nous obligera de plus en plus à prendre des décisions difficiles lors de l'affectation de ressources limitées à des propositions de projet concurrentes⁷¹. Puisque le changement climatique est susceptible de toucher différemment les espèces et les populations, il est important que les décideurs tiennent compte du contexte futur lorsqu'ils définissent et évaluent leurs objectifs de gestion⁶⁹. Ce processus rend les compromis explicites, améliorant ainsi la transparence et la responsabilité dans la prise de décision⁷².

Leviers de gestion

Nous utilisons trois leviers principaux pour gérer les populations de saumon du Pacifique et leurs habitats :

- 1 **la restauration et la régulation de l'habitat;**
- 2 **la mise en valeur des stocks par les écloséries;**
- 3 **Harvest Management.**

Régulation et restauration de l'habitat

La réglementation de l'habitat vise à conserver et à protéger les habitats du saumon contre les dégradations et les pertes potentielles. La restauration est effectuée pour conserver et améliorer la production de saumon là où une dégradation a eu lieu, ou là où les habitats peuvent être améliorés⁷³. Les plans de restauration ont bien souvent été élaborés sans tenir compte des effets du changement climatique sur les habitats à restaurer⁷⁴. Au lieu de cela, les états *naturels* ou historiques peuvent être utilisés pour diagnostiquer et guider les efforts de restauration lorsque les conditions actuelles limitent la production de saumon⁷³⁻⁷⁵. Les caractéristiques des écosystèmes, telles que le débit des rivières, sont supposées rester dans les limites de viabilité historique⁷⁶. Cependant, ces caractéristiques s'écartent de ce que nous avons observé historiquement, et ce phénomène devrait s'intensifier^{29,30,77,78}.

Dans de nombreuses régions de la Colombie-Britannique, la modification du débit des rivières entrave le succès des projets de restauration. Des périodes de débit plus variables et des débits plus importants ont altéré ou réduit la fonctionnalité d'infrastructures coûteuses (voir l'encadré : **passé à poissons Bonaparte**), et endommagé les habitats

restaurés. Les activités de restauration de l'habitat du saumon qui se concentrent sur la réhabilitation des cours d'eau sont particulièrement susceptibles d'échouer lorsque le débit des rivières change ⁷⁴.

Alors que les efforts de restauration ont permis auparavant de compenser les effets de la modification

Les hauts débits récurrents endommagent et entravent la restauration de la passe à poissons Bonaparte

Contribution de Chantal Nessman et Sarah Ostoforoff, Unité de restauration des ressources du MPO

La passe à poissons Bonaparte, près de Cache Creek, Colombie-Britannique, a été construite en 1988, ouvrant plus de 70 km d'habitat de frai et d'alevinage pour les saumons quinnat et coho, et les truites arc-en-ciel. Une accumulation de gravier et des dommages ont été repérés à cet endroit en 2017 (Lee McCabe, MPO, 2 août 2022, comm. pers.), et des travaux de réparation ont été entrepris (Roden 2019b). Par la suite, les fortes pluies du printemps et de l'été 2018 ont entraîné une crue sans précédent des eaux, des débris lourds et des flux de sédiments dans la rivière Bonaparte, ce qui a considérablement aggravé les dommages à l'infrastructure de la passe à poissons (Roden 2019b), provoquant une défaillance catastrophique (Lee McCabe, MPO, 2 août 2022, communication personnelle). À l'automne et à l'hiver 2018, les possibilités d'effectuer des réparations sur le site ont été limitées par des débits de rivière beaucoup plus élevés que la moyenne pendant la période d'étiage typique ⁸⁰. On soupçonne que l'incendie massif de 2017 à Elephant Hill, qui a touché une grande partie du bassin versant de Bonaparte, a modifié le mouvement de l'eau dans ce paysage ⁸¹. Un effort de construction important dans des conditions environnementales défavorables tout au long de 2018-2019 a permis de restaurer la passe à poissons et de rétablir le passage des poissons. Cependant, une surveillance continue et d'autres améliorations sont nécessaires pour assurer le fonctionnement futur de la passe à poissons dans des conditions changeantes. Pendant ce temps, les dommages et les défis créés par les récents débits de la rivière Bonaparte ont eu une incidence sur plusieurs années de montaison des salmonidés qui utilisent ce système fluvial.



La passe migratoire endommagée de la rivière Bonaparte en 2018. Source : Personnel du MPO.

Répercussions :



Coûts



Production changeante



Incertitude croissante

[Traduction] « Il n'y a rien pour absorber l'eau. Nous observons des flux sans précédent d'environ 500 % du débit faible typique. Ou bien, il est impossible d'effectuer le travail, parce que les gens ne peuvent pas accéder au site pour effectuer le travail, ou ce que nous faisons disparaît. »

— Propos de Lee McCabe, ingénieur de projet du MPO, dans le *Ashcroft Cache Creek Journal*, le 30 août 2019 ⁷⁹

du paysage, le changement climatique peut désormais rendre les efforts insuffisants ^{82,83}. Dans certaines situations, le changement climatique intensifiera les modifications des paysages et des processus écologiques, et sapera les efforts de restauration. Les projets existants sont déjà

entravés par les températures élevées de l'eau en été et par l'évolution de la disponibilité de l'eau (voir encadré : **les canaux de Mamquam**).

Préoccupations concernant les saumons coho juvéniles dans les canaux de Mamquam

Contribution de Chantal Nessman et Murray Manson, Unité de restauration des ressources du MPO

Les canaux d'eau souterraine de Mamquam à Squamish, Colombie-Britannique, produisent annuellement 15 000-20 000 saumoneaux coho. Cela représente probablement la majeure partie des saumons produite par le système Mamquam. Les premiers canaux ont été construits en 1985, puis ont été agrandis et approfondis pour répondre aux préoccupations concernant les faibles débits à la fin des années 1980 et au début des années 1990. Ces canaux continuent d'être touchés par de faibles débits pendant les mois d'été, qui sont exacerbés par des conditions météorologiques extrêmes de plus en plus fréquentes, et peut être par des prélèvements d'eau concurrents. La vitesse et la gravité de l'assèchement des canaux ont été particulièrement prononcées au cours de l'été 2021, laissant de petites mares d'eau chaude et privée d'oxygène qui ont piégé et tué les saumons juvéniles ⁸⁴.



*Segment sec des chenaux de frai Mamquam en août 2021.
Source : Jennifer Thuncher/The Squamish Chief.*

Répercussions :



Production
changeante



Incertitude
croissante

« C'est juste un tueur de poissons à cette période de l'année. Il y a tellement d'habitats qui n'ont littéralement pas d'eau ».

— Faisant référence au canal de frai adjacent au terrain de golf de Squamish Valley, Clint Goyette (Valley Fishing Guides/Squamish-Lillooet Sportfish Advisory Committee) a déclaré au Squamish Chief à l'été 2021 ⁸⁴

La régulation et la restauration de l'habitat constituent des outils importants qui offrent des options pour soutenir les populations de saumon dans des conditions changeantes. Donner la priorité à la conservation et à la protection des habitats sains et viables du saumon constitue une étape essentielle pour réduire les pertes globales dues au changement climatique. En outre, les pratiques de restauration peuvent être adaptées, et de nouveaux outils et techniques développés, pour se préparer plus efficacement aux changements futurs. La flexibilité et l'expérimentation seront essentielles pour apprendre et adapter les pratiques dans l'incertitude.

Mise en valeur des stocks par les écloseries

Les écloseries sont établies pour compléter les possibilités de pêche, évaluer les populations, reconstituer les populations et, de plus en plus, soutenir la conservation. Les écloseries ont besoin d'eau fraîche pour l'incubation des œufs et l'élevage des juvéniles. Elles dépendent également des saumons adultes qui nagent dans l'écloserie ou qui sont prélevés dans les rivières voisines pour se reproduire (appelés *stock de géniteurs*). Le changement climatique nuit à l'accès à ces intrants dans certaines écloseries (voir encadré : **écloserie de Quinsam**).

Débits variables à l'écloserie de Quinsam - défi de la collecte de géniteurs

Contribution de Paige Ackerman et Carolyn Churchland, Programme de mise en valeur des salmonidés du MPO

La baisse des niveaux d'eau pendant la migration des adultes a empêché la montaison des gros poissons dans l'écloserie de la rivière Quinsam, sur l'île de Vancouver, ces dernières années. Les « saumons de retour » ne représentent plus la population, c'est pourquoi le personnel de l'écloserie a commencé à collecter des géniteurs dans le cours inférieur de la rivière à l'aide d'une clôture flottante, à laquelle on accède par une propriété privée. Cette situation est précaire, non seulement parce que la collecte de géniteurs dépend désormais de la coopération d'un propriétaire foncier local, mais aussi parce que la rivière est devenue également plus imprévisible. Les événements de haut débit intense empêchent plus fréquemment l'utilisation réussie de la clôture, créant une incertitude dans la collecte des géniteurs. L'instabilité de la rivière due à des événements à fort volume a eu un effet sur la collecte de géniteurs dans de nombreux autres sites en Colombie-Britannique, y compris l'écloserie de Conuma près de Tahsis et le ruisseau Shovelnose près de Squamish.



Une crue à l'écloserie de Quinsam en janvier 2017 montre le type de flux et de débris qui peuvent avoir une incidence sur la collecte de géniteurs. Source : Lorne Frisson, DFO.

Répercussions :



Changing salmon production



Uncertainty

[Traduction] « Mis à part les répercussions sur la conservation, une question fondamentale a largement été mise de côté jusqu'à tout récemment⁸⁵ : pourra-t-on exploiter ces écloseries à l'avenir comme on l'a fait par le passé? »

— Hanson, K. C. et D. P. Peterson, 2014, dans *Modeling the potential impacts of climate change on Pacific salmon culture programs: an example at Winthrop National Fish Hatchery*, page 434.⁸⁶

Comme les débits et les températures de l'eau continuent de changer, les écloséries seront probablement confrontées à des défis supplémentaires ⁸⁵. Les événements extrêmes peuvent également entraîner des goulots d'étranglement qui ont une incidence sur les opérations des écloséries ⁸⁶. Ces répercussions climatiques ont incité l'U.S. Fish and Wildlife Service à commencer à réaliser des évaluations de la vulnérabilité au changement climatique de ses écloséries ⁸⁷⁻⁹⁰. En outre, si les environnements

deviennent inadaptés aux populations de saumon, y compris les jeunes saumons relâchés par les écloséries, la supplémentation peut ne plus atteindre ses objectifs ^{85,86,88}.

Gestion de la récolte

La gestion de la récolte s'est toujours appuyée sur l'abondance prévisible des saumons, leurs comportements et les processus de population pour déterminer les niveaux de prise durables. Toutefois, pour certaines pêches, les

Tension croissante pour la pêche du saumon rose du Fraser

Contribution de Lester Jantz, Gestion des ressources du MPO, coprésident du Comité du fleuve Fraser de la Commission du saumon du Pacifique

Au cours des 20 dernières années, coïncidant avec les tendances du réchauffement de l'océan, l'abondance du saumon rose du Fraser et les comportements de migration de la montaison des adultes ont changé et sont devenus plus variables ^{91,95}. Cela a augmenté l'incertitude des estimations d'abondance du saumon du rose

du Fraser en cours de saison, car les données historiques et les hypothèses utilisées pour ajuster les modèles d'estimation en cours de saison ne sont plus représentatives. En outre, ces dernières années, la majeure partie de la montaison de saumon rose a migré à travers une seule zone de pêche expérimentale, au lieu d'être répartie plus uniformément entre plusieurs pêches expérimentales. Ce changement de comportement migratoire limite les renseignements sur les prises qui peuvent être recueillis pour la pêche expérimentale en cours de saison, ce qui exacerbe l'incertitude actuelle.

La grande incertitude qui entoure le processus d'estimation de la montaison de saumon rose du Fraser en cours de saison a retardé la prise de décision en matière de gestion des pêches ces dernières années. Cette évolution a coïncidé avec un intérêt accru pour la pêche du saumon rose du Fraser et une baisse des remontées de ce poisson, une situation qui renforce le besoin d'estimations précises et opportunes des remontées en cours de saison. Le décalage entre le besoin d'informations fiables pour la prise de décision et la capacité des biologistes du saumon à fournir des estimations suffisamment précises a créé des tensions, des frustrations et des déceptions dans le processus de gestion. En définitive, les retards ont fait perdre des occasions de pêche à une époque où les possibilités étaient déjà limitées.



Saumon rose mature revenant frayer. Source : Shane Kalyn, 4 Element Photos.

Répercussions :



Conflict



Changing salmon production



Uncertainty

« L'effet du changement climatique peut être vécu comme une lente "compression", exacerbant les problèmes existants plutôt que comme une poussée générant de nouvelles actions . »

— McIlgorm, A. et collaborateurs, 2010, dans *How will climate change fishery governance? Insights from seven international case studies*, page 176.⁹⁴

comportements et les processus du saumon deviennent plus variables en fonction de l'évolution des conditions environnementales ⁹¹. Cela crée une grande incertitude quant aux outils élaborés pour informer la gestion de la récolte (voir **l'encadré : saumon rose du Fraser**), ce qui peut conduire à la surpêche, ou alternativement, à des occasions manquées pour les activités de pêche visant des populations abondantes ^{92,93}.

Lorsque l'abondance des poissons et les comportements locaux changent en raison des effets du climat, les pêcheurs peuvent vouloir réagir en modifiant leurs espèces cibles, leurs engins, leurs lieux de pêche ou leurs horaires ^{92,96}. Toutefois, leur capacité à le faire peut être limitée par les réglementations en vigueur ou des considérations économiques ^{97,98}. Si les réponses en matière de gestion tardent, des décalages ou des écarts peuvent être créés entre les réalités écologiques changeantes et les politiques ou règlements qui définissent de manière rigide les espèces cibles, les types d'engins, les lieux de pêche et les pratiques ^{92,98,99}. De telles inadéquations peuvent limiter les possibilités pour les pêcheurs ⁹⁷, et créer des conflits et de la méfiance envers le système de gestion ¹⁰⁰.

Les pêches de saumon du Pacifique pourraient être confrontées à des pressions croissantes, car des changements dans la répartition et le comportement des saumons nuisent aux prises potentielles, qui pourraient ne plus être conformes

aux accords internationaux ¹⁰¹. La gestion coopérative peut échouer lorsque les incitations à coopérer sont perturbées par des attentes non satisfaites en matière de pêche, ce qui crée des conflits sur la répartition des prises ¹⁰², et un risque de surexploitation ^{98,103}.

La flexibilité et l'adaptabilité des systèmes de gestion des pêches sont importantes pour faire face aux incertitudes inhérentes aux conditions futures et aux réactions du saumon et des humains au changement ^{41,104,105}. Cela signifie qu'il faut structurer les systèmes de façon à ce qu'ils soient en mesure de repérer les changements de gestion nécessaires et d'y réagir rapidement, ou lorsque des occasions se présentent ^{57,100,104,106}.

Accroître les risques et l'incertitude

La gestion des populations de saumon du Pacifique et de leurs habitats selon les objectifs et les hypothèses fondés sur des conditions environnementales relativement stationnaires peut signifier que l'on rate des occasions de réduire les effets du changement climatique sur le saumon et les personnes qui en dépendent. En outre, si les systèmes de gestion devenaient de plus en plus complexes pour maintenir le statu quo, nous risquerions d'aggraver notre vulnérabilité au changement climatique ^{57,58}. Comme le changement climatique continue à modifier les habitats du saumon, les problèmes de gestion seraient exacerbés, et l'adaptation deviendrait probablement non durable, ce qui entraînera une maladaptation ^{57,64}.

De même, en ne nous préparant pas adéquatement au changement, nous risquons de manquer les occasions de tirer le meilleur parti des conditions futures. L'évolution des conditions environnementales devrait profiter à certaines populations de saumon du Pacifique et créer des possibilités d'expansion dans de nouveaux habitats ^{46,106,107}. L'identification et le soutien de ces populations et habitats, ainsi que la gestion adéquate des nouvelles occasions, seront essentiels pour maximiser les avantages potentiels du changement.



Saumon coho. Source : Paul Vecsei.

Gérer dans une perspective d'avenir

La gravité des effets du changement climatique sur le saumon et sur les systèmes sociaux et économiques connexes dépendra de la façon dont nous prévoyons ces effets et dont nous nous y préparons ¹⁰⁴.

Sachant que le changement climatique va s'intensifier dans les années à venir, il est clairement nécessaire de réduire les vulnérabilités, de déterminer les possibilités et d'améliorer notre capacité à répondre au changement.

Bien que le MPO ne dispose pas d'une stratégie complète et à long terme d'adaptation au changement climatique ¹⁰⁹, les considérations relatives au changement climatique sont intégrées à certains travaux du MPO concernant le saumon du Pacifique. Nous pouvons nous assurer que l'adaptation est prise en compte systématiquement dans tous les systèmes de gestion du saumon en intégrant l'adaptation au changement climatique dans nos activités quotidiennes. Incorporer l'adaptation au changement climatique dans les processus de planification et de prise de décision nouveaux et en cours, **ce qu'on appelle intégration**, a été associé à une mise en œuvre réussie de l'adaptation ¹¹⁰⁻¹¹². Nous proposons donc une nouvelle orientation stratégique pour soutenir et aligner la gestion du saumon du Pacifique sur notre réalité de changement :

L'adaptation au changement climatique est au cœur des politiques, des programmes et des activités liées au saumon du Pacifique.

La stratégie nationale d'adaptation (SNA) du Canada considère qu'il est essentiel d'intégrer largement l'adaptation ³². Le plan d'action en matière d'adaptation du gouvernement du Canada mentionne la responsabilité d'intégrer l'adaptation au changement climatique dans les activités fédérales quotidiennes, y compris les politiques et les programmes visant à soutenir la mise en œuvre de



Des alevins affluant vers la caméra. Source : Paul Vecsei.

la SNA et à permettre au gouvernement de s'adapter à l'échelle globale ³³. De plus, le gouvernement du Canada s'est engagé à intégrer l'adaptation et à réduire les risques climatiques pour les biens, les services et les opérations du gouvernement fédéral au sein de tous les ministères et organismes concernés dans le cadre de la Stratégie pour un gouvernement vert et de la Stratégie fédérale de développement durable 2022–2026 ^{33,113}.

« Au Canada, tout le monde doit tenir compte des effets des changements climatiques dans ses décisions quotidiennes. Les gouvernements et les entreprises appellent cela l'intégration. À mesure que les effets climatiques deviennent plus graves et plus fréquents, et que les coûts augmentent, il est essentiel d'intégrer des considérations d'adaptation dans la prise de décisions sociales, environnementales, économiques, d'infrastructure et de santé pour garantir que nos efforts collectifs suivent le rythme nécessaire. »

— Stratégie nationale d'adaptation du Canada 2023 ³².

Par où commencer?

Reconnaissant que l'adaptation est un processus social ^{114,115}, nous mettons en évidence les actions qui peuvent créer des conditions favorables à l'adaptation. Voici quelques exemples :

- *Améliorer la sensibilisation et l'accès aux renseignements pertinents sur le changement climatique.*
- *Renforcer la capacité organisationnelle à répondre aux besoins d'adaptation.*
- *Permettre un leadership et un soutien coordonné pour le travail d'adaptation.*
- *Créer des occasions pour développer une compréhension commune des risques et des possibilités liés au changement climatique.*
- *Lancer des processus souples et itératifs d'évaluation des risques et de planification de l'adaptation qui tiennent compte de l'apprentissage commun.*

Ces activités visent à faciliter une adaptation efficace tout en abordant certains facteurs organisationnels communs qui peuvent constituer des obstacles.

Ces obstacles peuvent inclure, sans s'y limiter, un manque de coordination et des contraintes créées par les routines, normes et pratiques de travail existantes ^{114,116}. Nous déterminons ensuite les outils spécifiques qui peuvent soutenir les évaluations et la planification de l'adaptation.



Développer notre capacité d'adaptation

Le renforcement de la capacité d'adaptation constitue une première étape importante - et continue - de l'adaptation au changement climatique ¹¹⁴. Il s'agit de la capacité à s'adapter au changement, qui peut être limitée par un manque de sensibilisation et de compréhension des menaces posées par le changement climatique, ou par une tendance à minimiser ces menaces et à se concentrer sur les besoins immédiats ^{49,117,118}. Une communication efficace des risques climatiques et des possibilités d'adaptation est essentielle pour améliorer la capacité individuelle et organisationnelle de planification et de mise en œuvre de l'adaptation ^{58,114}.

Le développement de la capacité d'adaptation permet d'élargir le groupe de personnes impliquées dans le travail d'adaptation et de réduire les obstacles à la mise en œuvre ^{114,119}. Les suggestions suivantes, adaptées de Shirk et al. (2021), constituent un point de départ pour renforcer la capacité d'adaptation dans l'ensemble des systèmes de gestion du saumon :

- *Fournir une éducation et une formation sur les risques et l'adaptation au changement climatique.*
- *Améliorer l'accès aux renseignements climatiques pertinents et aux ressources en matière d'adaptation.*
- *Intégrer les fonctions d'adaptation dans les descriptions de poste, les plans de travail et les structures organisationnelles.*
- *Créer de nouveaux postes pour soutenir directement la recherche sur les incidences du changement climatique et effectuer l'évaluation, la planification et la mise en œuvre de l'adaptation. De nouveaux postes peuvent également compenser la charge de travail des ex-perts, car ces derniers disposent de plus de temps pour effectuer de la recherche et des évaluations de l'adaptation.*

Créer une équipe pour diriger et soutenir les activités d'adaptation

La planification et la mise en œuvre de l'adaptation peuvent être plus efficaces lorsque ces travaux sont dirigés et soutenus par une équipe spécialisée. La création d'une équipe spécialisée dans l'adaptation au changement climatique aide à définir les responsabilités, à faciliter la coordination et à appuyer les efforts pour institutionnaliser l'adaptation ^{112,116,120}. Une équipe se consacrant

à l'adaptation au changement climatique est idéalement composée de membres représentant tous les secteurs et programmes touchés par les effets du changement climatique et responsables de la gestion du changement. Cette équipe facilite la coordination et garantit la représentation d'un éventail de connaissances et d'opinions ¹²⁰. Les membres de l'équipe jouent également le rôle d'intermédiaires dans chaque secteur, en améliorant la sensibilisation aux effets du climat, la reconnaissance de la nécessité de s'adapter et la communication des progrès réalisés ¹²⁰.

L'U.S. National Marine Fisheries Service (NOAA Fisheries) a bénéficié de la mise en place d'équipes régionales se consacrant au changement climatique, chacune d'entre elles ayant élaboré un plan d'action régional pour définir les objectifs et les activités à l'appui de la stratégie scientifique sur le changement climatique de NOAA Fisheries ¹²¹. Ce cadre régional a permis de renforcer la coordination, la collaboration et la mise en œuvre des activités visant à atteindre les objectifs de la stratégie ¹²¹.

Une équipe d'adaptation au changement climatique pour le saumon du Pacifique du MPO pourrait diriger et soutenir les activités d'adaptation en élaborant et en diffusant du matériel éducatif sur les risques climatiques et l'adaptation, en déterminant les besoins organisationnels, en élaborant des plans de travail, en examinant les structures organisationnelles et en dirigeant les évaluations des risques climatiques et les processus de planification de l'adaptation.

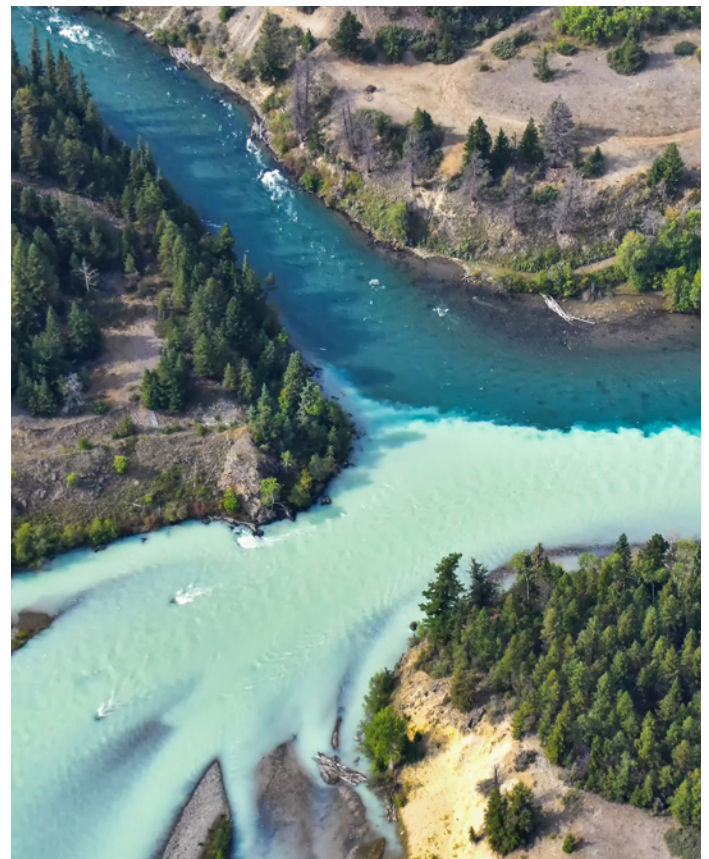
Améliorer la collaboration

Une large participation de toute une série de collaborateurs et l'intégration de la recherche et de la gestion constituent des éléments importants des processus d'adaptation ¹¹⁴. La collaboration offre de précieuses possibilités d'apprentissage, dont il a été démontré qu'elles améliorent la capacité des organisations à faire face aux effets du changement climatique ¹²². Dans le contexte du saumon du Pacifique, l'adaptation reposera sur une meilleure coordination entre un large éventail d'acteurs à l'intérieur et à l'extérieur du MPO. La mobilisation d'autres organismes gouvernementaux et d'autres ordres de gouvernement sera nécessaire, surtout en ce qui concerne les industries qui influencent les habitats du saumon d'eau douce, comme la foresterie et l'agriculture. La mobilisation des communautés et groupes autochtones est essentielle à la réussite de

ce travail et s'inscrit dans le cadre de l'engagement du Canada en faveur de la réconciliation avec les peuples autochtones. Il est nécessaire de centrer les connaissances autochtones et locales dans la planification et la prise de décision pour comprendre et traiter les causes profondes de la vulnérabilité au changement climatique ^{57,123}. En outre, le développement d'une compréhension partagée et d'objectifs communs est essentiel pour le succès de l'adaptation. La collaboration qui réunit des systèmes de valeurs et des visions du monde différents pour déterminer et concilier collectivement les risques et les possibilités d'adaptation ouvre la voie à la transformation ¹¹⁴.

Lancer l'évaluation et la planification de l'adaptation

La planification de l'adaptation fait partie d'un cycle **itératif** qui peut être autonome ou intégré aux processus existants ⁶⁹. L'évaluation des risques liés au changement climatique constitue un élément clé de cette planification ^{58,69}. Les besoins et les



Jonction Chilko Taseko : où les eaux laiteuses de la rivière Taseko se jettent dans la rivière Chilko bleu clair. Source : Shane Kalyn, 4 Element Photos.

fonction de leur potentiel de réduction des risques climatiques, tout en s'assurant qu'ils s'harmonisent avec les objectifs globaux de gestion ¹²⁴. De tels processus nécessitent une planification flexible et adaptative, ainsi qu'un réexamen fréquent des objectifs de la gestion en tenant compte des risques et des options d'adaptation ^{32,69,114}.

Dans ce document, nous avons commencé à relever certains des défis actuels et des risques potentiels futurs auxquels est confrontée la gestion du saumon du Pacifique dans le cadre du changement climatique. La mise en place d'une évaluation plus approfondie

et systématique pour revoir nos hypothèses de stationnarité actuelles et passées dans l'ensemble des systèmes de gestion du saumon permettrait d'élargir notre compréhension des risques liés au changement climatique et des possibilités d'adaptation. Une évaluation similaire a récemment été réalisée par le département de la pêche et de la faune sauvage de l'État de Washington pour déterminer les risques et les besoins d'adaptation (voir encadré : **Le département de la pêche et de la faune sauvage de l'État de Washington**).

Progrès dans l'évaluation et la planification de l'adaptation au Le département de la pêche et de la faune sauvage de l'État de Washington

En 2017, le département de la pêche et de la faune sauvage de l'État de Washington (WDFW) a adopté la politique *Policy 5408 : Addressing the Risks of Climate Change*, qui fournit des directives sur la gestion des opérations et des actifs afin de mieux comprendre et atténuer les effets du changement climatique et s'y adapter. Le WDFW a créé une équipe d'action sur le climat, qui a organisé des ateliers pour évaluer les risques liés au changement climatique auxquels est confronté chacun des programmes de l'agence (Habitat, Poisson, Faune et Gestion des immobilisations et des biens) ¹²⁵. L'évaluation du WDFW a résumé les vulnérabilités du programme selon quatre préoccupations primordiales par rapport à sa mission, qui est de « préserver, protéger et perpétuer le poisson, la faune et les écosystèmes tout en offrant des possibilités durables de loisirs et de commerce du poisson et de la faune » ¹²⁶. Ces préoccupations comprennent :

1. les risques pour la récolte et les loisirs;
2. les risques pour la conservation et le rétablissement des espèces;
3. les risques pour la fourniture d'une assistance technique, la délivrance de permis, la recherche et la planification efficaces;
4. les risques pour les terres et les infrastructures du WDFW ¹²⁵.

Pour répondre à ces risques, le WDFW reconnaît la nécessité de disposer de nouvelles politiques, de nouveaux règlements et de nouveaux plans de gestion ¹²³. Il a également déterminé les besoins en matière d'initiatives de recherche, de surveillance, d'outils et de gestion des données afin de suivre et d'évaluer l'évolution des conditions; l'augmentation des capacités, de la formation et de la coordination du personnel afin de gérer les risques; et l'amélioration de la sensibilisation, de la communication, de la collaboration et des partenariats afin d'établir des liens avec les partenaires externes et les parties prenantes ¹²³. Le WDFW travaille actuellement sur les prochaines étapes.



Couverture du rapport de 2021 intitulé *Preparing Washington Department of Fish and Wildlife for a changing climate: assessing risks and opportunities for action*, par A. Shirk et collaborateurs ¹²⁵. Photo du Climate Impacts Group; soutien aérien fourni par Lighthawk.

Outils de planification et d'évaluation – Résultats et produits livrables

Une planification efficace de l'adaptation nécessite des données pour soutenir la détermination des risques et des réponses de gestion, et pour aider à la prise de décision ¹¹⁹. Ces renseignements sont également utilisés pour évaluer les objectifs et la portée des options d'adaptation ⁶⁹. Les outils suivants peuvent soutenir l'évaluation et la planification de l'adaptation :

Projection des conditions futures

Les projections des conditions futures de l'océan et de l'eau douce, ainsi que les réponses des écosystèmes et des systèmes socioéconomiques sont nécessaires pour informer l'adaptation prospective au changement climatique ¹²¹. La projection des conditions futures représente un processus complexe qui nécessite d'abord une réduction d'échelle des projections des modèles climatiques mondiaux à des résolutions spatiales et temporelles pertinentes pour les écosystèmes du saumon du Pacifique ⁷¹. L'étape suivante consiste à développer des modèles ou des processus qui relient les changements prévus des variables climatiques aux écosystèmes du saumon ⁷¹.

Évaluations de la vulnérabilité au changement climatique

Il est essentiel de déterminer et de comprendre la vulnérabilité pour concevoir des stratégies d'adaptation efficaces ⁶⁹. Les évaluations de la vulnérabilité au changement climatique (EVCC) sont utilisées pour examiner et classer la vulnérabilité au changement climatique en fonction de trois composantes : l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation ⁷¹. Les résultats peuvent contribuer à la définition des priorités en matière d'investissement dans l'adaptation, en repérant les principales vulnérabilités et les actions les plus efficaces ⁶⁹. Les EVCC permettent également aux planificateurs de l'adaptation d'affiner leurs objectifs à la lumière des perspectives d'avenir ⁶⁹.

Le gouvernement du Canada reconnaît la nécessité des EVCC dans le contexte de la gestion des pêches canadiennes. La lettre de mandat du MPO pour 2021 souligne qu'il est urgent d'« élargir les travaux sur la vulnérabilité au climat pour améliorer la planification et la gestion de la conservation marine ». Les EVCC pour le saumon du Pacifique intègrent

les connaissances d'experts sur les espèces de saumon, ses écosystèmes et les projections de changement climatique pour prédire le niveau relatif de menace auquel chaque population de saumon du Pacifique est confrontée ^{7,127}. Les EVCC pour les populations de saumon du Pacifique canadien pourraient commencer par une analyse régionale afin de déterminer les priorités pour une évaluation plus approfondie. Des EVCC plus détaillées pourraient alors être réalisées là où des priorités sont relevées.

Création de scénarios

Bien que les projections climatiques et les EVCC puissent améliorer notre compréhension de l'avenir, il y aura toujours une incertitude sur ce à quoi l'avenir ressemblera. La création de scénarios peut permettre aux décideurs de surmonter une éventuelle « paralysie de la gestion » ⁶⁹ face à une si grande incertitude ⁷¹. La création de scénarios correspond à un processus structuré d'intégration des incertitudes dans la prise de décision et la planification en évaluant les stratégies de gestion ou les plans d'adaptation à travers une gamme de scénarios futurs plausibles ^{69,128,129}. Plutôt que de dépendre de la capacité scientifique actuelle à prédire l'avenir avec précision, les participants peuvent concevoir et évaluer des stratégies de gestion pour repérer celles qui sont les plus robustes face à l'éventail des possibilités futures déterminées ^{69,105}. En outre, la création de scénarios peut aider les gestionnaires à concevoir des programmes de surveillance pour les principales incertitudes, afin de mieux évaluer les changements ^{69,71}.

La définition de scénarios futurs plausibles, et non probables, constitue une composante essentielle de ces processus, qui encouragent les participants à réfléchir à des événements inattendus et sans précédent ¹²⁹. Les scénarios d'avenir plausibles sont des récits sur des avènements potentiels qui peuvent intégrer des incertitudes écologiques, sociales, politiques et économiques ^{69,129}. L'approche narrative permet aux participants d'être créatifs et d'envisager une gamme de possibilités futures qui combinent les incertitudes des renseignements quantitatifs avec des renseignements descriptifs ^{69,129}. Une large participation est bénéfique, car elle élargit l'information incluse dans les scénarios et permet l'intégration dans les différents secteurs ¹²⁹.

Travaux futurs

L'adaptation peut être facilitée par l'élaboration officielle d'un plan stratégique pour l'adaptation au changement climatique dans la gestion du saumon du Pacifique. Cette élaboration s'appuierait sur les mesures décrites précédemment et pourrait être entreprise au moyen d'une série d'ateliers interdisciplinaires auxquels participeraient des experts du saumon du Pacifique avec des experts d'autres domaines pertinents. Les plans d'adaptation peuvent établir des principes et des objectifs d'adaptation, déterminer les engagements, préciser les besoins en matière d'information et de ressources ainsi que signaler les obstacles potentiels, comme les politiques, les lois, les limites des compétences et les traités, qui perpétuent les hypothèses de la stationnarité ⁵⁸.

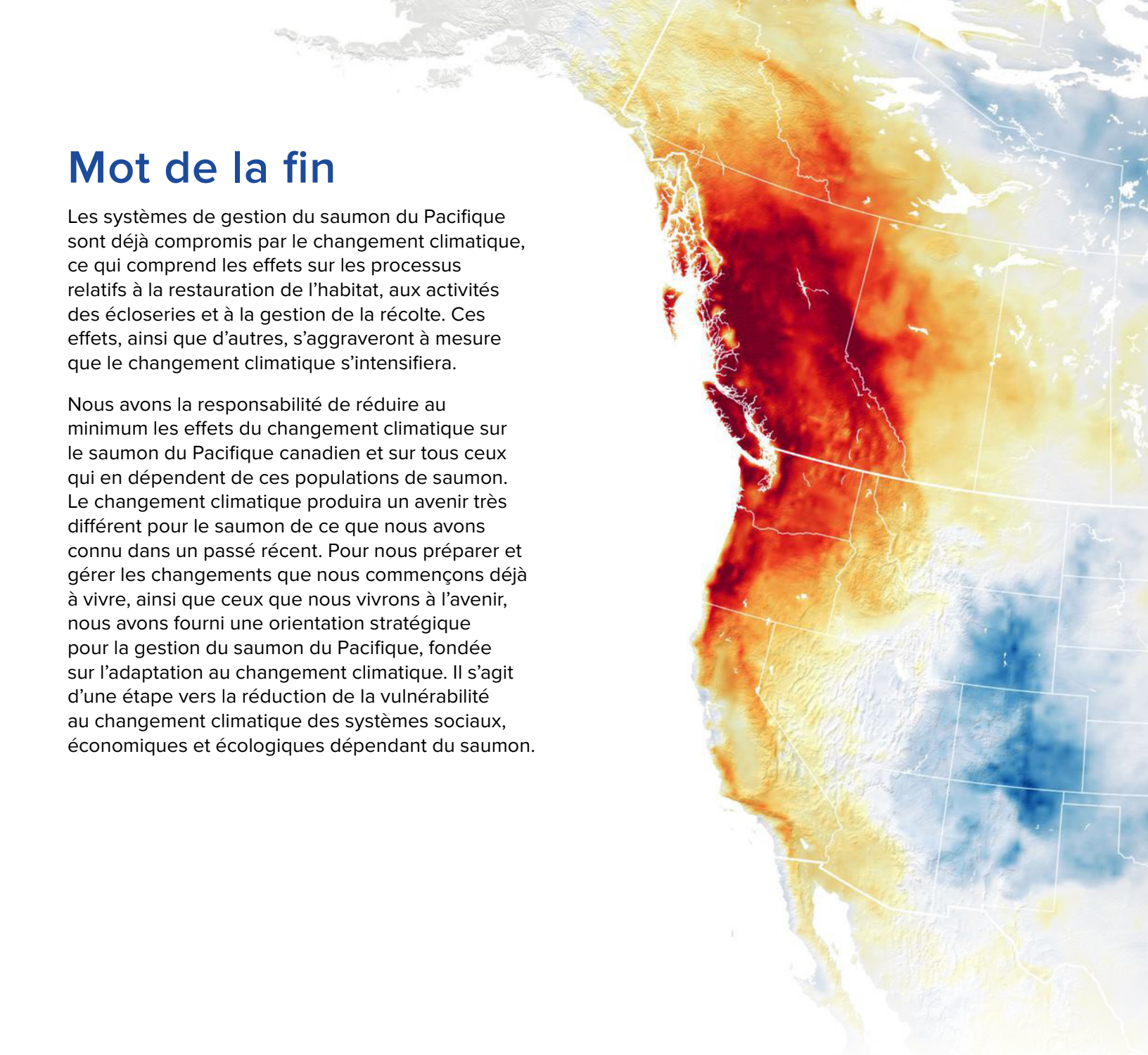


Un avion citerne largue un produit ignifuge pour prévenir la propagation des feux de forêt. Source : NowMedia.

Mot de la fin

Les systèmes de gestion du saumon du Pacifique sont déjà compromis par le changement climatique, ce qui comprend les effets sur les processus relatifs à la restauration de l'habitat, aux activités des écloseries et à la gestion de la récolte. Ces effets, ainsi que d'autres, s'aggraveront à mesure que le changement climatique s'intensifiera.

Nous avons la responsabilité de réduire au minimum les effets du changement climatique sur le saumon du Pacifique canadien et sur tous ceux qui en dépendent de ces populations de saumon. Le changement climatique produira un avenir très différent pour le saumon de ce que nous avons connu dans un passé récent. Pour nous préparer et gérer les changements que nous commençons déjà à vivre, ainsi que ceux que nous vivrons à l'avenir, nous avons fourni une orientation stratégique pour la gestion du saumon du Pacifique, fondée sur l'adaptation au changement climatique. Il s'agit d'une étape vers la réduction de la vulnérabilité au changement climatique des systèmes sociaux, économiques et écologiques dépendant du saumon.



Cette image montre des anomalies de température de l'air à 2 m au dessus du sol le 27 juin 2021, par rapport à la moyenne de 2014 à 2020 pour cette journée. Les zones rouges foncé indiquent une chaleur exceptionnelle, avec des températures de l'air dépassant de plus de 15 °C la moyenne enregistrée pour cette journée.

Mention de source : Image de l'observatoire terrestre de la NASA par Joshua Stevens, créée à partir des données GEOS 5 du Global Modeling and Assimilation Office du GSFC de la NASA.

earthobservatory.nasa.gov/images/148506/exceptional-heat-hits-pacific-northwest

Ouvrages cités

1. MPO. Initiative de la Stratégie relative au saumon du Pacifique. www.dfo-mpo.gc.ca/campaign-campagne/pss-ssp/index-fra.html (2022).
2. MPO. Point sur l'Initiative de la Stratégie relative au saumon du Pacifique. Numéro 2022-1 : Mai 2022. www.dfo-mpo.gc.ca/campaign-campagne/pss-ssp/update-mise-a-jour/2022-05-fra.html (2022).
3. MPO. Cadre stratégique de l'ISSP. Vision et feuille de route. Parlons saumon du Pacifique parlonssaumondupacifique.ca (2022).
4. Cooke, S. J., Crossin, G. T. & Hinch, S. G. Pacific salmon migration: completing the cycle. in *Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment, Volume 3* (ed. Farrell, A. P.) 1945–1952 (Academic Press, 2011). doi:10.1016/B978-0-1237-4553-8.00260-4.
5. Holtby, L. B. & Healey, M. C. Selection for adult size in female coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **43**, 1946–1959 (1986).
6. Lapointe, M., Eaton, B., Driscoll, S. & Latulippe, C. Modelling the probability of salmonid egg pocket scour due to floods. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **57**, 1120–1130 (2000).
7. Crozier, L. G. *et al.* Climate vulnerability assessment for Pacific salmon and steelhead in the California Current Large Marine Ecosystem. *PLoS One* **14**, e0217711 (2019).
8. Grant, S. C. H., MacDonald, B. L. & Winston, M. L. State of Canadian Pacific salmon: responses to changing climate and habitats. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **3332**. (2019).
9. Lisle, T. E. Sediment transport and resulting deposition in spawning gravels, north coastal California. *Water Resour. Res.* **25**, 1303–1319 (1989).
10. Pike, R. G., Redding, T. E., Moore, R. D., Winkler, R. D. & Bladon, K. D. (editors). *Compendium of forest hydrology and geomorphology in British Columbia. Volume 2 of 2*. (B.C. Min. For. Range, For. Sci. Prog. and FORREX Forum for Research and Extension in Natural Resources, 2010).
11. Cloutier, C., Locat, J., Geertsema, M., Jakob, M. & Schnorbus, M. Potential impacts of climate change on landslides occurrence in Canada, in *Slope Safety Preparedness for Impact of Climate Change* (eds. Ho, K., Lacasse, S. & Picarelli, L.) 71–104 (CRC Press, 2017).
12. Neitzel, D. A. & Becker, C. D. Tolerance of eggs, embryos, and alevins of Chinook salmon to temperature changes and reduced humidity in dewatered redds. *Trans. Am. Fish. Soc.* **114**, 267–273 (1985).
13. Mackas, D. L., Batten, S. & Trudel, M. Effects on zooplankton of a warmer ocean: recent evidence from the Northeast Pacific. *Prog. Oceanogr.* **75**, 223–252 (2007).
14. Boldt, J. L., Javorski, A. & Chandler, P. C. (editors). State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2020. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **3434** (2021).
15. Boldt, J. L., Javorski, A. & Chandler, P. C. (editors). State of physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2019. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **3377** (2020).
16. Boldt, J. L., Leonard, J. & Chandler, P. C. (editors). State of the physical, biological and selected fisheries resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2018. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **3314** (2019).
17. Chandler, P. C., King, S. A. & Boldt, J. L. (editors). State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2017. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **3266** (2018).
18. Chandler, P. C., King, S. A. & Boldt, J. L. (editors). State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2016. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **3225** vi + 243 (2017).
19. Chandler, P. C., King, S. A. & Perry, R. I. (editors). State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2015. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **3179** (2016).
20. Chandler, P. C., King, S. & Perry, R. I. (editors). State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2014. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **3131** (2015).

21. Holsman, K. *et al.* Climate change impacts, vulnerabilities and adaptations: North Pacific and Pacific Arctic marine fisheries, in *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 627. (eds. Barange, M. *et al.*) 113–138 (FAO, 2018).
22. Sopinka, N. M., Hinch, S. G., Middleton, C. T., Hills, J. A. & Patterson, D. A. Mother knows best, even when stressed? Effects of maternal exposure to a stressor on offspring performance at different life stages in a wild semelparous fish. *Oecologia* **175**, 493–500 (2014).
23. Macdonald, J. S. *et al.* The influence of extreme water temperatures on migrating Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) during the 1998 spawning season. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **2326**. (2000).
24. Tierney, K. B., Patterson, D. A. & Kennedy, C. J. The influence of maternal condition on offspring performance in sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. *J. Fish Biol.* **75**, 1244–1257 (2009).
25. Burt, J. M., Hinch, S. G. & Patterson, D. A. The importance of parentage in assessing temperature effects on fish early life history: a review of the experimental literature. *Rev. Fish Biol. Fish.* **21**, 377–406 (2011).
26. von Biela, V. R. *et al.* Evidence of prevalent heat stress in Yukon River Chinook salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **77**, 1878–1892 (2020).
27. von Biela, V. R. *et al.* Premature mortality observations among Alaska’s Pacific salmon during record heat and drought in 2019. *Fisheries* **47**, 157–168 (2022).
28. Wickett, W. P. Review of certain environmental factors affecting the production of pink and chum salmon. *J. Fish. Res. Board Canada* **15**, 1103–1126 (1958).
29. Bush, E. *et al.* Lemmen, D.S., éditeurs, *Rapport sur le climat changeant du Canada*. (gouvernement du Canada, Ottawa, ON, 2019).
30. White, T., Wolf, J., Anslow, F. & Werner, A. *Indicators of climate change for British Columbia: update 2016*. (Ministry of Environment, 2016).
31. Pörtner, H.-O. *et al.* Technical Summary [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)], in *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Pörtner, H.-O. *et al.*) 37–118 (Cambridge University Press, 2022).
32. Environnement et Changement climatique Canada. *Stratégie Nationale d’Adaptation du Canada*. www.canada.ca/fr/services/environnement/meteo/changementsclimatiques/plan-climatique/strategie-nationale-adaptation/strategie-complete.html (2022).
33. Environnement et Changement climatique Canada. *Plan d’action pour l’adaptation du gouvernement du Canada*. (Gouvernement du Canada, 2023). publications.gc.ca/collections/collection_2023/eccc/En4-529-2023-fra.pdf
34. Environnement et Changement climatique Canada. Planifier, préparer, agir: le gouvernement du Canada lance la toute première Stratégie nationale d’adaptation. Communiqué de presse. <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2023/06/planifier-preparer-agir-le-gouvernement-du-canada-lance-la-toute-premiere-strategie-nationale-dadaptation.html> (2023).
35. Milly, P. C. D. *et al.* Stationarity is dead: whither water management? *Science* (80-.). **319**, 573–574 (2008).
36. Schuurman, G. *et al.* *Resist-accept-direct (RAD)—a framework for the 21st-century natural resource manager*. Natural Resource Report NPS/NRSS/CCRP/NRR—2020/ 2213. (National Park Service, 2020).
37. Nichols, J. D. *et al.* Climate change, uncertainty, and natural resource management. *J. Wildl. Manage.* **75**, 6–18 (2011).
38. Hunter, M. Benchmarks for managing ecosystems: are human activities natural? *Conserv. Biol.* **10**, 695–697 (1996).
39. Millar, C. I., Stephenson, N. L. & Stephens, S. L. Climate change and forests of the future: managing in the face of uncertainty. *Ecol. Appl.* **17**, 2145–2151 (2007).
40. Craig, R. K. Perceiving change and knowing nature: shifting baselines and nature’s resiliency, in *Environmental Law and Contrasting Ideas of Nature: A Constructivist Approach* (ed. Hirokawa, K. H.) 87–111 (University of Utah College of Law Research Paper No. 24, Cambridge University Press, 2012).

41. Thompson, L. M. *et al.* Responding to ecosystem transformation: resist, accept, or direct? *Fisheries* **46**, 8–21 (2021).
42. Schuurman, G. W. *et al.* Navigating ecological transformation: resist–accept–direct as a path to a new resource management paradigm. *Bioscience* **72**, 16–29 (2022).
43. Cheung, W. W. L., Brodeur, R. D., Okey, T. A. & Pauly, D. Projecting future changes in distributions of pelagic fish species of Northeast Pacific shelf seas. *Prog. Ocean.* **130**, 19–31 (2015).
44. Cheung, W. W. L. & Frölicher, T. L. Marine heatwaves exacerbate climate change impacts for fisheries in the northeast Pacific. *Sci. Rep.* **10**, 6678 (2020).
45. Kaeriyama, M. Ecosystem-based sustainable conservation and management of Pacific salmon, in *Fisheries for Global Welfare and Environment. Proceedings of 5th World Fisheries Congress* (eds. Tsukamoto, K., Kawamura, T., Takeuchi, T., Beard, T. D. & Kaiser, M. J.) 371–380 (Terra Publications, 2008).
46. Nielsen, J. L., Ruggerone, G. T. & Zimmerman, C. E. Adaptive strategies and life history characteristics in a warming climate: salmon in the Arctic? *Environ. Biol. Fishes* **96**, 1187–1226 (2013).
47. Abdul-Aziz, O. I., Mantua, N. J. & Myers, K. W. Potential climate change impacts on thermal habitats of Pacific salmon (*Oncorhynchus sp.*) in the North Pacific Ocean and adjacent seas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **68**, 1660–1680 (2011).
48. Dunmall, K. M. *et al.* Pacific salmon in the Arctic: harbingers of change, in *Responses of Arctic Marine Ecosystems to Climate Change* (eds. Mueter, F. J. *et al.*) (Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks, 2013).
49. Stein, B. A. *et al.* Preparing for and managing change: climate adaptation for biodiversity and ecosystems. *Front. Ecol. Environ.* **11**, 502–510 (2013).
50. Crausbay, S. D. *et al.* A science agenda to inform natural resource management decisions in an era of ecological transformation. *Bioscience* **72**, 71–90 (2022).
51. Moore, J. W. & Schindler, D. E. Getting ahead of climate change for ecological adaptation and resilience. *Science (80-.)*. **376**, 1421–1426 (2022).
52. Environnement et Changement climatique Canada. S'adapter aux impacts des changements climatiques au Canada : une mise à jour sur la Stratégie nationale d'adaptation (Gouvernement du Canada, 2021). publications.gc.ca/collections/collection_2022/eccc/En4-473-2021-fra.pdf.
53. Homer-Dixon, T. *The upside of down: catastrophe, creativity, and the renewal of civilization*. (Alfred A. Knopf Canada, 2006).
54. Moore, M.-L. & Milkoreit, M. Imagination and transformations to sustainable and just futures. *Elem. Sci. Anth.* **8**, 1–17 (2020).
55. Magness, D. R., Morton, J. M., Huettmann, F., Chapin, F. S. & McGuire, A. D. A climate-change adaptation framework to reduce continental-scale vulnerability across conservation reserves. *Ecosphere* **2**, 112 (2011).
56. OCDE. *Adaptation au changement climatique et coopération pour le développement : Document d'orientation*. (OCDE, 2009). <https://doi.org/10.1787/9789264060296-fr>.
57. Schipper, E. L. F. Maladaptation: when adaptation to climate change goes very wrong. *One Earth* **3**, 409–414 (2020).
58. IPCC. Summary for policymakers. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem (eds.)], in *Climate change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. Pörtner, H.-O. *et al.*) 1–33 (Cambridge University Press, 2022).
59. IPCC. *Climate Change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Cambridge University Press, 2022).
60. Wiens, J. J. Climate-related local extinctions are already widespread among plant and animal species. *PLoS Biol.* **14**, 1–18 (2016).
61. GIEC. *Réchauffement planétaire de 1,5 °C. Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté*. (Cambridge University Press, 2018).
62. Fedele, G., Donatti, C. I., Harvey, C. A., Hannah, L. & Hole, D. G. Transformative adaptation to climate change for sustainable social-ecological systems. *Environ. Sci. Policy* **101**, 116–125 (2019).

63. Rickards, L. & Howden, S. M. Transformational adaptation: agriculture and climate change. *Crop Pasture Sci.* **63**, 240–250 (2012).
64. Ojea, E., Lester, S. E. & Salgueiro-Otero, D. Adaptation of fishing communities to climate-driven shifts in target species. *One Earth* **2**, 544–556 (2020).
65. Quentin Grafton, R. Adaptation to climate change in marine capture fisheries. *Mar. Policy* **34**, 606–615 (2010).
66. MPO. (Pêches et Océans Canada, 2005).
67. Walsh, J. C. *et al.* Prioritizing conservation actions for Pacific salmon in Canada. *J. Appl. Ecol.* **57**, 1688–1699 (2020).
68. McCarthy, M. A., Thompson, C. J. & Garnett, S. T. Optimal investment in conservation of species. *J. Appl. Ecol.* **45**, 1428–1435 (2008).
69. Stein, B. A., Glick, P., Edelson, N. & Staudt, A. (editors). *Climate-smart conservation: putting adaption principles into practice.* (National Wildlife Federation, 2014).
70. Wilson, H. B., Joseph, L. N., Moore, A. L. & Possingham, H. P. When should we save the most endangered species? *Ecol. Lett.* **14**, 886–890 (2011).
71. Glick, P., Stein, B. A. & Endelson, N. A. (editors). *Scanning the conservation horizon: a guide to climate change vulnerability assessment.* (National Wildlife Federation, 2011).
72. Schneider, R. R., Hauer, G., Adamowicz, W. L. V. & Boutin, S. Triage for conserving populations of threatened species: the case of woodland caribou in Alberta. *Biol. Conserv.* **143**, 1603–1611 (2010).
73. Beechie, T. & Bolton, S. An approach to restoring salmonid habitat-forming processes in Pacific Northwest watersheds. *Fisheries* **24**, 6–15 (1999).
74. Beechie, T. *et al.* Restoring salmon habitat for a changing climate. *River Res. Applic.* **29**, 939–960 (2013).
75. Beechie, T. J., Steel, E. A., Roni, P. & Quimby, E. (editors). *Ecosystem recovery planning for listed salmon: an integrated assessment approach for salmon habitat.* NOAA Tech. Memo. NMFS-NWFSC-58. (NOAA, U.S. Dept. Commer., 2003).
76. Tullos, D., Baker, D. W., Crowe Curran, J., Schwar, M. & Schwartz, J. Enhancing resilience of river restoration design in systems undergoing change. *J. Hydraul. Eng.* **147**, 03121001 (2021).
77. Schnorbus, M. & Cannon, A. J. Statistical emulation of streamflow projections from a distributed hydrological model: application to CMIP3 and CMIP5 climate projections for British Columbia, Canada. *Water Resour. Res.* **50**, 8907–8926 (2014).
78. Najafi, M. R., Zwiers, F. W. & Gillett, N. P. Attribution of observed streamflow changes in key British Columbia drainage basins. *Geophys. Res. Lett.* **44**, 11,012–11,020 (2017).
79. Roden, B. Repairs to Bonaparte River fishway a ‘huge priority’ for DFO. *The Ashcroft-Cache Creek Journal* (2019).
80. Davies, C. DFO fixing salmon fishway in Bonaparte River after damage by flooding last year. *Radio NL 610 AM* (2019).
81. Roden, B. Grants will help Chinook and coho get past the damaged Bonaparte fishway. *The Ashcroft-Cache Creek Journal* (2019).
82. Hirsch, S. L. Anticipatory practices: shifting baselines and environmental imaginaries of ecological restoration in the Columbia River Basin. *Environ. Plan. E Nat. Sp.* **3**, 40–57 (2020).
83. Yonce, H. N. *et al.* Forest riparian buffers reduce timber harvesting effects on stream temperature, but additional climate adaptation strategies are likely needed under future conditions. *J. Water Clim. Chang.* **12**, 1404–1419 (2021).
84. Thuncher, J. ‘There’s so much habitat that literally has no water in it’: local environmental steward. *The Squamish Chief* (2021).
85. Hanson, K. & Ostrand, K. Potential effects of global climate change on National Fish Hatchery operations in the Pacific Northwest, USA. *Aquac. Environ. Interact.* **1**, 175–186 (2011).
86. Hanson, K. C. & Peterson, D. P. Modeling the potential impacts of climate change on Pacific salmon culture programs: an example at Winthrop National Fish Hatchery. *Environ. Manage.* **54**, 433–448 (2014).
87. U.S. Fish and Wildlife Service. *Makah National Fish Hatchery climate change vulnerability assessment July 2019.* (U.S. Fish and Wildlife Service, 2019).

88. U.S. Fish and Wildlife Service. *Warm Springs National Fish Hatchery climate change vulnerability assessment, final report, August 2021*. (U.S. Fish and Wildlife Service, 2021).
89. U.S. Fish and Wildlife Service. *Entiat National Fish Hatchery: climate change vulnerability assessment, final report, December 2021*. (U.S. Fish and Wildlife Service, 2021).
90. U.S. Fish and Wildlife Service. *Winthrop National Fish Hatchery climate change vulnerability assessment December 2013*. (U.S. Fish and Wildlife Service, 2013).
91. Hague, M. J. *et al.* Trying to hit a moving target: challenges with pink salmon stock assessment. *North Pacific Anadromous Fish Comm. Newsletter*. 51, 10–15 (2022).
92. Busch, D. S. *et al.* Climate science strategy of the US National Marine Fisheries Service. *Mar. Policy* **74**, 58–67 (2016).
93. Melnychuk, M. C., Banobi, J. A. & Hilborn, R. The adaptive capacity of fishery management systems for confronting climate change impacts on marine populations. *Rev. Fish Biol. Fish.* **24**, 561–575 (2014).
94. Mcllgorm, A. *et al.* How will climate change alter fishery governance? Insights from seven international case studies. *Mar. Policy* **34**, 170–177 (2010).
95. MPO. Prévisions d'avant-saison de la taille des remontes de saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) et de saumon rose (*Oncorhynchus gorbuscha*) de fleuve Fraser en 2021. Secrétariat canadien des avis scientifiques Réponse des Sciences **2021/038**, 139 pp. (2021).
96. Heenan, A. *et al.* *Incorporating climate and ocean change into an ecosystem approach to fisheries management (EAFM) plan*. (The USAID Coral Triangle Support Partnership, 2013).
97. Pinsky, M. L. & Fogarty, M. Lagged social-ecological responses to climate and range shifts in fisheries. *Clim. Change* **115**, 883–891 (2012).
98. Pinsky, M. L. & Mantua, N. J. Emerging adaptation approaches for climate-ready fisheries management. *Oceanography* **27**, 147–159 (2014).
99. Schindler, D. E. & Hilborn, R. Prediction, precaution, and policy under global change. *Science (80-.)*. **347**, 953–954 (2015).
100. Bell, R. J., Odell, J., Kirchner, G. & Lomonico, S. Actions to promote and achieve climate-ready fisheries: summary of current practice. *Mar. Coast. Fish.* **12**, 166–190 (2020).
101. Palacios-Abrantes, J. *et al.* Timing and magnitude of climate driven range shifts in transboundary fish stocks challenge their management. *Glob. Chang. Biol.* **28**, 2312–2326 (2022).
102. Miller, K. Pacific salmon fisheries: climate, information and adaptation in a conflict-ridden context. *Clim. Chang.* **45**, 37–61 (2000).
103. Morrison, W. E. & Termini, V. *A review of potential approaches for managing marine fisheries in a changing climate*. NOAA Tech. Memo. NMFS-OSF-6. (NOAA, U.S. Dept. of Commer., 2016).
104. Adger, W. N., Arnell, N. W. & Tompkins, E. L. Successful adaptation to climate change across scales. *Glob. Environ. Chang.* **15**, 77–86 (2005).
105. Schindler, D. E. *et al.* Climate change, ecosystem impacts, and management for Pacific salmon. *Fisheries* **33**, 502–506 (2008).
106. Pitman, K. J. *et al.* Glacier retreat creating new Pacific salmon habitat in western North America. *Nat. Commun.* **12**, 6816 (2021).
107. Schoen, E. R. *et al.* Future of Pacific salmon in the face of environmental change: lessons from one of the world's remaining productive salmon regions. *Fisheries* **42**, 538–553 (2017).
108. Environnement et Changement Climatique Canada. Le gouvernement du Canada publie le rapport S'adapter aux impacts des changements climatiques au Canada : une mise à jour sur la Stratégie nationale d'adaptation. *Communiqué de presse*. www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/nouvelles/2021/08/le-gouvernement-du-canada-publie-le-rapport-sadapter-aux-impacts-des-changements-climatiques-au-canada--une-mise-a-jour-sur-la-strategie-nationale-.html (2021)
109. MPO. *Évaluation du Programme des services d'adaptation aux changements climatiques en milieu aquatique (PSACCMA)* 96265 (Pêches et Océans Canada, 2021).

110. Gouvernement du Canada. *Cadre stratégique fédéral sur l'adaptation aux changements climatiques*. (Environnement Canada, 2011).
111. Reckien, D. *et al.* Dedicated versus mainstreaming approaches in local climate plans in Europe. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **112**, 948–959 (2019).
112. Henstra, D. *A whole-of-government approach to climate adaptation*. (Canadian Climate Institute, 2022).
113. Environnement et Changement Climatique Canada. *Stratégie Fédérale de Développement Durable 2022 à 2026*. (Gouvernement du Canada, 2022).
114. IPCC. *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Cambridge University Press, 2014).
115. Adger, W. N. Social capital, collective action, and adaptation to climate change. *Econ. Geogr.* **79**, 387–404 (2003).
116. Runhaar, H., Wilk, B., Persson, Å., Uittenbroek, C. & Wamsler, C. Mainstreaming climate adaptation: taking stock about “what works” from empirical research worldwide. *Reg. Environ. Chang.* **18**, 1201–1210 (2018).
117. Frisch, L. C., Mathis, J. T., Kettle, N. P. & Trainor, S. F. Gauging perceptions of ocean acidification in Alaska. *Mar. Policy* **53**, 101–110 (2015).
118. Lindegren, M. & Brander, K. Adapting fisheries and their management to climate change: a review of concepts, tools, frameworks, and current progress toward implementation. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* **26**, 400–415 (2018).
119. Didham, R. J., Kawai, M., Sakoguchi, S., Mader, A. & Scheyvens, H. *National efforts in adaptation planning. Experiences and lessons learned from the workshop series ‘Capacity building on climate change impact assessments and adaptation planning in the Asia-Pacific region’*. (Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2019).
120. Snover, A. K. *et al.* *Preparing for climate change: a guidebook for local, regional, and state governments*. (ICLEI – Local Governments for Sustainability, 2007).
121. Peterson, J. *et al.* *NOAA Fisheries climate science strategy five year progress report*. NOAA Tech. Memo. NMFS-F/SPO-228. (NOAA, U.S. Dept. Commer., 2021).
122. Halofsky, J. E. *et al.* Adapting forest management to climate change: the state of science and applications in Canada and the United States. *For. Ecol. Manage.* **421**, 84–97 (2018).
123. McCay, B. J., Weisman, W. & Creed, C. Coping with environmental change: systemic responses and the roles of property and community in three fisheries, in *World Fisheries: A Social-ecological Analysis* (eds. Ommer, R. E., Perry, R. I., Cochrane, K. & Cury, P.) 381–400 (Blackwell Publishing, 2011). doi:10.1002/9781444392241.ch23.
124. Füssel, H. M. Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustain. Sci.* **2**, 265–275 (2007).
125. Shirk, A. *et al.* *Preparing Washington Department of Fish and Wildlife for a changing climate: assessing risks and opportunities for action*. (Washington Department of Fish and Wildlife & University of Washington Climate Impacts Group, 2021).
126. Washington Department of Fish and Wildlife. History and Mission. *Washington Department of Fish and Wildlife Webpage wdfw.wa.gov/about/administration/history-mission* (2022).
127. Crozier, L. G., Burke, B. J., Chasco, B. E., Widener, D. L. & Zabel, R. W. Climate change threatens Chinook salmon throughout their life cycle. *Commun. Biol.* **4**, 222 (2021).
128. Miller, B. W., Schuurman, G. W., Symstad, A. J., Runyon, A. N. & Robb, B. C. Conservation under uncertainty: innovations in participatory climate change scenario planning from U.S. National Parks. *Conserv. Sci. Pract.* **4**, 1–15 (2022).
129. Frens, K. M. & Morrison, W. E. *Scenario planning: an introduction for fishery managers*. NOAA Tech. Memo. NMFS-OSF-9. (NOAA, U.S. Dept. of Commer., 2020).



« [...] comme [...] les habitants de ce vaste territoire que nous appelons aujourd'hui le Canada l'ont fait depuis bien longtemps, nous devons aussi adapter nos vies à l'environnement tel qu'il est et tel qu'il sera, et non pas comme nous le voudrions. »

— L'honorable Steven Guilbeault, ministre de l'Environnement et du Changement climatique, dans le Plan d'action pour l'adaptation du gouvernement du Canada ³⁴