



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2019/027

Région du Pacifique

Évaluation du potentiel de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw (*Oncorhynchus nerka*) [2017]

Brock Ramshaw¹, Wilf Luedke¹ et Josh Korman²

¹Pêches et Océans Canada
Administration centrale du secteur de la côte sud
3225, chemin Stephenson Point
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 1K3

²Ecometric Research
3560, West 22nd Avenue
Vancouver (Colombie-Britannique) V6S 1J3

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

Pêches et Océans Canada
Secrétariat canadien de consultation scientifique
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

[http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/
csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca)



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Ramshaw, B., Luedke, W, and Korman, J. 2019. Évaluation du potentiel de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw (*Oncorhynchus nerka*) [2017]. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/027. ix + 113 p.

Also available in English :

Ramshaw, B., Luedke, W, and Korman, J. 2019. Recovery Potential Assessment for the Sakinaw Lake Sockeye Salmon (Oncorhynchus nerka) (2017). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/027. ix + 99 p.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	x
INTRODUCTION	1
CONTEXTE	1
HISTORIQUE DE L'ACCÈS AU LAC SAKINAW	2
PARAMÈTRES DE BIOLOGIE, D'ABONDANCE, DE RÉPARTITION ET DU CYCLE BIOLOGIQUE	3
BIOLOGIE	3
Reproduction	3
Alimentation et régime alimentaire	5
Longueur et poids	5
AIRE DE RÉPARTITION	5
ABONDANCE	6
PARAMÈTRES DU CYCLE BIOLOGIQUE	7
Croissance et mortalité naturelle	7
Paramètres de stock-recrutement	8
EXIGENCES RELATIVES À L'HABITAT ET À LA RÉSIDENCE	8
HABITAT DE FRAI	9
HABITAT D'ÉLEVAGE EN EAU DOUCE	11
RUISSEAU ET PASSE MIGRATOIRE SAKINAW	12
HABITAT D'ÉLEVAGE EN MILIEU MARIN	12
MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS LIÉS À LA SURVIE ET AU RÉTABLISSEMENT DU SAUMON ROUGE DU LAC SAKINAW	13
MENACES	14
Dégradation de l'habitat	14
Pêche	16
Pollution	17
FACTEURS LIMITATIFS	18
Concurrence et prédation	18
Parasitisme	21
Conditions océanographiques changeantes	22
CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLOSERIE	23
Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau (LF39)	23
Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte en raison de la domestication et d'une condition physique réduite (LF40)	24
OBJECTIFS DE RÉTABLISSEMENT	26
SEUILS DE SURVIE ET DE RÉTABLISSEMENT	26
OBJECTIFS PROPOSÉS	27
VIABILITÉ DE LA POPULATION	28

DESCRIPTION DU MODÈLE.....	28
VIABILITÉ DE LA POPULATION DANS LES CONDITIONS ACTUELLES	29
SCÉNARIOS DE VIABILITÉ DE LA POPULATION.....	30
SCÉNARIOS DES MESURES D'ATTÉNUATION DES MENACES ET DES SOLUTIONS DE RECHANGE	31
MENACES LIÉES AUX MESURES D'ATTÉNUATION	31
Dégradation de l'habitat.....	31
Pêche.....	32
Pollution	32
FACTEURS LIMITATIFS LIÉS AUX MESURES D'ATTÉNUATION	32
Concurrence et prédation	32
Conditions océanographiques changeantes	33
CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLOSERIE LIÉES AUX MESURES D'ATTÉNUATION	33
Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau (LF39)	33
Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte en raison des impacts de la domestication et d'une condition physique réduite (LF40).....	34
SCÉNARIO D'ATTÉNUATION	34
ÉVALUATION DES DOMMAGES ADMISSIBLES	35
SOURCES D'INCERTITUDE	36
CONCLUSIONS ET AVIS	37
RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE.....	38
MIGRATION TERMINALE ET FRAI	38
INCUBATION EN EAU DOUCE	38
ÉLEVAGE EN EAU DOUCE	39
MIGRATION ET ÉLEVAGE EN MER.....	39
ÉCLOSERIE	40
REMERCIEMENTS	40
RÉFÉRENCES CITÉES.....	40
TABLEAUX	45
FIGURES.....	71
ANNEXE A – RÉSUMÉ DE L'ATELIER SUR LES MENACES ET LES FACTEURS LIMITATIFS PESANT SUR LE SAUMON ROUGE DU SAKINAW	84
CONTEXTE	84
PROCESSUS D'ÉVALUATION DES RISQUES.....	84
Processus de cotation pour l'évaluation des risques	85
ANNEXE B – CONTEXTE DE L'ANALYSE DE LA VIABILITÉ DE LA POPULATION	100
ANNEXE D – APERÇU DE LA COMPOSANTE ÉCLOSERIE DU MODÈLE DE VIABILITÉ DE LA POPULATION DU SAUMON ROUGE DU LAC SAKINAW	112

ANNEXE E – MODÈLE SIMPLE DU CYCLE BIOLOGIQUE DU SAUMON ROUGE DU LAC SAKINAW	113
--	-----

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Origine naturelle et longueur des saumoneaux d'écloserie (mm $\pm$ écart-type) tirées de poissons sous-échantillonnés au barrage du ruisseau Sakinaw.	45
Tableau 2 Identifications des échantillons de pêche (somme des probabilités) pour le saumon rouge du lac Sakinaw de 2001 à 2016.	46
Tableau 3 Dénombrements des saumons rouges adultes de 1947 à 1994 (d'après les données de BC-16).	47
Tableau 4 Alevins d'écloserie relâchés, dénombrements de saumoneaux et taux de survie.	51
Tableau 5 Données sur tous les reproducteurs, les recrues adultes d'origine naturelle et sauvage utilisées pour l'analyse du recrutement.	53
Tableau 6 Estimation des taux d'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw de 1970 à 2016 et descriptions de la méthode de reconstitution des montaisons et sources de reconstitution des montaisons.	54
Tableau 7 Paramètres stock-recrue de Ricker pour le saumon rouge du lac Sakinaw.	56
Tableau 8 Concentrations moyennes d'oxygène dissous (mg/L) mesurées en février et mars 2013 aux plages Morgan, Fraser, Snag (toutes des plages secondaires de la plage Sharon) et à la plage Haskin.	56
Tableau 9 Menaces pour la survie et le rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw. Les menaces sont classées en fonction de leur cote de risque biologique actuelle.	57
Tableau 10 Facteurs limitatifs pour la survie et le rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw.	58
Tableau 11 Dénombrements des saumoneaux rouges du lac Sakinaw en dévalaison examinés en vue de détecter la présence de copépodes sur leurs branchies.	60
Tableau 12 Proposition d'indicateurs de stocks de saumons rouges du lac Sakinaw et d'objectifs de rétablissement.	60
Tableau 13 Mesures du rendement utilisées pour évaluer les trajectoires de population du nombre de saumons rouges du lac Sakinaw reproducteurs.	61
Tableau 14 Superficie totale des plages de frai et superficie utilisée selon un relevé par plongée de 2012 (J. Wilson, données non publiées).	62
Tableau 15 Résumé des simulations sur 100 ans (1 000 essais) de la population qui s'est éteinte (%) et pourcentage d'années pendant lesquelles les indicateurs provisoires de l'état des stocks et les objectifs de rétablissement ont été atteints pour les reproducteurs sauvages et tous les reproducteurs.	63
Tableau 16 Menaces et facteurs qui influent sur la productivité du saumon rouge du lac Sakinaw selon le stade biologique, mesures d'atténuation proposées et réduction estimée de la mortalité.	65
Tableau 17 Résumé des simulations sur 100 ans (1 000 essais) basées sur les options d'atténuation.	69
Tableau 18 Dénombrements à la passe migratoire lorsque les poissons entrent dans le lac et dénombrements par plongée.	70
Tableau 19 Guide d'évaluation de l'impact spatial.	85

Tableau 20 Guide d'évaluation de l'impact temporel.	86
Tableau 21 Critères d'impact pour évaluer le risque potentiel.	87
Tableau 22 Cotes de confiance.	87
Tableau 23 Résultats de la cotation pour l'évaluation des risques pour le saumon rouge du lac Sakinaw.	89
Tableau 24 Données sur les reproducteurs de saumon rouge du lac Sakinaw et les saumoneaux à la nageoire non sectionnée utilisées pour l'adaptation du modèle saumoneaux-reproducteurs.	101
Tableau 25 Résumé des indices du modèle et des variables d'état.	102
Tableau 26 Conditions initiales utilisées pour la simulation.	103
Tableau 27 Résumé des paramètres par défaut utilisés dans la simulation d'analyse de la viabilité de la population.	104
Tableau 28 Résumé des paramètres du modèle d'analyse de la viabilité de la population qui déterminent la production d'écloserie.	105
Tableau 29 Résumé des scénarios de gestion et des valeurs des paramètres utilisés dans l'analyse de la viabilité de la population.	107
Tableau 30 Taux de mortalité par stade biologique, échappées, taux de changement et recrues par reproducteur selon le scénario actuel.	113
Tableau 31 Taux de mortalité par stade biologique, échappées, taux de changement et recrues par reproducteur selon le scénario actuel.	113

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Lac Sakinaw (bleu clair) situé sur la péninsule Sechelt, sur la côte de la Colombie-Britannique. Le détroit de Georgie se situe à l'ouest (bleu foncé).....	71
Figure 2 Durée moyenne de la montaison du saumon rouge adulte du lac Sakinaw.	72
Figure 3 Plages de frai du lac Sakinaw. On sait que le frai a actuellement lieu sur les plages Sharon et Haskin.	72
Figure 4 Période de montaison moyenne du saumon rouge adulte du lac Sakinaw.	73
Figure 5 Origine naturelle et longueur des saumoneaux d'écloserie (mm) de 1994 à 1997 et de 2003 à 2016.	73
Figure 6 Répartition généralisée des saumons rouges adultes dans l'océan Pacifique Nord (Groot 1994).	74
Figure 7 Échappées du saumon rouge du lac Sakinaw de 1947 à 2016. Les dénombrements de 1953 à 1994 proviennent des données du formulaire BC-16. Les données sont insuffisantes pour les années 1995, 1997 et 1998, elles ont donc été omises. Les données de 1999 à 2001 se basaient sur des relevés par plongée aux plages de frai qui sont sous-estimés par rapport aux dénombrements à la passe migratoire en raison de la mortalité dans le lac (biais pouvant atteindre 10 % selon les estimations). Les dénombrements de 2003 à 2016 proviennent d'un système de vidéo numérique installé à la passe migratoire. Voir le Tableau 3 pour les données tabulaires sur les échappées et les descriptions de la qualité des données.	74
Figure 8 Nombre d'alevins d'écloserie de reproduction en captivité et d'alevins d'écloserie de reproduction naturelle relâchés par année de remise à l'eau (année initiale + 1).	75
Figure 9 Échappées de saumons rouges du lac Sakinaw d'origine naturelle et d'écloserie entre 2004 et 2016.	75
Figure 10 Taux de survie des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau (%) de 2002 à 2015 (année de remise à l'eau des alevins).	76
Figure 11 Taux de survie en eau douce (%) des saumons rouges du lac Sakinaw de l'état d'alevin à l'état de saumoneau par rapport au nombre d'alevins relâchés.	76
Figure 12 La relation entre le nombre d'alevins relâchés et le nombre de saumoneaux d'écloserie dénombrés au barrage. Les années sont les années des saumoneaux (année d'éclosion + 2).....	77
Figure 13 Survie en milieu marin (du saumoneau à l'échappée) du saumon rouge du lac Sakinaw d'origine naturelle et d'écloserie de 2005 à 2015 (année de montaison).	77
Figure 14 Emplacements des plages de frai Sharon (plage 1) et Haskin (plage 2) au lac Sakinaw	78
Figure 15 Proportion de saumoneaux du lac Sakinaw en dévalaison qui présentent des marques de lamproie.	78
Figure 16 Proportion de saumoneaux sous-échantillonnés en dévalaison depuis le lac Sakinaw présentant des copépodes sur leurs branchies. En 2005, seuls huit poissons ont été sous-échantillonnés.	79
Figure 17 Recrues de saumon rouge du lac Sakinaw d'origine naturelle et tous les reproducteurs avec un modèle standard stock-recrutement de Ricker adapté aux données ($R = Sea[1 - Sb]$).	79

Figure 18 Une version d'essai d'une simulation de la viabilité de la population sur 100 ans dans les conditions actuelles.	80
Figure 19 Pourcentage des années (probabilité) pour lesquelles l'indicateur de l'état des stocks de reproducteurs naturels est atteint d'après le modèle d'analyse de viabilité des populations.	80
Figure 20 Pourcentage des années (probabilité) pour lesquelles l'indicateur de l'état des stocks de reproducteurs naturels et sauvages est atteint d'après le modèle d'analyse de viabilité des populations.	81
Figure 21 Pourcentage des années (probabilité) pour lesquelles l'indicateur de l'état des stocks de reproducteurs naturels et sauvages est atteint d'après le modèle d'analyse de viabilité des populations.	81
Figure 22 Analyse de la sensibilité du paramètre de Ricker β pour la croissance démographique des reproducteurs naturels.....	82
Figure 23 Analyse de la sensibilité du paramètre de Ricker β pour 500 reproducteurs naturels et sauvages.	82
Figure 24 Analyse de la sensibilité du paramètre de Ricker β pour 1 000 reproducteurs naturels et sauvages.	82
Figure 25 Taux d'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw de 1970 à 2015.....	83
Figure 26 Ajustements du modèle et limites de confiance à 95 % pour les saumons rouges sauvages et naturels du lac Sakinaw de l'état de saumoneau à l'état de reproducteur.	108
Figure 27 Distributions bayésiennes antérieure et postérieure des paramètres alpha et bêta de Ricker.	108
Figure 28 Probabilité d'obtenir une augmentation de l'abondance de la population (indicateur de l'état des stocks 1) avec une augmentation de la survie en mer selon divers scénarios du taux d'exploitation.	109
Figure 29 Probabilité d'atteindre 500 reproducteurs naturels et sauvages (indicateur de l'état des stocks 2) avec augmentation de la survie en mer selon divers scénarios du taux d'exploitation.	109
Figure 30 Probabilité d'atteindre 1 000 reproducteurs naturels et sauvages (indicateur de l'état des stocks 3) avec augmentation de la survie en mer selon divers scénarios du taux d'exploitation.	110
Figure 31 Une version d'essai d'une simulation d'analyse de la viabilité de la population dans les conditions actuelles sans programme de reproduction en captivité.	110
Figure 32 Aperçu du modèle de viabilité de la population de saumon rouge du lac Sakinaw.	111
Figure 33 Aperçu de la composante éclosion du modèle de viabilité de la population de saumon rouge du lac Sakinaw.	112

RÉSUMÉ

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a évalué pour la première fois le saumon rouge du lac Sakinaw (*Oncorhynchus nerka*) comme étant en voie de disparition dans le cadre d'une évaluation d'urgence en 2002, ce qui a été confirmé dans une autre évaluation en 2003. Ce statut d'espèce en voie de disparition a été évalué lors d'une autre évaluation d'urgence et confirmé de nouveau en 2006. Pour diverses raisons, l'espèce n'a jamais été inscrite sur la liste de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP). Le COSEPAC a réévalué l'espèce en 2016 et a réaffirmé qu'elle est en voie de disparition. À la suite de l'évaluation du COSEPAC en 2003, un programme national de rétablissement a été élaboré. Bien que celui-ci n'ait pas été avalisé officiellement par le gouvernement du Canada, plusieurs des mesures de rétablissement ont été entreprises pour assurer la survie ou le rétablissement de l'espèce. L'évaluation du potentiel de rétablissement (EPR) présentée ici fournit les renseignements de base, les données sur l'état de la population et les solutions d'atténuation nécessaires pour fournir un avis sur la décision d'inscription en vertu de la LEP. Le saumon rouge du lac Sakinaw est confronté à diverses menaces et à divers facteurs limitatifs tout au long de son cycle biologique. La prédation des œufs, ainsi que la prédation des saumoneaux et des adultes en montaison pendant la migration par le ruisseau Sakinaw et au début de la phase marine, sont considérées comme étant un facteur limitatif. La survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau est faible chez les poissons d'écloserie (13 %) et on estime qu'elle est faible chez les poissons sauvages (environ 19 %), même si le lac Sakinaw est un lac très productif. La domestication due au programme de reproduction en captivité est également préoccupante. Le facteur limitatif le plus important est la très faible survie en mer (< 0,5 %), pour laquelle il n'existe aucune mesure d'atténuation claire. L'analyse de la viabilité de la population (AVP) a indiqué que même si la survie en eau douce doublait, cela ne suffirait pas pour permettre le rétablissement avec la survie en mer actuelle. Dans les conditions actuelles, la survie du saumon rouge du lac Sakinaw nécessite l'apport de poissons d'écloserie par les humains. Les plans de gestion des pêches mis en œuvre au cours des années 1990 ont réussi à réduire l'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw. Le taux d'exploitation moyen du saumon rouge du lac Sakinaw était de 5 % entre 2011 et 2015, et l'AVP a indiqué que le fait de réduire encore davantage l'exploitation n'aurait aucun effet sur les probabilités de rétablissement. En raison de la mortalité élevée dans les premiers stades du cycle biologique et du taux de survie en mer extrêmement faible du saumon rouge du lac Sakinaw, des dommages admissibles minimaux devraient être permis pour le moment, et réduits en deçà du niveau actuel autant que possible.

INTRODUCTION

CONTEXTE

Le COSEPAC a évalué pour la première fois le saumon rouge du lac Sakinaw en 2002 dans le cadre d'une évaluation d'urgence et a recommandé son inscription en tant qu'espèce en voie de disparition. Ce statut a été réexaminé et confirmé en mai 2003 (COSEPAC 2003). Ce statut a été réexaminé et confirmé dans le cadre d'une autre réévaluation d'urgence en avril 2006.

En 2015, Pêches et Océans Canada (MPO) a effectué un examen du saumon rouge du lac Sakinaw préalable à l'évaluation du COSEPAC (MPO 2015a) afin d'éclairer une réévaluation. Conformément à l'article 24 de la LEP, le COSEPAC a révisé la classification du saumon rouge du lac Sakinaw en avril 2016. Le statut du saumon rouge du lac Sakinaw a été confirmé en tant qu'espèce en voie de disparition (COSEPAC 2016). La raison de la désignation était la suivante : « Cette population a connu un déclin très important dans les années 1980 et 1990 en raison de sa faible survie en océan et de la surpêche. Un stock de géniteurs en provenance du lac Sakinaw est maintenu dans le cadre d'un programme de reproduction en captivité, ce qui a permis de produire des alevins et des saumoneaux qui ont été relâchés dans le lac à partir de 2000. Malgré ces introductions, presque aucun adulte n'est retourné au lac entre 2006 et 2009. L'introduction des saumoneaux du programme de reproduction en captivité s'est poursuivie, et des adultes sont retournés au lac de 2010 à 2014. Certains de ces poissons ont réussi à frayer sur les plages utilisées historiquement pour le frai, démontrant ainsi que le programme connaissait un certain succès dans le ré-établissement de la population. Toutefois, le nombre de poissons éclos en milieu naturel est très faible. Les menaces liées au développement autour du lac, à la faible survie en océan et à la pêche demeurent. »

Lorsque le COSEPAC établit qu'une espèce aquatique est menacée ou en voie de disparition, le MPO, en tant qu'autorité responsable en vertu de la LEP, doit prendre des mesures. Bon nombre de ces mesures nécessitent de l'information scientifique sur l'état actuel de l'espèce, sur les menaces qui pèsent sur sa survie et son rétablissement, ainsi que sur la faisabilité de son rétablissement.

La présente évaluation du potentiel de rétablissement (EPR) constitue un avis scientifique et permet de tenir compte des analyses scientifiques qui ont fait l'objet d'un examen par les pairs dans les processus prévus par la LEP. L'avis formulé dans cette EPR pourra servir à éclairer les analyses scientifiques et socioéconomiques associées au processus décisionnel d'inscription d'une espèce sur la liste des espèces en péril, aider à établir un programme de rétablissement ainsi qu'un plan d'action, et appuyer la prise de décisions au sujet des permis, des ententes et des conditions connexes, conformément aux articles 73, 74, 75, 77 et 78 de la LEP. Cet avis permettra également de mettre à jour ou de consolider les avis déjà formulés sur cette espèce. La *Directive sur la réalisation des évaluations du potentiel de rétablissement (EPR) des espèces aquatiques en péril* du MPO (MPO 2014a) a été suivie pour la rédaction du présent rapport.

Les unités désignables (UD) sont définies par le COSEPAC comme étant « les populations ou groupes de populations considérées comme “distinctes” et “importantes” dans l'évolution par rapport aux autres populations » (COSEPAC 2013). Le saumon rouge du lac Sakinaw répond à ces deux critères d'une UD. Le saumon rouge du lac Sakinaw est également défini comme une unité de conservation (UC) en vertu de la Politique du Canada pour la conservation du saumon sauvage du Pacifique (MPO 2005). Une UC est un groupe de saumon sauvage suffisamment isolé des autres groupes pour que, s'il venait à disparaître, il soit peu probable qu'il puisse être

rétabli naturellement dans un délai acceptable, par exemple la durée de vie d'un être humain ou un nombre précis de générations de saumon.

Lorsque le COSEPAC a évalué pour la première fois le saumon rouge du lac Sakinaw, le taux de déclin était de 99 % sur trois générations entre 1988 et 2002 (COSEPAC 2003). De nombreux facteurs ont été identifiés comme contribuant à ce déclin, notamment la faible survie en mer, la surpêche, la dégradation de l'habitat et la mauvaise gestion de la passe migratoire et du barrage. Une équipe de rétablissement a été mobilisée afin d'établir des objectifs et des mesures de rétablissement en faveur du saumon rouge du lac Sakinaw. L'un des objectifs immédiats de rétablissement était de « mettre un terme au déclin du saumon rouge du lac Sakinaw et de rétablir une population autosuffisante et frayant naturellement, en garantissant la préservation des caractéristiques biologiques uniques de cette population » (équipe de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw 2005). Un programme de mise en valeur a été lancé en 2001, suivi d'un programme de reproduction en captivité visant à relâcher des alevins dans le lac afin d'accroître le nombre de saumoneaux qui migrent vers l'océan. Les échappées ont diminué de façon considérable jusqu'en 2006. Entre 2006 et 2009, 0 ou 1 adulte retournait au lac chaque année. La durée de génération du saumon rouge étant de quatre ans, la population a disparu à l'état sauvage. La population est maintenant entièrement issue de poissons d'écloserie. Le calendrier et les objectifs de l'équipe de rétablissement étaient les suivants :

- 2004 à 2007 : accroître le nombre annuel de reproducteurs (y compris ceux qui ont été prélevés pour constituer un stock de géniteurs d'écloserie) à un chiffre supérieur à 500;
- 2008 à 2011 : accroître le nombre de reproducteurs naturels¹ à un chiffre supérieur à 500;
- 2012 à 2017 : s'assurer que d'ici 2017, l'abondance moyenne de la population au cours de n'importe quelle période de quatre ans dépasse 1 000 reproducteurs naturels, avec plus de 500 reproducteurs naturels au cours d'une année (équipe de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw 2005).

L'objectif du présent rapport est de fournir de l'information à jour et les incertitudes connexes afin de traiter les 22 éléments décrits dans le mandat avec les meilleurs avis scientifiques possible, compte tenu de l'information qui peut être recueillie pour le saumon rouge du Sakinaw (MPO 2014a).

HISTORIQUE DE L'ACCÈS AU LAC SAKINAW

Le lac Sakinaw se déverse dans l'océan par le ruisseau Sakinaw (Figure 1). Le ruisseau Sakinaw a été jugé essentiel à la survie du saumon rouge de Sakinaw (Godbout *et al.*, 2004). Le point d'évacuation du lac a été partiellement ou complètement bloqué par les barrages construits aux fins de l'exploitation forestière et du stockage de l'eau de 1911 jusqu'aux années 1930, lorsque les barrages ont été enlevés (G. McBain, MPO, comm. pers.). Cela a probablement réduit l'accès du saumon rouge migrant; cependant, d'après le dénombrement des échappées historiques, la construction de barrages ne semble pas avoir eu d'effet négatif sur la population. Dans le cadre des activités d'exploitation forestière menées à proximité du lac Sakinaw au cours de la première moitié du XX^e siècle, le lac a été utilisé comme lieu de

¹ Tout au long de ce document, le « saumon sauvage » est défini conformément à la *Politique du Canada pour la conservation du saumon sauvage* (MPO 2005). Un saumon est considéré comme étant « sauvage » s'il a passé son cycle biologique complet dans la nature et que ses géniteurs proviennent également d'un frai naturel et ont passé leur cycle biologique entier dans la nature. Le « saumon naturel » est la progéniture d'alevins élevés en écloserie qui ont frayé avec succès dans la nature.

déchargement des billots, bassin de réserve, et zone d'allingues. Un barrage et une passe migratoire permanents ont été construits sur le point d'évacuation en 1952 par le MPO et les niveaux des lacs ont depuis été régulés afin de stocker l'eau pour permettre la migration du saumon rouge (COSEPAC 2003, MPO 2015a). Le barrage permanent a limité la fluctuation de la profondeur du lac. Sans le barrage, le lac fluctuerait de plus ou moins 60 cm (G. McBain, MPO, comm. pers.).

La migration vers le lac Sakinaw par le barrage et la passe migratoire au point d'évacuation du lac aurait été entravée par l'absence de personnel affecté à l'exploitation du barrage et de la passe migratoire entre 1990 et 1999. Lorsque du personnel a été réaffecté afin d'exploiter le barrage et la passe migratoire en 1999, un barrage de castors bloquait complètement la passe migratoire. Un piège de passe migratoire a été installé au barrage de 1987 à 1988 pour bloquer la migration nocturne du saumon rouge afin que les agents des pêches puissent compter le nombre d'adultes de montaison le matin. Cette situation a causé la mortalité des adultes de montaison, car les adultes devaient passer la nuit dans de l'eau chaude (23 °C) et constituaient des cibles faciles pour la loutre de rivière. Le piège de passe migratoire est resté inutilisé pendant plusieurs années avant d'être enlevé en 1996-1997. En 1995, le MPO a installé deux déversoirs en pierre en aval du barrage pour augmenter de deux mètres la profondeur du bassin en aval de la passe migratoire et réduire les sauts dans la passe migratoire, les faisant passer de huit sauts de 30 cm à trois sauts de moins 30 cm (MPO 2015a). Dans le passé, la Première Nation Sechelt avait aussi construit une fascine avec des pierres à l'embouchure du ruisseau Sakinaw pour récolter le saumon rouge du lac Sakinaw.

PARAMÈTRES DE BIOLOGIE, D'ABONDANCE, DE RÉPARTITION ET DU CYCLE BIOLOGIQUE

Élément 1 : Résumer la biologie du saumon rouge du lac Sakinaw.

Élément 2 : Évaluer la trajectoire récente de l'espèce pour en déterminer l'abondance, l'aire de répartition et le nombre de populations.

Élément 3 : Estimer les paramètres actuels ou récents du cycle biologique du saumon rouge du lac Sakinaw.

BIOLOGIE

Reproduction

Le saumon rouge du lac Sakinaw est anadrome, bien qu'il y ait aussi des populations entièrement d'eau douce, appelées « kokani », qui vivent dans le lac Sakinaw. Le saumon rouge du lac Sakinaw fraie le long de la ligne de côte du lac, où se trouvent des sources de remontées d'eau souterraine (Murray et Wood 2002). La plupart des saumons rouges du lac Sakinaw arrivent à maturité à l'âge de quatre ans, après avoir passé deux ans en mer. Une très faible proportion de saumons rouges du lac Sakinaw arrivent à maturité à trois ans (3 %) et cinq ans (10 %) (Murray et Wood 2002). La majorité de la population migre par le détroit de Johnstone et le détroit de Georgia. Les adultes attendent près de l'embouchure du ruisseau Sakinaw la marée haute favorable et l'obscurité leur permettant d'accéder au ruisseau. Les adultes entrent dans le lac Sakinaw par le ruisseau Sakinaw entre juin et septembre, le pic se produisant à la fin juillet (Figure 1). Les reproducteurs adultes restent dans le lac pendant quatre mois au maximum avant de frayer (Murray et Wood 2002).

La fécondité moyenne des femelles de saumon rouge du lac Sakinaw recueillies pour le stock de géniteurs en 1986, 1987, 2000 et 2001 était de 2 796 ($n = 69$; Murray et Wood 2002). Les estimations récentes de la fécondité des femelles de saumon rouge du lac Sakinaw recueillies

dans les frayères étaient en moyenne de 1 512 (intervalle de 0 à 3 096; $n = 72$; années d'éclosion 2000-2002, 2004-2005 et 2010). Toutefois, les estimations de la fécondité des individus recueillis dans les frayères doivent être considérées avec prudence, car les individus peuvent avoir frayé partiellement ou totalement. Si l'on ne tient compte que des données de 2000 à 2005, et si l'on exclut les individus qui ont frayé partiellement ou totalement, la moyenne était de 2 049 (± 240 œufs, ÉT) œufs par femelle. Ces valeurs se situent dans la fourchette inférieure de la fécondité de la plupart des populations de saumon rouge, qui s'élève à 2 000 à 5 200 œufs (Burgner 1991).

Traditionnellement, cinq plages de frai sont connues, trois dans le bassin supérieur (Sharon, Haskin et Ruby) et deux dans le bassin inférieur (Prospector et Kokomo) du lac (Figure 3). Depuis les années 1990, le frai ne se produit que sur les plages du bassin supérieur, bien que les études de 2001 aient indiqué que la plage Ruby n'était que très peu utilisée. Le frai se produit principalement à proximité des remontées d'eau souterraine dans les vallées sous-marines associées aux ruisseaux, mais les embouchures de ruisseaux se déplacent en amont et en aval le long des plages, au fil du temps. Les autres plages se sont révélées de piètre qualité pour le frai (relevés figurant dans Murray et Wood 2002). Des relevés par plongée ont été effectués de 2003 et 2004 sur neuf sites différents autour du lac. Des habitats et des conditions propices au frai ont été observés, mais certains sites ne semblaient pas utilisés, probablement parce qu'ils étaient envahis par la végétation.

Le frai se produit surtout de la mi-novembre à la mi-décembre, mais peut se produire plus tard, en janvier (Murray et Wood 2002). Les femelles construisent des nids de frai dans le substrat de graviers et enterrent les œufs immédiatement après la fertilisation par le mâle. Les nids de frai de saumon rouge du lac Sakinaw mesurent environ 0,75 m de largeur et 1,25 m de longueur ($0,94 \text{ m}^2$) (J. Wilson, données non publiées). La superficie requise pour le saumon rouge qui fraie dans le lac est d'environ $2,5 \text{ m}^2$ à $3,0 \text{ m}^2$ si l'on tient compte de la taille des femelles et de l'espace requis entre deux nids de frai (Foerster 1968).

Les œufs incubent dans le gravier et le temps d'incubation dépend en grande partie de la température de l'eau (Hart 1973). Le temps d'incubation peut varier de 50 jours à 5 mois. Les données de l'enregistreur de température des nids de frai de saumon rouge du lac Sakinaw indiquent que leur température moyenne est de 7°C . L'alevin émerge des œufs éclos et passera de 3 à 5 semaines dans le gravier (Hart 1973). Les alevins nageants (de 25 à 32 mm de longueur) émergent du gravier début mai et se déplacent vers la zone limnétique (eaux de surface bien éclairées), se nourrissant principalement de zooplancton (Burgner 1991). À cette petite taille, les alevins de saumon rouge sont vulnérables à la prédation par d'autres poissons et par les oiseaux, et leur survie peut être considérablement réduite par des concentrations de prédateurs naturels ou artificiels (Murray et Wood 2002).

En mars de l'année suivante, les juvéniles commencent à devenir des saumoneaux et quittent le lac par le ruisseau jusqu'au détroit de Georgia (Figure 4). La plupart des saumoneaux se déplacent vers le nord-ouest et traversent le détroit de Georgia ainsi que le détroit de Johnstone jusqu'à l'océan Pacifique (Wood *et al.*, 2012). Le saumon rouge du lac Sakinaw se disperse dans le nord-est de l'océan Pacifique, principalement à l'est du 170° de longitude est et à moins de 160 m de profondeur (Manzer 1964, Hart 1973). En général, le saumon rouge canadien reste au sud des îles Aléoutiennes et se déplace vers le nord durant l'été, et vers le sud durant l'hiver (Hart 1973).

Il existe des kokanis génétiquement distincts dans le lac Sakinaw, mais ils n'ont pas été caractérisés à l'aide de loci microsatellites (Withler *et al.*, 2014). Il n'a pas été possible de déterminer s'il y a hybridation.

Alimentation et régime alimentaire

Une fois que les alevins de saumon rouge du lac Sakinaw émergent du gravier début mai, ils se rapprochent de la ligne de côte du lac dans la zone littorale afin de s'alimenter à la vue, puis passent avec l'âge à des eaux plus profondes de la zone limnétique (Murray et Wood 2002). En tant qu'alevins et saumoneaux, ils s'alimentent principalement de copépodes (*Cyclops*, *Epischura* et *Diaptomus*), de cladocères (*Bosmia*, *Daphnia* et *Diaphanosoma*), de larves d'insectes et de petits poissons (Carlson 1974, Burgner 1991). En tant qu'adultes en mer, leur régime alimentaire se compose d'euphausiacés, d'amphipodes, de copépodes et de jeunes poissons (Hart 1973, Morrow 1980).

Longueur et poids

Les saumoneaux rouges du lac Sakinaw sont grands par rapport aux autres populations de saumons rouges, mais les adultes sont relativement petits (Gustafson *et al.*, 1997). La longueur moyenne des saumoneaux en 1994 était de 122,4 mm, comparativement à 139,2, 133,0 et 129,0 mm en 1995, 1996 et 1997, respectivement. Les données sur le poids des saumoneaux ont également montré une tendance similaire, les plus petits saumoneaux ayant atteint 20,9 g en 1994, comparativement à 28,3, 24,1 et 21,0 g en 1995, 1996 et 1997, respectivement. Des différences au niveau de la taille des saumoneaux ont été observées au cours de la migration, les plus gros saumoneaux quittant le lac au début de la migration et les plus petits à la fin de la migration (Murray et Wood 2002).

Les saumoneaux d'origine naturelle et élevés en éclosérie au barrage du ruisseau Sakinaw entre 2003 et 2016 présentaient une longueur à la fourche de 128,0 mm (13,6 mm d'écart-type) et de 126,9 mm (18,8 mm d'écart-type), respectivement. Les données sur la longueur des saumoneaux sont présentées au Tableau 1 et à la Figure 5.

Les données sur la longueur à la maturité (longueur à la fourche des adultes) sont disponibles à partir des mesures des adultes attrapés à l'état sauvage en 2001 effectuées dans le cadre du programme de reproduction en captivité et des mesures par vidéo du tunnel des poissons effectuées en 2004, 2005 et 2011. La longueur moyenne des 178 animaux attrapés entre 2001 et 2013 était de 55 cm (fourchette de 28 à 84 cm). La longueur moyenne des reproducteurs recueillis en 2001 pour le stock de géniteurs était de 45 cm (10 poissons); 47 cm pour 5 mâles et 43 cm pour 5 femelles. Les saumons rouges du lac Sakinaw qui empruntaient la passe migratoire entre 1957 et 1972 pesaient entre 1,14 kg et 2,95 kg. Le poids des adultes à la migration varie selon l'année, le poids moyen le plus élevé étant de 2,1 kg en 1971 et le poids le plus faible de 1,81 kg en 1964 (Murray et Wood 2002).

AIRE DE RÉPARTITION

La majorité des saumoneaux en dévalaison se déplacent vers le nord par le détroit de Johnstone (Wood *et al.*, 2012). Une étude par marquage des saumoneaux rouges du lac Sakinaw élevés en éclosérie a permis de détecter entre 35 % et 37 % des saumoneaux marqués au dispositif de détection à l'extrémité nord de l'île Texada en 2004 et 2006 (Wood *et al.*, 2012). Plus loin le long de leur corridor de migration, 10 % à 18 % des saumoneaux marqués ont été détectés juste au nord de Port Hardy. Comparativement, de 4 % à 24 % des saumoneaux rouges marqués se sont déplacés au sud du lac Sakinaw vers des zones comme la baie Howe, le fleuve Fraser et la baie Puget. Parmi les individus marqués, seulement 1 % à 7 % d'entre eux ont dépassé le dispositif dans le détroit de Juan de Fuca (Wood *et al.*, 2012).

La même étude a utilisé le kokani du lac Sakinaw pour déterminer la voie migratoire du saumon rouge du lac Sakinaw (Wood *et al.*, 2012). Vingt-trois à 35 % des saumoneaux kokani marqués ont été détectés à l'extrémité nord de l'île Texada et 6 % à 18 % ont été détectés près de Port

Hardy en 2005 et 2006, respectivement. De 10 % à 30 % des saumoneaux kokani marqués ont été détectés « à l'intérieur des lignes » (c.-à-d. dans la baie Howe) et de 4 % à 21 % dans le détroit de Juan de Fuca (Wood *et al.*, 2012). L'utilisation du kokani, une espèce d'eau douce, comme substitut du saumon rouge du lac Sakinaw doit être interprétée avec prudence, car il ne s'agit probablement pas d'une représentation fidèle du comportement d'une espèce anadrome dans le milieu marin.

À l'âge adulte, le saumon rouge du lac Sakinaw se nourrit dans l'océan Pacifique Nord avec d'autres populations de saumon rouge (Figure 6). Au cours de leur première année en mer, des saumons rouges de Colombie-Britannique ont été capturés le long de la péninsule de l'Alaska pendant l'été et l'automne (Tucker *et al.*, 2009), ainsi qu'à proximité des îles Aléoutiennes pendant l'hiver (Farley *et al.*, 2011). Des saumons rouges du fleuve Fraser ont été capturés dans la mer de Béring (Beacham *et al.*, 2014). Les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser et des zones adjacentes constituent la plus grande proportion de la composition des stocks de saumon rouge le long de la péninsule de l'Alaska à l'automne. Cela suggère que ces stocks migrent vers l'ouest jusqu'à 175° de longitude est pendant leur première année en mer (Beacham *et al.*, 2014). Toutefois, leur répartition est incertaine et variable.

Au cours de la migration de retour, des saumons rouges du lac Sakinaw se trouvent à l'extrémité nord du détroit de Georgia, dans le détroit de Johnstone, dans le détroit de Juan de Fuca, au sud des îles Gulf et dans la baie Puget (Tableau 2). La plupart des poissons retournent par l'extrémité nord de l'île de Vancouver et passent par le détroit de Johnstone.

La répartition des adultes dans le lac Sakinaw est inconnue, mais on croit qu'ils restent en eau profonde avant de se rendre vers les plages de frai (équipe de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw 2005).

ABONDANCE

Le nombre de reproducteurs de saumons rouges du lac Sakinaw a varié de 750 à 16 000 individus entre 1947 et 1987 sans présenter aucune tendance apparente (Figure 7, Tableau 3). Après 1987, les échappées ont diminué de façon considérable jusqu'en 2006. De 2006 à 2009, 0 ou 1 adulte retournait au lac chaque année. La population a disparu à l'état sauvage étant donné que la durée de génération du saumon rouge est de quatre ans (MPO 2015a).

Un programme de reproduction en captivité a été lancé pendant l'effondrement de la population afin de compenser le déclin des montaisons. Les adultes sauvages ($n = 84$) ont été utilisés pour établir cette population en captivité à partir des échappées de 2002 à 2005 (Withler *et al.*, 2014). Le matériel génétique indiquait que tous les reproducteurs utilisés pour établir le programme de reproduction en captivité étaient des saumons rouges du lac Sakinaw.

Des alevins d'écloserie sont relâchés chaque année dans le bassin supérieur ou inférieur du lac Sakinaw, puis un dénombrement des saumoneaux et une évaluation des retours des adultes a lieu par la suite. L'ensemble de la population de saumon rouge du lac Sakinaw descend désormais de la population élevée en captivité. Les alevins de saumon rouge issus des libérations de poissons d'écloserie (reproduction à l'état sauvage) ont commencé à retourner au lac Sakinaw en tant qu'adultes en 2005 (7 adultes comptés). En 2009, on a compté un reproducteur d'origine captive et, en 2010, on a compté 29 reproducteurs d'origine similaire à la passe migratoire. Entre 2011 et 2016, une moyenne annuelle de 328 alevins élevés en captivité (de 114 à 555) sont retournés au lac à l'âge adulte. Certains de ces poissons ont été observés en train de frayer sur les plages historiques. Les adultes d'écloserie qui sont retournés au lac et ont frayé en 2011 ont produit des reproducteurs d'origine naturelle en 2015. En 2015 et 2016, une moyenne annuelle de 130 poissons adultes naturels sont retournés au lac. On

continue à produire des alevins d'écloserie issus du programme de reproduction en captivité pour compléter le recrutement naturel alors que les échappées restent faibles. Les alevins d'écloserie relâchés entre 2001 et 2016 variaient de 0 à 1 373 822 (Figure 8; Tableau 4). Les saumoneaux émigrant du lac entre 2003 et 2015 allaient de 13 saumoneaux en 2005 à 252 535 saumoneaux en 2011 (MPO 2015a) (Tableau 4).

Les poissons relâchés d'écloserie sont marqués par un sectionnement de la nageoire adipeuse avant la relâche pour permettre de définir si les saumoneaux et les adultes revenus proviennent d'une écloserie ou d'un reproducteur naturel. On suppose que toutes les montaisons de reproducteurs en 2012 et 2013 proviennent de l'écloserie, car les alevins d'écloserie n'ont pas été sectionnés à la nageoire entre 2009 et 2011 (Figure 8 et Figure 9). Vingt-neuf adultes réintroduits ont frayé naturellement dans le lac en 2010, mais les saumoneaux en résultant ne pouvaient pas être distingués des poissons d'écloserie (Withler *et al.*, 2014). Le sectionnement des nageoires a repris en 2012.

PARAMÈTRES DU CYCLE BIOLOGIQUE

Croissance et mortalité naturelle

Il n'existe aucune donnée sur la survie de l'état d'œuf à l'état de petit alevin naturel pour le saumon rouge du lac Sakinaw. En 2013, le MPO a examiné la survie de l'état d'œuf à l'état de petit alevin (à partir du stade des œufs embryonnés) dans des caisses enfouies dans du gravier dans 21 sites situés sur quatre plages de frai du lac Sakinaw (plage Haskin et trois sous-zones de la plage Sharon : Snag, Fraser et Morgan). La survie moyenne de l'état d'œuf à l'état de petit alevin était de 78 %, avec une fourchette de 0 à 100 %. Le taux de survie moyen élevé est probablement dû aux conditions de protection qu'offrent les caisses, qui protégeraient les œufs de la prédation. Par conséquent, il n'est pas révélateur des conditions réelles. Bradford (1995) a effectué un examen des taux de survie au stade biologique du saumon rouge naturel et a constaté des taux de survie de l'état d'œuf à l'état de petit alevin de 9 %. La même étude de Bradford a révélé un taux de survie moyen de l'état d'œuf à l'état de saumoneau de 2 % chez le saumon rouge.

Le taux de survie moyen de l'état d'alevin à l'état de saumoneau d'écloserie dans le lac Sakinaw (années d'éclosion 2001, 2002, 2004-2014) est de 13,8 % (de 1,4 % à 32,2 %) (Figure 10). Le taux de survie des alevins d'écloserie n'a pas de lien avec le nombre d'alevins relâchés (Figure 11). Cependant, le nombre d'alevins relâchés a un rapport direct avec le nombre de saumoneaux d'écloserie qui ont été dénombrés au barrage du ruisseau Sakinaw (Figure 12). Il n'existe aucune donnée sur le taux de survie de l'état d'alevin sauvage à celui de saumoneau sauvage pour le saumon rouge du lac Sakinaw.

Le taux moyen de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte du saumon rouge (pas uniquement la population du lac Sakinaw) se situe entre 4,5 % et 7 % (Foerster 1968, Bradford 1995). Ces valeurs indiquent probablement que les populations en santé n'ont pas encore été affectées négativement par la diminution générale de la survie en mer du saumon depuis le milieu des années 1990. Murray et Wood (2002) ont signalé que le taux de survie en mer de l'état de saumoneau à l'état d'adulte du saumon rouge du lac Sakinaw pour les dénombrements des saumoneaux en 1992 et 1995 (années d'éclosion) et les échappées de 1996 et 1999 (non séparées en mortalité halieutique et naturelle) était estimé à 0,83 %. Les données obtenues ces dernières années indiquent un taux de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte (survie en mer) d'en moyenne 0,23 % (années d'éclosion 2001 et 2004 à 2012) pour les saumons rouges d'écloserie et de 0,49 % (années d'éclosion 2001, 2002 et 2004 à 2006, 2011, 2012) pour les saumons rouges d'origine naturelle (Figure 13, Tableau 4). On ne sait pas quelle part est due à la mortalité naturelle. Les taux de survie actuels du saumon rouge

du lac Sakinaw de l'état de saumoneau à l'état d'adulte ne sont pas suffisants pour maintenir la population (Withler *et al.*, 2014) et il est nécessaire d'apporter en continu des poissons d'écloserie pour empêcher un autre cas de disparition jusqu'à ce que la survie en milieu marin s'améliore (MPO 2015a).

Les reproducteurs adultes de saumon rouge du lac Sakinaw restent dans le lac pendant quatre mois au maximum avant de frayer (Murray et Wood 2002). La mortalité dans le lac à ce moment-là est inconnue, mais on suppose qu'elle est faible ($\leq 10\%$) (MPO 2015a). Des dénombrements par plongée ont eu lieu, mais ces estimations de l'abondance du poisson dans le lac et de la survie associée sont souvent peu fiables lorsque l'abondance est élevée, puisque certains poissons peuvent être manqués lors des relevés par plongée et que toutes les plages ne font pas l'objet d'un relevé. Toutefois, les années où les retours sont peu élevés, lorsque des dénombrements par plongée approfondis ont été effectués (2004 et 2005), le nombre de poissons comptés à la passe migratoire et dans le cadre de relevés par plongée ultérieurs laisse entendre que la mortalité est faible (MPO 2015a).

Le nombre de saumoneaux par reproducteur issus du frai naturel variait de 1,3 (2004) à 50,4 (2013) de 2003 à 2015, avec une moyenne de 18,8. Pour mettre les choses en contexte, le saumon rouge du lac Cultus compte en moyenne 75 saumoneaux d'origine naturelle par femelle reproductrice (Ackerman *et al.*, 2014). La moyenne pour les saumoneaux sauvages et naturels du lac Sakinaw par hectare était de 6,0 de 2001 à 2014 (années d'éclosion) (sans compter les années où il n'y avait pas de reproducteurs sauvages ou naturels). Le saumon rouge du lac Cultus s'est établi en moyenne à 1 646 saumoneaux par hectare de 1925 à 2003 (années d'éclosion).

Encore une fois, on suppose que toutes les montaisons de reproducteurs en 2012 et 2014 proviennent de l'écloserie, car les alevins d'écloserie n'ont pas été sectionnés à la nageoire pour les lâchers entre 2009 et 2011. Il y a également eu un ou aucun reproducteur naturel entre 2006 et 2009. Vingt-neuf adultes sont revenus en 2010 et 24 ont été retirés aux fins d'ensemencement. Les cinq autres adultes n'ont pas été pris en compte et, comme les alevins en captivité n'ont pas été sectionnés à la nageoire, on ne sait pas si ces poissons ont apporté une quelconque contribution à la population.

Paramètres de stock-recrutement

Un modèle standard de stock-recrutement de Ricker a été adapté aux données sur les reproducteurs d'origine naturelle et sauvage pour toutes les années pour lesquelles des estimations d'exploitation étaient disponibles (voir Tableau 5 et Tableau 6). Les estimations des paramètres de Ricker sont présentées au Tableau 7.

EXIGENCES RELATIVES À L'HABITAT ET À LA RÉSIDENCE

Élément 4 : Décrire les propriétés de l'habitat du saumon rouge du lac Sakinaw nécessaires au bon déroulement de toutes les étapes du cycle biologique. Décrire les fonctions, les caractéristiques et les attributs de l'habitat et quantifier la variation des fonctions biologiques qu'assurent les composantes de l'habitat selon l'état ou l'étendue de l'habitat, y compris les limites de la capacité biotique, le cas échéant.

Élément 5 : Fournir de l'information sur l'étendue spatiale des zones de l'aire de répartition du saumon rouge du lac Sakinaw qui sont susceptibles de présenter les propriétés de l'habitat recherchées.

Élément 6 : Quantifier la présence et l'étendue des contraintes associées à la configuration spatiale, comme la connectivité et les obstacles à l'accès, s'il y en a.

HABITAT DE FRAI

Tout comme les autres saumons, le saumon rouge du lac Sakinaw nécessite différents habitats à différentes étapes de son cycle vital. Les adultes fraient sur les plages près des ruisseaux ou d'autres sources d'eau souterraine. Le frai a lieu près des cônes alluviaux et là où le gravier est suffisamment petit pour être facilement délogé par creusement (Foerster 1968). Le périmètre du lac Sakinaw s'étend sur environ 35 km (Shortreed *et al.*, 2003). En 1979, un relevé des rives du lac a révélé que seule une petite partie du rivage était propice au frai sur la plage en raison de la présence d'apports d'eau dans le ruisseau. La plage de Sharon occupe 300 m de rivage et s'étend sur 100 m au nord et 200 m au sud de la limite sud du lot L3255 (Figure 14).

Quatre-vingt-quinze pour cent du frai a lieu dans cette zone. Elle est divisée en quatre sous-plages distinctes, dont celles de Fraser, de Snag, de Morgan et de Sharon, qui sont classées par ordre d'utilisation pour le frai. Le frai le plus dense a lieu à l'extrémité sud de la plage, près de la décharge du ruisseau, et à l'extrémité nord de la plage, près de la limite des lots L3260 et L3255 (Murray et Wood 2002).

La plage Haskin est située entre l'embouchure du ruisseau Boat Ramp à l'extrémité du chemin du lac Sakinaw et l'embouchure du ruisseau Haskin. Le rivage entre les deux ruisseaux est d'environ 75 mètres de long. Les ruisseaux ont été détournés au début des années 1960 par un ancien propriétaire foncier lorsque la propriété devait être aménagée en terrain de camping et marina. L'embouchure originale du ruisseau est située au milieu de la zone située entre les deux ruisseaux. L'embouchure originale du ruisseau est la principale frayère, et certaines frayères secondaires se situent près des nouveaux points d'évacuation du ruisseau (G. McBain, MPO, comm. pers.).

En 1979, un plongeur du MPO a estimé visuellement à 6 000 m² la superficie de l'habitat de frai du saumon rouge de qualité dans le lac Sakinaw (Elvidge 1980²). En 2015, une étude de cartographie de l'habitat a estimé environ 3 000 m² d'habitat de frai convenable de qualité variable (MPO 2015a). Cette étude plus récente a fait appel à un appareil GPS et offre des données de meilleure qualité que l'étude de 1979; par conséquent, il est difficile d'établir si la quantité d'habitats a diminué depuis 1979. La qualité de l'habitat à l'intérieur des 3 000 m² varie en raison de la présence de débris de bois, de la pente et du type de substrat. Les cinq plages de frai connues identifiées à la section 2.2 possèdent les propriétés d'habitat requises pour le frai (Figure 3).

La plage de Sharon, y compris les quatre sous-plages, occupe 300 m de rivage. En 2001, on estimait que les zones utilisées par le saumon rouge sur la plage Sharon, y compris les quatre sous-plages, avaient diminué de 85 % pour atteindre 900 m² (Murray et Wood 2002). La différence peut probablement être attribuée au fait que les relevés de 1979 étaient visuels et que ceux de 2001 utilisaient le GPS. La majeure partie du frai a lieu sur ces plages; par conséquent, on croit qu'il s'agit de l'habitat de frai de la plus haute qualité disponible pour le saumon rouge du lac Sakinaw. En 2015, on estimait qu'il y avait 175 m² d'habitat de frai potentiel à la plage Haskin, dont seulement 35 m² étaient utilisés.

Une autre ancienne frayère mineure entoure la décharge du ruisseau Ruby (100 m²). La frayère est trop peu profonde pour la plupart des saumons rouges et est également utilisée par la truite fardée. Les nids de frai dans ce secteur sont plus éloignés de la rive que dans d'autres frayères, mais ils se trouvent dans une zone moins profonde (de 2 à 7 m) (Murray et Wood 2002).

² Elvidge, R. 1979 Current findings of the 1979 study to determine the impact of foreshore development on sockeye spawning in Sakinaw Lake. DFO Internal report. 13 p.

Actuellement, cette frayère n'est pas très fréquentée, avec un maximum de six poissons lors d'une bonne année (G. McBain, MPO, comm. pers.).

Le saumon rouge a besoin d'une eau contenant suffisamment d'oxygène dissous (OD) pour survivre. Les œufs de saumon rouge et les alevins qui en sortent ont besoin de gravier propre et d'un débit d'eau suffisant pour produire de l'OD et éliminer les déchets métaboliques (Murray et Wood 2002). Les premiers stades biologiques du saumon rouge (œufs et alevins) exigent des niveaux d'OD supérieurs à 8,0 mg/L pour survivre, tandis que les stades biologiques plus avancés exigent des niveaux d'OD de 4,0 mg/L (US EPA 1987). Les critères recommandés par la Colombie-Britannique pour la protection des états de la vie aquatique précisent que la concentration interstitielle d'OD doit être de 8 mg/L³ pour tous les stades biologiques (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique 1997). Tous les transects étudiés en 2003 aux plages Sharon, Haskin et Ruby, à l'exception d'un seul à la plage Haskin, affichaient des concentrations interstitielles d'OD supérieures à ces critères (G3 Consulting Ltd. 2003). Les concentrations d'OD dans l'eau ambiante de tous les transects étaient supérieures à ces critères. Le saumon rouge du lac Sakinaw choisissait de préférence les zones avec la concentration d'OD la plus élevée (≥ 8 mg/L) pour la construction de nids de frai (G3 Consulting Ltd. 2002). Le type de substrat et le niveau de compacité influencent les niveaux d'OD. Les zones où le substrat de gravier (de 2 mm à 64 mm de diamètre) n'était pas recouvert d'une couche de débris organiques présentaient des niveaux d'OD beaucoup plus élevés que les zones moins compactes (G3 Consulting Ltd. 2002).

En février et mars 2013, le MPO a recueilli les mesures de l'OD sur les plages Sharon (sous-plages : Morgan, Fraser et Snag) et Haskin (Tableau 8). La qualité de l'eau souterraine des plages de frai était encore supérieure aux concentrations décrites ci-dessus, sauf à la plage Morgan lors des deux premiers relevés effectués en février.

Le frai sur toutes les plages a lieu entre 0,25 m et 25 m de profondeur, la profondeur de 3 m à 10 m ayant la plus grande densité de nids de frai. D'après les estimations de la superficie de l'habitat de frai (3 000 m²), de la taille des nids de frai de saumon rouge (0,94 m²) et de la superficie nécessaire pour frayer (de 2,5 à 3 m²), l'habitat de frai peut accueillir 1 000 à 1 200 femelles pour frayer simultanément. L'habitat de frai ne pose actuellement aucune limite et d'autres possibilités de restauration ou de mise en valeur de l'habitat de frai existent sur les plages de frai.

La frayère de la plage Ruby a eu une utilisation limitée (de 0 à 6 reproducteurs annuels) au cours des 30 dernières années. On croit que le niveau d'inondation du lac et le remplissage subséquent avec des sédiments meubles et de la végétation aquatique ont un impact négatif, réduisant grandement la qualité de l'habitat de frai. On sait qu'il y a eu des activités de frai sur les plages de Kokomo et de Prospector dans le passé (1979), mais ce n'est pas le cas actuellement. Bien qu'il y ait des observations historiques du frai du saumon rouge à la plage Prospector, on a remarqué que cette plage n'a pas de propriétés d'habitat semblables à celles des autres plages et on se demande si elle n'a jamais été une plage de frai du saumon rouge en raison d'une couche de boue très épaisse (J. Wilson, comm. pers.). Il est possible que la zone étudiée en 1979 ne soit pas exactement la même que celle qui a été étudiée plus récemment.

Le MPO a entrepris récemment des efforts de restauration pour améliorer l'habitat de frai des plages connues (Sharon et Haskin), notamment en retirant les arbres tombés de l'inondation

³ Moyenne sur 30 jours

d'origine, les débris de bois, les gros rochers et les sédiments accumulés et en détassant le gravier compacté des frayères marquées (MPO 2015a).

HABITAT D'ÉLEVAGE EN EAU DOUCE

Le lac couvre une superficie de 6,9 km² et a une profondeur moyenne de 43 m avec une profondeur maximale de 140 m. La zone euphotique est d'environ 15 m de profondeur (Shortreed *et al.*, 2003). Le lac Sakinaw est unique par rapport à la plupart des autres lacs en ce sens qu'il comporte des couches qui ne se mélangent pas (c.-à-d. qu'il est méromictique), avec une couche d'eau douce de 30 m qui recouvre une couche d'eau salée anoxique. Le bassin supérieur du lac n'est pas méromictique (Shortreed *et al.*, 2003). La colonne d'eau devient très chaude (23 °C) pendant l'été dans ses 7 m supérieurs (thermocline) et refroidit à 5 °C à 40 m de profondeur (Shortreed *et al.*, 2003). De 10 à 20 m de profondeur, la température se situe entre 6 °C et 13 °C. Au début d'octobre 1977, Stockner et Shortreed (1978) ont trouvé une température de surface de 16,5 °C et une profondeur de la thermocline de 10,0 m, ce qui suggère que la thermocline saisonnière du lac Sakinaw a une durée prolongée.

Les saumons rouges juvéniles préfèrent des températures de 11 °C à 15 °C alors que leur température optimale de croissance avec une nourriture illimitée est de 15 °C (Beschta *et al.*, 1987). Les juvéniles migreront pour éviter des températures supérieures à 17 °C et, par conséquent, la quantité de volume d'élevage du lac disponible pour les saumons rouges juvéniles pourrait être moindre pendant les périodes « chaudes » (COSEPAC 2003, équipe de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw 2005).

À toutes les étapes de son cycle de vie, le saumon rouge du lac Sakinaw a besoin d'un approvisionnement alimentaire suffisant. Lorsque les alevins sortent du gravier, ils se déplacent généralement vers des eaux plus profondes avec l'âge pour se nourrir de zooplancton dans les 20 m supérieurs (Murray et Wood 2002, équipe de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw 2005).

Le lac Sakinaw est un lac très productif par rapport aux autres lacs côtiers de Colombie-Britannique, mais moins productif que les lacs du réseau hydrographique du fleuve Fraser (Stockner et Shortreed 1978, Shortreed *et al.*, 2000). Des concentrations de chlorophylle *a* supérieures à 2 mg/m³ ont été observées (Shortreed *et al.*, 2003). La biomasse du zooplancton peut dépasser 1 000 mg/m³ en été et 500 mg/m³ en automne (Shortreed *et al.*, 2003, Hume *et al.*, 2005). La biomasse du zooplancton atteint son maximum à 15 m de profondeur (Shortreed *et al.*, 2003).

Shortreed *et al.* (2000) ont utilisé un modèle de rendement photosynthétique pour estimer que le lac Sakinaw pourrait soutenir 2,5 millions de saumoneaux, en supposant qu'il n'y a pas de concurrence, mais on pense que c'est une surestimation (K. Hyatt, MPO, comm. pers.). D'autres analyses de données, et peut-être collectes de données, sont nécessaires pour définir la capacité biotique du lac Sakinaw.

Les alevins de saumon rouge sont planctonivores et se nourrissent dans les zones pélagiques. On en sait peu sur l'utilisation de l'eau profonde pour nourrir les alevins. L'habitat en eau plus profonde pour l'élevage des juvéniles se trouve partout dans le lac. Dans le bassin supérieur, il n'y a pas de monimolimnion anoxique (couche d'eau salée), il est donc possible que toutes les profondeurs soient utilisées. Cependant, les profondeurs inférieures à 30 m dans le bassin inférieur sont anoxiques (Shortreed *et al.*, 2003). Le rivage n'est pas utilisé par les alevins de saumon rouge du lac Sakinaw.

RUISSEAU ET PASSE MIGRATOIRE SAKINAW

Le ruisseau Sakinaw a été désigné comme habitat essentiel recommandé (Murray et Wood 2002, Godbout *et al.*, 2004), car il relie le lac Sakinaw au détroit de Georgia. Le saumon rouge adulte du lac Sakinaw ne fraie que dans le lac Sakinaw; par conséquent, il a besoin de ce lac en particulier pour survivre. Le ruisseau Sakinaw est nécessaire pour la migration des saumoneaux hors du lac et la migration des adultes dans le lac (Figure 1).

Les seuls obstacles à l'accès se trouvent dans le ruisseau Sakinaw et à l'embouchure du ruisseau. Le saumon rouge adulte du lac Sakinaw peut uniquement migrer en remontant le ruisseau pendant la marée haute, et peut le faire surtout la nuit. Sinon, le niveau d'eau plus bas dans le ruisseau que dans la passe migratoire ne permet pas aux adultes de remonter le ruisseau. La passe migratoire agit également comme un obstacle si elle ne fonctionne pas correctement et si l'entrée est fermée et bloque la migration des adultes, bien que l'on estime que certains adultes aient autrefois réussi à sauter par-dessus le barrage.

Les saumoneaux qui quittent le réseau passent par des tuyaux à la fascine où ils sont recueillis dans une caisse et dénombrés. Si le programme de dénombrement des saumoneaux est opérationnel, la fascine ne constitue pas un obstacle à la migration pour les saumoneaux, car le personnel entretient les tuyaux et relâche les saumoneaux après leur dénombrement.

HABITAT D'ÉLEVAGE EN MILIEU MARIN

Les besoins en habitat marin du saumon rouge du lac Sakinaw sont semblables à ceux des autres espèces de saumon du Pacifique. Il a besoin de couloirs océaniques et d'aires d'alimentation sans restriction à une température et une productivité appropriées (Foerster 1968; Burgner 1991). La majeure partie du détroit de Johnstone, du détroit de Georgia et du détroit de Juan de Fuca présente les propriétés d'habitat littoral requises par les saumoneaux et les saumons rouges adultes du lac Sakinaw. Bien que la variabilité naturelle liée au climat de la productivité océanique influe fortement sur la survie du saumon rouge du lac Sakinaw, la gestion de l'habitat dans les aires marines autres que la route migratoire est vraisemblablement impossible, et nous n'en discutons pas davantage. Dans l'océan, ces habitats se trouvent généralement dans des eaux d'une température comprise entre 3,3 °C et 13,3 °C (Azumaya *et al.*, 2007) et d'une profondeur inférieure à 15 m. La limite supérieure de salinité pour le saumon rouge est de 34,5 USP (Azumaya *et al.*, 2007).

Élément 7 : Évaluer dans quelle mesure la notion de résidence s'applique à l'espèce et, le cas échéant, décrire la résidence de l'espèce.

Le paragraphe 2(1) de la *Loi sur les espèces en péril* définit la résidence comme un « gîte [...] occupé ou habituellement occupé par un ou plusieurs individus pendant tout ou une partie de leur vie, notamment pendant la reproduction, l'élevage, les haltes migratoires, l'hivernage, l'alimentation ou l'hibernation ». Les *Lignes directrices pour la désignation de la résidence et préparation d'un énoncé de résidence pour les espèces aquatiques en péril* de Pêches et Océans Canada (MPO 2015b) utilisent les quatre conditions suivantes pour déterminer quand la notion de résidence s'applique à une espèce aquatique :

1. la présence d'un gîte discret dont la forme structurelle et la fonction sont semblables à celles d'un terrier ou d'un nid;
2. un individu de l'espèce a fait un investissement dans la création, la modification ou la protection du gîte;
3. le gîte a la capacité fonctionnelle d'appuyer le bon déroulement d'un processus essentiel du cycle de vie, comme le frai, la reproduction, l'allaitement et l'élevage;

-
4. le gîte est occupé par un ou plusieurs individus pendant la totalité ou diverses parties de son cycle biologique.

D'après les lignes directrices ci-dessus, les nids de frai sont ceux qui correspondent le mieux aux critères d'une résidence parce qu'ils sont construits et utilisés pendant des années consécutives. Les frayères ont la forme structurelle et la fonction d'un nid; la femelle ayant consacré des efforts à les construire, les frayères sont essentielles au bon déroulement de l'incubation et de l'éclosion des œufs et peuvent contenir de centaines à plusieurs milliers d'œufs d'une femelle saumon. Comme mentionné précédemment, des plages de frai ont été identifiées au lac Sakinaw. Les nids de frai situés à l'intérieur de ces zones pourraient être considérés comme des résidences.

MENACES ET FACTEURS LIMITATIFS LIÉS À LA SURVIE ET AU RÉTABLISSEMENT DU SAUMON ROUGE DU LAC SAKINAW

Élément 8 : Évaluer et classer par ordre d'importance les menaces à la survie et au rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw.

Élément 9 : Énumérer les activités les plus susceptibles de menacer (c.-à-d. endommager ou détruire) les propriétés de l'habitat décrites dans les éléments 4 et 5, et fournir des renseignements sur l'ampleur et les conséquences de ces activités.

Élément 10 : Évaluer tout facteur naturel susceptible de limiter la survie et le rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw.

Élément 11 : Décrire les impacts écologiques potentiels des menaces évaluées dans l'élément 8 sur l'espèce ciblée et les espèces coexistantes. Énumérer les avantages et les inconvénients potentiels pour l'espèce ciblée et les espèces coexistantes si les menaces sont atténuées. Énumérer les efforts actuels de surveillance de l'espèce ciblée et des espèces coexistantes en rapport avec chaque menace et relever toutes les lacunes dans les connaissances.

Afin d'évaluer et de hiérarchiser les menaces et les facteurs limitatifs liés à la survie et au rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw, un atelier sur l'analyse des menaces et des facteurs limitatifs a été organisé (les 15 et 16 décembre à Nanaimo, en Colombie-Britannique). Un groupe d'experts comprenant : des chercheurs du MPO; des biologistes chargés de l'évaluation des stocks de saumons; des directeurs du Programme de mise en valeur des salmonidés et du personnel d'écloserie; des membres de la Gestion des pêches; des représentants de la Première Nation Sechelt; des biologistes de Sunshine Coast qui connaissent le saumon rouge du lac Sakinaw, ainsi qu'un représentant de l'association de la collectivité du lac Sakinaw se sont rencontrés au cours de cet atelier et ont discuté des menaces, des facteurs limitatifs et des activités qui touchent la population de saumons rouges du lac Sakinaw et leur habitat. Les menaces et les facteurs limitatifs ont été notés en fonction du risque biologique actuel et futur. Le risque biologique est déterminé à partir de deux variables : l'exposition et l'impact. Le terme « exposition » est synonyme du terme « probabilité » qui est utilisé dans certaines méthodes d'évaluation des risques, tandis que le terme « impact » est synonyme du terme « conséquence ». Le risque biologique actuel est fondé sur le risque biologique de nos jours. Le risque biologique futur est fondé sur les conditions prévues dans 50 ans. La certitude/confiance associée au risque biologique actuel a également été notée. Des options d'atténuation ont également été proposées pour s'attaquer aux activités et aux facteurs limitatifs à risque plus élevé. L'atténuation et la surveillance des menaces et des facteurs limitatifs qui existent actuellement sont également décrites ci-dessous. Un résumé de l'atelier est fourni à l'Annex A. Les notes issues de l'atelier ont été adaptées par

la suite aux matrices de notation des *Lignes directrices sur l'évaluation des menaces, des risques écologiques et des répercussions écologiques pour les espèces en péril* de Pêches et Océans Canada (MPO 2014b).

Les menaces sont définies comme des activités anthropiques qui nuisent à la productivité du saumon rouge du lac Sakinaw. Les facteurs limitatifs sont définis comme des facteurs naturels (c'est-à-dire abiotiques ou biotiques) qui nuisent à leur productivité.

Aux fins d'exhaustivité et en raison de l'ampleur des facteurs limitatifs sur la survie et le rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw, les répercussions écologiques potentielles des facteurs limitatifs sont également traitées ci-dessous.

MENACES

Dégradation de l'habitat

Intégrité de l'habitat suffisamment dégradée pour avoir une incidence négative sur les exigences associées à tous les stades juvéniles et au rassemblement, à la croissance et à la première migration des saumoneaux vers la mer.

La dégradation de l'habitat touche la migration terminale et le frai, ainsi que l'incubation et l'élevage en eau douce. Cette menace a été classée comme une menace à faible risque pour la population (Tableau 9).

Impacts écologiques : La dégradation de l'habitat d'eau douce n'a pas été identifiée comme un facteur possible affectant la productivité du saumon rouge du lac Sakinaw lors de l'atelier d'analyse des menaces; toutefois, le COSEPAC (2016) l'a fait. Le lac Sakinaw était utilisé en tant que lieu de déchargement des billots, en tant que bassin de réserve, et en tant que zone d'allingues dans le cadre d'activités d'exploitation forestière dans le secteur. La plupart de ces répercussions ont eu lieu dans les années 1950 et 1960 et la productivité est demeurée relativement élevée par la suite. Ces activités entraînent l'accumulation de débris sur les plages de frai en recouvrant le gravier de frai potentiel ou en augmentant les pertes d'incubation en raison de l'envasement et de la faible porosité du gravier qui nuit à l'apport d'eau oxygénée et à l'élimination des déchets métaboliques (Murray et Wood 2002). La concentration d'oxygène dissous dans les eaux souterraines des plages de frai du lac Sakinaw est suffisamment élevée pour permettre l'incubation des œufs de saumon rouge (Tableau 8). L'exploitation forestière se poursuit à l'intérieur du bassin hydrographique Sakinaw. Les répercussions liées à l'exploitation forestière récente sont considérées comme négligeables.

Le développement des hautes terres et les autres développements de la ligne de côte qui touchent le volume et les routes de débit entrant du ruisseau, ainsi que l'approvisionnement en eau souterraine, réduiront la qualité de l'habitat de frai. Le développement des hautes terres est également susceptible d'entraîner une érosion des berges du cours d'eau, ainsi que d'augmenter le charriage de sédiments fins et de débris vers le lac. Par conséquent, le développement de la ligne de côte et des hautes terres est susceptible de réduire la qualité et la stabilité du gravier de frai, ce qui réduirait le taux de survie des œufs et des alevins. Le retrait de la végétation riveraine pourrait contribuer au réchauffement du lac, ce qui pourrait accroître la mortalité des adultes et des œufs. Cependant, on estime que la profondeur du frai et de l'immobilisation est suffisante pour ne pas être touchée par les augmentations relativement faibles de la température de l'eau. Il n'y a eu aucun développement à proximité des plages de frai depuis les années 1960 et il n'y en a eu qu'à proximité de la plage Haskin; par conséquent, cette activité est considérée comme une menace négligeable.

Les épisodes de neige suivie de pluie augmentent le ruissellement des sédiments et des eaux de surface. En 1992, un grand frai a été enfoui sous des tonnes de matériaux emportés par les

eaux du ruisseau à la plage Sharon lors d'une inondation printanière de neige suivie de pluie (Murray et Wood 2002).

Traditionnellement, le frai du saumon rouge se produisait sur cinq plages du lac Sakinaw (Sharon, Haskin, Ruby, Kokomo et Prospector) (Figure 3). À l'heure actuelle, le frai n'a lieu qu'aux quatre sous-plages des plages Sharon et Haskin. Un sondage effectué à la plage Ruby en 2001 a révélé qu'elle n'était pas utilisée. Les plages Ruby, Kokomo et Prospector sont de piètre qualité pour le frai (relevés rapportés dans Murray et Wood 2002). Les relevés par plongée de 2003 et 2004 portaient sur neuf sites différents autour du lac. L'habitat et les conditions de frai qui conviennent ont été déterminés, toutefois, il s'est avéré que certains sites n'étaient pas utilisés. La zone haute de la plage Sharon est détenue par la même famille depuis 1952 et n'a pas été modifiée par l'aménagement résidentiel ou l'exploitation forestière. Les arbres tombés et les débris de bois lourds ont toutefois eu une incidence sur l'habitat de frai de ce site. Le MPO a entrepris récemment des efforts de restauration pour améliorer l'habitat de frai des plages connues (Sharon et Haskin), notamment en retirant les arbres tombés de l'inondation d'origine, les débris de bois, les gros rochers et les sédiments accumulés et en détassant le gravier compacté des frayères marquées.

Dans les années 1960, les ruisseaux Haskin et Boat Ramp ont été déplacés pour permettre le développement immobilier et la construction d'une rampe à bateaux, respectivement (Figure 3). Ils partageaient une entrée commune dans le lac et le chenal original des ruisseaux est encore visible dans le lac environ à mi-chemin entre les embouchures plus récentes des deux ruisseaux. Le saumon rouge du lac Sakinaw qui fraie fréquente encore le chenal des ruisseaux restant puisqu'il est profond d'environ 6 m et qu'il a probablement encore un écoulement d'eau souterraine dans le lit du chenal original, ce qui attire le poisson dans la région.

L'habitat de frai a été touché par le maintien des niveaux du lac avec le barrage. Le point d'évacuation du lac a été partiellement ou entièrement bloqué depuis le début des années 1900 par des barrages construits aux fins de l'exploitation forestière et du stockage de l'eau. Un barrage et une passe migratoire ont été construits par le MPO sur le point d'évacuation en 1952. Depuis, les niveaux du lac ont été régulés pour entreposer de l'eau pour la migration du saumon rouge et, indirectement, pour le développement de la collectivité récréative et de la collectivité des propriétaires de chalets. Le maintien du niveau du lac dans une fourchette relativement stable et artificielle a entraîné une augmentation de la végétation et des sédiments fins, ainsi qu'une accumulation de débris de bois sur les plages de frai, en particulier sur les plages Ruby et Prospector. La dégradation de l'habitat des plages a été confirmée par une résidente locale qui a déclaré que le gravier et la plage du lac Ruby étaient beaucoup plus propres dans sa jeunesse et qu'il y avait moins de végétation aquatique que maintenant (S. Bushell, lac Sakinaw, comm. pers. de Murray et Wood 2002). La baie de la plage Ruby est recouverte de gravier visible à une profondeur de < 1 m et le saumon coho et la truite fardée y fraient régulièrement, mais il est rare de voir le saumon rouge dans ces eaux peu profondes, bien que quelques individus aient été observés dans la région au fil des ans. La chute du fond du lac à la plage Ruby est l'endroit où l'on pourrait s'attendre à ce qu'il y ait des activités de frai, compte tenu de l'utilisation d'autres plages par le saumon rouge du lac Sakinaw, mais la végétation est maintenant trop épaisse et la plage n'est plus utilisable (G. McBain, MPO, comm. pers.). Le travail de restauration des plages de frai entrepris depuis que la population de saumons rouges a baissé a permis d'accroître l'étendue de l'habitat de frai.

Dans l'ensemble, on estime actuellement que la dégradation de l'habitat d'eau douce présente un risque faible pour les niveaux de population.

Surveillance continue : Des relevés annuels par plongée sont effectués dans les frayères du lac Sakinaw et l'état de l'habitat de frai est évalué afin de déterminer si une restauration supplémentaire de l'habitat est nécessaire.

Lacunes dans les connaissances : Les relevés par plongée dans les frayères n'ont jamais été assez profonds pour déterminer si le frai a lieu à des profondeurs supérieures à 12 m. S'il était possible de prolonger le temps de plongée, il serait utile de plonger dans les principales plages de frai pendant la période de frai maximale pour voir si les plages sont utilisées à des profondeurs plus importantes.

Des relevés par plongée effectués en 1979 par le MPO ont permis de déterminer que le débit sortant vers le lac Penny (immédiatement adjacent à la plage Kokomo) était une frayère (MPO 1980), mais ce site n'a jamais fait l'objet de relevés depuis.

Espèces coexistantes : Le kokani fraie sur des plages semblables à celles du saumon rouge; par conséquent, la dégradation de l'habitat de frai du saumon rouge est probablement aussi une dégradation de l'habitat du kokani.

Pêche

Mortalité des adultes accrue en raison des pêches terminales

La pêche a été classée comme une menace à faible risque pour la population (Tableau 9).

Impacts écologiques : Le saumon rouge revient vers le lac Sakinaw par le détroit de Johnstone. Il partage ce couloir de migration avec les autres populations de saumons rouges, notamment celles qui reviennent vers les lacs situés à proximité du détroit de Johnstone (lacs Nimpkish, Heydon, Phillips et Village Bay) et l'élément de détournement nord des saumons rouges qui reviennent vers le fleuve Fraser. Le détournement nord fait référence à la proportion de saumons rouges du fleuve Fraser en montaison qui migrent par le détroit de Johnstone plutôt que par le détroit Juan de Fuca.

L'intensité globale de la pêche de stocks mélangés dans les détroits de Johnstone et de Georgia a généralement augmenté jusqu'à la fin des années 1990 en raison de l'abondance élevée et des taux de déviation élevés du saumon rouge du fleuve Fraser par le détroit de Johnstone. Bien que l'effort de pêche mesuré en jours de pêche ait diminué, la technologie a permis d'augmenter l'efficacité de la pêche à la senne. L'effort de pêche au filet maillant a également augmenté dans les années 1980. Murray et Wood (2002) fournissent une description détaillée de la pêche. Toutefois, l'augmentation de l'effort de pêche dans les pêches de stocks mélangés n'implique pas nécessairement une augmentation de la mortalité par pêche dans de petites populations comme le saumon rouge du lac Sakinaw. L'effort de pêche est réglementé en fonction d'indices de pêche expérimentale de l'abondance des grandes populations de saumons rouges du fleuve Fraser.

Les saumons rouges du lac Sakinaw ont été tués en tant que prises ciblées dans les pêches terminales et en tant que prises accidentelles dans les pêches de stocks mélangés ciblant des populations plus importantes de saumons rouges et de saumons roses (*O. gorbuscha*). Diverses estimations du taux d'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw ont été effectuées (Starr *et al.*, 1984, Murray et Wood 2002, et M. Folkes, MPO, données non publiées, D. O'Brien, MPO, données non publiées). Un résumé des estimations du taux d'exploitation est fourni au Tableau 6. Starr *et al.* (1984) ont conclu, à partir des analyses de reconstitution de la montaison, que les taux d'exploitation totaux du saumon rouge du lac Sakinaw variaient de 20 % à 67 %, soit en moyenne de 41 % entre 1970 et 1982. Murray et Wood (2002) ont estimé que les taux d'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw se situaient en moyenne entre 49 % et 57 % (selon l'hypothèse du taux de migration) entre 1986 et 1989, et entre 89 % et

99 % entre 1993 et 1994. D'autres estimations du taux d'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw ont été effectuées par Folkes *et al.* (2006, 2012 et 2013, toutes sont des données non publiées). Le taux d'exploitation de 2004 était estimé à 15 % et celui de 2005 à 4 %. Suite à la disparition de la population sauvage entre 2006 et 2009 et au retour de poissons du programme de reproduction en captivité en 2010 et 2011, le taux d'exploitation estimé en 2010 se situait entre 15 % et 21 % en fonction de l'hypothèse d'harmonisation des taux de récolte quotidienne. Le taux d'exploitation moyen du saumon rouge du lac Sakinaw était de 5 % de 2011 à 2015. Inévitablement, la mortalité par pêche continuera de menacer toute reconstitution de la population de saumons rouges du lac Sakinaw, malgré les réductions des pêches depuis 1998 visant à protéger les populations menacées de divers salmonidés.

Surveillance continue : Des échantillons de la pêche expérimentale de saumon sont prélevés chaque année et analysés afin de déterminer l'ADN, l'âge et le sexe.

Lacunes dans les connaissances : Les estimations du taux d'exploitation comportent des incertitudes. Les analyses des données des pêches d'essai visant à déterminer le taux d'exploitation présentent beaucoup d'incertitudes pendant les années de montaisons très faibles (c.-à-d. à partir de 1999). Il n'y a également eu aucune analyse de sensibilité des taux d'exploitation aux changements de la période de migration. Les estimations supposaient également une déviation à 100 % vers le nord des montaisons de saumons rouges du lac Sakinaw.

Le nombre de saumons rouges du lac Sakinaw capturés par les groupes autochtones pour des pêches alimentaires, sociales et rituelles (ASR) est inconnu, étant donné qu'il n'existe aucun programme d'échantillonnage (p. ex. l'échantillonnage d'ADN) pour les poissons capturés dans ces pêches.

Espèces coexistantes : Le saumon rouge et le saumon rose du fleuve Fraser sont principalement ciblés pendant la pêche.

Pollution

Mortalité ou effets sublétaux élevés en raison des polluants aquatiques (LF31)

Il a été établi que cette menace présentait un risque moyen à l'échelle de la population, avec un niveau de confiance faible (Tableau 9).

Impacts écologiques : Compte tenu du volume actuel d'hydrocarbures expédiés dans le détroit de Johnstone et le détroit de Georgia, il est probable que les petits volumes de polluants aquatiques expédiés par barge ou dans de petits bateaux (p. ex. remorqueurs, bateaux de pêche), comparativement aux pétroliers, ne présenteraient qu'une menace moyenne. Un déversement d'hydrocarbures pourrait nuire à l'habitat de migration (habitat d'élevage en milieu marin) des saumoneaux et des saumons adultes.

Si le trafic maritime devait augmenter à l'avenir, alors le niveau de risque augmenterait également. Le transport d'hydrocarbures et de gaz risque de s'intensifier dans la région de Vancouver à l'avenir, ce qui augmentera la probabilité d'un déversement. Encore une fois, les effets de cette menace seront les plus forts si le déversement empiète sur les routes migratoires des poissons dans l'espace et dans le temps. En raison de l'action des marées, la modélisation des déversements d'hydrocarbures indique que les déversements les plus importants qui pourraient se produire près de Vancouver affecteraient la région de Vancouver, le sud des îles Gulf et le détroit de Juan de Fuca (Rosenberger 2013).

Activités qui menacent l'habitat : Les activités pratiquées dans le bassin de Georgia, comme la navigation, l'élevage et l'industrie polluent le milieu marin à la suite de collisions, de déversements, de pertes de navire en mer, de ruissellement côtier et de rejets d'eau directs. On

estime que les effets de ces activités sont très faibles à l'intérieur du lac Sakinaw, mais il est probable qu'elles aient un effet plus marqué à l'intérieur du bassin de Géorgie.

Lacunes dans les connaissances : Le devenir dans l'eau et les effets écologiques des hydrocarbures comme le bitume sont inconnus. Le degré de concentration, de bioaccumulation et d'effets des polluants est en grande partie inconnu dans le bassin de Georgia.

Espèces coexistantes : Cette menace aurait des répercussions négatives sur le saumon coho, le kokani qui migrent vers l'océan et la truite fardée anadrome, si elle se produisait dans le lac Sakinaw. La réduction de cette menace réduirait l'ampleur de l'effet sur ces populations en cas de déversement. Cela augmenterait probablement aussi la productivité de ces espèces en raison des effets chroniques sublétaux qui peuvent se produire en raison des polluants aquatiques.

FACTEURS LIMITATIFS

Concurrence et prédation

Pertes importantes dues à la prédation pendant la migration terminale et le frai (LF1)

Il a été déterminé que les pertes de saumons rouges adultes dues à la prédation constituaient un risque élevé pour la population. La confiance à l'égard du risque était élevée (Tableau 10). Parmi les prédateurs mammifères potentiels, on compte la loutre de rivière, le phoque, le lion de mer, le vison, l'ours et l'épaulard (MPO 2015a). La loutre de rivière et le phoque sont une préoccupation constante dans l'estuaire, bien que le phoque ne pénètre pas dans le ruisseau ni le lac.

Impacts écologiques : La loutre de rivière a été définie comme la plus grande préoccupation en matière de prédation, dans l'ensemble. Elle se nourrit du saumon rouge adulte dans le ruisseau Sakinaw et sa passe migratoire. On ne sait pas combien de saumons rouges sont tués chaque année dans le ruisseau Sakinaw ou dans l'estuaire. Toutefois, en 2011, 37 mortalités de saumons rouges adultes du lac Sakinaw ont été observées sur vidéo à la passe migratoire et 8 autres poissons ont été observés tandis qu'ils étaient chassés. En 2012, selon les observations réalisées, environ 25 poissons ont été tués (J. Wilson, comm. pers.), et en 2015, 5 poissons ont été tués et 2 ont été chassés. Il est probable qu'un plus grand nombre de lremones de saumons rouges du lac Sakinaw soient si faibles, la nature dépensatoire de la mortalité due à la loutre de rivière est préoccupante.

Surveillance continue : Le personnel est présent pendant la nuit à la passe migratoire pour la migration des adultes. Les prédateurs sont effrayés et s'éloignent du ruisseau lorsqu'ils sont observés.

Lacunes dans les connaissances : Il n'existe aucune donnée sur le nombre de loutres de rivière ou d'autres prédateurs dans la région et on ne sait pas exactement combien de saumons rouges du lac Sakinaw sont tués chaque année par les loutres de rivière ou d'autres prédateurs.

Espèces coexistantes : Les kokanis qui migrent vers la mer et les truites fardées anadromes seraient affectés négativement par ce facteur limitatif. Si ce facteur limitatif était réduit, ces espèces en bénéficieraient.

Prédation sur les œufs et les alevins pendant l'incubation en eau douce (par le chabot, la truite fardée, le méné deux-barres, le saumon coho, les oiseaux, etc.) [LF14]

La prédation sur les œufs et les alevins de saumon rouge du lac Sakinaw a été évaluée comme présentant un risque élevé pour la population avec une faible confiance à l'égard de la notation (Tableau 10).

Impacts écologiques : Les poissons qui sont des prédateurs des œufs et des alevins de saumon rouge comprennent la truite fardée, les juvéniles du saumon coho et quinnat, le chabot piquant et le méné deux-barres. La mortalité dépensatoire a probablement lieu, puisque le nombre de reproducteurs a fortement diminué et que le nombre de plages de frai a également baissé, concentrant ainsi les prédateurs sur deux plages de frai. On a observé des niveaux élevés de prédation par le méné deux-barres et le chabot sur les œufs de saumon rouge du lac Sakinaw (J. Wilson, comm. pers.). On a vu des truites fardées se concentrant sur les plages de frai (D. Bates, biologiste de la Première Nation Sechelt, comm. pers.).

Lacunes dans les connaissances : L'effet de la concurrence sur la population de saumon rouge du lac Sakinaw est inconnu. Il a été démontré que la prédation des chabots sur les œufs de saumon rouge peut atteindre jusqu'à 25 % dans un lac de l'Alaska (Foote et Brown 1998).

Espèces coexistantes : On ne sait pas où le kokani fraie dans le lac Sakinaw. Il est probable qu'au moins une partie de la population fraie le long des plages et subisse une prédation sur ses œufs. Par conséquent, ce facteur limitatif affecterait également le kokani et, s'il diminuait, leur productivité en bénéficierait.

Les niveaux élevés de concurrence ou de prédation (des espèces indigènes ou exotiques) réduisent la capacité biotique du lac en matière d'alevins et de saumoneaux sauvages (LF21).

Une réduction de la capacité biotique du lac pour la survie des alevins et des saumoneaux sauvages en raison des niveaux élevés de concurrence a été déterminée comme présentant un risque moyen pour la population (Tableau 10). La confiance était faible à l'égard du risque biologique actuel. La survie moyenne de l'état d'alevin à l'état de saumoneau d'écloserie est de 14 % et la survie d'origine naturelle est estimée à 19 %, ce qui est relativement faible comparativement aux autres lacs côtiers de la Colombie-Britannique. Les raisons de ces taux de survie relativement faibles sont inconnues. Compte tenu de la productivité primaire et secondaire du lac Sakinaw, la capacité biotique des alevins et des saumoneaux du lac ne devrait pas être un facteur (Shortreed *et al.*, 2000, Hume *et al.*, 2005).

Impacts écologiques : La truite fardée est un prédateur important des jeunes saumons rouges toute l'année (Foerster 1968). De 1965 à 1987, la Direction de la pêche et de la faune de la Colombie-Britannique a ensemencé le lac Sakinaw avec plus d'un quart de million de truites fardées juvéniles (de 0,6 à 30,3 g). L'augmentation des populations de truites fardées dans le lac Sakinaw aurait fait augmenter le taux de mortalité des alevins et des saumoneaux du lac Sakinaw (Murray et Wood 2002). À mesure que la truite fardée grandit, elle occupe la zone limnétique et devient de plus en plus piscivore (Nowak *et al.*, 2004). L'ampleur de l'effet de la truite fardée sur le saumon rouge du lac Sakinaw est inconnue. Dans le lac Washington, à Washington, les alevins de saumon rouge ne représentaient que 1 % du régime alimentaire d'hiver et de printemps de la truite fardée (Nowak *et al.*, 2004). La même étude n'a trouvé aucune prédation de la truite fardée de plus de 400 mm sur les alevins et les auteurs suggèrent que les alevins de saumon rouge qui se déplacent vers la zone limnétique peuvent réduire leur risque de prédation et ainsi éviter les prédateurs du littoral, comme la petite truite fardée, le saumon coho juvénile, la truite arc-en-ciel, et le chabot piquant. Par contre, on a également

observé que 40 % du régime alimentaire de la truite fardée du lac Ozette, à Washington, était composé de saumon rouge au printemps et en été (Beauchamp *et al.*, 1995). De plus, il est possible qu'en l'absence d'une population abondante de saumon rouge, la population de Kokani ait pu augmenter pour combler le créneau historique du saumon rouge juvénile, ce qui a créé une plus grande concurrence (Beauchamp *et al.*, 1995).

Lacunes dans les connaissances : Il n'y a pas eu de relevé limnétique du lac depuis 2004 (Hume *et al.*, 2005), de sorte que l'abondance de la truite fardée, du kokani et d'autres prédateurs et concurrents potentiels est inconnue.

Espèces coexistantes : Si ce facteur diminuait, il aurait probablement un effet négatif sur la taille de la population et/ou la productivité de la truite fardée.

La structure variable du réseau trophique (changements d'espèces) entraîne une capacité biotique inférieure à la moyenne pour les alevins et les saumoneaux (LF18).

Ce facteur a été classé comme présentant un risque moyen pour la population. La confiance était faible à l'égard du risque biologique actuel (Tableau 10).

Impact écologique : Comme nous l'avons mentionné précédemment, il y a un problème de survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau dans le lac. Les mysidacés (*Neomysis* spp.), les crevettes d'eau douce, sont des concurrents des alevins de saumon rouge (Hyatt 2004, Hyatt *et al.*, 2005), mais ils n'étaient présents dans le bassin supérieur qu'à très faible densité (0,05 m³) lors d'un relevé limnétique du lac Sakinaw en 2004 (Hume *et al.*, 2005). Aucun relevé limnétique n'a été effectué puisque la variabilité saisonnière et annuelle est inconnue. De plus, le chalut de fond utilisé pendant le relevé n'a pu détecter que la présence ou l'absence, et n'était pas idéal pour l'échantillonnage quantitatif (Hume *et al.*, 2005).

Lacunes dans les connaissances : Rien ne prouve que la disponibilité de la nourriture influe sur la survie; cependant, il y a un manque de connaissances en raison de l'absence de séries chronologiques de données.

Espèces coexistantes : D'autres espèces, comme le saumon coho, le kokani et la truite fardée, sont probablement touchées par ce facteur limitatif. S'il diminuait, ces espèces seraient probablement plus productives.

L'abondance de prédateurs et les niveaux supposés de prédation sur les saumoneaux et les adultes dépassent la fourchette de référence. Le changement d'état est associé à un taux de survie réduit et à des montaisons d'adultes inférieures à la moyenne (LF33).

La prédation sur les saumoneaux a été notée comme présentant un risque élevé pour la population avec un degré de confiance élevé (Tableau 10).

Impacts écologiques : Des phoques et des lions de mer ont été aperçus dans l'estuaire et semblent se multiplier dans la zone, ce qui augmenterait la mortalité pour les saumoneaux et les saumons rouges adultes du lac Sakinaw (S. Quinn, Premières Nations Sechelt, comm. pers.). Il y a une échouerie de phoques à Daniel Point, qui comportait une exploitation aquacole à proximité dans les années 1980, mais qui a dû fermer à cause d'un problème de prédation des phoques et des lions de mer (D. Bates, FSCI Biological Consultants, comm. pers.). La mortalité dépensatoire pourrait être un facteur. Si la prédation des phoques et des lions de mer diminuait, la survie précoce en mer du saumon rouge du lac Sakinaw pourrait probablement augmenter.

Lacunes dans les connaissances : Les données sur l'abondance des phoques et des lions de mer dans l'estuaire et le détroit de Johnstone sont limitées. On ne sait pas combien de saumons rouges du lac Sakinaw sont capturés par les phoques et les lions de mer.

Espèces coexistantes : Ce facteur limitatif aurait des répercussions négatives sur le saumon coho, le kokani qui migrent vers l'océan et la truite fardée anadrome, s'il se produisait dans le lac Sakinaw. La réduction de ce facteur augmenterait la productivité de ces espèces.

La concurrence dépasse la fourchette de référence historique et est associée à une croissance dépendante de la densité ou à des résultats de survie qui sont négatifs pour le saumon rouge du lac Sakinaw (LF29).

La concurrence avec les autres espèces a été notée comme présentant un risque élevé pour la population. La confiance était faible (Tableau 10).

Impacts écologiques : On estime que la concurrence en mer entre le saumon rose et le saumon rouge nuit au recrutement du saumon rouge (Ruggerone *et al.*, 2003, Ruggerone et Connors 2015). De plus, pendant leur première année en mer, la croissance précoce en milieu marin des deux populations de saumons rouges du fleuve Fraser (lacs Chilko et Birkenhead) s'est avérée être inversement liée à l'abondance régionale de saumons roses juvéniles (McKinnell et Reichardt 2012). Des niveaux élevés de concurrence dans le milieu marin réduiraient la productivité du saumon rouge du lac Sakinaw. Il est probable qu'il y ait un effet de champ proche (bassin de Géorgie) et un effet de champ lointain (golfe de l'Alaska). La réduction de la concurrence augmenterait probablement la productivité du saumon rouge du lac Sakinaw.

Lacunes dans les connaissances : On ne sait pas dans quelle mesure ce facteur limitatif affecte le saumon rouge du lac Sakinaw et quelle a été la concurrence par le passé.

Espèces coexistantes : Il n'est pas certain que la réduction de ce facteur augmenterait la productivité du saumon coho.

Parasitisme

L'incidence du parasitisme réduit la capacité biotique du lac en matière d'alevins et de saumoneaux sauvages (LF22).

Une réduction de la capacité biotique du lac pour la survie des alevins et des saumoneaux sauvages en raison des taux élevés de parasitisme a été déterminée comme présentant un risque moyen pour la population. La confiance était faible à l'égard du risque actuel pour la population (Tableau 10).

Impacts écologiques : La survie moyenne de l'état d'alevin à l'état de saumoneau d'écloserie est de 14 % et la survie d'origine naturelle est estimée à 19 %, ce qui est relativement faible comparativement aux autres lacs côtiers de la Colombie-Britannique. Les saumoneaux mesurés à la barrière sont grands par rapport aux autres populations de saumoneaux et leur longueur n'a pas changé au fil du temps (Figure 5). De plus, en moyenne, 3,5 % des saumoneaux dénombrés au barrage présentent des marques de lamproie (Figure 15). Bien que ce taux de parasitisme soit très faible, il est possible qu'une partie importante de ces individus qui sont parasités ne survivent pas à la dévalaison.

Lacunes dans les connaissances : L'abondance de la lamproie dans le lac Sakinaw est inconnue, tout comme son impact sur les alevins et les saumoneaux de saumon rouge du lac Sakinaw.

Espèces coexistantes : Le saumon coho observé à la passe migratoire du ruisseau Sakinaw présente un niveau modéré (25 %) de cicatrices de lamproie. La réduction de ce facteur limitatif augmenterait la productivité du saumon coho ainsi que celle d'autres espèces susceptibles d'être affectées par le parasitisme, comme le kokani et la truite fardée.

L'incidence ou les répercussions des parasites ou des agents pathogènes sur la croissance ou la survie exprimées aux niveaux épidémiques associés à la croissance, à la survie et aux montaisons d'adultes inférieures à la moyenne (LF35).

Les parasites et les agents pathogènes sont caractérisés comme présentant un risque moyen. La confiance était faible à l'égard du risque biologique actuel (Tableau 10).

Impacts écologiques : Ce facteur limitatif est probablement un effet de champ proche principalement dans le détroit de Georgia. Les saumoneaux qui quittent le lac Sakinaw ne sont pas actuellement soumis à des tests de dépistage de pathogènes. La proportion de saumoneaux en dévalaison qui ont eu des copépodes sur leurs branchies a été faible (< 15 %) la plupart des années (Figure 16). Les exceptions étaient en 2005 quand seulement huit poissons ont été échantillonnés et la moitié avaient des copépodes, en 2010 quand 24 % avaient des copépodes (392 poissons échantillonnés) et en 2015 quand 41 % en avaient (302 poissons échantillonnés). Les copépodes stresseraient les saumoneaux dans le milieu d'eau douce lorsqu'ils migrent dans l'océan et pourraient exacerber les effets des agents pathogènes et d'autres facteurs affectant la survie en mer. La réduction de la fréquence des infestations chez les saumoneaux rouges du lac Sakinaw pourrait accroître la survie en mer, mais on ignore dans quelle mesure le parasite affecte les saumoneaux rouges du lac Sakinaw. Cependant, les saumons infectés par des parasites similaires ont montré une augmentation de la nécrose des cellules épithéliales, une inflammation des branchies et une diminution du taux de croissance et de la taille (Nolan *et al.*, 1999, Ferguson *et al.*, 2012). La proportion de saumoneaux en dévalaison avec des copépodes sur leurs branchies est présentée à la Figure 16 et au Tableau 11.

Lacunes dans les connaissances : Le nombre de saumons rouges du lac Sakinaw infectés par des agents pathogènes, s'il y en a, en tant que juvéniles ou adultes, est inconnu. On ne sait pas dans quelle mesure les parasites diminuent la survie du saumon rouge du lac Sakinaw.

Espèces coexistantes : L'ampleur de l'effet de ce facteur sur les espèces coexistantes n'est pas connue. Toutefois, en supposant que des parasites et des agents pathogènes sont également présents chez le saumon coho, le kokani et la truite fardée, la réduction de ce facteur limitatif permettrait d'accroître la productivité de ces espèces.

Conditions océanographiques changeantes

Les réseaux trophiques « océaniques chauds » favorisent un taux de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte inférieur à la moyenne et des montaisons inférieures à la moyenne (LF32).

Les « océans chauds », c'est-à-dire les réseaux trophiques à faible production, ont été caractérisés comme présentant un risque élevé pour la population avec un niveau de confiance moyen (Tableau 10).

Impacts écologiques : Les régimes de faible production présents dans le bassin de Géorgie et le nord-est de l'océan Pacifique peuvent nuire au saumon rouge du lac Sakinaw. On estime que la survie en milieu marin constitue le principal facteur limitatif dans le rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw. Les taux moyens de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte sont de 0,23 % pour le poisson d'écloserie et de 0,49 % pour le poisson sauvage, ce qui est insuffisant pour soutenir la population sans recourir à l'apport de poissons d'écloserie. Tous les autres facteurs étant égaux, le taux de survie de l'état de saumoneau à l'état adulte doit être d'au moins 5,25 % pour atteindre un rapport de montaisons par reproducteur supérieur à 1. Les seules données préliminaires disponibles sur la survie en mer datent de 2004 et 2006 (Wood *et al.*, 2012). En 2004 et 2006, 18 % et 10 %, respectivement, des saumoneaux marqués ont réussi à migrer du lac Sakinaw à l'extrémité nord de l'île de Vancouver.

Au cours de l'atelier sur l'analyse des menaces et des facteurs limitatifs, il a été suggéré que le saumon rouge du lac Sakinaw connaîtrait une survie en mer plus précoce que les autres populations voisines parce qu'il passe plus de temps dans le détroit de Georgia. Wood *et al.* (2012) ont établi que la route et le moment de la migration des saumoneaux rouges du lac Sakinaw par le détroit de Georgia étaient semblables au cas des populations de saumons rouges du cours supérieur du fleuve Fraser. En raison du taux de survie étonnamment élevé des poissons marqués qui n'avaient pas quitté le détroit de Georgia, les auteurs ont conclu que des facteurs extérieurs au détroit de Georgia devaient causer le taux de survie en milieu marin extrêmement faible des saumoneaux rouges du lac Sakinaw qui migraient vers l'océan Pacifique Nord.

Lacunes dans les connaissances : On ignore si et quand la survie en mer du saumon rouge du lac Sakinaw augmentera. La survie en mer du saumon rouge du lac Sakinaw semble présenter une variabilité semblable à celle d'autres stocks de saumon rouge (p. ex. le lac Birkenhead); cependant, la survie en mer moyenne du saumon rouge du lac Sakinaw est relativement faible (MPO, données non publiées).

Espèces coexistantes : La réduction de ce facteur limitatif serait probablement bénéfique pour le saumon coho.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLOSERIE

Les pratiques en matière d'écloserie constituent un aspect important dans la survie du saumon rouge du lac Sakinaw. Des pratiques améliorées en matière d'écloserie peuvent augmenter le taux de survie du saumon rouge du lac Sakinaw, une fois relâché. Le programme de reproduction en captivité représentait la seule source de saumons rouges du lac Sakinaw avec laquelle il était possible de rétablir une population naturelle, une fois que la population d'origine avait disparu du lac pendant un cycle entier de quatre ans. De toute évidence, le programme d'écloserie s'est avéré bénéfique au maintien et au rétablissement de la population naturelle de saumon rouge du lac Sakinaw jusqu'à maintenant.

Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau (LF39)

La mortalité des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau a été caractérisée comme présentant un risque moyen pour la population avec un niveau de confiance moyen.

Les alevins relâchés dans le lac Sakinaw sont élevés dans l'écloserie de Rosewall. L'écloserie de Rosewall utilise une source d'eau souterraine pour élever les alevins de saumon rouge du lac Sakinaw. L'eau souterraine demeure à basse température constante tout au long de l'année, ce qui entraîne une croissance relativement lente des alevins et des lâchers ultérieurs comparativement aux écloseries qui s'alimentent en eau de surface. L'écloserie d'Ouillet, fermée en 2015, élevait également des alevins de saumon rouge du lac Sakinaw, mais son eau provenait d'un approvisionnement de surface. La température de l'eau de surface augmente tout au long du printemps et de l'été à mesure que la température de l'air augmente. Les températures plus chaudes de l'eau augmentent le taux de croissance des alevins de saumon rouge, ce qui leur permet d'être relâchés plus tôt que les poissons élevés dans les eaux souterraines. Cela les acclimatise également aux températures plus chaudes de l'eau du lac lorsqu'ils sont relâchés à la fin du printemps et en été et augmente la survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau. Les données sur la survie des alevins depuis 2003 indiquent que les alevins libérés plus tôt en juin de l'écloserie d'Ouillet (28 %) survivent deux fois plus que les alevins libérés de l'écloserie de Rosewall (14 %). La différence de survie est peut-être due au fait que les poissons relâchés plus tôt (alevins de l'écloserie d'Ouillet) sont relâchés dans l'eau

du lac qui est d'environ 15 °C comparativement aux poissons relâchés à la fin juin (alevins de l'écloserie de Rosewall) qui sont relâchés dans l'eau à 24 °C.

La faible survie des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau est peut-être aussi attribuable à la stratégie de remise à l'eau. Avant 2012, les alevins étaient relâchés dans les eaux chaudes et peu profondes près de la rive. On croyait que cela contribuait à la faible survie des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau, car les alevins se retrouvaient piégés dans cette couche supérieure d'eau chaude. Depuis 2012, des alevins ont été relâchés dans des eaux plus profondes où les poissons peuvent nager directement vers des eaux plus froides. Toutefois, aucune augmentation de la survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau n'a été observée (Figure 10). On ne voit pas de nombreux alevins morts flotter à la surface lorsqu'ils sont relâchés en eau profonde, mais une importante mortalité est observée lorsqu'ils sont relâchés sur les rives. L'emplacement de remise à l'eau des alevins de saumon rouge du lac Sakinaw n'est appuyé par aucune donnée ni aucun motif connu.

Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte en raison de la domestication et d'une condition physique réduite (LF40)

Ce facteur a été classé comme présentant un risque moyen pour la population avec un niveau de confiance élevé. Les poissons d'écloserie affichent généralement une survie en mer inférieure à celle de la population sauvage (Berejikian et Ford 2004, Beamish *et al.*, 2012). C'est également le cas du saumon rouge du lac Sakinaw.

La population de saumon rouge du lac Sakinaw a disparu de la nature entre 2006 et 2009, et tous les saumons rouges du lac Sakinaw (d'écloserie et d'origine naturelle) proviennent maintenant d'un programme de reproduction en captivité maintenu à l'écloserie du ruisseau Rosewall et établi avec 84 parents entre 2002 et 2005 (Withler *et al.*, 2014). Depuis 2010, un petit nombre de poissons adultes issus du programme de reproduction en captivité reviennent au lac Sakinaw chaque année. Depuis 2010, l'accent est mis sur la facilitation du frai des saumons rouges adultes réintroduits dans le lac; il n'y a eu aucun retrait de poissons pour le frai en écloserie. Le programme de reproduction en captivité a été maintenu presque entièrement par la reproduction de poissons reproducteurs dans le cadre du programme lui-même, bien que la laitance ait été prélevée sur certains des poissons mâles réintroduits qui sont revenus au lac Sakinaw en 2012 et utilisés pour la fertilisation des œufs de femelles captives à l'écloserie du ruisseau Rosewall.

Le programme de reproduction en captivité représentait la seule source de saumons rouges du lac Sakinaw avec laquelle il était possible de rétablir une population naturelle, une fois que la population d'origine avait disparu du lac pendant un cycle entier de quatre ans. De toute évidence, le programme d'écloserie s'est avéré bénéfique au maintien et au rétablissement de la population naturelle de saumon rouge du lac Sakinaw jusqu'à maintenant. Cependant, les programmes de reproduction en captivité soulèvent des préoccupations génétiques et il y a peu de preuves de la probabilité de rétablissement des populations sauvages épuisées par les poissons d'écloserie, surtout si les conditions responsables du déclin de la population d'origine n'ont pas été traitées (Fraser 2008).

Les facteurs génétiques préoccupants au cours de l'élevage en captivité comprennent :

- la petite quantité de diversité génétique qui reste dans la population naturelle appauvrie pour établir le programme de reproduction en captivité,
- la perte supplémentaire de diversité et la consanguinité en captivité,

-
- la domestication, l'altération adaptative de la population conditionnée par la survie différentielle des génotypes dans le milieu des écloséries (Frankham 1995).

La diversité génétique de la population de saumons rouges du lac Sakinaw (mesurée à l'aide de loci microsatellites) a été réduite par le faible nombre de parents (84) avec lesquels le programme de reproduction en captivité a été établi. La taille de la population génétiquement efficace a été réduite d'environ 500 en 1988 à 100 dans le programme de reproduction en captivité (Withler *et al.*, 2014). Il n'y a pas eu de perte supplémentaire de diversité microsatellite dans le programme de reproduction en captivité en raison des mesures mises en œuvre dans le programme pour éviter la consanguinité et intégrer au programme la diversité des 84 parents fondateurs (Withler *et al.*, 2014).

Ce qui est plus préoccupant, c'est le niveau de domestication qui s'est produit dans le programme de reproduction en captivité depuis sa création au début des années 2000. Puisque la domestication est le processus par lequel la population captive s'adapte à son habitat actuel (l'éclosérie), il n'y a aucun moyen d'éviter la domestication d'une population élevée en captivité et maintenue en éclosérie. De plus, le degré de domestication, et la perte d'aptitude ou d'adaptation à l'environnement sauvage qui en découle, ne peuvent être mesurés avec des loci microsatellites. Les poissons remis à l'eau dans le cadre du programme sont actuellement élevés en captivité depuis au moins quatre générations.

La réduction de la domestication peut bénéficier de l'égalisation des contributions familiales aux animaux d'élevage à chaque génération (Allendorf 1993), mais la minimisation de la durée (nombre de générations) de la reproduction en captivité constitue le moyen le plus sûr de limitation (Williams et Hoffman 2009).

Le renforcement continu d'une population sauvage naissante (comme les poissons adultes réintroduits qui reviennent maintenant au lac Sakinaw en petits nombres chaque année) par des individus élevés en captivité peut stabiliser l'abondance et minimiser la consanguinité au cours des premières générations du rétablissement naturel de la population, mais retarder la réadaptation au milieu sauvage pendant le rétablissement naturel de la population (Lynch et O'Hely 2001, Ford 2002). La domestication des salmonidés a des composantes environnementales et génétiques (Ford *et al.*, 2012) et le succès reproducteur réduit des individus captifs dans l'environnement sauvage peut persister après la première génération de frai naturel (Araki *et al.*, 2009). Une comptabilisation réaliste de la réduction de la condition physique du saumon élevé en captivité dans l'environnement sauvage dans l'analyse de la viabilité de la population de salmonidés a indiqué que la remise à l'eau des individus élevés en captivité pour le rétablissement de la population sauvage après quatre à six générations de captivité était aussi susceptible d'empêcher que de faciliter le rétablissement de la population sauvage (Bowlby et Gibson 2011). À l'aide de cette ligne directrice, le programme de reproduction en captivité du lac Sakinaw pourrait atteindre dans un avenir proche un point où la condition physique des poissons produits ne permettra plus de contribuer de façon importante au rétablissement de la population sauvage. Si ce point est atteint, il se peut que le programme de reproduction en captivité soit considéré comme nuisible (une menace) au rétablissement de la population sauvage plutôt que bénéfique, et la question de savoir si le programme devrait continuer ou non devrait être traitée. Toutefois, jusqu'à ce qu'un nombre suffisant d'alevins élevés en captivité et relâchés dans le lac Sakinaw y retournent chaque année pour produire suffisamment d'alevins d'un frai naturel pour rétablir la population, le programme d'éclosérie doit être considéré comme bénéfique pour la population.

OBJECTIFS DE RÉTABLISSEMENT

SEUILS DE SURVIE ET DE RÉTABLISSEMENT

Les termes « survie » et « rétablissement » sont utilisés fréquemment dans la *Loi sur les espèces en péril*, mais n'y sont pas définis. La survie et le rétablissement forment un continuum de probabilité et de persistance qui s'étend de la condition historique où l'activité humaine n'a eu aucun effet, jusqu'au niveau le plus faible où la survie de l'espèce n'est plus possible.

Comme il est décrit dans les *politiques sur les espèces en péril : Politique sur la survie et le rétablissement* (2016) [proposition] du gouvernement du Canada, « le ministre compétent estimera qu'une espèce en péril présente une chance acceptable de survie au Canada lorsqu'elle a dépassé les critères suivants, également connus comme le *seuil de survie* ».

L'espèce inscrite est plus susceptible d'être au-dessus du seuil de survie lorsqu'elle est :

- Stable : La population est stable ou en hausse au cours d'une période pertinente sur le plan biologique;
- Résiliente : La population est suffisamment grande pour récupérer des perturbations périodiques et éviter l'effondrement démographique et génétique;
- Répandue ou redondante : Plusieurs (sous-)populations ou emplacements sont disponibles pour permettre à l'espèce de survivre à des événements catastrophiques et en faciliter le sauvetage, au besoin;
- Connectée : La répartition de l'espèce au Canada n'est pas fragmentée de façon importante ou artificiellement;
- Protégée contre les menaces anthropiques : Les menaces importantes d'origine non naturelle sont atténuées;

En fonction du cycle biologique et de l'écologie propres à l'espèce au Canada :

- La persistance est facilitée par la connectivité avec des populations à l'extérieur du Canada ou une intervention relative à l'habitat pour ce qui est des espèces qui sont naturellement en deçà d'un seuil de survie au Canada.

Le rétablissement ne peut pas être défini par une valeur unique, mais plutôt par une gamme d'options à l'intérieur d'un continuum de probabilités de la persistance, avec des limites inférieures et supérieures.

La limite inférieure de rétablissement est considérée comme le *seuil de rétablissement minimal*. Le seuil de rétablissement minimal est caractérisé par les critères suivants :

- les critères de survie sont atteints ou dépassés;
- une représentation aborde les données historiques canadiennes sur la répartition de l'espèce, en visant à déterminer l'éventail complet de sa diversité écologique et génétique;
- la situation de l'espèce est meilleure que lors de sa première évaluation en tant qu'espèce en péril;
- une fois le rétablissement d'une population atteint, son maintien ne dépend pas d'interventions directes, continues et de grande envergure.

La survie du saumon rouge du lac Sakinaw nécessite l'intervention humaine par le biais de programmes de libération de poissons d'écloserie, et si les conditions actuelles changent et améliorent la survie en mer, le stock de géniteurs actuel et les poissons qui fraient actuellement

dans la nature pourraient servir de base au rétablissement. Cependant, en l'absence d'un programme de libération de poissons d'écloserie, les espèces s'éteindraient probablement.

Afin de respecter les critères minimaux du seuil de rétablissement, le saumon rouge du lac Sakinaw serait contraint à ne plus compter sur l'intervention humaine pour persister. Les objectifs de rétablissement et les indicateurs de l'état des stocks sont proposés ci-dessous pour la planification du rétablissement.

Les objectifs de rétablissement et les indicateurs de l'état des stocks sont proposés ci-dessous pour la planification du rétablissement.

Élément 12 : Proposer des objectifs de rétablissement concernant l'abondance et l'aire de répartition.

OBJECTIFS PROPOSÉS

Les objectifs de rétablissement de la population ont d'abord été proposés par l'équipe de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw (2005) pour contribuer à la planification du rétablissement. Le calendrier et les objectifs de l'équipe de rétablissement étaient les suivants :

- 2004 à 2007 : accroître le nombre annuel de reproducteurs (y compris ceux qui ont été prélevés pour constituer un stock de géniteurs d'écloserie) à un chiffre supérieur à 500;
- 2008 à 2011 : accroître le nombre de reproducteurs naturels¹ à un chiffre supérieur à 500;
- 2012 à 2017 : s'assurer que d'ici 2017, l'abondance moyenne de la population au cours de n'importe quelle période de quatre ans dépasse 1 000 reproducteurs naturels, avec plus de 500 reproducteurs naturels au cours d'une année (équipe de rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw 2005).

En raison des menaces et des facteurs limitatifs décrits ci-dessus, ces objectifs n'ont pas été atteints. Les objectifs concernant l'aire de répartition n'avaient pas été proposés à l'origine. Depuis que les objectifs initiaux concernant l'abondance ont été proposés, de nombreuses études qui ont été publiées fournissent une base permettant d'examiner les objectifs existants (MPO 2005, Holt 2009, Holt *et al.*, 2009, Holt et Bradford 2011, Holt 2012, MPO 2013).

Les indicateurs provisoires de l'état des stocks sont fondés sur les jalons de la trajectoire de rétablissement, tel que recommandé par le MPO (2013), car ils constituent un outil utile qui peut fournir un indicateur précieux et mesurable pour assurer le rétablissement (Tableau 12). Tout au long du texte, le nombre total de reproducteurs fait référence à la somme des reproducteurs sauvages et naturels (c.-à-d. qui ne sont pas relâchés d'une écloserie sous forme d'alevins). Un indicateur provisoire de l'état des stocks concernant l'atteinte par le saumon rouge du lac Sakinaw d'une croissance continue dans la moyenne générationnelle (c.-à-d. la croissance de la population) en augmentant l'abondance totale de reproducteurs par rapport à l'année d'éclosion (quatre ans auparavant), pendant au moins trois de quatre années consécutives après la proposition de mise en œuvre du plan de rétablissement, est proposé. Comme pour les objectifs de 2005, un indicateur provisoire proposé de l'état des stocks porte sur l'accroissement du nombre moyen de reproducteurs à pas moins de 500 sur une période de quatre ans, avec pas moins de 100 reproducteurs pour une année donnée. L'indicateur provisoire final de l'état des stocks fait passer le nombre moyen de reproducteurs à pas moins de 1 000 au cours d'une période de quatre ans, avec pas moins de 500 reproducteurs au cours d'une année proposée.

Des objectifs de rétablissement fondés sur des repères sont également proposés (Holt *et al.*, 2009, Holt 2009, Holt et Bradford 2011). Tout d'abord, la valeur de $S_{\text{gén}}^4$ est proposée, qui a été déterminée comme étant une abondance dont la probabilité de disparition est relativement faible (probabilité < 25 %) sur 100 ans et (Holt 2009, Holt et Bradford 2011) et qui délimite les zones critiques des zones prudentes (MPO 2009). En ce qui concerne le saumon rouge du lac Sakinaw, il s'agit de 2 440 reproducteurs. Deuxièmement, la valeur de 80 % de S_{RMS}^5 (4 470 reproducteurs) est proposée, car elle établit une distinction entre les zones prudentes et les zones saines dans le Cadre décisionnel pour les pêches intégrant l'approche de précaution (2009) du MPO et elle a également été recommandée par Holt *et al.* (2009). Ces valeurs cibles de rétablissement ont été calculées en fonction de la relation entre les recrues adultes d'origine sauvage et naturelle et tous les reproducteurs (Figure 17).

Les trois plages de frai que le saumon rouge du lac Sakinaw a utilisées le plus récemment font partie de l'objectif proposé concernant l'aire de répartition des frayères. Cet objectif comprend les plages Sharon, Haskin et Ruby. La plage Ruby n'a pas été utilisée pour le frai depuis les années 1990. Pendant les faibles abondances, seule la plage Sharon est utilisée, et ensuite, pendant les années de rendements plus élevés, la plage Haskin est également utilisée. Si la population se rétablissait de manière significative, peut-être que la plage Ruby serait à nouveau utilisée. Il est possible que si l'abondance revenait à 2 440 ou 4 470 reproducteurs, les plages Kokomo et Prospector seraient également utilisées.

VIABILITÉ DE LA POPULATION

DESCRIPTION DU MODÈLE

Un modèle d'analyse de la viabilité de la population élaboré pour la population de saumon rouge du lac Cultus a été modifié pour le saumon rouge du lac Sakinaw (Korman et Grout 2008). Le modèle est un modèle de simulation stochastique. Il s'agit d'un modèle de cycle biologique en deux étapes qui sert à simuler le nombre de saumoneaux en dévalaison et de saumons rouges adultes de retour. La première étape prévoit le nombre de saumoneaux en fonction du nombre de reproducteurs. La deuxième étape prévoit le nombre de recrues avant la pêche, de reproducteurs au barrage et de reproducteurs atteignant les frayères en fonction du nombre de saumoneaux, de la survie en mer, de la récolte et des taux de mortalité avant le frai (Annexe B, Annexe C, et Annexe D).

L'objectif principal de l'analyse et du modèle était d'évaluer la trajectoire de la population dans les conditions actuelles et de déterminer les taux de survie en eau douce et en mer nécessaires pour atteindre les indicateurs de l'état des stocks et les objectifs de rétablissement. Elle a également servi à déterminer l'efficacité des options d'atténuation pour aider au rétablissement de la population. Le modèle permet de simuler l'abondance de saumoneaux qui émigrent et d'adultes qui sont de retour selon un modèle stock-recrutement de géniteur à saumoneau, de même que selon les taux de survie en mer indépendants de la densité et les taux de mortalité avant le frai (Korman et Grout 2008). Le modèle suit l'abondance de trois types de stock (sauvage, naturel et en éclosérie) résultant de la production sauvage et en éclosérie. La description complète du modèle original est fournie dans Korman et Grout (2008).

L'exercice de modélisation s'est avéré utile pour examiner les avantages de chacune des options de rechange en matière de rétablissement, estimer les taux de survie afin d'avoir une

⁴ $S_{\text{MSY}} = S_{\text{gén}} \cdot \exp(a \cdot (1 - S_{\text{gén}}/b))$

⁵ $80\% S_{\text{MSY}} = 0.8 \cdot (b \cdot (0.5 - 0.07 \cdot a))$

population viable, de même que pour faire ressortir les priorités au chapitre de la collecte de données et de la recherche. La période totale de simulation est de 100 ans, avec 1 000 essais pour chaque simulation de 100 ans.

Les mesures du rendement utilisées pour évaluer les trajectoires des populations du nombre de saumons rouges du lac Sakinaw reproducteurs sont définies au Tableau 13. Les modifications apportées au modèle du saumon rouge du lac Cultus (Korman et Grout 2008) sont décrites à l'Annexe B.

VIABILITÉ DE LA POPULATION DANS LES CONDITIONS ACTUELLES

Élément 13 : Projeter les trajectoires attendues des populations sur une période raisonnable (minimum de 10 ans) sur le plan scientifique et des trajectoires au fil du temps jusqu'à l'atteinte des objectifs de rétablissement potentiels, en fonction des paramètres actuels de la dynamique des populations de saumon rouge du lac Sakinaw.

L'avenir du saumon rouge du lac Sakinaw dans les conditions actuelles (c.-à-d. le taux de survie au stade biologique et le taux d'exploitation, etc.) a été modélisé. Les conditions actuelles comprenaient un taux d'exploitation de 0,05, un taux de mortalité avant le frai de 0,1, un taux de survie des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau de 0,14, et des valeurs des paramètres Ricker α et β de 2,89 et 0,00033, respectivement. Le programme de reproduction en captivité sera de 1 900 adultes en 2018 avec un tiers (633) de femelles. Sauf indication contraire, on a utilisé les 1 900 adultes et le sex-ratio dans toutes les simulations.

Dans les conditions actuelles, la probabilité d'atteindre l'indicateur de l'état des stocks 1 était de 27 % et la probabilité d'atteindre tous les autres indicateurs de l'état des stocks et les objectifs de rétablissement était de 0 % pour le saumon rouge du lac Sakinaw (Figure 18, Figure 19, Figure 20 et Figure 21).

Élément 14 : Présenter un avis sur la mesure dans laquelle l'offre d'habitat approprié répond aux besoins de l'espèce, tant actuellement que lorsque les objectifs de rétablissement de l'espèce proposés dans l'élément 12 sont atteints.

La superficie actuelle de l'habitat de frai est de 3 000 m² (Tableau 14). Il s'agit d'une superficie suffisante pour que 1 000 à 1 200 femelles puissent frayer simultanément, ce qui est suffisant pour la population actuelle avec une superficie supplémentaire pour la croissance de la population, et il s'agit de l'habitat de frai suffisant pour les indicateurs de l'état des stocks 2 et 3. Pour atteindre les objectifs de rétablissement de 2 440 et de 4 470 reproducteurs (mâles et femelles combinés), une superficie supplémentaire de 50 à 660 m² est nécessaire pour le premier chiffre et une superficie de 2 590 à 3 700 m² est nécessaire pour le second. Il est à noter que l'ensemble de la population ne fraie pas simultanément; par conséquent, l'estimation de l'habitat de frai nécessaire correspond à un maximum.

Le dernier relevé de l'habitat de frai a été effectué en 2012 et les plages Kokomo et Prospector n'ont pas fait l'objet d'un relevé (Tableau 14). Il est probable que ces deux plages nécessitent des travaux de restauration de l'habitat avant d'être propices au frai, car elles n'ont pas été utilisées depuis plus de 20 ans. Par conséquent, il faudrait restaurer davantage d'habitat de frai pour atteindre les deux objectifs de rétablissement (de 2 440 et 4 470 reproducteurs).

Au cours de l'automne 2016, d'autres travaux de restauration de l'habitat de frai ont été effectués, mais la superficie de l'habitat créé n'est pas encore disponible. Il y a plus de possibilités de restauration de l'habitat de frai au lac Sakinaw. De plus, seulement deux des cinq plages de frai historiques sont actuellement utilisées, mais on croit que les trois autres plages seraient utilisées une fois que l'habitat de frai disponible sur les deux plages actuellement utilisées sera pleinement utilisé.

SCÉNARIOS DE VIABILITÉ DE LA POPULATION

Élément 15 : Évaluer la probabilité que les objectifs de rétablissement potentiels puissent être atteints selon les paramètres actuels de la dynamique des populations et comment cette probabilité pourrait varier selon différents paramètres de mortalité (en particulier selon des valeurs plus faibles) et de productivité (en particulier selon des valeurs plus élevées).

Les scénarios de viabilité de la population ont été évalués à l'aide du modèle d'analyse de la viabilité de la population en variant les taux de survie en mer (de l'état de saumoneau à celui de reproducteur) et en eau douce (de l'état d'alevin à celui de saumoneau) (Tableau 15). Les taux d'exploitation (5 %) et de mortalité avant le frai (10 %) sont restés constants. Le taux de survie en mer a augmenté progressivement de 0,49 % à 1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 8 % et 12 % alors que le taux de survie en eau douce a été multiplié par 1,5 et par 2 pour chaque scénario du taux de survie en mer. La probabilité d'une extinction était faible pour tous les scénarios, en raison du fonctionnement continu du programme de reproduction en captivité (Tableau 15).

L'augmentation du taux de survie en eau douce et dans le milieu marin a augmenté la probabilité d'accroître l'abondance de la population par rapport à la génération précédente; cependant, les probabilités sont restées comprises entre 25 % et 30 % pour les reproducteurs naturels et sauvages (Figure 19).

L'augmentation de la survie en mer à 4 % avec les taux de survie en eau douce actuels a permis d'atteindre l'indicateur de l'état des stocks 2 avec une probabilité de 39 % et l'indicateur de l'état des stocks 3 avec une probabilité de 6 %. Le doublement de la survie en eau douce a augmenté la probabilité d'atteindre l'indicateur de l'état des stocks 2 à 75 % à un taux de survie en mer de 4 %. Le taux de survie en milieu marin du saumon rouge du lac Sakinaw n'a pas été observé à des niveaux aussi élevés, ou à près de 4 % sur plus de 15 ans (Figure 13), mais on ignore si ce taux sera aussi élevé à l'avenir. L'augmentation du taux de survie en mer à 8 % a augmenté la probabilité d'atteindre l'indicateur de l'état des stocks 2 à 76 % (Figure 20). Tous les scénarios concernant l'indicateur de l'état des stocks 2 ont atteint leur maximum à environ 80 %, en raison de la dépendance à la densité dans la production de saumoneaux (paramètre de Ricker $\beta = 0,00033$), étant donné que les données sur les reproducteurs et les saumoneaux n'étaient disponibles que lorsque la productivité du stock était faible. Il convient de noter que la majorité des reproducteurs dans ces scénarios sont des reproducteurs naturels et non des reproducteurs sauvages en raison de leur dépendance à la densité. En d'autres termes, un nombre important de reproducteurs en écloserie et de reproducteurs naturels reviennent frayer à des taux de survie en mer élevés (8 à 12 %), mais la production de saumoneaux d'origine naturelle à partir des reproducteurs est limitée par le paramètre β .

Les probabilités d'atteindre l'indicateur de l'état des stocks 3 étaient inférieures à 50 % pour tous les scénarios (Figure 21). L'accroissement du taux de survie en milieu marin à 12 % a augmenté la probabilité d'atteindre l'indicateur de l'état des stocks 3 jusqu'à un maximum d'environ 45 %. L'accroissement du taux de survie en eau douce pour un taux de survie en milieu marin donné a légèrement augmenté la probabilité d'atteindre l'objectif. Encore une fois, la production a été limitée en raison de la dépendance à la densité de la production de saumoneaux.

Les probabilités concernant les objectifs de rétablissement 1 (2 440 reproducteurs) et 2 (4 470 reproducteurs) étaient de 0 % pour tous les scénarios. L'abondance du saumon rouge du lac Sakinaw a atteint ces abondances 32 et 16 fois depuis 1947, respectivement. Cependant, dans les conditions actuelles, cette situation n'a aucune probabilité d'occurrence.

Le facteur limitatif le plus important est la très faible survie en mer (< 0,5 %) et aucune mesure d'atténuation directe n'est actuellement connue pour améliorer ce facteur.

Une analyse de sensibilité du paramètre de Ricker β a été effectuée pour déterminer l'ampleur de l'effet sur les probabilités de rétablissement. Le paramètre a varié entre 0,00033, la valeur déterminée par l'ajustement du modèle bayésien de Ricker (c.-à-d. les conditions actuelles), et 0,00005. Une valeur β inférieure équivaut à une plus grande taille du stock reproducteur à partir de laquelle la production de saumoneaux est maximisée. Les probabilités d'atteindre les indicateurs de l'état des stocks et les objectifs de rétablissement étaient sensibles au paramètre β (Figure 22, Figure 23, et Figure 24). L'augmentation du taux de survie en mer pour une valeur donnée β a augmenté la probabilité d'atteindre tous les indicateurs de l'état des stocks et les objectifs de rétablissement. Par exemple, pour l'indicateur de l'état des stocks 3, la probabilité a triplé de 0,00033 (6 %) à 0,0002 (19 %) et presque doublé de 0,0002 à 0,0001 (36 %) pour une survie en mer de 4 % (Figure 24). Il y a eu des augmentations marginales (de 1 à 3 %) des probabilités d'atteindre les indicateurs et les objectifs, ce qui a entraîné une diminution de la valeur β sous 0,0001. De même, la diminution de la valeur β a augmenté la probabilité d'atteindre les indicateurs et les objectifs pour un taux de survie en mer donné.

Un modèle de caractéristiques biologiques déterministe a également été élaboré (voir Annexe E). Avec la fécondité en milieu sauvage actuelle (2 049), ainsi que les taux de survie en eau douce (19 %), d'exploitation (5 %) et de mortalité avant le frai (10 %), un taux de survie en milieu marin de 7 % est requis pour atteindre > 1 recrue par reproducteur et une croissance de la population positive. Ce modèle est strictement réservé au poisson sauvage, avec une hypothèse de population de départ de 500 adultes, et ne tient pas compte du programme de reproduction en captivité.

SCÉNARIOS DES MESURES D'ATTÉNUATION DES MENACES ET DES SOLUTIONS DE RECHANGE

Élément 16 : Dresser une liste des mesures d'atténuation réalisables et des activités de rechange raisonnables aux activités qui posent des menaces pour l'espèce et son habitat (énumérées dans les éléments 8 et 10).

Élément 17 : Effectuer le dénombrement des activités susceptibles d'accroître les valeurs des paramètres de survie ou de productivité de l'espèce (définis dans les éléments 3 et 15).

Des options d'atténuation et des solutions de rechange raisonnables ont été proposées et débattues pendant l'atelier sur les menaces et les facteurs limitatifs. Seuls les menaces et les facteurs limitatifs liés aux options d'atténuation sont abordés. Ils sont présentés ci-dessous et à l'Annexe A.

MENACES LIÉES AUX MESURES D'ATTÉNUATION

Dégradation de l'habitat

Intégrité de l'habitat suffisamment dégradée pour avoir une incidence négative sur les exigences associées à tous les stades juvéniles et au rassemblement, à la croissance et à la première migration des saumoneaux vers la mer.

1. Restreindre le développement, l'exploitation forestière et les autres activités industrielles situées en amont de l'habitat de frai du saumon rouge du lac Sakinaw afin de réduire les effets des sédiments, de la stabilité de la pente et des eaux souterraines sur les plages de frai.
2. Restaurer la fluctuation naturelle des niveaux du lac afin de réduire la végétation benthique littorale qui réduit la disponibilité de l'habitat de frai.

-
3. Poursuivre les relevés annuels par plongée sur les lieux de ponte pour surveiller l'habitat de frai afin de documenter les changements de la qualité de l'habitat pour que la restauration puisse être effectuée au besoin.

Pêche

Mortalité des adultes accrue en raison des pêches terminales

1. Élaborer un programme d'échantillonnage avec les Premières Nations afin de définir le nombre de saumons rouges du lac Sakinaw capturés par les groupes autochtones lors des pêches alimentaires, sociales et rituelles (ASR), puisqu'il est inconnu actuellement.
2. Poursuivre les politiques de gestion des pêches qui restreignent la pêche dans le détroit de Johnstone jusqu'à la fin du mois de juillet, alors qu'environ 50 % des saumons rouges du lac Sakinaw sont revenus dans le lac Sakinaw.

Pollution

Mortalité ou effets sublétaux élevés en raison des polluants aquatiques (LF31)

1. La Première Nation Sechelt participe à un processus de planification de la zone côtière qui comprend la région près de l'embouchure du ruisseau Sakinaw (S. Quinn, comm. pers.).
2. Élaborer des plans d'intervention en cas de déversement dotés des ressources adéquates afin d'intervenir rapidement en cas de déversement.
3. Élaborer des plans de gestion de l'eau, d'utilisation des terres et de gestion des déchets industriels, ainsi que d'autres plans similaires de protection de l'environnement, afin de réduire le ruissellement des polluants des terres vers l'océan.

FACTEURS LIMITATIFS LIÉS AUX MESURES D'ATTÉNUATION

Concurrence et prédation

Pertes importantes en raison de la prédation (LF1)

1. Pendant le retour des saumons rouges adultes au lac Sakinaw, le personnel des pêches de la Première Nation Sechelt effraie actuellement les prédateurs de la passe migratoire, y compris les loutres de rivière, lorsqu'ils sont observés près de la passe migratoire. La présence de personnel au barrage est nécessaire pendant la migration afin de limiter la prédation.
2. La présence de personnel est requise pour ajuster la vanne de la passe migratoire afin d'assurer un débit de 20 L/s et de dégager les obstructions dans la passe migratoire et la fascine.
3. La Première Nation Sechelt, le MPO et le ministère des Forêts, des Terres, de l'Exploitation des ressources naturelles et du Développement rural de la Colombie-Britannique pourraient élaborer un plan de gestion visant les phoques, les lions de mer et les loutres de rivière. Le piégeage de la loutre de rivière est une option d'atténuation potentielle pour augmenter le nombre de saumons rouges du lac Sakinaw adultes qui atteignent les plages de frai.

Prédation sur les œufs et les alevins (par le chabot, la truite fardée, le méné deux-barres, le saumon coho, les oiseaux, etc.) [LF14]

1. Des cages d'exclusion des prédateurs ou des filets maillants pourraient être mis en place sur les plages de frai afin de protéger les œufs et les alevins, mais des recherches supplémentaires sont requises pour vérifier s'il s'agit d'un facteur déterminant de la productivité limitée en eau douce du saumon rouge du lac Sakinaw.

Les niveaux élevés de concurrence ou de prédation (des espèces indigènes ou exotiques) réduisent la capacité biotique du lac en matière d'alevins et de saumoneaux sauvages (LF21).

1. Une meilleure compréhension de la dynamique de ses prédateurs et de ses concurrents potentiels (p. ex. la truite fardée et le saumon rouge) est requise afin de vérifier s'il s'agit d'un facteur déterminant de la réduction de la survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau. Une possible atténuation comprend l'élimination des concurrents et des prédateurs grâce à l'augmentation de la pression de la pêche récréative ou l'élimination des individus de leurs frayères au moyen d'une coordination avec les groupes d'intendance locaux.

L'abondance de prédateurs et les niveaux supposés de prédation sur les saumoneaux et les adultes dépassent la fourchette de référence. Le changement d'état est associé à un taux de survie réduit et à des montaisons d'adultes inférieures à la moyenne (LF33).

1. Mêmes mesures d'atténuation que pour les pertes importantes dues à la prédation (LF1).

Conditions océanographiques changeantes

Les réseaux trophiques « océaniques chauds » favorisent un taux de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte inférieur à la moyenne et des montaisons inférieures à la moyenne (LF32).

1. La remise à l'eau d'un plus grand nombre d'alevins dans le lac que ce qui est fait actuellement augmenterait le nombre de saumoneaux en dévalaison et d'adultes en montaison. Cependant, cela n'atténue pas directement le facteur limitatif du mauvais taux de survie en milieu marin. Cette option provoquerait également une augmentation importante du coût financier. De la même manière, la remise à l'eau de poissons d'écloserie en tant que saumoneaux pourrait accroître le taux de survie en milieu marin; cependant, cela aurait aussi certainement pour effet d'augmenter le coût financier.

CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLOSERIE LIÉES AUX MESURES D'ATTÉNUATION

Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau (LF39)

1. Un nouveau site offrant une écloserie d'eau de puits et de surface adaptée a été repéré pour un programme à long terme dans le secteur de Pender Harbour. Cela permettra aux alevins marqués par une rognure d'être remis à l'eau à la mi-juin afin de reproduire éventuellement les taux de survie précédents d'Ouillet. La construction d'une nouvelle écloserie à Pender Harbour coûtera environ 250 000 \$ pour sa construction et 100 000 \$ chaque année pour son fonctionnement.
2. La remise à l'eau du poisson en eau profonde à l'écart de la ligne de côte est également recommandée, puisque les alevins disposeront d'une route plus facile pour accéder à une eau plus froide.
3. Les alevins sont transportés dans des réservoirs par camion depuis l'île de Vancouver jusqu'à Sunshine Coast. La réduction de la durée du transport et la diminution de la température de l'eau du réservoir avant la remise à l'eau ont été définies comme deux options d'atténuation. Le transport du poisson de l'écloserie Rosewall au lac Sakinaw par hélicoptère permettrait de réduire la durée du transport et, par conséquent, la mortalité. Le refroidissement des réservoirs de transport pour maintenir la température de l'eau plus

basse représente une autre option susceptible de réduire la mortalité de l'état d'alevin à l'état de saumoneau. La température de l'eau dans les réservoirs de transport atteint une température maximale d'environ 16 °C.

4. La remise à l'eau des alevins à la fin de l'été ou au début de l'automne lorsque l'eau est plus froide et que les alevins sont plus grands augmentera probablement le taux de survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau.

Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte en raison des impacts de la domestication et d'une condition physique réduite (LF40)

1. Maintenir des mesures du programme d'élevage en captivité déjà établies afin d'éviter l'élevage en consanguinité et incorporer la diversité issue de tous les individus.
2. La réduction de la domestication peut bénéficier de l'égalisation des contributions familiales aux animaux d'élevage à chaque génération (Allendorf 1993), mais la minimisation de la durée (nombre de générations) de la reproduction en captivité constitue le moyen le plus sûr de limitation (Williams et Hoffman 2009).

Élément 18 : Présenter un avis sur la faisabilité de restaurer l'habitat selon des valeurs plus élevées si la disponibilité actuelle de l'habitat est insuffisante pour atteindre les objectifs de rétablissement (voir l'élément 14). L'avis doit être présenté dans le contexte de toutes les options possibles pour atteindre les objectifs concernant l'abondance et l'aire de répartition.

À l'heure actuelle, il y a suffisamment d'habitat de frai pour atteindre les deux objectifs en matière d'abondance des reproducteurs les plus bas (500 et 1 000 reproducteurs).

Élément 19 : Estimer la diminution attendue du taux de mortalité découlant de chaque mesure d'atténuation ou solution de rechange énumérées dans l'élément 16, et l'augmentation de la productivité ou de la survie en rapport avec chaque mesure de l'élément 17.

Les estimations de la diminution de la mortalité sont fondées sur les données, la littérature scientifique et le jugement professionnel. Dans certains cas, il n'a pas été possible d'estimer la diminution de la mortalité en raison de la nature des mesures d'atténuation ou du manque d'information scientifique (Tableau 16).

SCÉNARIO D'ATTÉNUATION

Élément 20 : Projeter la trajectoire attendue des populations (et les incertitudes) sur une période raisonnable sur le plan scientifique et jusqu'au moment où seront atteints les objectifs de rétablissement, en fonction des taux de mortalité et de productivité en rapport avec les mesures particulières de l'élément 19 désignées aux fins d'examen. Inclure les objectifs qui présentent la plus forte probabilité possible de survie et de rétablissement pour des valeurs de paramètres réalistes sur le plan biologique.

Les paramètres suivants de l'analyse de la viabilité de la population ont été modifiés pour simuler les mesures d'atténuation proposées.

Migration terminale et frai

Le taux de mortalité avant le frai est passé de 10 % à 5 % pour simuler l'élimination de la prédation de la loutre de rivière dans le ruisseau Sakinaw. Les 5 % restants sont attribuables à la mortalité avant le frai dans le lac qui ne peut pas être atténuée.

Incubation en eau douce, élevage en eau douce et éclosion

La survie en eau douce des poissons d'éclosion a doublé, ce qui représente une augmentation possible de la survie en eau douce qui a été atteinte dans d'autres lacs. L'augmentation pourrait être possible grâce à une diminution de la prédation dans le lac et à une augmentation de la survie initiale après avoir transporté les poissons de l'éclosion au lac.

La survie en eau douce des poissons d'origine naturelle a doublé afin de simuler tout facteur d'atténuation lié à l'eau douce qui augmente la survie de l'état d'œuf à l'état de petit alevin et de l'état d'alevin à celui de saumon.

Migration et élevage en mer

On estime que les taux de prédation du phoque commun chez le saumon quinnat et le saumon coho dans le détroit de Georgia varient de 40 % à 47 %, respectivement (Nelson *et al.*, en *préparation*). En supposant que le saumon rouge du lac Sakinaw subisse une prédation semblable et que la moitié de cette prédation puisse être atténuée, la survie en mer augmenterait à 2,5 %. Ce scénario a servi de point de départ et de meilleur scénario pour illustrer l'ampleur de l'augmentation nécessaire de la survie en mer pour que cela ait un effet sur le rétablissement de la population. Le taux d'exploitation est demeuré constant à 5 % et le programme de reproduction en captivité était à sa production actuelle (1 900 adultes en captivité).

Les changements de taux décrits ci-dessus ont été évalués à l'aide du modèle d'analyse de la viabilité de la population (Tableau 17). Une augmentation de l'abondance de la population (indicateur de l'état des stocks 1) a eu lieu avec une probabilité de 30 % pour le nombre total de reproducteurs. Les changements de paramètres ont également permis d'obtenir un indicateur de l'état des stocks 2 avec une probabilité de 59 %. L'indicateur de l'état des stocks 3 a été obtenu avec une probabilité de 15 %. Des objectifs de rétablissement concernant l'abondance plus élevés ont été atteints avec une probabilité de 0 %. La dépendance à l'égard de la densité était un facteur limitant les probabilités de rétablissement, semblable à ce qui est décrit dans la section sur les objectifs de rétablissement.

Élément 21 : Recommander des valeurs de paramètres sur les taux de productivité et de mortalité initiaux et, au besoin, des caractéristiques particulières pour les modèles de populations qui pourraient être requises pour permettre l'exploration d'autres scénarios dans le cadre de l'évaluation des répercussions économiques, sociales et culturelles à l'appui du processus d'inscription.

On n'a pas effectué de simulations du modèle pour la reproduction en captivité dont la taille dépassait 1 900 adultes. L'augmentation de la production d'alevins de l'éclosion aurait une incidence sur les mesures du rendement de la population, mais cela entraînerait un coût financier qu'il pourrait être utile d'étudier.

Les paramètres du modèle d'analyse de la viabilité de la population utilisés sont fournis au Tableau 27 et Tableau 28 de l'Annexe B.

ÉVALUATION DES DOMMAGES ADMISSIBLES

Élément 22 : Évaluer le taux maximal de mortalité anthropique et de destruction de l'habitat qu'une espèce peut subir sans risque pour sa survie ou son rétablissement.

Actuellement, les facteurs qui empêchent le rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw ne sont pas d'origine anthropique, mais correspondent à des facteurs limitatifs, notamment les niveaux élevés de prédation, les conditions océaniques changeantes et d'autres causes

inconnues de mortalité élevée en mer. La population de saumons rouges du lac Sakinaw est maintenue actuellement par la remise à l'eau d'alevins dans le lac Sakinaw grâce au programme de mise en valeur. Sans le programme de mise en valeur, et avec le stade du cycle biologique, les taux de survie et le très faible taux de survie en milieu marin actuels, le saumon rouge du lac Sakinaw anadrome disparaîtrait certainement.

Les plans de gestion des pêches mis en œuvre au cours des années 1990 ont réussi à réduire l'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw. Le taux d'exploitation moyen du saumon rouge du lac Sakinaw de 2011 à 2015 était de 5 % des montaisons. Les résultats du modèle ont indiqué qu'une baisse supplémentaire du taux d'exploitation à 0 % n'aurait que peu d'effet sur le rétablissement, en raison du faible effectif de la population et du faible taux de survie en milieu marin (0,5 %). Par conséquent, le maintien du taux d'exploitation actuel de 5 % par an ne change pas la trajectoire du rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw, bien qu'il devrait être maintenu au plus bas niveau possible.

Bien que l'habitat de frai et d'élevage ne limite actuellement pas la productivité du saumon rouge du lac Sakinaw, il conviendrait de prendre toutes les mesures possibles pour protéger et maintenir la qualité et la quantité de l'habitat de frai et d'élevage du saumon rouge du lac Sakinaw.

En raison de la mortalité élevée dans les premiers stades du cycle biologique et le taux de survie en mer extrêmement faible du saumon rouge du lac Sakinaw, des dommages admissibles minimaux devraient être permis pour le moment, et réduits en deçà du niveau actuel autant que possible. Ce niveau de dommages pourrait permettre à certaines activités d'être entreprises tout en se consacrant au maintien de la survie et en se dirigeant vers le rétablissement de la population. Si le programme de mise en valeur du saumon rouge du lac Sakinaw était abandonné, aucun dommage admissible ne devrait être autorisé, puisque la population de saumons rouges du lac Sakinaw dépend actuellement de l'écloserie pour sa survie.

SOURCES D'INCERTITUDE

Il n'existe aucune donnée sur la survie des poissons naturels de l'état d'alevin à celui de saumoneau pour le saumon rouge du lac Sakinaw. Le nombre d'alevins naturels produits chaque année était estimé en fonction de la fécondité moyenne des femelles de saumon rouge du lac Sakinaw, d'un sex-ratio de 0,5 et des taux moyens de survie des saumons rouges de l'état d'œuf à l'état de petit alevin (9 %) d'autres populations (Bradford 1995). Un taux de survie était ensuite calculé en divisant le nombre de saumoneaux naturels comptés au barrage par le nombre d'alevins produits l'année précédente pour une moyenne de 19 % (ÉT : ± 18 %).

Les estimations du taux d'exploitation comportent des incertitudes. Les analyses des données des pêches d'essai visant à déterminer le taux d'exploitation présentent beaucoup d'incertitudes pendant les années de montaisons très faibles (c.-à-d. à partir de 1999) (MPO, rapport non publié). Il y n'y a également eu aucune analyse de sensibilité des taux exploitation aux changements dans le retard de migration. Les estimations supposaient également un détournement à 100 % vers le nord des montaisons de saumons rouges du lac Sakinaw.

Le nombre de saumons rouges du lac Sakinaw capturés par les groupes autochtones pour des pêches alimentaires, sociales et rituelles (ASR) est inconnu, étant donné qu'il n'existe aucun programme d'échantillonnage (p. ex. l'échantillonnage d'ADN) pour les poissons capturés dans ces pêches.

La mortalité avant le frai des adultes dans le lac est inconnue, mais on croit qu'elle est faible (Tableau 18). Pour les années où les montaisons sont faibles, lorsque les relevés par plongée sont plus fiables, la mortalité avant le frai a été estimée à moins de 10 %.

CONCLUSIONS ET AVIS

Le saumon rouge du lac Sakinaw est confronté à de nombreuses menaces et à de nombreux facteurs limitatifs qui nuisent à sa productivité. Actuellement, le plus grand facteur limitatif constitue le très faible taux de survie en milieu marin (< 0,5 %, de l'état de saumoneau à l'état d'adulte). Il n'existe actuellement aucune mesure d'atténuation directe pour améliorer ou réduire l'impact de ce facteur. Il est également impossible de savoir si, et quand, la survie en mer augmentera à un rythme qui permettra au saumon rouge du lac Sakinaw d'être autosuffisant. Le seul moyen de soutenir ce stock dans les conditions actuelles, ainsi que d'empêcher une autre disparition, est de poursuivre le programme de reproduction en captivité et la remise à l'eau annuelle d'alevins d'écloserie à l'avenir.

La survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau est également faible (de 13 % à 19 %) par rapport aux autres populations. Cependant, même une augmentation par deux du taux de survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau ne suffira pas pour que la population se rétablisse avec le taux de survie en mer actuel. Nous recommandons que les programmes de recherche décrits ci-dessous soient élaborés et mis en œuvre de manière à ce que les mesures de gestion puissent être mieux éclairées par les résultats des programmes et, éventuellement, augmenter les taux de survie en eau douce à tous les stades biologiques connexes.

Nous recommandons également que si une nouvelle écloserie devait être construite pour fournir des alevins destinés à être relâchés dans le lac Sakinaw, l'approvisionnement en eau de l'écloserie provienne d'une source d'eau de surface. Actuellement, les alevins de saumon rouge du lac Sakinaw sont élevés dans des eaux souterraines à l'écloserie de Rosewall. L'eau souterraine demeure à basse température constante tout au long de l'année, ce qui entraîne une croissance relativement lente des alevins et des lâchers ultérieurs comparativement aux écloseries qui s'alimentent en eau de surface. L'eau de surface se réchauffe au printemps et en été lorsque la température de l'air augmente. L'eau plus chaude augmente le taux de croissance des alevins de saumon rouge, ce qui leur permet d'être relâchés plus tôt que les poissons élevés dans les eaux souterraines. Cela les acclimate également à l'eau plus chaude du lac lorsqu'ils sont relâchés à la fin du printemps et en été et augmente la survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau. Un site d'écloserie convenable a été identifié dans la région de Pender Harbour pour un programme à long terme. Cela permettra aux alevins marqués par une rognure d'être remis à l'eau à la mi-juin afin de reproduire éventuellement les taux de survie précédents d'Ouillet. La construction d'une nouvelle écloserie à Pender Harbour coûtera environ 250 000 \$ pour sa construction et 100 000 \$ chaque année pour son fonctionnement.

Les données sur la survie des saumoneaux depuis 2003 indiquent que les alevins libérés plus tôt en juin à l'écloserie d'Ouillet (28 %) survivent deux fois plus que les alevins libérés à l'écloserie de Rosewall (13,8 %). La différence de survie est peut-être due au fait que les poissons relâchés plus tôt sont relâchés dans l'eau du lac qui est d'environ 15 °C comparativement aux poissons relâchés à la fin juin dans de l'eau à une température de 20 à 24 °C. La remise à l'eau du poisson en eau profonde à l'écart de la ligne de côte est également recommandée, puisque les alevins disposeront d'une route plus facile pour accéder à une eau plus froide.

Jusqu'à présent, le programme d'écloserie s'est avéré bénéfique au maintien et au rétablissement de la population naturelle de saumon rouge du lac Sakinaw. Toutefois, comme nous l'avons décrit ci-dessus, il y a peu de preuves de la probabilité de rétablissement des

populations sauvages épuisées par les poissons d'écloserie, surtout si les conditions responsables du déclin de la population d'origine n'ont pas été traitées (Fraser 2008). Il y a aussi des problèmes génétiques associés aux programmes en captivité.

Ce qui est plus préoccupant, c'est le niveau de domestication qui s'est produit dans le programme de reproduction en captivité depuis sa création au début des années 2000. Puisque la domestication est le processus par lequel la population captive s'adapte à son habitat actuel (l'écloserie), il n'y a aucun moyen d'éviter la domestication d'une population élevée en captivité et maintenue en écloserie. De plus, le degré de domestication, et la perte d'aptitude ou d'adaptation à l'environnement sauvage qui en découle, ne peuvent être mesurés avec des loci microsatellites.

Les poissons remis à l'eau dans le cadre du programme sont actuellement élevés en captivité depuis au moins quatre générations. Dans d'autres réseaux, on a observé une diminution de la condition physique des saumons élevés en captivité relâchés dans l'environnement sauvage. De plus, l'analyse a indiqué que la remise à l'eau des individus élevés en captivité pour le rétablissement des populations sauvages après quatre à six générations de captivité était aussi susceptible d'empêcher que de faciliter le rétablissement des populations sauvages. En raison de ces problèmes, nous demandons des conseils sur la poursuite du programme de reproduction en captivité.

D'autres recommandations sont de poursuivre l'exploitation et la dotation en personnel du barrage et de la passe migratoire; les programmes concernant les échappées et les saumoneaux; les efforts de restauration de l'habitat; la surveillance et la réduction de la prédation juvénile; la gestion des débits d'eau; les pratiques de gestion des pêches qui limitent la mortalité par pêche.

RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE

Des recherches sont proposées pour mieux comprendre les effets des menaces et des facteurs limitatifs les plus cotés. La menace ou le facteur limitatif dont traite la recherche est entre parenthèses.

MIGRATION TERMINALE ET FRAI

1. Effectuer une analyse génétique des excréments de phoque et de lion de mer de la région de la Sunshine Coast afin de déterminer la proportion de leur régime alimentaire qui est composée de saumon rouge du lac Sakinaw. Le MPO, l'Université de la Colombie-Britannique et la FSP mènent actuellement des recherches à ce sujet; toutefois, les poissons ne sont identifiés qu'à l'espèce et non pas à la population. (LF1)
2. Les changements apportés à l'habitat en amont (c.-à-d. terrestre) des plages de frai doivent être documentés afin de déterminer dans quelle mesure ces activités ont affecté l'approvisionnement en eau souterraine des plages de frai.
3. Il faut faire des recherches pour voir si la qualité de l'eau des plages de frai (c.-à-d. les concentrations d'oxygène dissous) a été affectée par la construction de routes, l'exploitation forestière, l'aménagement résidentiel ou d'autres activités. Si les concentrations d'oxygène dissous sont sous-optimales, alors des options de restauration seront étudiées.

INCUBATION EN EAU DOUCE

1. Déterminer l'abondance, la taille et la composition des prédateurs sur les plages de frai afin d'estimer l'effet de ces prédateurs sur la survie de l'état d'œuf à l'état de petit alevin. (LF14)

-
2. Étudier l'efficacité de la protection des frayères à l'aide de filets maillants ou de couvertures protectrices afin d'augmenter éventuellement les taux de survie de l'état d'œuf à l'état de petit alevin. (LF14)

ÉLEVAGE EN EAU DOUCE

1. Il est important de mieux comprendre l'écosystème du lac. Il faut mener des recherches pour évaluer l'abondance du kokani dans le lac Sakinaw. Des échantillons d'ADN doivent être prélevés pour déterminer si le kokani est génétiquement distinct du saumon rouge du lac Sakinaw. Si les écotypes sont étroitement liés, un paradoxe intéressant est que la poursuite de la remise à l'eau des alevins de saumon rouge peut être préjudiciable au kokani puisque les alevins de saumon rouge d'écloserie sont en concurrence avec le kokani. Il est concevable que la meilleure chance de retour du saumon rouge du lac Sakinaw sauvage soit de protéger le kokani en ne relâchant pas les alevins d'écloserie. Si les conditions de survie en mer s'améliorent, l'abondance de l'espèce peut augmenter naturellement par l'émigration naturelle de kokanis occasionnels qui vont en mer et retournent au lac Sakinaw, établissant peut-être une population naturelle autosuffisante. Les frayères de kokani doivent également être déterminées. (LF21)
2. Mener une étude limnologique du lac Sakinaw pour déterminer s'il y a eu un changement en ce qui concerne la productivité du lac, l'abondance du zooplancton et la composition de la communauté. La dernière enquête de ce type a été menée en 2004. Une première analyse documentaire devrait également être effectuée. (LF18)
3. Effectuer des relevés lacustres ou des relevés dans les ruisseaux qui se jettent dans le lac Sakinaw pour estimer la taille de la population de lamproies afin de déterminer l'effet de la lamproie sur la survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau. (LF22)
4. Augmenter considérablement la production d'alevins d'écloserie afin de supplanter les effets de déperdition qui peuvent se produire dans le lac ou en mer en vue d'augmenter la survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau et de l'état de saumoneau à l'état d'adulte. (LF21)
5. Produire et relâcher des saumoneaux d'écloserie au lieu d'alevins, ou ainsi que des alevins, et utiliser des micromarques magnétisées codées pour tester les différences à l'égard des taux de survie en fonction de l'emplacement de remise à l'eau et du stade du cycle biologique.

MIGRATION ET ÉLEVAGE EN MER

1. Recueillir une série chronologique de données sur la longueur et le poids du saumon rouge du lac Sakinaw afin de déterminer s'il existe des réactions potentielles en termes de taux de croissance à l'abondance du saumon rose et du saumon kéta dans l'océan Pacifique Nord. Des données pourraient être fournies à partir des poissons tués dans le ruisseau par la loutre de rivière, étant donné que la gestion des retours dans la passe migratoire est trop nuisible. Des écailles et de l'ADN devraient également être prélevés sur ces poissons. (LF29)
2. Analyser la modélisation du mouvement des déversements d'hydrocarbures afin de déterminer l'étendue et l'ampleur qu'un déversement d'hydrocarbures aurait sur l'habitat du saumon rouge du lac Sakinaw. (LF31)
3. Établir des liens et une collaboration plus étroits entre les modélisateurs du climat et les océanographes pour tenter de mieux prévoir les conditions océaniques futures qui pourraient être plus ou moins favorables à la survie du saumon rouge du Sakinaw. (LF32)

-
4. Analyser les saumoneaux rouges du lac Sakinaw à la recherche de parasites et d'agents pathogènes. (LF35)
 5. Effectuer des tests de provocation en eau salée sur les saumoneaux rouges du lac Sakinaw. (LF35)

ÉCLOSERIE

1. Effectuer un examen du programme d'écloserie pour le saumon rouge du lac Sakinaw dans le but de définir les occasions d'amélioration de la survie par l'expérimentation, ainsi que d'établir des objectifs clairs de gestion en matière d'abondance de reproducteurs provenant des écloseries et de stocks génétiques.

REMERCIEMENTS

Nous aimerions remercier les examinateurs de l'évaluation du potentiel de rétablissement, Lyse Godbout et Jim Irvine, pour leur examen approfondi et leurs commentaires utiles, ainsi que Christie Whelan pour avoir présidé la réunion du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) dans le cadre du processus d'examen. Merci à Nicolette Watson d'avoir été la rapporteure de la réunion du SCCS. Nous remercions Sid Quinn et Dwayne Paul pour leurs connaissances et leurs contributions. Merci à tout le personnel de la Première Nation Sechelt, au personnel du MPO et aux bénévoles locaux d'avoir recueilli des données pendant les programmes sur les saumoneaux et les échappées. Nous aimerions également remercier tous les participants à l'atelier sur les facteurs limitatifs, dont l'expertise et l'expérience ont contribué à la rédaction de ce manuscrit, ainsi qu'Isobel Pearsall pour avoir effectué la notation préalable, aidé à planifier l'atelier et rédigé le rapport sommaire de l'atelier. Nous remercions Nicolette Watson, Mel Sheng, Steve Baillie, Ian Matthews, Grant McBain, Jim Wilson, Dave Bates et Aaron Burgoyne pour leurs contributions à ce manuscrit. Nous tenons également à remercier Kim Hyatt et Ruth Withler pour leurs conseils et leurs analyses. Merci à Josh Korman pour ses conseils lors de l'élaboration et de l'interprétation du modèle d'analyse de la viabilité de la population. Enfin, nous aimerions remercier Athena Ogden, Howard Stiff, David O'Brien et Michael Folkes pour leurs contributions analytiques à ce rapport.

RÉFÉRENCES

- Ackerman, P.A., S. Barneston, D. Lofthouse, C. McClean, A. Stobbart, and R.E. Withler. 2014. Back from the brink: Cultus Lake Sockeye salmon enhancement program from 2000 – 2014. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3032: vii + 63 p.
- Allendorf, F.W. 1993. Delay of adaptation to captive breeding by equalizing family size. Conservation Biology. 7: 416–419.
- Araki, H.; B. Cooper, and M.S. Blouin. 2009. Carry-over effect of captive breeding reduces reproductive fitness of wild-born descendants in the wild. Biology Letters. 5: 621–624.
- Azumaya, T., T. Nagasawa, O.S. Temnykh, and G.V. Khen. 2007. Regional and seasonal differences in temperature and salinity limitations of Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp.). North Pacific Anadromous Fish Commission. Bulletin No. 4: 179-187.
- BC Ministry of Environment. 1997. Water Quality: Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen. Water Protection and Sustainability Branch, Environmental Sustainability and Strategic Policy Division.

-
- Beacham, T.D., R.J. Beamish, J.R. Candy, C. Wallace, S. Tucker, J.H. Moss, and M. Trudel. 2014. Stock-specific migration pathways of juvenile Sockeye salmon in British Columbia water and in the Gulf of Alaska. *Transactions of the American Fisheries Society*. 143: 1386-1403.
- Beamish, R.J., R.M. Sweeting, C.M. Neville, K.L. Lange, T.D. Beacham, and D. Preikshot. 2012. Wild Chinook salmon survive better than hatchery salmon in a period of poor production. *Environmental Biology of Fishes*. 94: 135-148.
- Beauchamp, D.A., M.G. LaRiviere, and G.L. Thomas. 1995. Evaluation of competition and predation as limits to the juvenile Kokanee and Sockeye salmon production in Lake Ozette, Washington. *North American Journal of Fisheries Management*. 15: 193-207.
- Berejikian, B.A., and M.J. Ford. 2004. Review of relative fitness of hatchery and natural salmon. U.S. Department of Commerce. NOAA Technical Memo. NMFS-NWFSC-61, 28 p.
- Beschta, R.L., R.E. Bilby, G.W. Brown, L.B. Holtby, and T. Hofstra. 1987. Stream temperature and aquatic habitat: fisheries and forestry interactions. Pages 191-232 in E.O. Salo and T.W. Cundy, eds., *Streamside management: forestry and fishery interactions*. University of Washington College of Forest Resources, Seattle.
- Bowlby, H.D. and A.J.F. Gibson. 2011. Reduction in fitness limits the useful duration of supplementary rearing in an endangered salmon population. *Ecological Applications*. 21: 3032–3048.
- Bradford, M.J. 1995. Comparative review of Pacific salmon survival rates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 52: 1327-1338.
- Burgner, R. L. 1991. Life history of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*). Pacific salmon life histories, 3-117.
- Carlson, H.R., 1974. Food of juvenile Sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in the inshore coastal waters of Bristol Bay, Alaska, 1966-67. *Fisheries Bulletin*. 74(2):458-462.
- COSEPAC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon sockeye (saumon rouge) (*Oncorhynchus nerka*) (population Sakinaw) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xi + 41 p.
- COSEPAC. 2013. [Lignes directrices du COSEPAC pour reconnaître les unités désignables](#).
- COSEPAC. 2016. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon sockeye (*Oncorhynchus nerka*), population Sakinaw, au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xii + 43 p.
- Farley, E.V., A. Starovoytov, S. Naydenko, R. Heintz, M. Trudel, C.M. Guthrie, L. Eisner, and J.R. Gruyon. 2011. Implications of a warming eastern Bering Sea for Bristol Bay Sockeye salmon. *ICES Journal of Marine Science*. 68: 1138-1146.
- Ferguson, J.A., J. Romer, J.C. Sifneos, L. Madsen, C.B. Schreck, M. Glynn, and M.L. Kent. 2012. Impacts of multispecies parasitism on juvenile Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in Oregon. *Aquaculture*. 362-363: 184-192.
- Foerster, R.E. 1968. The Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 162. 422 p.
- Foote, C.J., and G.S. Brown. 1998. Ecological relationship between freshwater sculpins (genus *Cottus*) and beach spawning Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in Iliamna Lake, Alaska. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 55: 1524-1533.
-

-
- Ford, M.J. 2002. Selection in captivity during supportive breeding may reduce fitness in the wild. *Conservation Biology*. 16: 815–825.
- Ford, M.J., A. Murdoch, and S. Howard. 2012. Early male maturity explains a negative correlation in reproductive success between hatchery-spawned salmon and their naturally spawning progeny. *Conservation Letters*. 5: 450–458.
- Frankham, R. 1995. Conservation genetics. *Annual Review of Genetics* 29: 305–327.
- Fraser, D.J. 2008. How well can captive breeding programs conserve biodiversity? A review of salmonids. *Evolutionary Applications*. 1: 535–586.
- G3 Consulting Ltd. 2002. Sakinaw Lake Underwater Substrate Profiling of Sockeye Spawning Areas: Sharon's Beach. Prepared for Fisheries and Oceans Canada. i + 12 pp.
- G3 Consulting Ltd. 2003. Sakinaw Lake IGDO Assessment: Sharon's Beach, Ruby Creek, Haskins Beach. Prepared for Fisheries and Oceans Canada. i + 10 pp.
- Godbout, L., J.R. Irvine, C.C. Wood, C. Fu, and G. Jamieson. 2004. Critical Habitat Case Study – Sakinaw Lake Sockeye Salmon. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Res. Doc. 2004/116.
- Gouvernement du Canada. 2016. Policy on Survival and Recovery [Proposed]. Species at Risk Act: Policies and Guidelines Series. Government of Canada, Ottawa. 8 pp.
- Groot, C. 1994. The incredible salmonids. Fisheries and Oceans Canada.
- Gustafson, R.G., T.C. Wainwright, G.A. Winans, F.W. Waknitz, L.T. Parker, and R.S. Waples. 1997. Status review of Sockeye salmon from Washington and Oregon. U.S. Department of Commerce, NOAA Technical Memo. NMFS-NWFSC-33, 282 p.
- Holt, C.A. 2009. Evaluation of benchmarks for conservation units in Canada's Wild Salmon Policy: Tehnical Documentation. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/059. x + 50 p.
- Holt, C.A. 2012. Identifying benchmarks and assessing status of CUs under the Wild Salmon Policy: Converging on consistent methods. Summary of progress meeting. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3019: v + 23 p.
- Holt, C.A., and M. J. Bradford. 2011. Evaluating Benchmarks of Population Status for Pacific Salmon. *North American Journal of Fisheries Management*. 31: 363-378.
- Holt, C.A., A. Cass, B. Holtby, and B. Riddell. 2009. Indicators of Status and Benchmarks for Conservation Units in Canada's Wild Salmon Policy. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2009/058. viii + 74 p.
- Hyatt, K.D., D.J. McQueen, K.S. Shortreed, and D.P. Rankin. 2004. Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) nursery lake fertilization: Review and summary of results. *Environmental Reviews*. 12: 133-162.
- Hyatt, K.D., K.L. Mathias, D.J. McQueen, B. Mercer, P. Milligan, and D.P. Rankin. 2005. Evaluation of Hatchery versus Wild Sockeye Salmon Fry Growth and Survival in Two British Columbia Lakes. *North American Journal of Fisheries Management*. 25: 745-762.
- Korman, J., and J. Grout. 2008. Cultus Lake Sockeye Population Viability Analysis. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Res. Doc. 2008/072. vi + 44 p.
- McKinnell, S., and Reichardt, M. 2012. Early marine growth of juvenile Fraser River Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in relation to juvenile pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and Sockeye salmon abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 69(9): 1499–1512.
-

-
- Hart, J.L. 1973. Pacific Fishes of Canada. Fisheries Research Board of Canada. Bulletin 180. Ottawa.
- Hume, J., S. MacLellan, and K. Shortreed. 2005. Limnetic survey of Sakinaw Lake on November 2, 2004. Fisheries and Oceans Canada.
- Lynch, M., and M. O'Hely. 2001. Captive breeding and the genetic fitness of natural populations. *Conservation Genetics*. 2: 363–378
- Manzer, J.I. 1964. Preliminary observations on the vertical distribution of Pacific salmon (Genus *Oncorhynchus*) in the Gulf of Alaska. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 21(5): 891-903.
- Morrow, J.E., 1980. The freshwater fishes of Alaska. University of B.C. Animal Resources Ecology Library. 248p.
- MPO. 2005. [La politique du Canada pour la conservation du saumon sauvage du Pacifique](#). Cat. No. Fs23-476/2005E. Ottawa.
- MPO. 2009. [Cadre décisionnel pour les pêches en conformité avec l'approche de précaution](#)
- MPO. 2013. [Directives d'élaboration d'un plan de rétablissement conforme à la Politique Cadre de l'approche de précaution : Assurer la croissance d'un stock pour le faire sortir de la zone critique](#).
- MPO. 2014a. [Directive sur la désignation de l'habitat essentiel des espèces aquatiques en péril](#).
- MPO. 2014. Lignes directrices sur l'évaluation des menaces, des risques écologiques et des répercussions écologiques pour les espèces en péril. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/013. (Erratum : juin 2016)
- MPO. 2015. Examen pré-COSEPAC de la population du saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) du lac Sakinaw en 2014. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2015/020.
- MPO. 2015b. [Directive sur l'application de l'article 33 \(résidence\) de la Loi sur les espèces en péril aux espèces aquatiques](#). Le programme des espèces en péril. Ottawa.
- Murray, C., and C.C. Wood. 2002. Status of Sakinaw Lake Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/088. viii + 100 p.
- Nolan, D.T., P. Reilly, and S.E. Wendelaar Bonga. 1999. Infection with low numbers of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* induces stress-related effects in postsmolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 56: 947-959.
- Nowak, G.M., R.A. Tabor, E.J. Warner, K.L. Fresh, and T.P. Quinn. 2004. Ontogenetic shifts in habitat and diet of Cutthroat Trout in Lake Washington, Washington. *North American Journal of Fisheries Management*. 24:2, 624-635.
- Nelson, B.W., A.C. Thomas, A.W. Trites, M.K. McAllister, and C.J. Walters. *In prep.* Quantifying impacts of harbor seal predation on Chinook and coho salmon in the Strait of Georgia, British Columbia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.
- Rosenberger, A. 2013. Salish Sea Drift Card Study Preliminary Results. Prepared for the Georgia Strait Alliance and Raincoast Conservation Foundation.
- Ruggerone, G.T., M. Zimmermann, K.W. Myers, J.L. Nielsen, and D.E. Rogers. 2003. Competition between Asian Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and Alaskan Sockeye salmon (*O. nerka*) in the North Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*. 12: 209-219.

-
- Ruggerone, G.T., and B.M. Connors. 2015. Productivity and life history of Sockeye salmon in relation to competition with Pink and Sockeye salmon in the North Pacific Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 72: 818-833.
- Sakinaw Sockeye Recovery Team. 2005. Conservation Strategy for Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*), Sakinaw Lake Population, in British Columbia. Recovery of Nationally Endangered Wildlife (RENEW). Ottawa, Ontario, 61 pp.
- Shortreed, K.S., J.B. Hume, and J.G. Stockner. 2000. Using photosynthetic rates to estimate the juvenile Sockeye salmon rearing capacity of British Columbia lakes. *In Sustainable Fisheries Management: Pacific Salmon*. *Editors* Knudsen, E.E., C.R. Steward, D.D. MacDonald, J.E. Williams, and D.W. Reiser. CRC Press. 501-521 pp.
- Shortreed, K.S., K. Morton, and J.B. Hume. 2003. Sakinaw Lake: results from an August, 2002 limnological survey. Fisheries and Oceans Canada. 26 pp.
- Starr, P.J., A.T. Charles, and M.A. Henderson. 1984. Reconstruction of British Columbia Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) stocks: 1970-1982. *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1780: 123 p.
- Stockner, J.G., and K.S. Shortreed. 1978. Limnological surveys of 35 Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) nursery lakes in British Columbia and the Yukon Territory. *Fish Mar. Serv. Tech. Rep.* 865: 47 p.
- Tucker, S., M. Trudel, D.W. Welch, J.R. Candy, J.F.T. Morris, M.E. Thiess, C. Wallace, D.J. Teel, W. Crawford, E.V. Farley Jr., and T.D. Beacham. 2009. Seasonal stock-specific migrations of juvenile Sockeye salmon along the west coast of North America: implications for growth. *Transactions of the American Fisheries Society*. 138: 1458-1480.
- US EPA. U.S. Environmental Protection Agency. 1987. Quality Criteria for Water. EPA Publication 440/5-86-001. U.S. Gov. Prin. Office, Washington D.C.
- Williams, S.E., and E.A. Hoffman. 2009. Minimizing genetic adaptation in captive breeding programs: A review. *Biological Conservation*. 142: 2388–2400.
- Withler, R.E., O'Brien, D.S., Watson, N.M., & Supernault, K.J. 2014. Maintenance of Genetic Diversity in Natural Spawning of Captively-Reared Endangered Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*. *Diversity* 6:354-379.
- Wood, C.C., D.W. Welch, L. Godbout, and J. Cameron. 2012. Marine Migratory Behavior of Hatchery-Reared Anadromous and Wild Non-Anadromous Sockeye Salmon Revealed by Acoustic Tags. *American Fisheries Society Symposium*. 76: 289-211.

TABLEAUX

Tableau 1 Origine naturelle et longueur des saumoneaux d'écloserie (mm $\pm$ écart-type) tirées de poissons sous-échantillonnés au barrage du ruisseau Sakinaw.

Année	Longueur des saumoneaux naturels (mm $\pm$ ÉT)	Taille de l'échantillon (n)	Longueur des saumoneaux d'écloserie (mm $\pm$ ÉT)	Taille de l'échantillon (n)
1994	122,4	s. o.	-	-
1995	139,2	s. o.	-	-
1996	133,0	s. o.	-	-
1997	129,0	s. o.	-	-
2003	117,3 $\pm$ 13,0	246	122,5 $\pm$ 11,0	754
2004	120,2 $\pm$ 20,0	39	155,7 $\pm$ 25,4	24
2005	168,0 $\pm$ 9,9	2	154,2 $\pm$ 85,2	6
2006	-	-	126,5 $\pm$ 10,1	2 303
2007	138,2 $\pm$ 15,3	14	-	-
2008	-	-	130,7 $\pm$ 9,7	37
2009	114,4 $\pm$ 7,8	11	123,8 $\pm$ 9,6	121
2010	-	-	127,1 $\pm$ 15,4	392
2011	-	-	129,9 $\pm$ 15,9	178
2012	-	-	116,1 $\pm$ 6,6	126
2013	129,1 $\pm$ 19,0	217	119,5 $\pm$ 11,0	211
2014	116,7 $\pm$ 9,7	47	116,2 $\pm$ 9,5	637
2015	111,1 $\pm$ 13,5	127	114,4 $\pm$ 11,7	175
2016	110,2 $\pm$ 10,4	41	111,2 $\pm$ 10,1	190

Tableau 2 Identifications des échantillons de pêche (somme des probabilités) pour le saumon rouge du lac Sakinaw de 2001 à 2016.

Année	Zone 1 – 101	Zone 12	Zone 12 – Blinkhorn	Zone 13	Zone 20	Zone 20 – San Juan	Zone 7 États-Unis	Total
2004	-	0,97	-	-	-	-	-	0,97
2008	-	-	-	-	-	-	0,79	0,79
2009	-	2	-	-	-	-	-	2
2010	-	1	-	-	-	-	-	1
2011	-	6	-	2	1	-	-	9
2012	1	6	-	1,98	1	-	-	9,98
2013	-	3	-	-	2	-	-	5
2015	-	4	-	-	-	2	1	7
2016	-	-	1	-	-	1	-	2
Total	1	22,97	1	3,98	4	3	1,79	37,74

Tableau 3 Dénombrements des saumons rouges adultes de 1947 à 1994 (d'après les données de BC-16). Les données sont insuffisantes pour les années 1995, 1997 et 1998. Les dénombrements des années 1996 et 2002 ont été effectués à l'aide d'un piège à la passe migratoire. Les estimations de 1999 à 2001 se basaient sur des relevés par plongée aux plages de frai qui sont sous-estimés par rapport aux dénombrements à la passe migratoire en raison de la mortalité dans le lac (biais pouvant atteindre 10 % selon les estimations). Les dénombrements de 2003 à 2014 proviennent d'un système de vidéo numérique installé à la passe migratoire. La « classe d'estimation » représente la qualité associée à la collecte de données : I = collecte de données inconnues; Type 1 = données constituant une très bonne estimation de la population (presque tous les poissons sont dénombrés par le tunnel vidéo); Type 2 = données constituant toujours une très bonne estimation de la population (presque tous les poissons sont dénombrés par le tunnel vidéo ou le piège de la passe migratoire avec éventuellement une omission d'une petite partie de la population); Type 4 = Manque de données pour certaines journées à la fin de la migration lorsque les poissons peuvent encore passer par la passe migratoire, mais estimation quand même raisonnable de la population; Type 6 = Données fiables pour la présence ou l'absence uniquement. * = Les poissons d'écloserie n'ont pas eu la nageoire sectionnée aux années d'éclosion 2008 à 2010.

Année d'éclosion	Classe d'estimation	Saumons mâles à la nageoire sectionnée	Saumons mâles à la nageoire non sectionnée	Adultes à la nageoire sectionnée	Adultes à la nageoire non sectionnée	Total
1947	I	-	-	-	3 500	3 500
1948	I	-	-	-	4 600	4 600
1949	I	-	-	-	3 931	3 931
1950	I	-	-	-	2 473	2 473
1951	I	-	-	-	3 450	3 450
1952	I	-	-	-	6 222	6 222
1953	I	-	-	-	1 131	1 131
1954	I	-	-	-	4 143	4 143
1955	I	-	-	-	5 079	5 079
1956	I	-	-	-	2 150	2 150
1957	I	-	-	-	4 300	4 300
1958	I	-	-	-	4 250	4 250
1959	I	-	-	-	13 000	13 000
1960	I	-	-	-	4 500	4 500
1961	I	-	-	-	750	750
1962	I	-	-	-	3500	3500

Année d'éclosion	Classe d'estimation	Saumons mâles à la nageoire sectionnée	Saumons mâles à la nageoire non sectionnée	Adultes à la nageoire sectionnée	Adultes à la nageoire non sectionnée	Total
1963	I	-	-	-	7 500	7500
1964	I	-	-	-	3 500	3500
1965	I	-	-	-	750	750
1966	I	-	-	-	3 500	3 500
1967	I	-	-	-	6 000	6 000
1968	I	-	-	-	14 000	14 000
1969	I	-	-	-	1 200	1 200
1970	I	-	-	-	5 000	5 000
1971	I	-	-	-	8 000	8 000
1972	I	-	-	-	4 500	4 500
1973	I	-	-	-	1 500	1 500
1974	I	-	-	-	6 000	6 000
1975	I	-	-	-	16 000	16 000
1976	I	-	-	-	6 000	6 000
1977	I	-	-	-	1 200	1 200
1978	I	-	-	-	4 000	4 000
1979	I	-	-	-	11 000	11 000
1980	I	-	-	-	2 800	2 800
1981	I	-	-	-	3 000	3 000
1982	I	-	-	-	3 400	3 400
1983	I	-	-	-	1 600	1 600
1984	I	-	-	-	1 115	1 115
1985	I	-	-	-	2 400	2 400
1986	I	-	-	-	5 400	5 400

Année d'éclosion	Classe d'estimation	Saumons mâles à la nageoire sectionnée	Saumons mâles à la nageoire non sectionnée	Adultes à la nageoire sectionnée	Adultes à la nageoire non sectionnée	Total
1987	I	-	-	-	4 200	4 200
1988	I	-	-	-	2 500	2 500
1989	I	-	-	-	1 000	1 000
1990	I	-	-	-	1 200	1 200
1991	I	-	-	-	500	500
1992	I	-	-	-	1 000	1 000
1993	I	-	-	-	250	250
1994	I	-	-	-	250	250
1995	NI	-	-	-	-	-
1996	Type 4	-	-	-	222	222
1997	Type 6	-	-	-	Présents, non dénombrés	Présents, non dénombrés
1998	Type 6	-	-	-	Présents, non dénombrés	Présents, non dénombrés
1999	Type 4	-	-	-	14	14
2000	Type 4	-	-	-	112	112
2001	Type 4	-	-	-	87	87
2002	Type 2	-	-	-	78	78
2003	Type 1	-	-	-	3	3
2004	Type 1	-	-	0	99	99
2005	Type 1	-	-	7	21	28
2006	Type 1	-	-	0	1	1
2007	Type 1	-	-	0	0	0
2008	Type 1	-	-	0	0	0
2009	Type 1	-	-	1	0	1

Année d'éclosion	Classe d'estimation	Saumons mâles à la nageoire sectionnée	Saumons mâles à la nageoire non sectionnée	Adultes à la nageoire sectionnée	Adultes à la nageoire non sectionnée	Total
2010	Type 2	-	-	28	1	29
2011	Type 1	-	-	555	0	555
2012	Type 2	-	-	0*	243*	243
2013	Type 1	-	29	0*	114*	143
2014	Type 1	10	2	0*	452*	464
2015	Type 1	20	6	462	233	721
2016	Type 1	1	0	144	27	172

Tableau 4 Alevins d'écloserie relâchés, dénombrements de saumoneaux et taux de survie.

Alevins relâchés (nombre)				Dénombrement de saumoneaux (nombre)			Survie (%)		
Année d'éclosion	Reproduction d'origine naturelle	Reproduction en captivité	Total	Nageoire sectionnée	Nageoire non sectionnée	Total	Poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau	En mer (écloserie - nageoire sectionnée)	En mer (origine naturelle - nageoire non sectionnée)
1992	-	-	-	-	15 880	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	2 760	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	2 500	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	5 200	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	14 981	0	14 981	-	-	-	-	-	-
2001	31 922	0	31 922	8 080	4 334	12 414	25,31	0,087	0,485
2002	2 784	0	2 784	39	103	142	1,40 %	0,000	0,971
2003	0	0	0	2	11	13	s. o.	s. o.	s. o.
2004	25 927	0	25 927	8 357	2 926	11 283	32,23	0,000	0,000
2005	7 588	87 877	95 465	3 739	272	4 011	3,92	0,027	0,000

Alevins relâchés (nombre)				Dénombrement de saumoneaux (nombre)			Survie (%)		
Année d'éclosion	Reproduction d'origine naturelle	Reproduction en captivité	Total	Nageoire sectionnée	Nageoire non sectionnée	Total	Poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau	En mer (écloserie - nageoire sectionnée)	En mer (origine naturelle - nageoire non sectionnée)
2006	0	84 626	84 626	11 982	182	12 164	14,16	0,234	0,549
2007	0	420 781	420 781	62 370	222	62 592	14,88	0,890	s. o.
2008	0	726 376	726 376	404	69 538	69 942	9,63	0,347	s. o.
2009	0	329 360	329 360	0	32 892	32 892	9,99	0,347	s. o.
2010	5 110	1 368 712	1 373 822	0	162 877	162 877	11,86	0,278	s. o.
2011	0	963 328	963 328	224 575	27 960	252 535	23,31	0,206 %	0,833
2012	0	856 205	856 205	121 610	4 435	126 045	14,20	0,118	0,609
2013	0	320 416	320 416	164 65	632	17 097	5,14	-	-
2014	0	644 699	644 699	78 156	722	78 878	12,10	-	-
2015	0	329 077	329 077	-	-	-	-	-	-

Tableau 5 Données sur tous les reproducteurs, les recrues adultes d'origine naturelle et sauvage utilisées pour l'analyse du recrutement. Les estimations des taux d'exploitation sont fournies au Tableau 6.

Année d'éclosion	Tous les reproducteurs	Recrues adultes d'origine naturelle et sauvage
1966	3 500	9 434
1967	6 000	16 000
1968	14 000	7 500
1969	1 200	2 113
1970	5 000	11 538
1971	8 000	24 615
1972	4 500	8 955
1973	1 500	3 636
1974	6 000	9 302
1975	16 000	13 750
1976	6 000	3 733
1977	1 200	4 286
1978	4 000	7 907
1983	1 600	4 901
1984	1 115	3 177
1985	2 400	1 304
1986	5 400	2 339
1989	1 000	449
1990	1 200	490
1996	222	147
1999	14	3
2000	112	104
2001	58	22
2006	1	1
2007	0	0
2008	0	0
2010	16	0
2011	555	254

Tableau 6 Estimation des taux d'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw de 1970 à 2016 et description de la méthode de reconstitution des montaisons ou des sources de reconstitution des montaisons.

Année de montaison	Taux d'exploitation	Méthode ou source de reconstitution
1970	0,47	Starr 1984
1971	0,50	
1972	0,40	
1973	0,29	
1974	0,48	
1975	0,35	
1976	0,33	
1977	0,67	
1978	0,57	
1979	0,20	
1980	0,25	
1981	0,3	
1982	0,57	
1983	-	Aucune analyse
1984	-	
1985	-	
1986	-	
1987	0,14	Murray et Wood 2002
1988	0,21	
1989	0,23	
1990	0,49	
1991	-	

Année de montaison	Taux d'exploitation	Méthode ou source de reconstitution
1992	-	
1993	0,44	
1994	0,49	
1995	0,41	
1996	-	Montaison hâtive de la rivière Stuart comme indicateur
1997	0,15	
1998	-	
1999	0,19	Reconstitution à l'aide de la période de montaison moyenne et du modèle d'avant-saison le mieux adapté de la CSP
2000	0,24	
2001	0,31	
2002	0,08	Reconstitution à l'aide de la période de montaison moyenne et des estimations préliminaires d'après-saison des RH
2003	0,13	
2004	0,05	Reconstitution à l'aide de la période de montaison annuelle et des estimations d'après-saison des RH
2005	0,03	
2006	-	Aucune analyse (0 ou 1 adulte dénombré à la passe migratoire durant ces années)
2007	-	
2008	-	
2009	-	
2010	0,12	Moyenne des diverses analyses effectuées par M. Folkes (MPO) et D. O'Brien (MPO)
2011	0,18	
2012	0,06	Estimation par D. O'Brien (MPO)
2013	0,05	
2014	0,01	
2015	0,06	
2016	-	Aucune analyse

Tableau 7 Paramètres stock-recrue de Ricker pour le saumon rouge du lac Sakinaw.

Paramètres	Ricker ⁶
a	1,02
b	13 000
R _{max}	13 029
S _{max}	12 800
μ _{MSY}	0,44
S _{MSY}	5 588

Tableau 8 Concentrations moyennes d'oxygène dissous (mg/L) mesurées en février et mars 2013 aux plages Morgan, Fraser, Snag (toutes des plages secondaires de la plage Sharon) et à la plage Haskin (MPO, données non publiées).

Date	Morgan	Fraser	Snag	Haskin
5 février	3,29	8,53	8,53	9,26
13 février	1,92	9,10	12,47	8,83
19 février	9,45	14,45	12,32	11,47
27 février	11,33	13,81	13,00	8,65
7 mars	12,86	15,13	14,33	10,13
12 mars	11,48	13,43	11,26	9,61
19 mars	10,92	13,31	12,23	8,51
27 mars	8,94	13,11	11,42	11,61

⁶ $R = Se^{a[1-(\frac{S}{b})]}$

Tableau 9 Menaces pour la survie et le rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw. Les menaces sont classées en fonction de leur cote de risque biologique actuelle.

Stade du cycle biologique	Menace	Probabilité d'occurrence	Niveau de répercussions	Certitude causale	Risque pour la population	Occurrence de la menace	Fréquence de la menace	Étendue de la menace
Migration et élevage en mer	Pollution : mortalité ou effets sublétaux élevés en raison des polluants aquatiques	Probable	Moyen	Faible	Moyen (4)	Antérieure, actuelle et anticipée	Récurrente	Considérable
Migration terminale et frai, incubation et élevage en eau douce	Dégradation de l'habitat : intégrité de l'habitat suffisamment dégradée pour nuire aux exigences en matière de rassemblement, d'élevage ou de migration précoce des saumoneaux vers le large.	Connue	Faible	Élevée	Faible (2)	Antérieure, actuelle et anticipée	Continue	Considérable
Migration terminale et frai	Pêche : mortalité des adultes accrue en raison des pêches terminales	Connue	Faible	Très élevée	Faible (1)	Antérieure, actuelle et anticipée	Récurrente	Restreinte

Tableau 10 Facteurs limitatifs pour la survie et le rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw. Seuls les facteurs limitatifs qui ont été notés comme moyens ou supérieurs sont présentés. Les facteurs limitatifs sont classés en fonction de leur cote de risque.

Stade du cycle biologique	Facteur limitatif	Probabilité d'occurrence	Niveau de répercussions	Certitude causale	Risque pour la population	Occurrence des facteurs limitatifs	Fréquence des facteurs limitatifs	Étendue des facteurs limitatifs
Migration terminale et frai	Pertes importantes en raison de la prédation (LF1)	Connue	Extrême	Élevée	Élevé (2)	Antérieure, actuelle et anticipée	Continue	Considérable
Incubation en eau douce	Prédation sur les œufs et les alevins (par le chabot, la truite fardée, le méné deux-barres, le saumon coho, les oiseaux, etc.) [LF14]	Connue	Élevée	Faible	Élevé (4)	Antérieure, actuelle et anticipée	Continue	Considérable
Migration et élevage en mer	Les réseaux trophiques « océaniques chauds » favorisent un taux de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte inférieur à la moyenne et des montaisons inférieures à la moyenne (LF32).	Connue	Extrême	Moyenne	Élevé (3)	Antérieure, actuelle et anticipée	Récurrente	Considérable
Migration et élevage en mer	La concurrence dépasse la fourchette de référence historique et est associée à une croissance dépendante de la densité ou à des résultats de survie qui sont négatifs pour le saumon rouge du lac Sakinaw (LF29).	Probable	Élevé	Faible	Élevé (4)	Actuelle/anticipée	Continue	Considérable
Migration et élevage en mer	L'abondance de prédateurs et les niveaux supposés de prédation sur les saumoneaux et les adultes dépassent la fourchette de référence. Le changement d'état est associé à un taux de	Connue	Extrême	Élevée	Élevé (2)	Antérieure, actuelle	Continue	Considérable

Stade du cycle biologique	Facteur limitatif	Probabilité d'occurrence	Niveau de répercussions	Certitude causale	Risque pour la population	Occurrence des facteurs limitatifs	Fréquence des facteurs limitatifs	Étendue des facteurs limitatifs
	survie réduit et à des montaisons d'adultes inférieures à la moyenne (LF33).							
Élevage en eau douce	Les niveaux élevés de concurrence ou de prédation (des espèces indigènes ou exotiques) réduisent la capacité biotique du lac en matière d'alevins et de saumoneaux sauvages (LF21).	Connue	Moyen	Faible	Moyen (4)	Actuelle/anticipée	Continue	Considérable
Élevage en eau douce	Les niveaux élevés de parasitisme réduisent la capacité biotique du lac en matière d'alevins et de saumoneaux sauvages (LF22).	Connue	Moyen	Faible	Moyen (4)	Actuelle/anticipée	Continue	Considérable
Élevage en eau douce	La structure variable du réseau trophique (changements d'espèces) entraîne une capacité biotique inférieure à la moyenne pour les alevins et les saumoneaux (LF18).	Probable	Moyen	Faible	Moyen (4)	Actuelle/anticipée	Continue	Considérable
Migration et élevage en mer	L'incidence ou les répercussions des parasites ou des agents pathogènes sur la croissance ou la survie exprimées aux niveaux épidémiques associés à la croissance, à la survie et aux montaisons d'adultes inférieures à la moyenne (LF35).	Probable	Moyen	Faible	Moyen (4)	Antérieure, actuelle et anticipée	Continue	Considérable

Tableau 11 Dénombrements des saumoneaux rouges du lac Sakinaw en dévalaison examinés en vue de détecter la présence de copépodes sur leurs branchies.

	Année													
Copépodes présents	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Non	936	63	4	2,234	14	32	123	298	165	115	419	670	179	208
Oui	64	0	4	69	0	5	9	94	13	11	26	14	123	23
Nombre total de poissons	1 000	63	8	2 303	14	37	132	392	178	126	445	684	302	231

Tableau 12 Proposition d'indicateurs de stocks de saumons rouges du lac Sakinaw et d'objectifs de rétablissement.

Indicateur provisoire de l'état des stocks	Description
1) Croissance de la population	Croissance continue dans la moyenne générationnelle en augmentant l'abondance des reproducteurs au total par rapport à l'année d'éclosion (quatre ans auparavant) pendant au moins trois de quatre années consécutives, une fois le plan de rétablissement mis en œuvre.
2) 500 reproducteurs au total	Une moyenne de 500 reproducteurs chaque année sur une période de quatre ans avec au moins 100 poissons.
3) 1 000 reproducteurs au total	Une moyenne de 1 000 reproducteurs chaque année sur une période de quatre ans avec au moins 500 poissons. Critère D1 du COSEPAC et objectif de rétablissement de 2005.
Objectif de rétablissement	Description
1) 2 440 reproducteurs au total	Valeur $S_{\text{gén}}$. Atteindre en une année.
2) 4 470 reproducteurs au total	Valeur de 80 % de S_{RMS} . Atteindre en une année.
3) Frai sur les plages Sharon, Haskin et Ruby	Les trois plages de frai qui ont été utilisées le plus récemment. Pour atteindre un objectif de rétablissement de 5, il est probable que les cinq plages de frai seraient nécessaires pour fournir un habitat de frai à tous les reproducteurs.

Tableau 13 Mesures du rendement utilisées pour évaluer les trajectoires de population du nombre de saumons rouges du lac Sakinaw reproducteurs. « N_t » fait référence au nombre de reproducteurs sauvages ou naturels au cours de l'année t . « Moyenne » indique une moyenne sur l'ensemble des années de montaison.

Indicateur de l'état des stocks	Règle	Statistique
1 – Croissance totale de la population de reproducteurs	Croissance générationnelle (Moyenne($N_t:N_{t-3}$) > Moyenne($N_{t-4}:N_{t-7}$)) ET croissance cycle après cycle sur 3 de 4 années consécutives (p. ex. $N_t > N_{t-4}$, ET $N_{t-1} > N_{t-5}$)	Pourcentage d'années où les objectifs ont été atteints
2 – Une moyenne de 500 reproducteurs au total chaque année sur une période de quatre ans avec au moins 100 poissons.	Moyenne($N_t : N_{t-3}$) > = <i>GenLimit</i> (500 reproducteurs) et $N_t > \text{CycleLimit}$ (100 reproducteurs)	Pourcentage d'années où les objectifs ont été atteints
3 – Une moyenne de 1 000 reproducteurs au total chaque année sur une période de quatre ans avec au moins 500 poissons.	Identique à la cible de rétablissement 2, à l'exception de 1 000 (<i>GenLimit</i>) et 500 (<i>CycleLimit</i>) reproducteurs.	Pourcentage d'années où les objectifs ont été atteints
Objectif de rétablissement	Règle	Statistique
1 – 2 440 reproducteurs au total	(Proportion d'essais avec toutes les abondances au cours de la cinquième génération ($N_{2033:2037} \geq 2\,440$) x 100	Probabilité que les quatre lignées aient dépassé l'objectif au cours de la 17 ^e à la 20 ^e année
2 – 4 470 reproducteurs au total	(Proportion d'essais avec toutes les abondances au cours de la cinquième génération ($N_{2033:2037} \geq 4\,470$) x 100	Probabilité que les quatre lignées aient dépassé l'objectif au cours de la 17 ^e à la 20 ^e année
Extinction	$N_{T,t} < \text{ExtLimit}$	Vrai/faux par simulation (ou % de simulations sur plusieurs essais) avec quatre années consécutives où l'abondance des reproducteurs < <i>ExtLimit</i>

Tableau 14 Superficie totale des plages de frai et superficie utilisée selon un relevé par plongée de 2012 (J. Wilson, données non publiées).

Plage de frai	Superficie totale (m²)	Superficie utilisée (m²)
Morgan	1 625	900
Fraser	345	225
Snag	600	230
Haskin	175	35
Ruby	300	?
Kokomo	?	?
Prospector	?	?
Total	3 045	1 390

Tableau 15 Résumé des simulations sur 100 ans (1 000 essais) de la population qui s'est éteinte (%) et pourcentage d'années pendant lesquelles les indicateurs provisoires de l'état des stocks et les objectifs de rétablissement ont été atteints pour les reproducteurs sauvages et tous les reproducteurs. Toutes les simulations présentées ci-dessous comprenaient un programme de reproduction en captivité de 1 900 adultes.

Montaison	Survie en mer (%)	Survie en eau douce	Population éteinte ⁷ (% de simulations)	Indicateurs provisoires de l'état des stocks et objectifs de rétablissement (% d'années où les objectifs ont été atteints)									
				Accroître l'abondance de la population		500 reproducteurs		1 000 reproducteurs		2 440 reproducteurs		4 470 reproducteurs	
				Sauvage	Total	Sauvage	Total	Sauvage	Total	Sauvage	Total	Sauvage	Total
1	0,49	Présent	2	25	27	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	Présent	0	25	26	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	Présent	0	24	27	0	4	0	0	0	0	0	0
4	3	Présent	0	25	27	0	19	0	2	0	0	0	0
5	4	Présent	0	26	28	0	39	0	6	0	0	0	0
6	8	Présent	0	28	29	5	76	0	31	0	0	0	0
7	12	Présent	0	29	30	8	82	1	43	0	0	0	0
8	0,49	1,5x	1	25	27	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1,5x	0	25	27	0	1	0	0	0	0	0	0
10	2	1,5x	0	25	27	0	19	0	2	0	0	0	0
11	3	1,5x	0	26	29	1	46	0	9	0	0	0	0
12	4	1,5x	0	27	29	2	63	0	19	0	0	0	0
13	8	1,5x	0	30	31	8	81	1	43	0	0	0	0

⁷ L'extinction a été définie comme une simulation qui se traduit par < 50 reproducteurs au total.

Montaison	Survie en mer (%)	Survie en eau douce	Population éteinte ⁷ (% de simulations)	Indicateurs provisoires de l'état des stocks et objectifs de rétablissement (% d'années où les objectifs ont été atteints)									
				Accroître l'abondance de la population		500 reproducteurs		1 000 reproducteurs		2 440 reproducteurs		4 470 reproducteurs	
				Sauvage	Total	Sauvage	Total	Sauvage	Total	Sauvage	Total	Sauvage	Total
14	12	1,5x	0	30	31	9	79	1	46	0	0	0	0
15	0,49	2x	1	25	28	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	2x	0	25	27	0	4	0	0	0	0	0	0
17	2	2x	0	26	28	1	38	0	6	0	0	0	0
18	3	2x	0	28	30	2	63	0	19	0	0	0	0
19	4	2x	0	29	30	5	75	0	30	0	0	0	0
20	8	2x	0	31	31	8	79	1	46	0	0	0	0
21	12	2x	0	31	31	8	74	1	44	0	1	0	0

Tableau 16 Menaces et facteurs qui influent sur la productivité du saumon rouge du lac Sakinaw selon le stade biologique, mesures d'atténuation proposées et réduction estimée de la mortalité. Seuls les menaces et les facteurs limitatifs liés aux mesures d'atténuation sont présentés.

Stade du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	Atténuation	Réduction de la mortalité
Migration terminale et frai	Mortalité des adultes accrue en raison des pêches terminales	- Élaborer un programme d'échantillonnage avec les Premières Nations afin de définir le nombre de saumons rouges du lac Sakinaw capturés par les groupes autochtones lors des pêches alimentaires, sociales et rituelles (ASR), puisqu'il est inconnu actuellement. - Poursuivre les politiques de gestion des pêches qui restreignent la pêche dans le détroit de Johnstone jusqu'à la fin du mois de juillet, alors qu'environ 50 % des saumons rouges du lac Sakinaw sont revenus dans le lac Sakinaw.	Négligeable
	Pertes importantes en raison de la prédation (LF1)	- Un plan de gestion qui traite des phoques, des lions de mer et des loutres de rivière. Le piégeage de la loutre de rivière est une éventuelle option d'atténuation pour augmenter le nombre de saumons rouges du lac Sakinaw reproducteurs. - Effrayer les prédateurs à la passe migratoire. La présence de personnel au barrage est nécessaire pendant la migration afin de limiter la prédation. - La présence de personnel est requise pour ajuster le débit du lac et dégager les obstructions dans la passe migratoire et la fascine.	Les années au cours desquelles la loutre de rivière tue en moyenne 5 % des échappées.
Incubation en eau douce	Prédation sur les œufs et les alevins (par le chabot, la truite fardée, le méné deux-barres, le saumon coho, les oiseaux, etc.) [LF14]	Cages d'exclusion des prédateurs ou filets maillants sur les plages de frai pour protéger les œufs et les alevins. D'autres recherches sont nécessaires pour déterminer s'il s'agit d'un facteur causal de la diminution de la productivité en eau douce.	Difficile d'en connaître l'ampleur sans d'autres recherches, mais elle pourrait atteindre 25 % (Foote et Brown 1998).

Stade du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	Atténuation	Réduction de la mortalité
Élevage en eau douce	Les niveaux élevés de concurrence ou de prédation (des espèces indigènes ou exotiques) réduisent la capacité biotique du lac en matière d'alevins et de saumoneaux sauvages (LF21).	Une meilleure compréhension de la dynamique de ses prédateurs et de ses concurrents potentiels (p. ex. la truite fardée et le saumon rouge) est requise afin de vérifier s'il s'agit d'un facteur déterminant de la réduction de la survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau. Une possible atténuation comprend l'élimination des concurrents et des prédateurs grâce à l'augmentation de la pression de la pêche récréative ou l'élimination des individus de leurs frayères au moyen d'une coordination avec les groupes d'intendance locaux.	Difficile à quantifier sans d'autres recherches. Elle pourrait atteindre 40 % (Nowak <i>et al.</i> , 2004, Beauchamp <i>et al.</i> , 2005).
Migration et élevage en mer	Les réseaux trophiques « océaniques chauds » favorisent un taux de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte inférieur à la moyenne et des montaisons inférieures à la moyenne (LF32).	La remise à l'eau d'un plus grand nombre d'alevins dans le lac que ce qui est fait actuellement augmenterait le nombre de saumoneaux en dévalaison et d'adultes en montaison. Cependant, cela n'atténue pas directement le facteur limitatif du mauvais taux de survie en milieu marin. Cette option provoquerait également une augmentation importante du coût financier.	Aucun changement en ce qui concerne la mortalité à moins qu'il n'y ait une mortalité dépensatoire.
	L'abondance de prédateurs et les niveaux supposés de prédation sur les saumoneaux et les adultes dépassent la fourchette de référence. Le changement d'état est associé à un taux de survie réduit et à des montaisons d'adultes inférieures à la moyenne (LF33).	Identique aux <i>pertes importantes dues à la prédation</i> (LF1).	Il n'existe pas de données sur l'effet de ce facteur. Une estimation serait de 5 %.

Stade du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	Atténuation	Réduction de la mortalité
	Mortalité ou effets sublétaux élevés en raison des polluants aquatiques (LF31)	- La Première Nation Sechelt participe à un processus de planification de la zone côtière qui comprend la région près de l'embouchure du ruisseau Sakinaw. - Plans d'intervention en cas de déversement dotés des ressources adéquates afin d'intervenir rapidement en cas de déversement. - Plans de gestion de l'eau, d'utilisation des terres et de gestion des déchets industriels, ainsi que d'autres plans similaires de protection de l'environnement, afin de réduire le ruissellement des polluants des terres vers l'océan.	Difficile à quantifier et les évaluations sont limitées.
Migration terminale et frai; incubation et élevage en eau douce	Intégrité de l'habitat suffisamment dégradée pour avoir une incidence négative sur les exigences associées à tous les stades juvéniles et au rassemblement, à la croissance et à la première migration des saumoneaux vers la mer.	- Restreindre le développement, l'exploitation forestière et les autres activités industrielles situées en amont de l'habitat de frai du saumon rouge du lac Sakinaw afin de réduire les effets des sédiments, de la stabilité de la pente et des eaux souterraines sur les plages de frai. - Restaurer la fluctuation naturelle des niveaux du lac afin de réduire la végétation benthique littorale qui réduit la disponibilité de l'habitat de frai. - Poursuivre les relevés annuels par plongée sur les lieux de ponte pour surveiller l'habitat de frai afin de documenter les changements de la qualité de l'habitat pour que la restauration puisse être effectuée au besoin.	Difficile de quantifier la réduction de la mortalité, mais permettrait de maintenir la qualité de l'habitat de frai.
Écloserie	Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau (LF39)	- Un nouveau site d'écloserie offrant de l'eau de surface pour un programme à long terme dans le secteur de Pender Harbour. Cela permettra aux alevins marqués par une rognure d'être remis à l'eau à la mi-juin afin de reproduire éventuellement les taux de survie précédents d'Ouillet. - Depuis 2012, des alevins ont été relâchés dans des eaux plus profondes où les poissons peuvent	Difficile à estimer, mais une réduction maximale de la mortalité serait de 20 à 25 % selon les taux de survie de l'état d'alevin à celui de saumoneau plus élevés observés dans d'autres réseaux (K. Hyatt,

Stade du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	Atténuation	Réduction de la mortalité
		nager directement vers des eaux plus froides; cependant, on n'a pas observé d'augmentation de la survie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau. • La réduction de la durée du transport et la diminution de la température de l'eau du réservoir avant la remise à l'eau ont été définies comme deux options d'atténuation. Le transport du poisson de l'écloserie Rosewall au lac Sakinaw par hélicoptère permettrait de réduire la durée du transport et, par conséquent, la mortalité. • Réfrigération des réservoirs de transport pour maintenir la température de l'eau plus basse. • Remise à l'eau des alevins à la fin de l'été ou au début de l'automne lorsque les alevins sont plus gros.	MPO, comm. pers.).

Tableau 17 Résumé des simulations sur 100 ans (1 000 essais) basées sur les options d'atténuation. Les valeurs correspondent au pourcentage d'années pendant lesquelles la population s'est éteinte ou a atteint les objectifs de rétablissement pour les reproducteurs sauvages et l'ensemble des reproducteurs. Toutes les simulations présentées ci-dessous comprenaient un programme de reproduction en captivité de 1 900 adultes.

Paramètres modifiés	Popula- tion éteinte (% de simula- tions)	Objectifs de rétablissement (% d'années où les objectifs ont été atteints)									
		Accroître l'abondance de la population		500 reproducteurs		1 000 reproducteurs		2 440 reproducteurs		4 470 reproducteurs	
		Sauvage	Naturel	Sauvage	Total	Sauvage	Total	Sauvage	Total	Sauvage	Total
Survie en mer = 2,5 %, augmentation de la survie en eau douce 100 %, mortalité avant la ponte = 5 %	0	28	30	2	59	0	15	0	0	0	0

Tableau 18 Dénombrements à la passe migratoire lorsque les poissons entrent dans le lac et dénombrements par plongée. Les dénombrements par plongée ne constituent pas des estimations fiables du nombre de poissons dans le lac ou de la mortalité dans le lac associée étant donné la difficulté à trouver les poissons dans un grand lac et le nombre de jours entre les plongées.

Année	Dénombrement à la passe migratoire	Nombre total de dénombrements par plongée
1999	Pas de dénombrement	0
2000	Pas de dénombrement	20
2001	60	29
2002	78	43
2003	3	Pas de plongées
2004	99	91
2005	24	22
2006	1	Pas de plongées
2007	0	Pas de plongées
2008	0	Pas de plongées
2009	1	0
2010	29	24
2011	554	465
2012	244	219
2013	143	135
2014	464	286
2015	721	Pas de plongées
2016	172	Pas de plongées

FIGURES

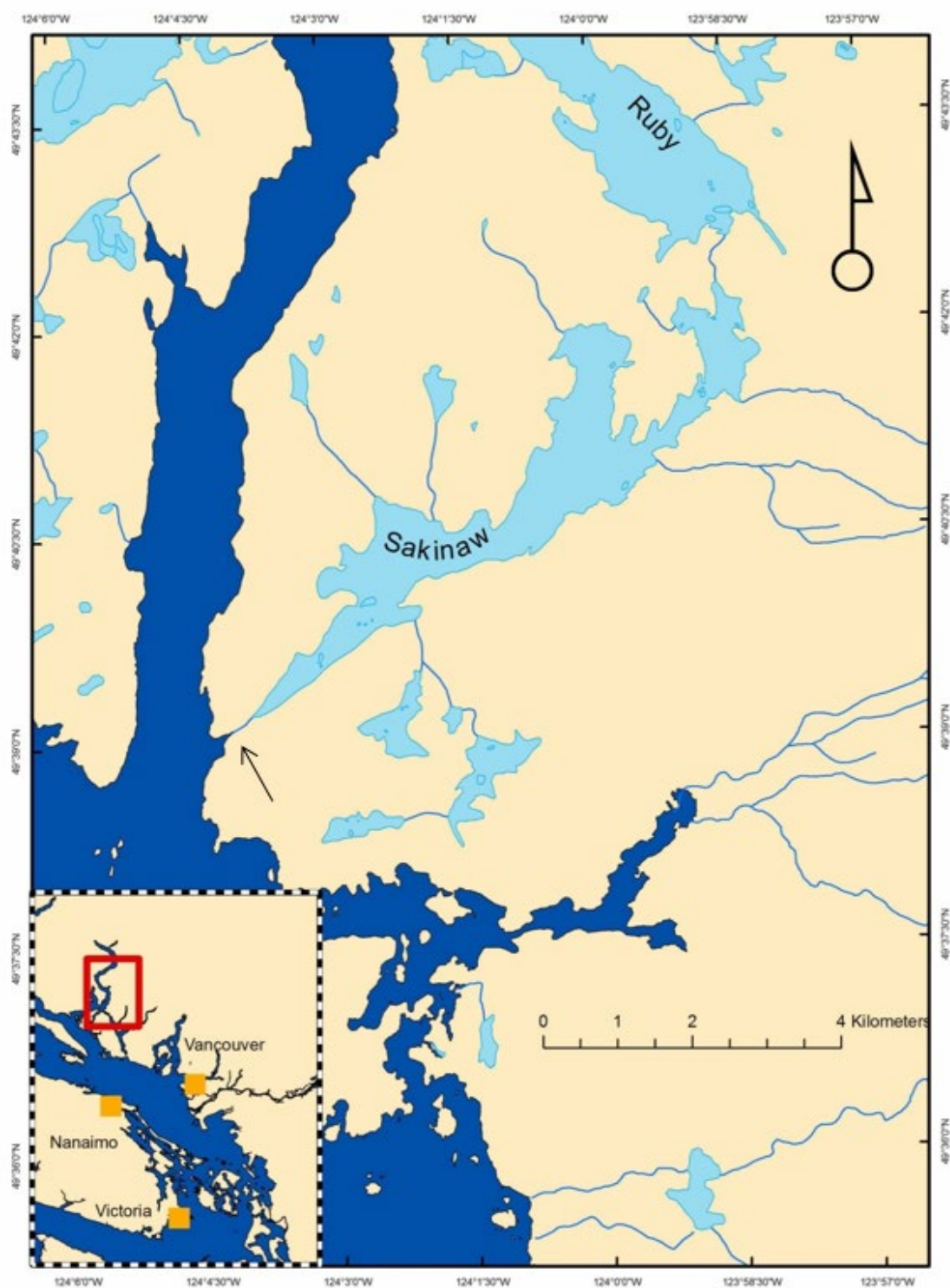


Figure 1 Lac Sakinaw (bleu clair) situé sur la péninsule Sechart, sur la côte de la Colombie-Britannique. Le détroit de Georgia se situe à l'ouest (bleu foncé).

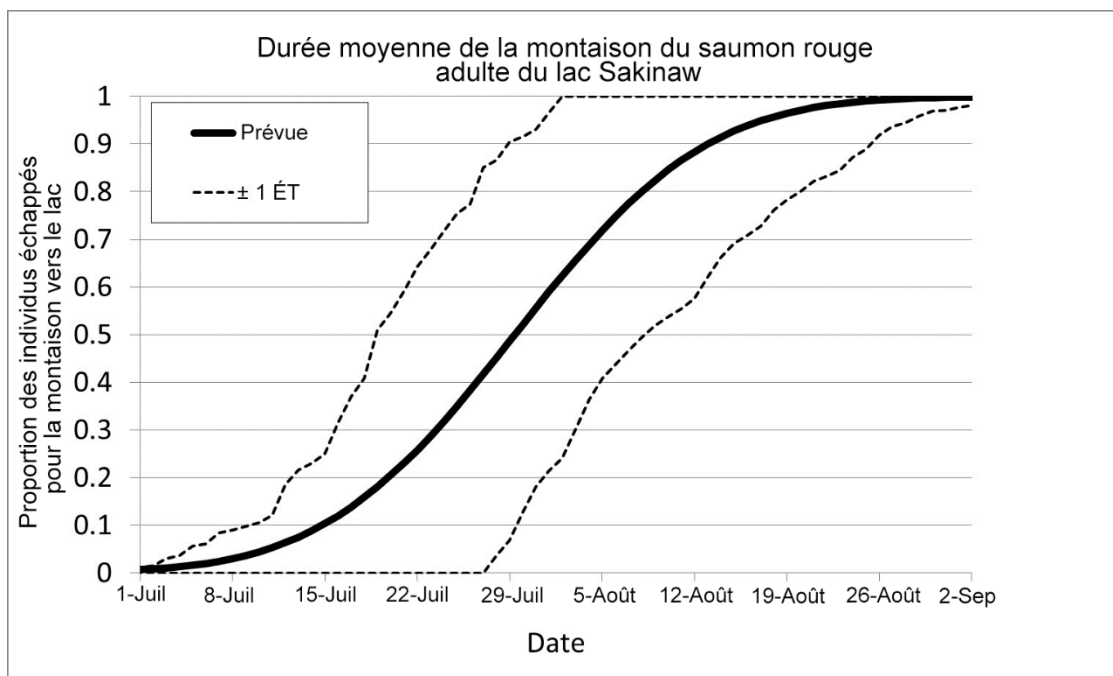


Figure 2 Durée moyenne de la montaison du saumon rouge adulte du lac Sakinaw.

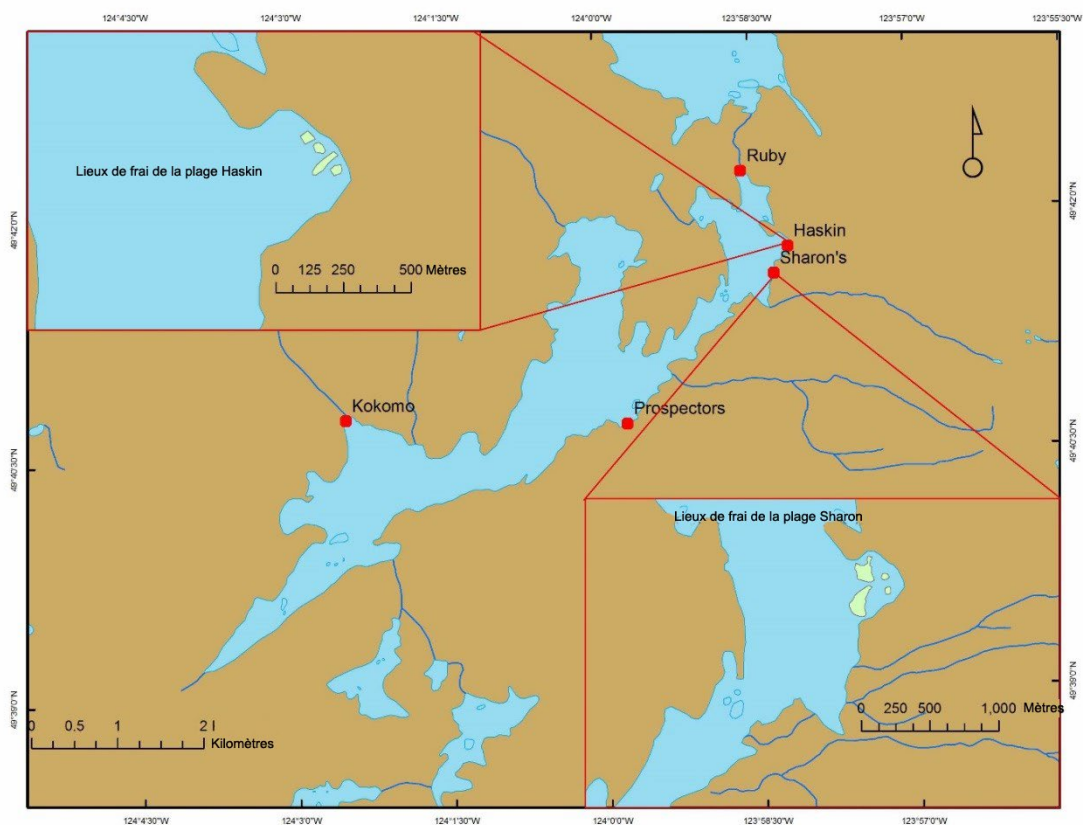


Figure 3 Plages de frai du lac Sakinaw. On sait que le frai a actuellement lieu sur les plages Sharon et Haskin. Les polygones vert clair représentent les lieux de frai.

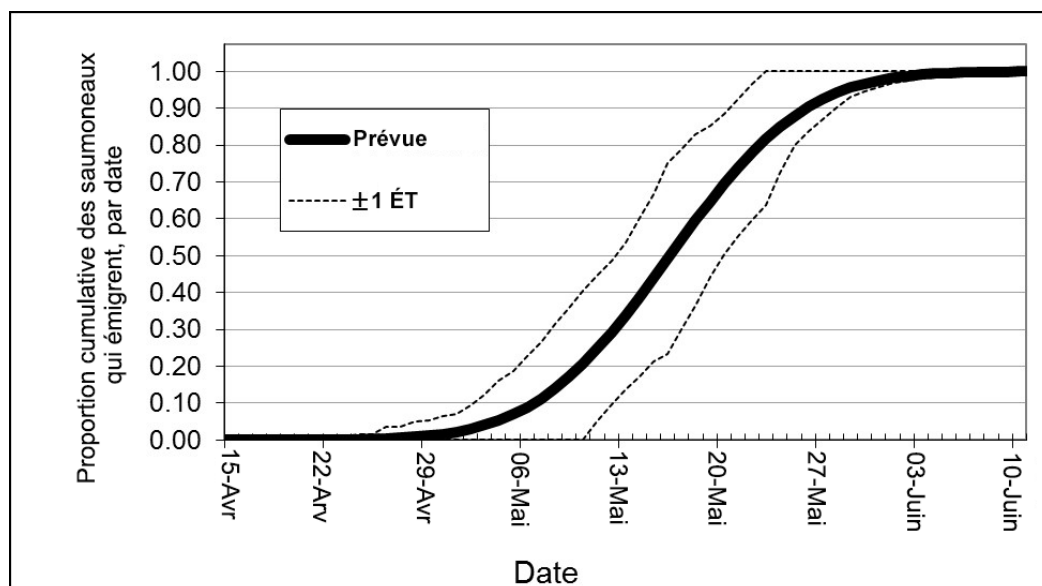


Figure 4 Période de montaison moyenne du saumon rouge adulte du lac Sakinaw.

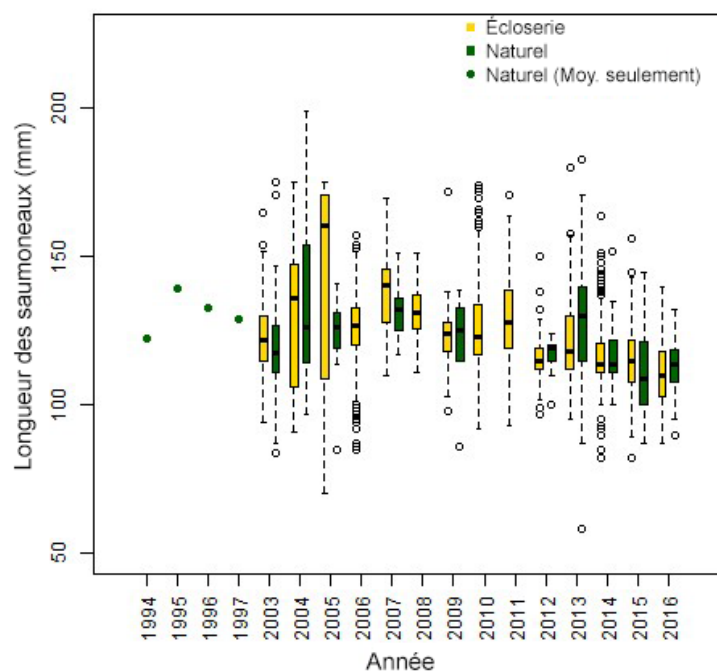


Figure 5 Origine naturelle et longueur des saumoneaux d'éclosionerie (mm) de 1994 à 1997 et de 2003 à 2016. Seules des moyennes sont disponibles pour 1994 à 1997 (Murray et Wood 2002). Des valeurs aberrantes (éclosionerie, 242 mm) en 2004 et (éclosionerie, 310 mm) en 2005 ont été supprimées à des fins graphiques.

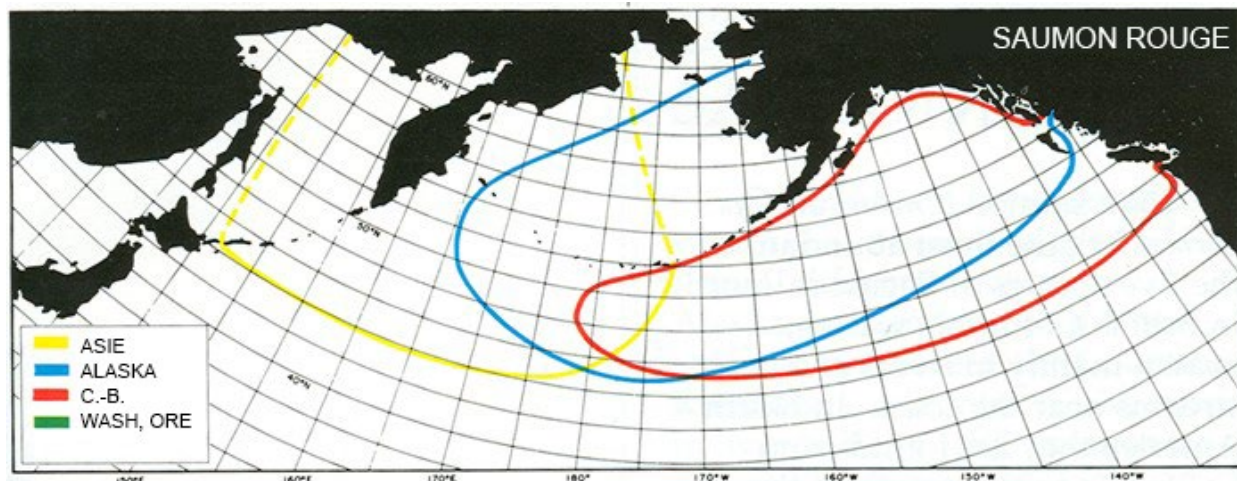


Figure 6 Répartition généralisée des saumons rouges adultes dans l'océan Pacifique Nord (Groot 1994).

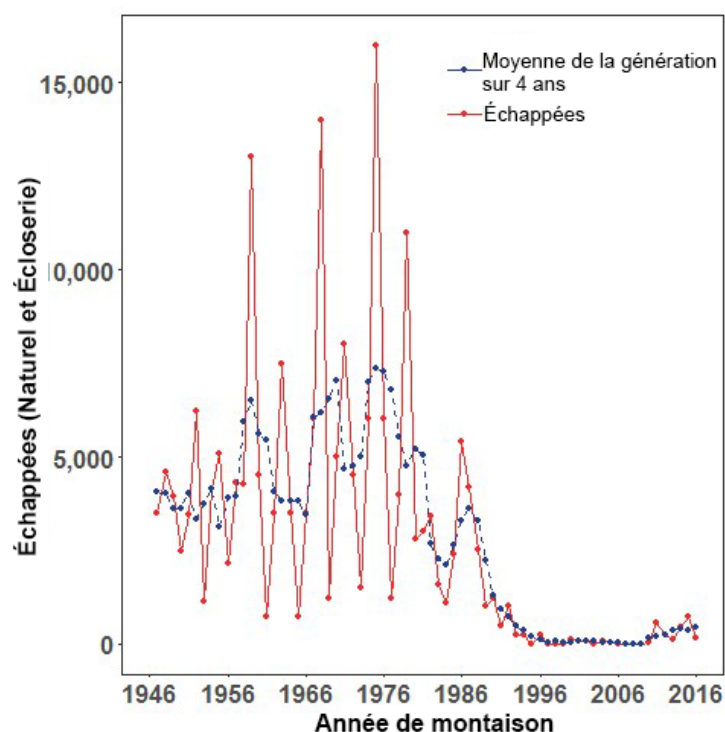


Figure 7 Échappées du saumon rouge du lac Sakinaw de 1947 à 2016. Les dénombrements de 1953 à 1994 proviennent des données du formulaire BC-16. Les données sont insuffisantes pour les années 1995, 1997 et 1998, elles ont donc été omises. Les données de 1999 à 2001 se basaient sur des relevés par plongée aux plages de frai qui sont sous-estimés par rapport aux dénombrements à la passe migratoire en raison de la mortalité dans le lac (biais pouvant atteindre 10 % selon les estimations). Les dénombrements de 2003 à 2016 proviennent d'un système de vidéo numérique installé à la passe migratoire. Voir le Tableau 3 pour les données tabulaires sur les échappées et les descriptions de la qualité des données.

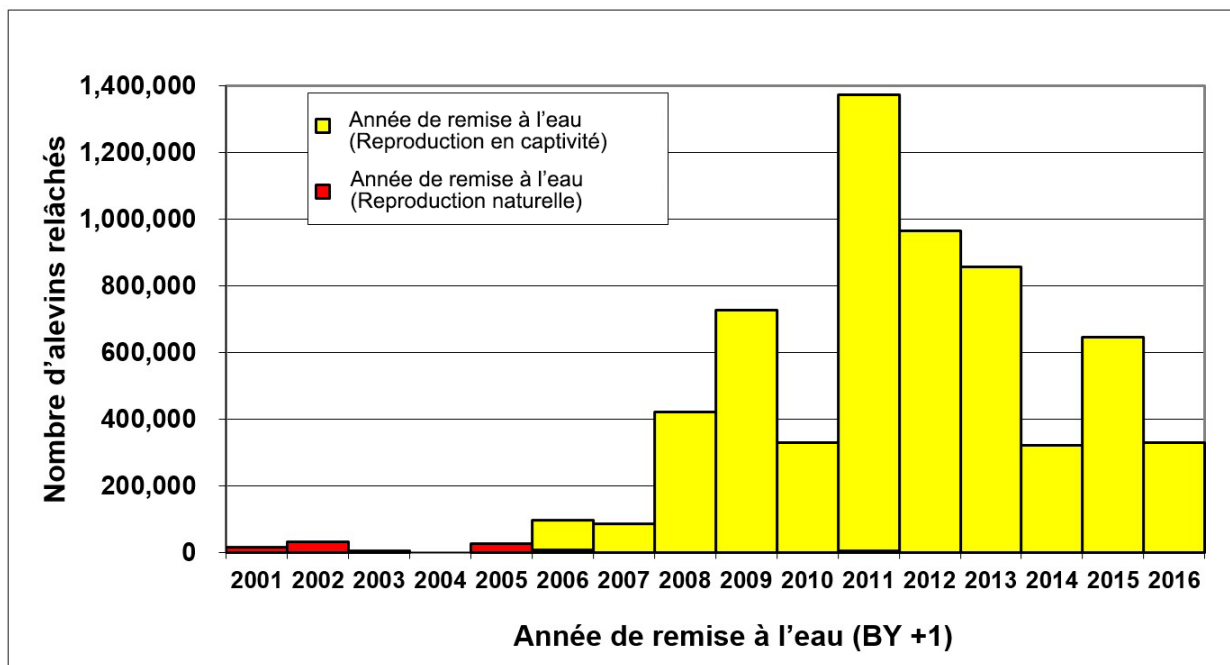


Figure 8 Nombre d'alevins d'écloserie de reproduction en captivité et d'alevins d'écloserie de reproduction naturelle relâchés par année de remise à l'eau (année initiale + 1).

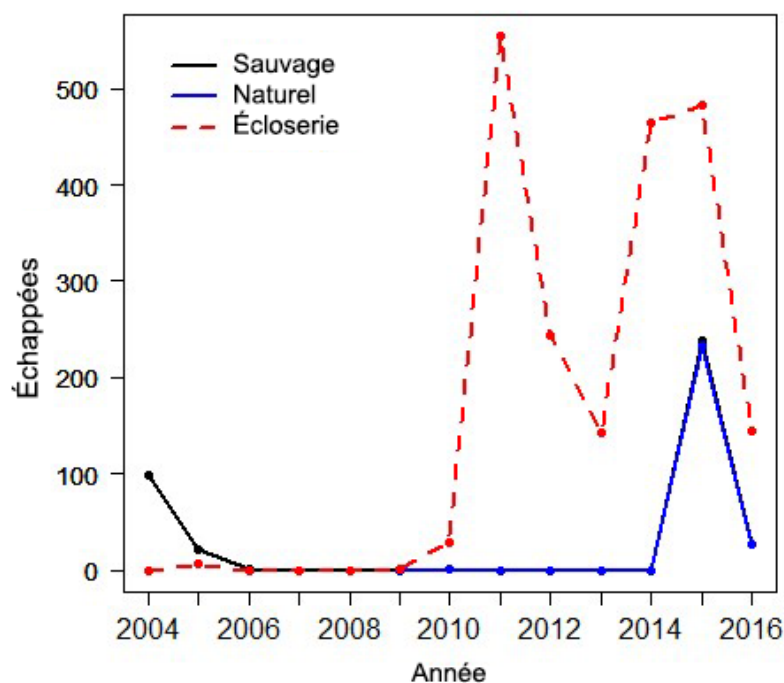


Figure 9 Échappées de saumons rouges du lac Sakinaw d'origine naturelle et d'écloserie entre 2004 et 2016.

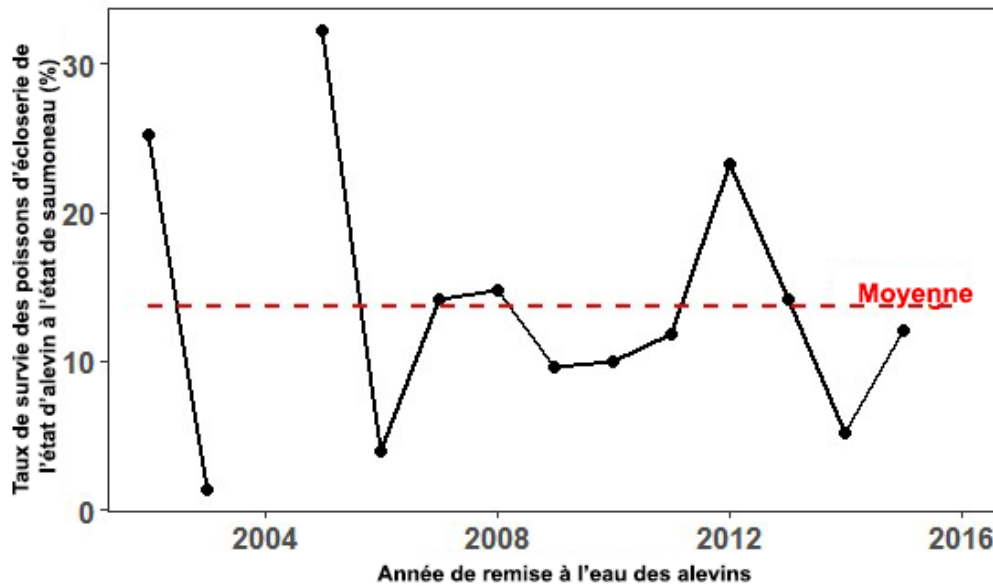


Figure 10 Taux de survie des poissons d'écloserie de l'état d'alevin à l'état de saumoneau (%) de 2002 à 2015 (année de remise à l'eau des alevins).

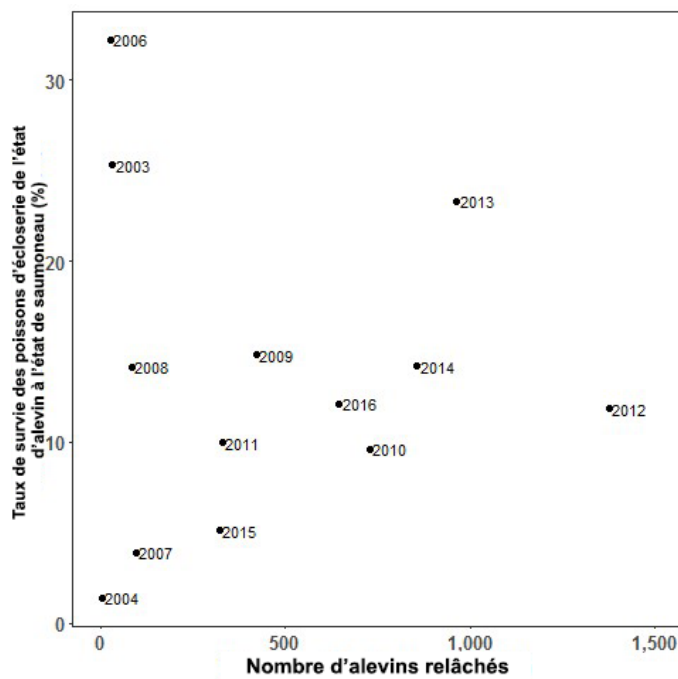


Figure 11 Taux de survie en eau douce (%) des saumons rouges du lac Sakinaw de l'état d'alevin à l'état de saumoneau par rapport au nombre d'alevins relâchés.

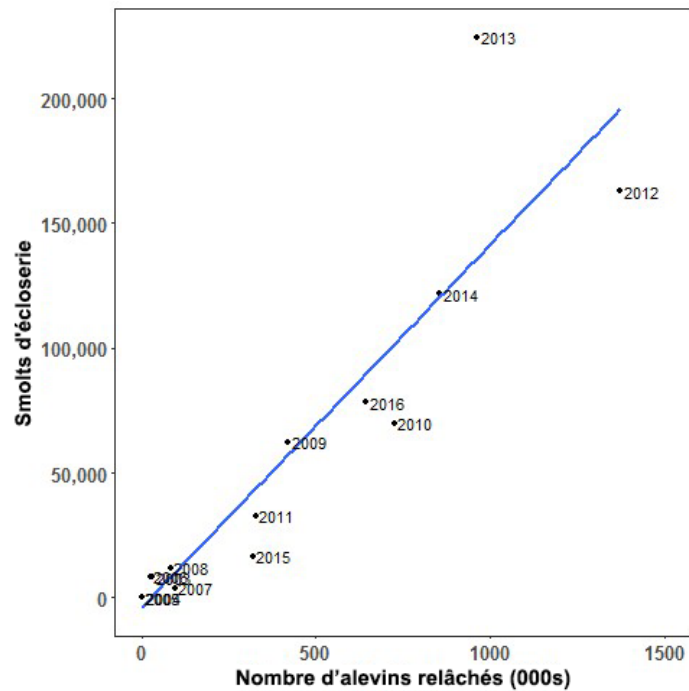


Figure 12 La relation entre le nombre d'alevins relâchés et le nombre de saumoneaux d'écloserie dénombrés au barrage. Les années sont les années des saumoneaux (année d'éclosion + 2).

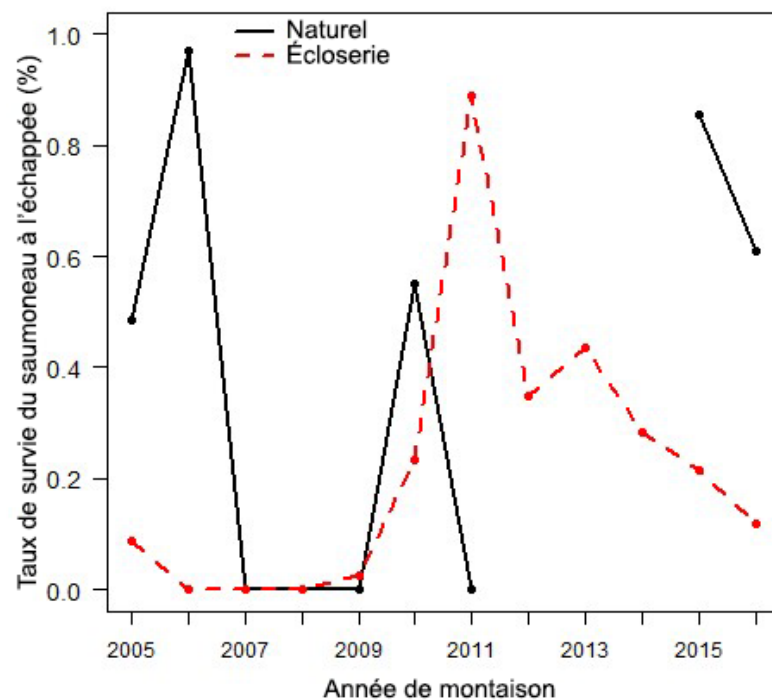


Figure 13 Survie en milieu marin (du saumoneau à l'échappée) du saumon rouge du lac Sakinaw d'origine naturelle et d'écloserie de 2005 à 2015 (année de montaison).

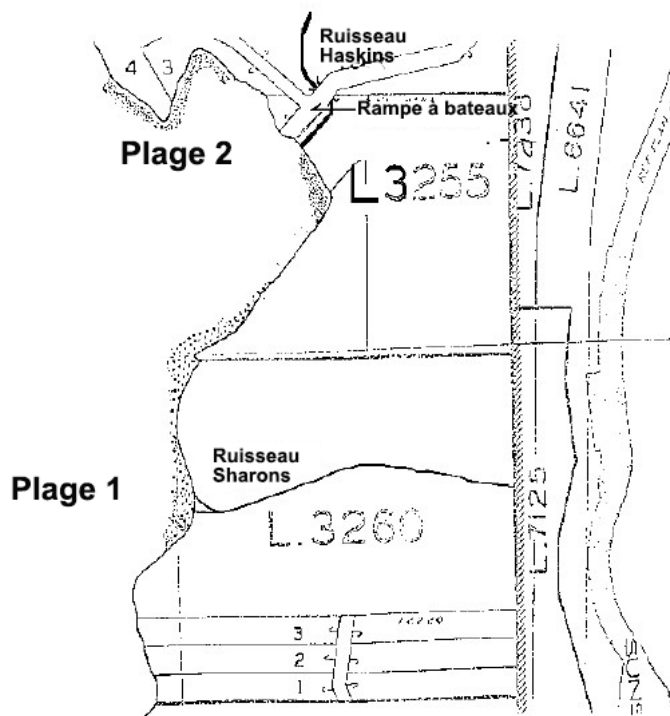


Figure 14 Emplacements des plages de frai Sharon (plage 1) et Haskin (plage 2) au lac Sakinaw (Murray et Wood 2002).

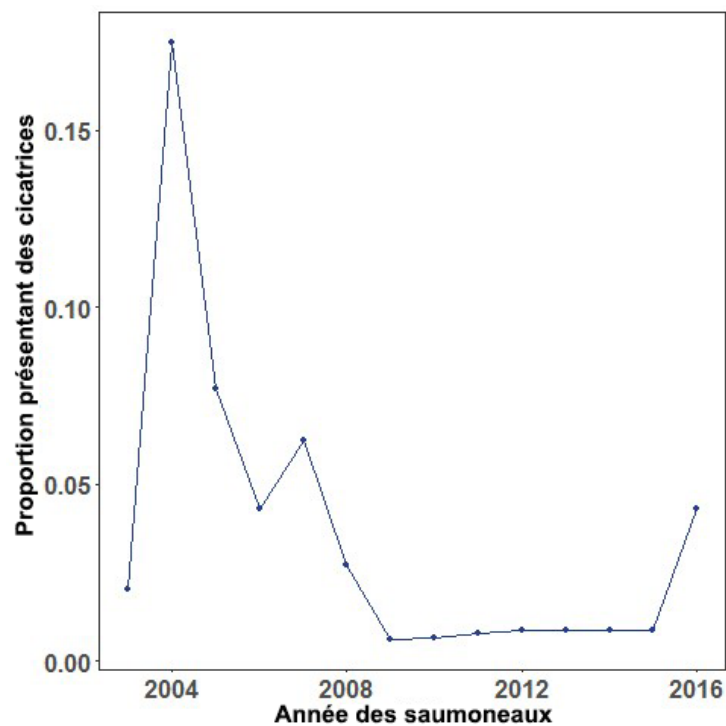


Figure 15 Proportion de saumoneaux du lac Sakinaw en dévalaison qui présentent des marques de lamproie.

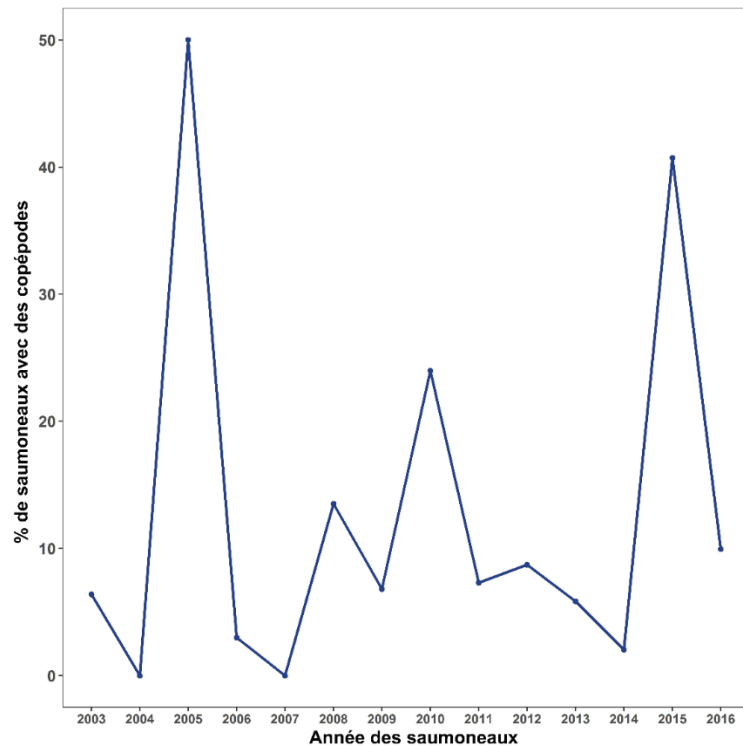


Figure 16 Proportion de saumoneaux sous-échantillonnés en dévalaison depuis le lac Sakinaw présentant des copépodes sur leurs branchies. En 2005, seuls huit poissons ont été sous-échantillonnés.

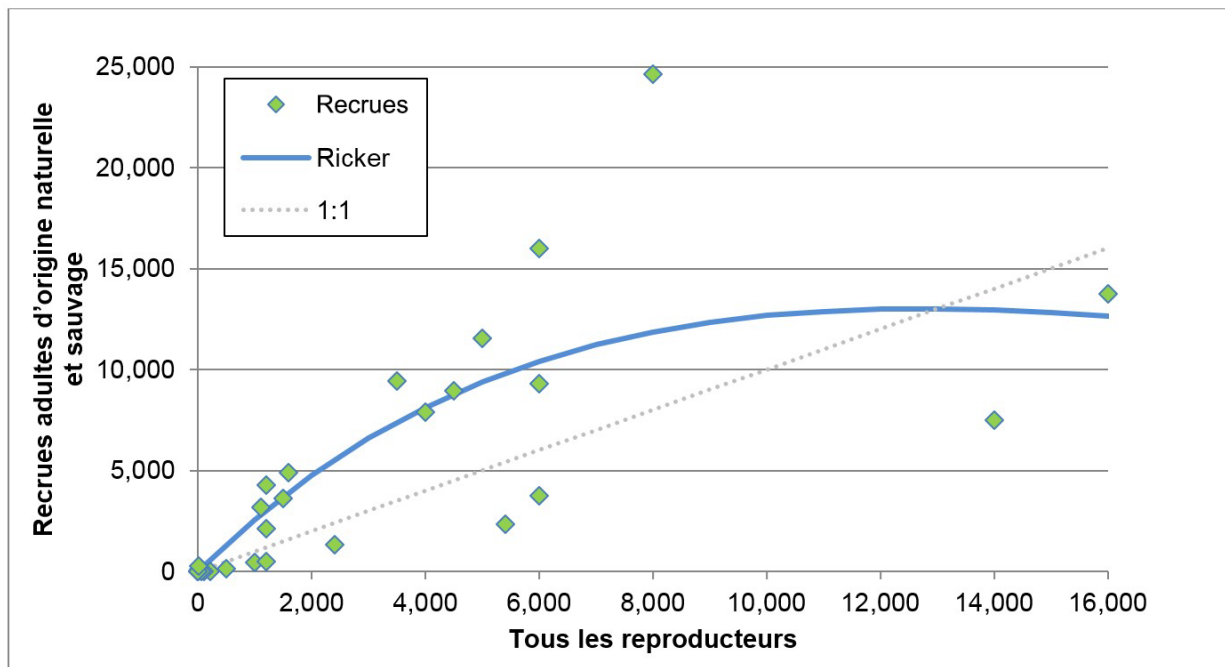


Figure 17 Recrues de saumon rouge du lac Sakinaw d'origine naturelle et tous les reproducteurs avec un modèle standard stock-recrutement de Ricker adapté aux données ($R = Se^{a[1-(\frac{S}{b})]}$).

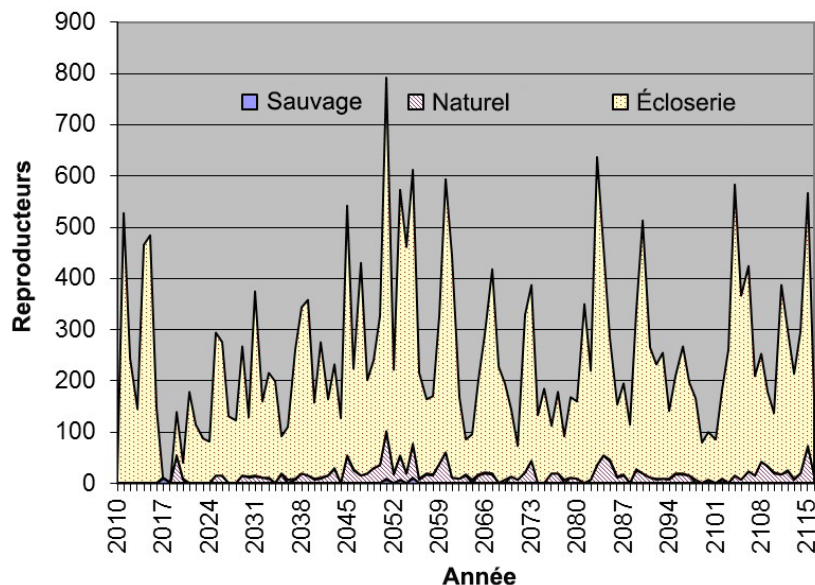


Figure 18 Une version d'essai d'une simulation de la viabilité de la population sur 100 ans dans les conditions actuelles.

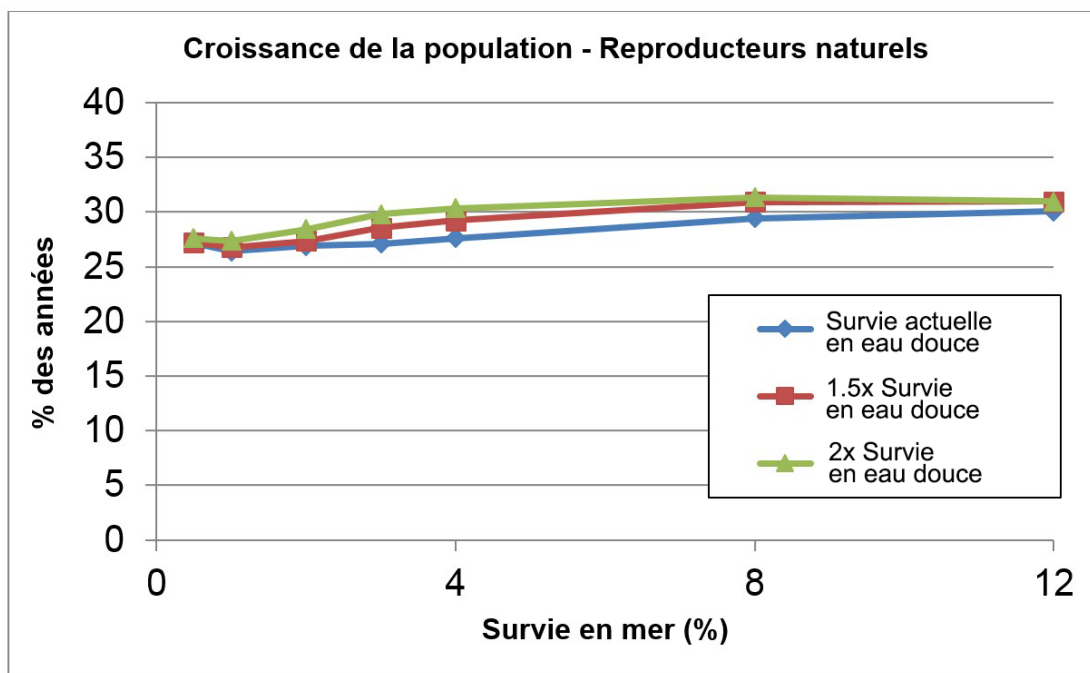


Figure 19 Pourcentage des années (probabilité) pour lesquelles l'indicateur de l'état des stocks de reproducteurs naturels est atteint d'après le modèle d'analyse de viabilité des populations.

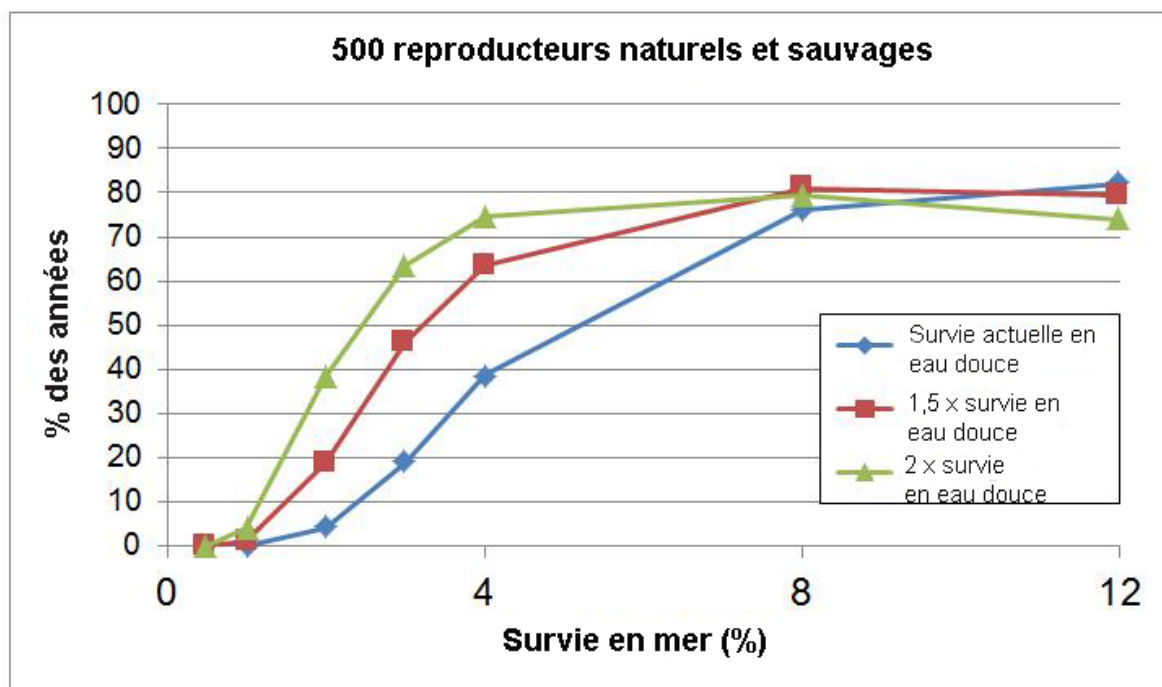


Figure 20 Pourcentage des années (probabilité) pour lesquelles l'indicateur de l'état des stocks de reproducteurs naturels et sauvages est atteint d'après le modèle d'analyse de viabilité des populations.

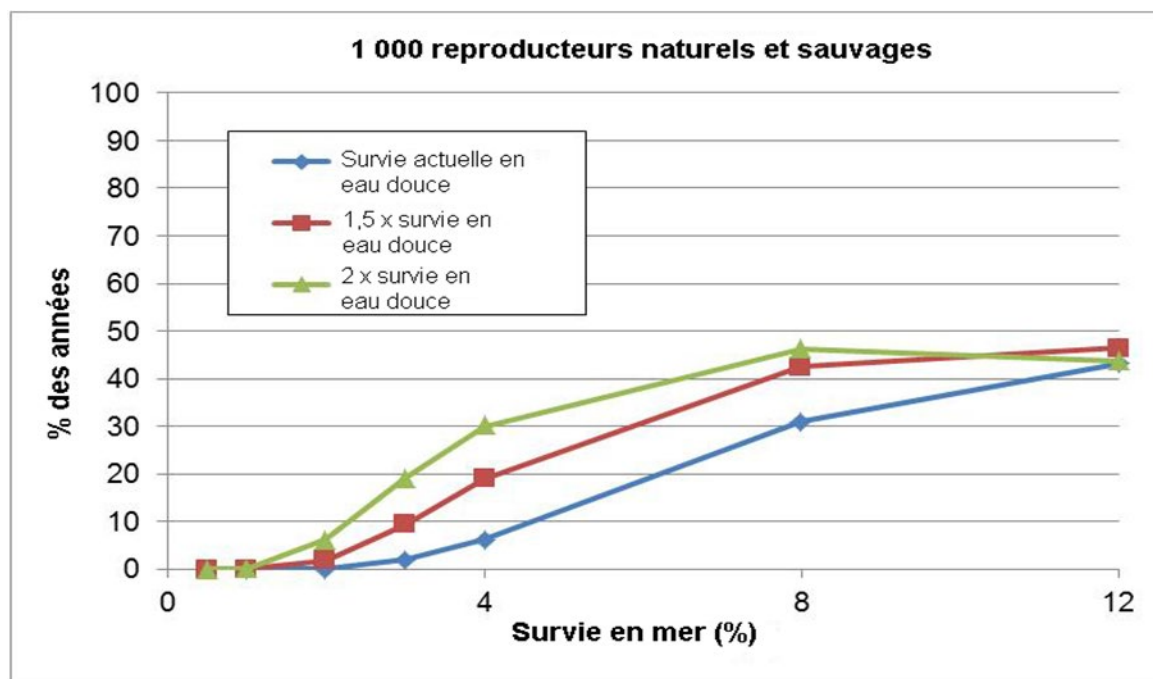


Figure 21 Pourcentage des années (probabilité) pour lesquelles l'indicateur de l'état des stocks de reproducteurs naturels et sauvages est atteint d'après le modèle d'analyse de viabilité des populations.

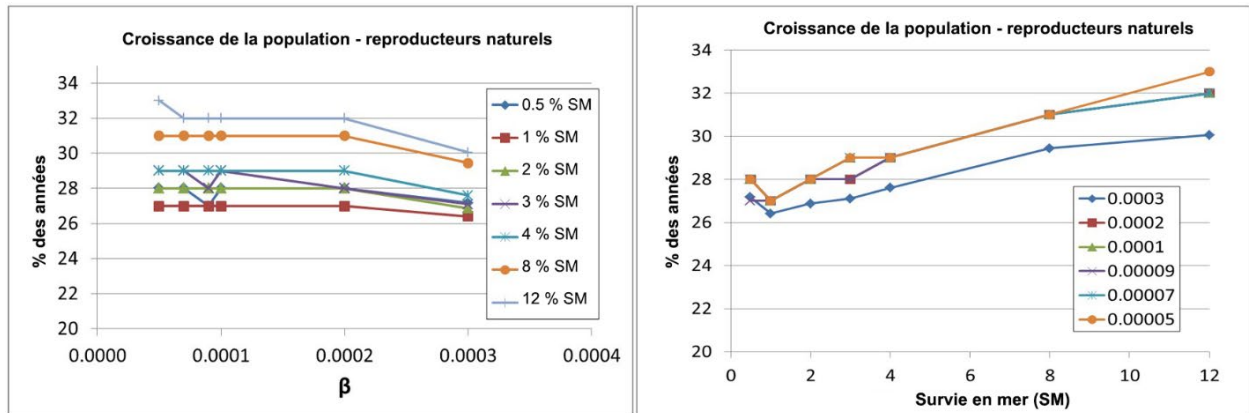


Figure 22 Analyse de la sensibilité du paramètre de Ricker β pour la croissance démographique des reproducteurs naturels.

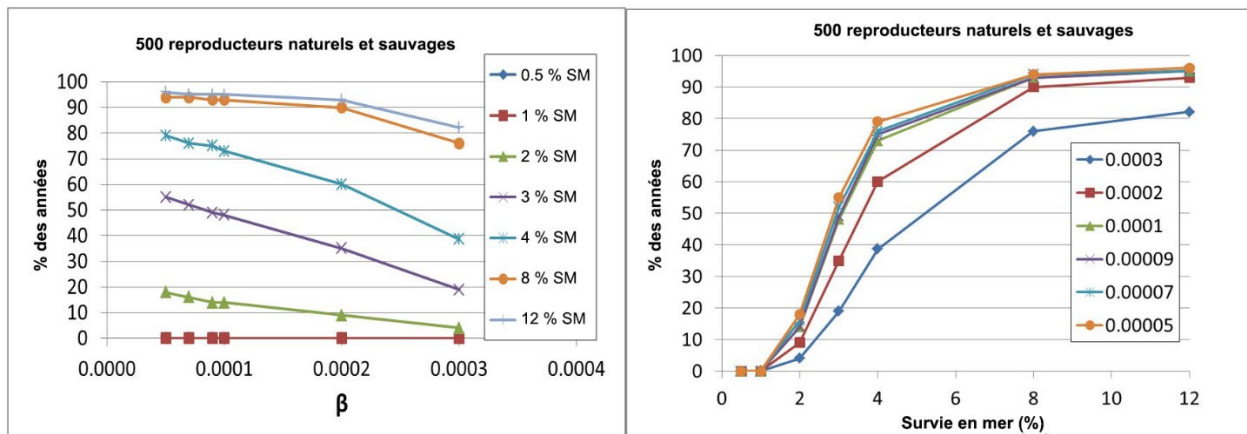


Figure 23 Analyse de la sensibilité du paramètre de Ricker β pour 500 reproducteurs naturels et sauvages.

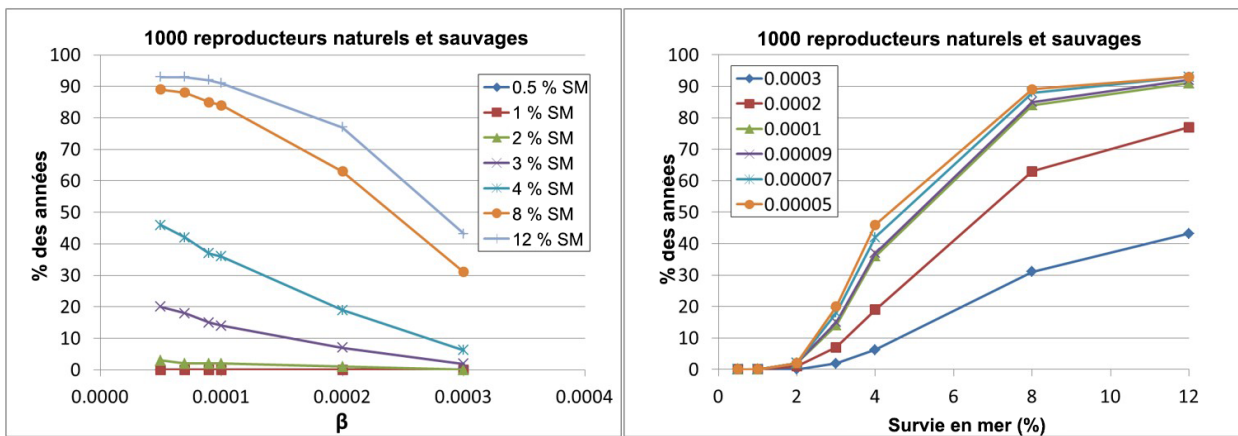


Figure 24 Analyse de la sensibilité du paramètre de Ricker β pour 1 000 reproducteurs naturels et sauvages.

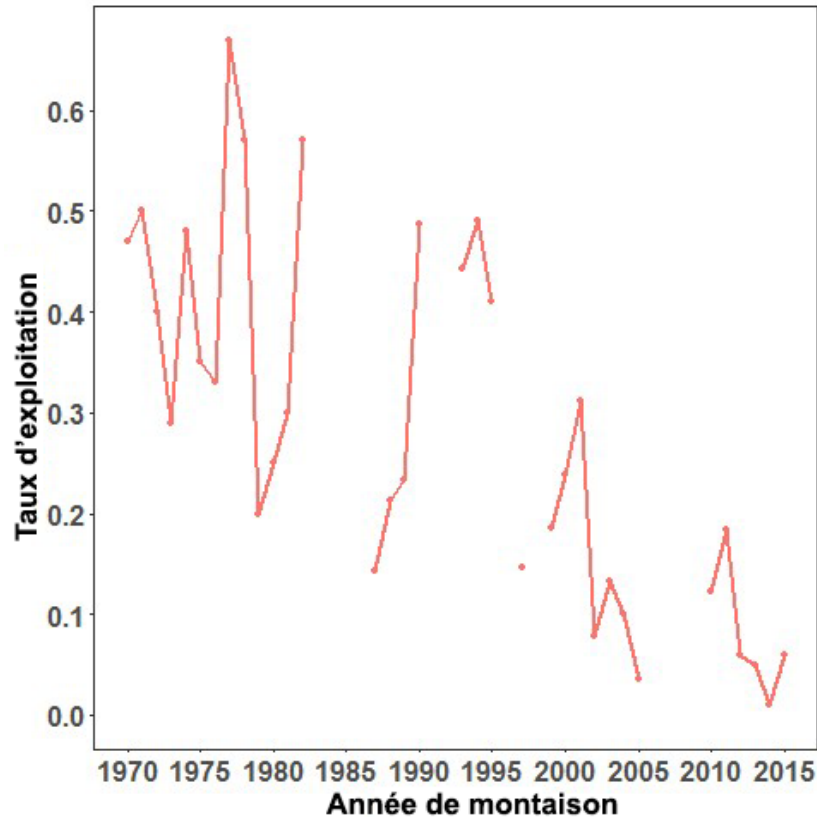


Figure 25 Taux d'exploitation du saumon rouge du lac Sakinaw de 1970 à 2015 (Starr 1984, Murray et Wood 2002, Folkes et al., 2006 (données non publiées), Folkes 2012a (données non publiées), Folkes 2012b (données non publiées), Folkes 2013 (données non publiées), D. O'Brien, MPO, comm. pers.). Les années manquantes comportaient de mauvaises estimations de la pêche expérimentale (de 1983 à 1985, 1991, 1992, 1996 et 1998), ou 0 ou 1 poisson échappé (de 2006 à 2009) et le taux d'exploitation ne pouvait être estimé.

ANNEXE A – RÉSUMÉ DE L'ATELIER SUR LES MENACES ET LES FACTEURS LIMITATIFS PESANT SUR LE SAUMON ROUGE DU SAKINAW

Le rapport complet de l'atelier *Facteurs limitant la production de saumon rouge dans le bassin versant de la rivière Sakinaw : Une méthode d'évaluation des risques intégrant des experts en biologie du saumon rouge et des experts en connaissances locales* a été compilé par Isobel Pearsall. Un résumé du rapport est fourni ci-dessous.

CONTEXTE

Le MPO a élaboré une méthode d'évaluation des risques pour aider à déterminer et à prioriser les facteurs qui limitent la production de salmonidés, maintenant et à l'avenir, selon divers scénarios de changement climatique. Cette méthode a été adaptée d'un cadre sur l'évaluation du risque écologique pour les effets de la pêche qui avait été initialement élaboré afin d'étayer une approche écosystémique de la gestion des pêches en Australie (Hobday *et al.*, 2011).

La méthode modifiée d'évaluation des risques nous permet d'évaluer le risque biologique posé par les facteurs de stress anthropiques et naturels agissant sur le saumon du Pacifique tout au long de son cycle de vie dans les milieux d'eau douce, estuariens et marins, en utilisant une approche de modélisation du cycle biologique pour évaluer les conséquences de ces facteurs de stress sur la productivité et la capacité de la population et son habitat.

Le but premier de l'atelier était de solliciter des commentaires sur les menaces et les facteurs limitatifs qui peuvent affecter la survie du saumon rouge du lac Sakinaw et de déterminer leurs impacts relatifs sur la production, ainsi que de cerner les lacunes critiques dans les connaissances. Le classement des facteurs qui posent le plus grand risque pour la productivité actuelle du saumon rouge du lac Sakinaw permettra d'établir des priorités de façon efficace en ce qui concerne les réponses de gestion.

Le deuxième objectif de l'atelier était de discuter des mesures/stratégies de rétablissement actuelles et futures possibles pour stimuler l'éventuel rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw par l'assainissement, la restauration et/ou la conservation.

PROCESSUS D'ÉVALUATION DES RISQUES

Lors de l'atelier, une première évaluation des risques (niveau 1) a été effectuée à l'aide de l'avis d'experts afin de déterminer le risque posé par les facteurs humains et naturels limitant la capacité de production du bassin versant de la rivière Sakinaw à produire du saumon rouge. Ces menaces et facteurs limitatifs ont été évalués pendant deux périodes, d'abord sur la base des « conditions actuelles » et ensuite sur la base des « conditions futures - 50 ans à l'avenir ». La réalisation de l'analyse au cours de ces deux périodes nous a permis d'examiner comment les impacts des divers facteurs de stress sont prévus ou pourraient changer dans le contexte du changement climatique actuel. À une date ultérieure, les risques les mieux cotés pourraient être réévalués en fonction de méthodes et de relations plus quantitatives (niveau 2).

Le cadre de cette évaluation des risques est fondé sur les méthodes acceptées du Conseil du Trésor du gouvernement du Canada et Hobday (2011). Celles-ci ont été adaptées au saumon dans les bassins hydrographiques en évaluant le risque biologique à chaque étape de son cycle biologique. Le risque biologique est déterminé à partir de deux variables : l'exposition et l'impact. Le terme « exposition » est synonyme du terme « probabilité » qui est utilisé dans certaines méthodes d'évaluation des risques, tandis que le terme « impact » est synonyme du terme « conséquence ».

Ainsi, le risque biologique d'une menace ou d'un facteur limitatif était lié au degré d'exposition de la population à ce facteur (dans le temps et l'espace) et à son impact sur la population. L'impact est lié à la variation en pourcentage de la montaison du saumon rouge dans la rivière, mais les variations des caractéristiques biologiques clés comme l'âge à maturité, la composition par sexe, la fécondité et la période de montaison des populations de saumon rouge ont également été prises en compte. Le graphique suivant montre comment le risque biologique augmente à mesure que l'impact et l'exposition augmentent.

Processus de cotation pour l'évaluation des risques

Au cours de l'atelier, les principales menaces et les facteurs limitatifs qui affectent la montaison du saumon rouge au lac Sakinaw ont été examinés. Avant l'atelier, deux évaluateurs anonymes ont procédé à une première cotation de l'« exposition » et de l'« impact » pour les menaces et les facteurs limitatifs clés.

Le groupe a examiné ces cotes, déterminé s'il était d'accord ou non, et le groupe est parvenu à une cote consensuelle finale après discussion. Les cotes consensuelles finales ont été inscrites dans une feuille de calcul Excel et des calculs automatiques ont été effectués pour déterminer une « cote du risque biologique » finale.

Le codage couleur de ces cotes permettait une interprétation visuelle facile du niveau de risque pour chaque menace ou facteur limitatif, le rouge foncé désignant le « risque très élevé », le rouge pâle le « risque élevé », l'orange le « risque moyen » et le vert pâle le « risque faible » ou le « risque très faible ».

Cotation du terme « Exposition »

L'exposition est basée sur la combinaison 1) de l'échelle spatiale de la menace ou du facteur limitatif, et 2) de l'échelle temporelle de la menace ou du facteur limitatif.

La méthode exigeait l'avis d'experts et/ou la connaissance des données ou des rapports au fur et à mesure que chaque terme était coté, puis faisait l'objet d'une discussion avec d'autres membres du groupe pour établir une valeur consensuelle. La justification et la citation des données/rapports existants ont été documentées. Une fois que ces deux cotes ont été entrées dans la feuille de calcul Excel, la valeur finale du terme « Exposition » était automatiquement calculée.

a. La cote de l'échelle spatiale

Les menaces et les facteurs limitatifs sont évalués en fonction de l'échelle spatiale d'après le pourcentage de l'habitat essentiel d'une étape particulière du cycle biologique qui est touché, ou d'après le pourcentage de la population elle-même qui est touchée (Tableau 19). Une justification complète a été fournie pour cette cote.

L'habitat essentiel a été défini comme une zone d'habitat nécessaire à la survie ou au rétablissement du saumon rouge du lac Sakinaw.

Tableau 19 Guide d'évaluation de l'impact spatial.

Cote	Niveau de l'échelle spatiale touchée (par étape du cycle biologique)
Faible (1)	Moins de 10 % de l'habitat essentiel ou de la population est touché
Modéré (2)	De 10 à 20 % de l'habitat essentiel ou de la population est touché
Moyen (3)	De 30 à 40 % de l'habitat essentiel ou de la population est touché

Cote	Niveau de l'échelle spatiale touchée (par étape du cycle biologique)
Élevé (4)	De 50 à 70 % de l'habitat essentiel ou de la population est touché
Très élevé (5)	80 % ou plus de l'habitat essentiel ou de la population est touché

b. La cote de l'échelle temporelle

La fréquence à laquelle un facteur identifié limite la production de l'espèce est appelée « cote temporelle ». Les cinq catégories de fréquence temporelle sont décrites au Tableau 20 ci-dessous.

L'avis d'experts sur la cote de l'échelle temporelle était étayé par une courte justification et/ou une citation des connaissances documentées telles que des données ou des rapports.

Tableau 20 Guide d'évaluation de l'impact temporel.

Cote	Fréquence de la menace ou du facteur limitatif
Faible (1)	Une fois par décennie (très rare)
Modérée (2)	Deux fois par décennie (se produit, mais rarement)
Moyenne (3)	Trois à quatre fois par décennie (se produit parfois)
Élevée (4)	Cinq à sept fois par décennie (fréquent)
Très élevée (5)	Plus de huit fois par décennie (continu)

Cotation du terme « Impact »

La cote du terme « impact » est basée sur l'ampleur prévue de l'impact du facteur sur la montaison subséquente des adultes. Le cycle biologique du saumon rouge est complexe et chaque étape est susceptible d'être influencée par une myriade de facteurs qui finissent par influencer sur le nombre d'adultes qui reviennent frayer. Les cotes d'impact possibles liées à la variation de la montaison subséquente vers la rivière sont indiquées au Tableau 21. Le changement à plus long terme résultant des impacts sur le sex-ratio, la fécondité, l'âge de maturité, la taille, etc. pourrait également être important.

Chaque participant expert décidait de la cote d'impact pour chaque menace ou facteur limitatif, puis le groupe dans son ensemble devait s'entendre sur une cote qui était entrée dans la feuille de calcul Excel pour cette menace ou ce facteur limitatif particulier. Encore une fois, la justification complète de la façon dont une cote d'impact particulière a été calculée était fournie. En cas de désaccord entre les experts ou en l'absence de renseignements clés, la méthode Hobday suggère d'attribuer la cote d'impact la plus élevée à ce facteur particulier.

Tableau 21 Critères d'impact pour évaluer le risque potentiel.

Niveau	Cote	Description
Mineur	1	Variation de moins de 10 % de la montaison subséquente dans la rivière.
Modéré	2	Variation de 11 % à 20 % de la montaison subséquente dans la rivière.
Majeur	3	Variation de 21 % à 30 % de la montaison subséquente dans la rivière.
Grave	4	Variation de 31 % à 50 % de la montaison subséquente dans la rivière.
Critique	5	Variation de plus de 50 % de la montaison subséquente dans la rivière.

Enregistrement des niveaux d'incertitude/de confiance à l'égard des cotes

Il existe toujours un certain niveau d'incertitude associé à la prévision des impacts de toute menace ou de tout facteur limitatif sur le poisson ou son habitat. L'incertitude peut résulter d'un manque de renseignements ou pourrait résulter lors de la prévision de l'efficacité de mesures d'atténuation nouvelles ou innovatrices. De plus, des effets synergiques peuvent se présenter dans le cas où deux ou plusieurs effets combinés engendrent un effet supérieur à la somme des effets individuels. Ces effets sont difficiles à déterminer et peuvent, en conséquence, être sous-estimés ou ignorés. La reconnaissance de cette incertitude n'empêche pas de prendre de bonnes décisions de gestion, mais l'incertitude doit être décrite et prise en compte à ce stade de l'évaluation des risques.

Par conséquent, cette méthode d'évaluation des risques exige que les participants à l'atelier fournissent des cotes de confiance pour les cotes de risque qui sont produites à partir de l'évaluation des risques de niveau 1. Ces cotes peuvent être 1 (confiance faible), 2 (confiance moyenne) ou 3 (confiance élevée) (Tableau 22).

Tableau 22 Cotes de confiance.

Confiance	Justification
Faible	- Il existe des données, mais elles sont considérées comme étant médiocres ou contradictoires, ou - Il n'existe aucune donnée, ou - Désaccord substantiel entre les experts
Moyenne	- Il existe des données, mais il y a certaines lacunes importantes - Quelques désaccords entre les experts
Élevée	Il existe des données et elles sont considérées comme solides, ou

Confiance	Justification
	• Consensus entre les experts, ou • Le risque est limité par des considérations logiques

Tendances actuelles et futures

Enfin, on a également demandé aux participants de l'atelier de coter les éléments suivants :

Tendance actuelle – Dans le contexte des dix dernières années, cette menace ou ce facteur limitatif augmente-t-il, diminue-t-il ou ne montre-t-il aucune tendance? La cote se situe entre (1) fortement décroissant, (2) quelque peu décroissant, (3) stable, (4) quelque peu croissant, et fortement croissant (5).

Tendance future – Quelle sera la tendance dans 50 ans? Pour ce faire, les participants à l'atelier devront discuter des impacts prévus du changement climatique. La cote se situe entre (1) fortement décroissant, (2) quelque peu décroissant, (3) stable, (4) quelque peu croissant, et fortement croissant (5).

Tableau 23 Résultats de la cotation pour l'évaluation des risques pour le saumon rouge du lac Sakinaw.

A. Migration terminale et frai

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
1. Habitat de retenue sûr dans l'estuaire ou la rivière avant l'entrée dans le lac	LF1 : Pertes importantes dues à la prédation	5	5	5	É	Très élevée	3	3	Très élevée
2. Grand volume d'eau de prédilection (VOPW, basse température, forte teneur en O2) dans l'estuaire et le ruisseau Sakinaw	LF2 : Diminution importante de la qualité de l'eau dans l'estuaire et le ruisseau Sakinaw (c.-à-d. température élevée, faible teneur en O2) qui a une incidence sur la migration	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
3. Débits adéquats pour faciliter le passage en amont des reproducteurs	LF3 : Les faibles débits retardent, empêchent le passage à l'entrée du lac et augmentent les pertes avant le frai.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
4. Accès sans restriction par la passe migratoire et les déversoirs en pierre	LF4 : Obstructions causant des retards ou l'absence de passage à la passe migratoire, aux déversoirs en pierre ou au barrage pendant la migration.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
5. Qualité de l'eau adéquate dans le lac	LF5. Diminution de la qualité de l'eau lacustre	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
6. Habitat de frai en quantité suffisante pour « ensemencer » complètement l'habitat d'élevage des alevins.	LF6 : Habitat de frai inadéquat (c.-à-d. potentiel de production limité par le recrutement initial des alevins et non pas par la capacité biotique du lac)	1	1	1	M	Très faible	4	5	Modérée
7. Faibles niveaux de prédation dans le lac et les frayères.	LF7a. Prédation de l'ours, de la loutre, du phoque, des oiseaux sur les adultes se trouvant dans des lieux de rassemblement et de frai	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
7. Faibles niveaux de prédation dans le lac et les frayères.	LF7b : Mortalité due à la pêche non autorisée	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
8. Perturbation anthropique minimale des frayères	LF8 : Perturbation de l'activité naturelle de frai due aux impacts anthropiques	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible

B. Incubation en eau douce

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
1. La qualité de l'eau ne limite pas le succès de l'incubation	LF10 : La qualité de l'eau limite le succès de l'incubation	1	1	1	M	Très faible	3	3	Très faible
2. Régime d'écoulement stable	LF11a : Des niveaux d'eau variant de variables à faibles entraînent une exposition à l'automne-hiver et un risque de dessèchement des œufs et des alevins.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
	LF11b : Niveaux d'eau variant de variables à élevés entraînant l'affouillement des nids de frai et la perte d'œufs.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
3. Gravier de frai approprié	LF12 : La qualité limite le succès de l'incubation, c'est-à-dire des pertes élevées dues au dépôt de fines, à l'enfouissement des œufs et des alevins.	1	1	1	É	Très faible	3	4	Faible
4. Perturbation minimale des nids de frai	LF13 : Perturbation biologique des nids de frai.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
5. Prédation minimale des œufs et des alevins	LF14 : Prédation sur les œufs et les alevins par le chabot, la truite fardée, le méné deux-barres, le saumon coho, les oiseaux, etc.	5	5	4	F	Très élevée	3	3	Très élevée

C. Élevage en eau douce

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
1. La qualité de l'eau est adéquate : température modérée, teneur élevée en oxygène, faible luminosité pour l'élevage estival; basse température, teneur élevée en oxygène, faible luminosité pour l'hivernage.	LF16 : Réductions de la qualité de l'eau suffisamment graves pour réduire la capacité biotique moyenne du lac pour la production d'alevins et de saumoneaux.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
2. Les niveaux d'éléments nutritifs soutiennent la capacité biotique pour la production d'alevins et de saumoneaux.	LF17 : Les niveaux d'éléments nutritifs variant de variables à faibles réduisent la capacité biotique moyenne du lac pour la production d'alevins et de saumoneaux.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
3. La structure stable du réseau trophique soutient la capacité biotique moyenne historique pour les alevins et les saumoneaux.	LF18 : La structure variable du réseau trophique (changements d'espèces) entraîne une capacité biotique inférieure à la moyenne pour les alevins et les saumoneaux.	3	3	3	F	Modérée	3	3	Modérée
4. Niveaux d'eau adéquats	LF19 : Niveaux d'eau variant de variables à bas entraînant l'échouement ou une prédation accrue.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
5. Faibles niveaux de concurrence intraspécifique associés aux limites de la capacité biotique pour la production d'alevins et de saumoneaux sauvages	LF20 : Les niveaux élevés de concurrence intraspécifique (de poissons sauvages ou d'écloserie) réduisent la capacité biotique pour les alevins et les saumoneaux sauvages.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
6. Faibles niveaux de concurrence interspécifique ou de prédation associés aux limites de la capacité biotique pour la production d'alevins et de saumoneaux sauvages.	LF21 : Les niveaux élevés de concurrence ou de prédation (des espèces indigènes ou exotiques) réduisent la capacité biotique du lac en matière d'alevins et de saumoneaux sauvages.	5	5	3	F	Élevée	3	3	Élevée

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
7. Faibles niveaux de parasitisme associés aux limites de la capacité biotique pour la production d'alevins et de saumoneaux sauvages.	LF22 : Les niveaux élevés de parasitisme réduisent la capacité biotique du lac en matière d'alevins et de saumoneaux sauvages.	5	5	3	F	Élevée	3	3	Élevée
8. Absence d'autres sources d'interférence	LF 23 : Interférence (bruit/lumière) des bateaux, des maisons flottantes et des chalets d'été.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
9. Faibles niveaux de maladies des poissons	LF24 : Mortalité ou effets sur la condition physique résultant d'une maladie, p. ex. la NHI, la MBR, etc.	1	1	1	F	Très faible	3	3	Très faible
10. Habitat d'élevage adéquat	LF25 : Mortalité ou effets sur la condition physique résultant de la perte d'habitat.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible

D. Migration et d'alevinage en mer

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
1. L'intégrité physique et la connectivité de l'habitat sont adéquates pour répondre aux besoins de rassemblement dans les eaux côtières, d'alevinage ou de migration précoce vers le large.	LF27 : Intégrité de l'habitat suffisamment dégradée pour nuire aux besoins de rassemblement, d'alevinage ou de migration précoce des saumoneaux vers le large.	1	1	1	É	Très faible	4	5	Modérée
2. La qualité de l'eau des habitats estuariens et littoraux est adéquate pour répondre aux besoins de rassemblement dans les eaux côtières, d'alevinage ou de migration précoce vers le large.	LF28 : La qualité de l'eau de l'habitat estuarien est inadéquate pour répondre aux besoins de rassemblement précoce, d'alevinage ou de migration vers le large.	1	1	1	É	Très faible	3	4	Faible
3. La concurrence avec les autres saumons ne dépasse pas la fourchette de référence historique associée à la croissance, à la survie et aux montaisons moyennes ou supérieures à la moyenne du saumon rouge du lac Sakinaw.	LF29 : La concurrence dépasse la fourchette de référence historique et est associée à une croissance dépendante de la densité ou à des résultats de survie qui sont négatifs pour le saumon rouge du lac Sakinaw.	4	4	4	F	Élevée	3	4	Très élevée
4. Concurrence ou prédation minimale de la part des espèces	LF30 : Mortalité élevée due à la prédation et à la concurrence des EAE	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
aquatiques envahissantes (EAE).	sur le saumon rouge dans le Pacifique Nord.								
5. Polluants aquatiques minimaux (huile, EDP, BPC, DDT, Hg, pesticides, herbicides, etc.)	LF31 : Mortalité ou effets sublétaux élevés en raison des polluants aquatiques.	3	3	3	F	Modérée	3	5	Très élevée
6. Les réseaux trophiques dans un « océan frais » favorisent un taux de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte supérieur à la moyenne et des montaisons moyennes à supérieures à la moyenne.	LF32 : Les réseaux trophiques « océaniques chauds » favorisent un taux de survie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte inférieur à la moyenne et des montaisons inférieures à la moyenne.	5	4	5	M	Très élevée	3	5	Très élevée
7. L'abondance des prédateurs à l'intérieur de la fourchette de référence est associée à une survie et à des montaisons moyennes ou supérieures à la moyenne.	LF33 : L'abondance de prédateurs et les niveaux supposés de prédation sur les saumoneaux dépassent la fourchette de référence. Le changement d'état est associé à un taux de survie réduit et à des montaisons d'adultes inférieures à la moyenne.	5	5	5	É	Très élevée	3	4	Très élevée

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
8. Fréquence et ampleur de la prolifération d'algues nuisibles dans la fourchette de référence associées à un taux de survie moyen ou supérieur à la moyenne.	LF34 : Fréquence et ampleur de la prolifération d'algues nuisibles supérieures à la fourchette de référence « normale » et elles sont associées à un taux de survie inférieur à la moyenne.	1	1	2	F	Très faible	3	3	Très faible
9. L'incidence des parasites ou des agents pathogènes et leurs impacts sur la croissance ou la survie demeurent à des niveaux endémiques (par opposition aux niveaux épidémiques) associés à la croissance, à la survie des saumoneaux et aux montaisons d'adultes moyennes à supérieures à la moyenne.	LF35 : L'incidence ou les répercussions des parasites ou des agents pathogènes sur la croissance ou la survie exprimées aux niveaux épidémiques associés à la croissance, à la survie et aux montaisons d'adultes inférieures à la moyenne.	4	4	3	F	Modérée	3	3	Modérée

E. Récolte

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
1. Impacts de la pêche durable	LF36 : Surpêche avec pour résultat que les échappées cibles ne sont pas atteintes.	2	3	2	É	Faible	3	3	Faible

F. Impacts de l'élevage en éclosion

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
1. Conditions d'élevage appropriées entraînant une survie élevée en éclosion, p. ex. qualité de l'eau et température appropriées, absence de maladies, pas de surpeuplement, etc.	LF37. Mortalité élevée de l'état d'œufs d'éclosion à l'état d'œufs œillés.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
2. Conditions d'élevage appropriées entraînant une survie élevée en éclosion, p. ex. qualité de l'eau et température appropriées, absence de maladies, pas de surpeuplement, etc.	LF38. Mortalité élevée de l'état d'œufs d'éclosion à l'état d'alevins.	1	1	1	É	Très faible	3	3	Très faible
3. Faibles impacts de la concurrence ou de la prédation	LF39 : Mortalité élevée des poissons d'éclosion de l'état	3	4	3	M	Modérée	3	3	Modérée

Exigence du cycle biologique	Menace ou facteur limitatif	ÉCHELLE SPATIALE Quel pourcentage de l'habitat essentiel est touché? (1 faible à 5 élevé)	ÉCHELLE TEMPORELLE Combien de fois cela se produira-t-il en 10 ans? (1 rarement à 5 fréquemment)	IMPACT Quelle sera la variation de la montaison des adultes? (1 impact faible à 5 impact élevé)	CONFIANCE Quel est votre degré de confiance à l'égard de cette cotation? F = Faible, M = Moyen, É = Très confiant	Catégorie de risque biologique actuel	Tendance actuelle 1 = diminution 5 = augmentation significative	Tendance future (au cours des 50 prochaines années). 1 = diminution 5 = augmentation significative	Catégorie de risque biologique futur
lorsque les alevins d'écloserie sont relâchés dans le lac.	d'alevin à l'état de saumoneau.								
4. La condition physique de la production d'écloserie n'est pas compromise en raison de la domestication.	LF40 : Mortalité élevée des poissons d'écloserie de l'état de saumoneau à l'état d'adulte en raison des impacts de la domestication et d'une condition physique réduite.	1	1	1	É	Très faible	5	5	Modérée

ANNEXE B – CONTEXTE DE L'ANALYSE DE LA VIABILITÉ DE LA POPULATION

Le modèle d'analyse de la viabilité de la population a été construit à partir d'une relation recrutement saumoneaux-reproducteurs. Les données sur le saumon rouge du lac Sakinaw étaient limitées, avec seulement 13 points de données (Tableau 24). Notre formulation de la probabilité suppose que l'erreur dans le nombre prévu de saumoneaux est distribuée de façon log-normale. Nous avons estimé les paramètres de la relation recrutement de reproducteur à saumoneau en maximisant le logarithme de la probabilité bayésienne des paramètres en fonction des données (Korman et Grout 2008). Voir Korman et Grout (2008) pour plus de détails.

L'ajustement du modèle était insensible aux valeurs a priori α et β . La variance de la production en eau douce (σ^2) était très élevée (1,5) en raison d'une quantité limitée de données sur les saumoneaux et les reproducteurs. Si la grande variation devait être appliquée à un ensemble de données plus vaste, les objectifs de rétablissement d'une abondance relativement faible (p. ex. 1 000 reproducteurs) ne seraient pas atteints très fréquemment (< 20 % de probabilité) même à un taux de survie en mer relativement élevé (8 %). Par conséquent, nous avons supposé qu'avec un ensemble de données plus important pour le saumon rouge du lac Sakinaw, la variance serait plus semblable à celle du saumon rouge du lac Cultus et nous avons utilisé la valeur de 0,61 de ce modèle (Korman et Grout 2008).

Le paramètre δ dans le modèle concernant le saumon rouge du lac Cultus contrôlait l'ampleur de la dépensation et représente le nombre de reproducteurs effectifs nécessaires pour réduire le nombre prévu de recrues de 50 % par rapport à un modèle sans dépensation. Dans le cas où $\delta = 0$ (aucune dépensation), e^{α} représente la productivité du stock d'eau douce (c.-à-d. le nombre maximal de saumoneaux par reproducteur si $\delta = 0$) et $1/\beta$ est la taille du stock reproducteur à laquelle la production de saumoneaux est maximisée (parfois appelée S_{opt} ou capacité biotique si $\delta = 0$). Ce paramètre a été fixé à 0 dans les simulations aux fins de la présente évaluation, car les données disponibles pour déterminer s'il y a eu dépensation étaient limitées.

Les données sur la survie en mer se limitaient aux années où la survie en mer était faible (années d'éclosion de 2001 à 2014). Cela nous a donné très peu d'information sur la relation saumoneaux-reproducteurs lorsque le taux de survie en mer est plus élevé. La survie moyenne en mer naturelle et sauvage était de 0,0049. Les écarts-types moyens ont été calculés à partir de valeurs transformées logarithmiquement normalisées autour d'une moyenne de 0 pour être conformes à la méthode de simulation. L'écart-type était très élevé (3,18, espace logit) en raison des années avec une survie en mer de 0 % et des données limitées. L'écart est probablement biaisé positivement en raison de la très grande incertitude entourant le nombre estimatif de recrues de saumon rouge du lac Sakinaw dans les prises. Par conséquent, nous avons utilisé l'écart de la population de saumon rouge de la rivière Chilko ($n = 51$, écart-type = 0,63, espace logit), semblable à la méthode de Korman et Grout (2008), car les nombres de saumoneaux et les prises sont relativement bien déterminés pour ce stock.

Comme pour la survie en mer, il n'y avait pas suffisamment de données pour calculer la proportion de saumons rouges du lac Sakinaw revenant à l'âge de 4 ans, de sorte que la moyenne et l'ÉT du saumon rouge du lac Cultus ont été utilisés (espace logit : 4,70 et 2,23, respectivement). Le taux d'exploitation moyen de 2011 à 2015 (année de montaison) était de 5 %. Cette valeur a été utilisée comme taux d'exploitation actuel pour les simulations du modèle (Figure 25). Un sex-ratio de 0,5 a également été supposé.

Le modèle d'analyse de la viabilité de la population ne tient pas compte de la détérioration potentielle de la condition physique des stocks issus d'écloserie, ni des risques qui sont

nécessairement associés à une exploitation d'écloserie à long terme, comme les éclosions de maladies ou les pannes de matériel.

Le programme d'écloserie n'utilise pas d'apports de poissons (c.-à-d. qu'il ne capture pas des adultes qui reviennent pour frayer et élever leurs œufs dans l'écloserie) en vue d'approvisionner le lac Sakinaw en alevins. Par conséquent, cette partie du modèle d'analyse de la viabilité de la population n'a pas été utilisée pour le saumon rouge du lac Sakinaw.

Tableau 24 Données sur les reproducteurs de saumon rouge du lac Sakinaw et les saumoneaux à la nageoire non sectionnée utilisées pour l'adaptation du modèle saumoneaux-reproducteurs.

Année d'éclosion	Reproducteurs	Saumoneaux à la nageoire non sectionnée
1992	1 000	15 880
1993	250	12 760
1994	250	2 500
2001	58	4 334
2002	62	103
2003	3	11
2004	37	2 926
2005	14	272
2006	1	182
2011	555	27 960
2012	243	4 435
2013	143	632
2014	464	722

Tableau 25 Résumé des indices du modèle et des variables d'état. Veuillez noter que la liste des termes d'erreur n'inclut pas tous les éléments stochastiques du modèle, mais seulement ceux définis dans le texte décrivant le modèle.

Variable ou indice	Description
Indices	
Type de stock (ts)	Ts = S pour sauvage, É pour éclosionerie, N pour nageoire non sectionnée
Année (t)	Année
Variables d'état	
Sm	Nombre de saumoneaux
p	Proportion de reproducteurs effectifs ($pS + pÉ + pN = 1$)
Sp	Nombre de reproducteurs
R	Nombre de recrues avant la pêche
pa	Proportion d'adultes revenant par âge
MS	Taux de survie en mer
Esc	Nombre de reproducteurs dans la fascine
C	Nombre de recrues avant la pêche qui sont capturées
$\hat{R}$	Nombre de recrues prévues avant la pêche
Reproduction	Nombre de reproducteurs prélevés pour le stock de géniteurs
h	Taux de récolte (une variable d'état si elle n'est pas fixe)
PSM	Taux de mortalité avant le frai
Variables d'état pour le stock d'éclosionerie	
SupEggs	Nombre total d'œufs recueillis pour la production en éclosionerie à la clôture
CBEggs	Nombre d'œufs produits à partir du stock de géniteurs en captivité
Fry _H	Nombre d'alevins nourris produits dans l'éclosionerie et relâchés dans le lac
Termes d'erreur (utilisés dans le texte)	
v	Résiduels de la relation reproducteur-saumoneau
ω	Résiduels du taux de survie en mer prévu
τ	Résiduels du recrutement prévu

Tableau 26 Conditions initiales utilisées pour la simulation. Le taux d'exploitation pour 2016 a été supposé.

Année	Repro- ducteurs sauvages	Repro- ducteurs d'écloserie	Saumoneaux sauvages	Taux d'exploitation	Œufs (repro- duction en captivité)	Œufs (supplémentaires)	Alevins nourris
2010	1	15	-	-	-	-	0
2011	0	527	-	-	-	7 076	0
2012	243	0	-	0,06	-	-	0
2013	0	143	27 960	0,05	-	-	856 205
2014	0	464	4 435	0,01	-	-	320 416
2015	239	482	632	0,06	860 213	-	644 699
2016	27	145	722	0,05	449 555	-	329 077

Tableau 27 Résumé des paramètres par défaut utilisés dans la simulation d'analyse de la viabilité de la population. Il est à noter que les valeurs α , β , σ et δ utilisées dans la simulation sont tirées au hasard d'une distribution postérieure générée à partir des données historiques sur les reproducteurs et les saumoneaux et des distributions antérieures indiquées dans le tableau. Les autres valeurs des paramètres utilisées dans les scénarios de modèles alternatifs sont indiquées au Tableau 29. Voir le Tableau 28 pour les paramètres qui influent sur la production d'écloserie.

Paramètre	Description	Estimation
Variables stochastiques		
α	Saumons/reproducteur pour un stock de petite taille	A posteriori (a priori uniforme)
β	Dépendance à la densité de la production de saumoneaux	A posteriori (a priori normal : $1/\mu = 4\,700$, $\sigma_\beta(\text{CV}) = 1,0$)
σ	ÉT de la relation reproducteur-saumoneau	Échantillon à partir des valeurs a posteriori. (Valeur utilisée pour le saumon rouge de la rivière Cultus 0,61)
μ_a	Proportion moyenne à l'âge $a = 4$ ans (Cultus)	4 695 (en logit) 0,96 (en linéaire)
σ_a	Écart-type de la proportion à l'âge $a = 4$ (Cultus)	2 229 (en logit) 0,07 (en linéaire)
μ_{ms}	Moyenne arithmétique du taux de survie en mer	0,0049 (voir Tableau 29)
σ_{ms}	ÉT du taux de survie en mer transformé logarithmiquement (Chilko)	0,63 (voir Tableau 29)
ρ_{ms}	Autocorrélation Lag-1 du taux de survie en mer	0,505 (voir Tableau 29)
μ_{psm}	Moyenne arithmétique du taux de mortalité avant le frai	0,10 (voir Tableau 29)
σ_{psm}	ÉT du taux de mortalité avant le frai transformé logarithmiquement	0,05 (voir Tableau 29)
ρ_{psm}	Autocorrélation Lag-1 du taux de mortalité avant le frai	0
σ_{for}	ÉT des prévisions d'avant-saison (espace logarithmique)	1,0
Variables déterministes		
E	Augmentation relative du nombre de saumoneaux issus d'un frai naturel produits grâce à la mise en valeur de l'eau douce.	Voir le tableau 6.
h_t	Taux de récolte dû à la pêche	Voir le tableau 6.

GenLimit	Taille moyenne générationnelle de la population qui doit être égale ou supérieure pour atteindre les objectifs de rétablissement 1 et 2.	500 ou 1 000 (objectif de rétablissement 1 et objectif de rétablissement 2, respectivement)
CycleLimit	Taille de la population spécifique au cycle qui doit être égale ou supérieure pour atteindre les objectifs de rétablissement 1 et 2.	100 ou 500 (objectif de rétablissement 1 et objectif de rétablissement 2, respectivement)
ExtLimit	Taille de la population qui doit être égale ou supérieure pour éviter la quasi-extinction	50

Tableau 28 Résumé des paramètres du modèle d'analyse de la viabilité de la population qui déterminent la production d'écloserie. Les autres valeurs des paramètres utilisées dans les scénarios de modèles alternatifs sont indiquées au Tableau 29.

Paramètre	Description	Estimation
h_H	Taux de récolte maximal sur les montaisons de saumons à la nageoire non sectionnée dans la fascine en raison de la capture du stock de géniteurs	0,5
MaxTake	Nombre maximal de montaisons de saumons à la nageoire non sectionnée prises pour le stock de géniteurs	0
Fécondité	Fécondité moyenne des poissons d'élevage en captivité	1 773
WF	Fécondité moyenne des poissons sauvages	2 049
s_x	Proportion de femelles dans le stock de géniteurs	0,5
CBEggTake	Nombre d'œufs conservés de la reproduction en captivité pour créer la prochaine génération de géniteurs en captivité.	Taille de la reproduction en captivité x 1,1
CBEggs	Nombre total d'œufs produits à partir de la reproduction en captivité au cours d'une année donnée	(Taille de la reproduction en captivité x s_x x Fécondité) – CBEggTake
FryCap	Capacité de l'écloserie à produire des alevins nourris pour la remise à l'eau	2 000 000
CBEgg_EyedEgg_Surv	Taux de survie de l'état d'œuf à l'état d'œuf œillé pour les œufs d'incubation en captivité	0,8

Oeuf_FedFry_Surv	Taux de survie l'état d'œuf œillé à l'état d'alevin nourri pour les œufs d'incubation en captivité	0,89
Lac_FedFry_Smolt_Surv	Taux de survie depuis la remise à l'eau des alevins nourris dans le lac jusqu'à leur migration au-delà de la clôture comme saumoneaux	0,14
ϕ_{st}	Survie relative en mer des stocks d'écloserie (ts = É) et des stocks de saumons à la nageoire non sectionnée (ts = N)	$\phi_E = 0,47$, $\phi_N = 1,0$
E_H	Amélioration relative de la survie des poissons d'écloserie dans le lac en raison de l'amélioration de l'habitat.	Variable de 1 à 2

Tableau 29 Résumé des scénarios de gestion et des valeurs des paramètres utilisés dans l'analyse de la viabilité de la population. Les valeurs actuelles ou de base des paramètres sont indiquées en gras.

Nom du paramètre	Paramètres	Scénario	Valeurs
A posteriori	α, β, σ	Tous	2,888, 0,00033, 0,61 (Cultus)
Taux de récolte	$E_{\min}, h, ER_{\text{cap}}$	Courant	0, 0,05, 1
		ER variable	0, 0,05, 0,1, 0,15
Taux de survie en mer	$\mu_{\text{ms}}/\sigma_{\text{ms}}/\rho_{\text{ms}}/\omega_{t-1}$	Courant	0,0049/0,63/2,86/0,505
		MS (survie en mer) en augmentation	(0,02, 0,04, 0,06...)/0,63/2,86/0,505
Taux de mortalité avant le frai	$\mu_{\text{PSM}}/\sigma_{\text{PSM}}/\rho_{\text{PSM}}$	Courant	0,03/0,05/0
Mise en valeur des habitats d'eau douce	$E/E_d/E_H/$	Courant	1,0
	E/E_H	Mise en valeur	1,5/1,5 et 2,0/2,0
Survie des saumoneaux d'écloserie par rapport aux saumoneaux sauvages	Φ_H	Courant	0,47
Succès reproductif des reproducteurs à la nageoire sectionnée	Φ_U	Courant	1
Capacité de l'écloserie	FryCap	2 000 000 alevins	2 000 000
Exploitation de l'écloserie		Pas de reproduction en captivité ni d'apports de poissons	
		Reproduction en captivité uniquement	750 adultes

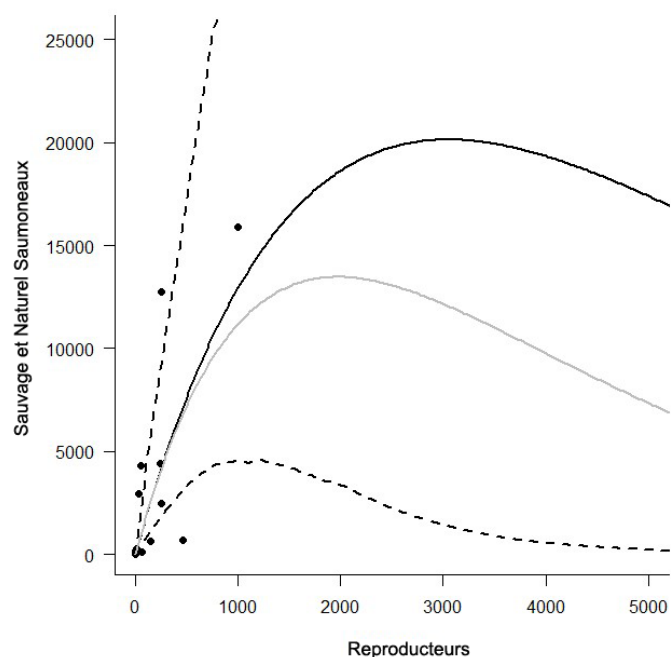


Figure 26 Ajustements du modèle et limites de confiance à 95 % pour les saumons rouges sauvages et naturels du lac Sakinaw de l'état de saumoneau à l'état de reproducteur. Les lignes pointillées sont les limites de confiance à 95 % pour l'ajustement bayésien, la ligne noire est l'ajustement bayésien avec les valeurs a priori et la ligne grise est l'ajustement régressif sans valeur a priori.

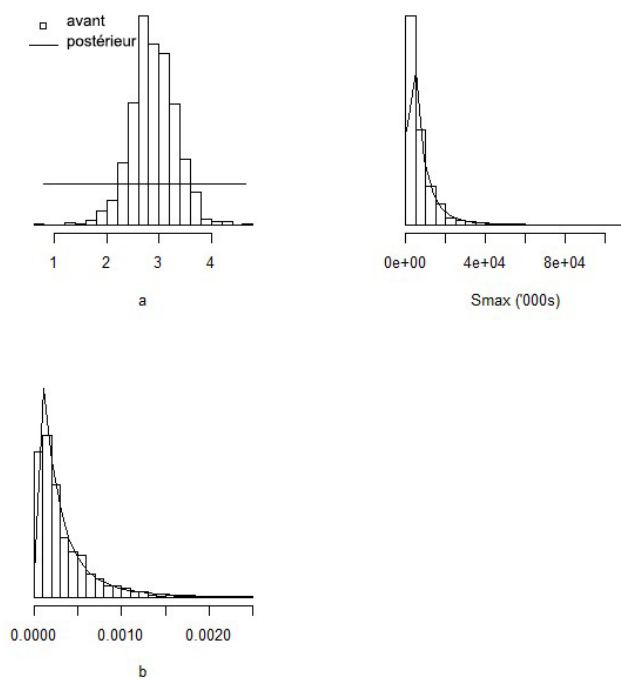


Figure 27 Distributions bayésiennes antérieure et postérieure des paramètres alpha et bêta de Ricker.

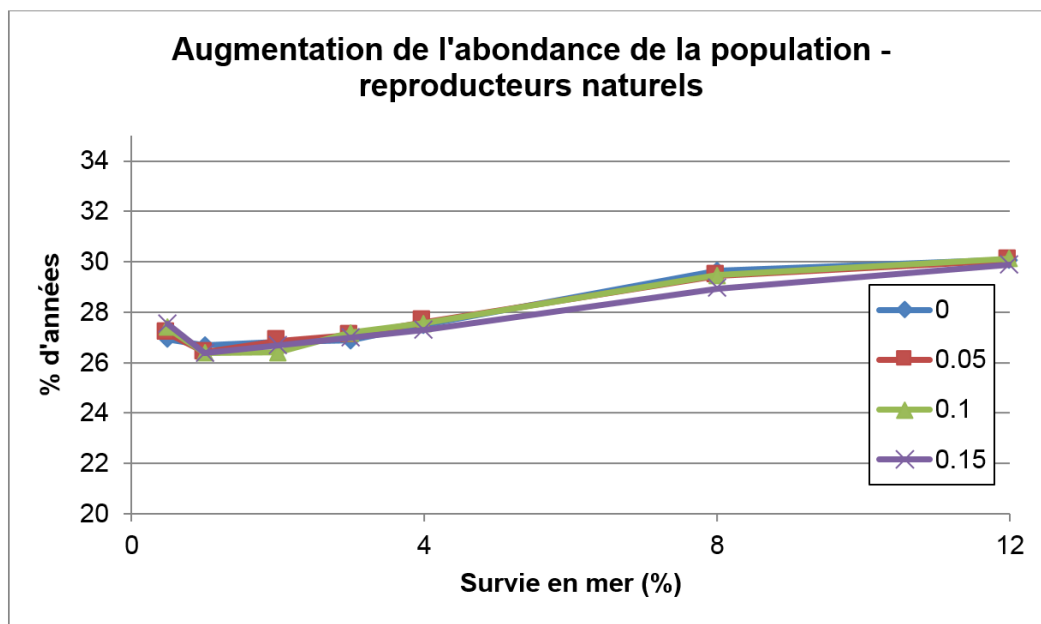


Figure 28 Probabilité d'obtenir une augmentation de l'abondance de la population (indicateur de l'état des stocks 1) avec une augmentation de la survie en mer selon divers scénarios du taux d'exploitation.

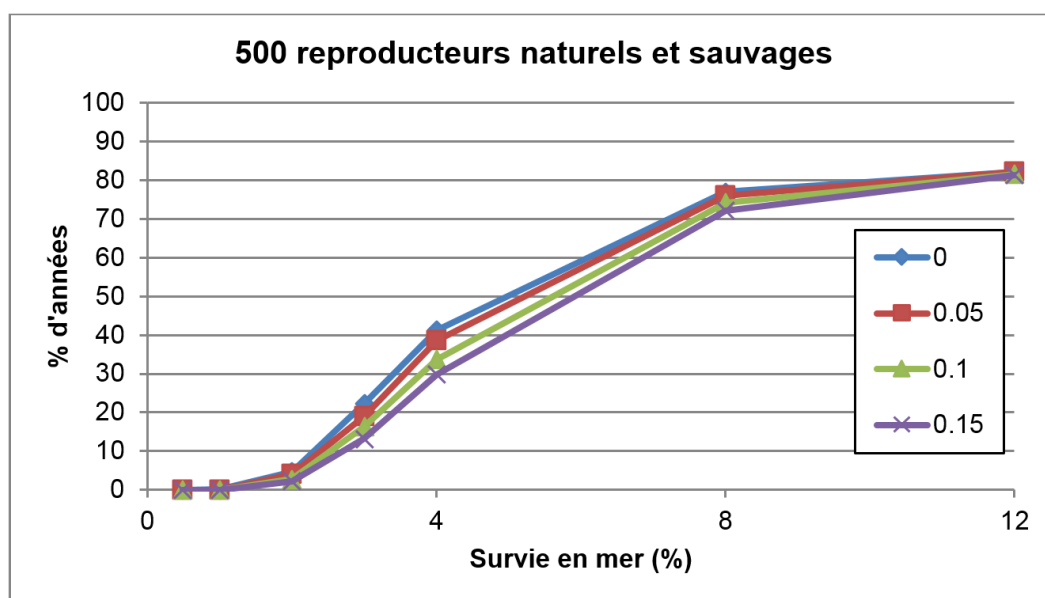


Figure 29 Probabilité d'atteindre 500 reproducteurs naturels et sauvages (indicateur de l'état des stocks 2) avec augmentation de la survie en mer selon divers scénarios du taux d'exploitation.

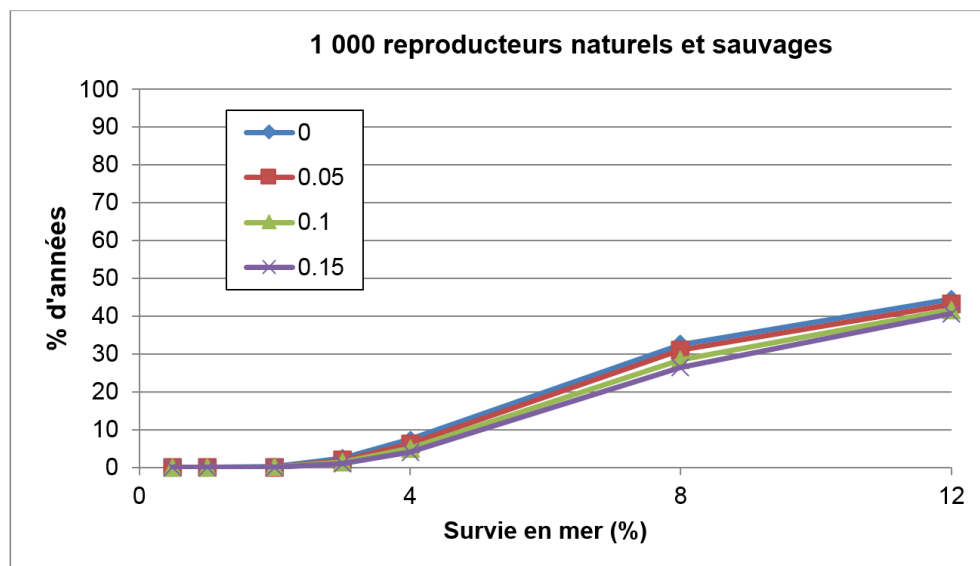


Figure 30 Probabilité d'atteindre 1 000 reproducteurs naturels et sauvages (indicateur de l'état des stocks 3) avec augmentation de la survie en mer selon divers scénarios du taux d'exploitation.

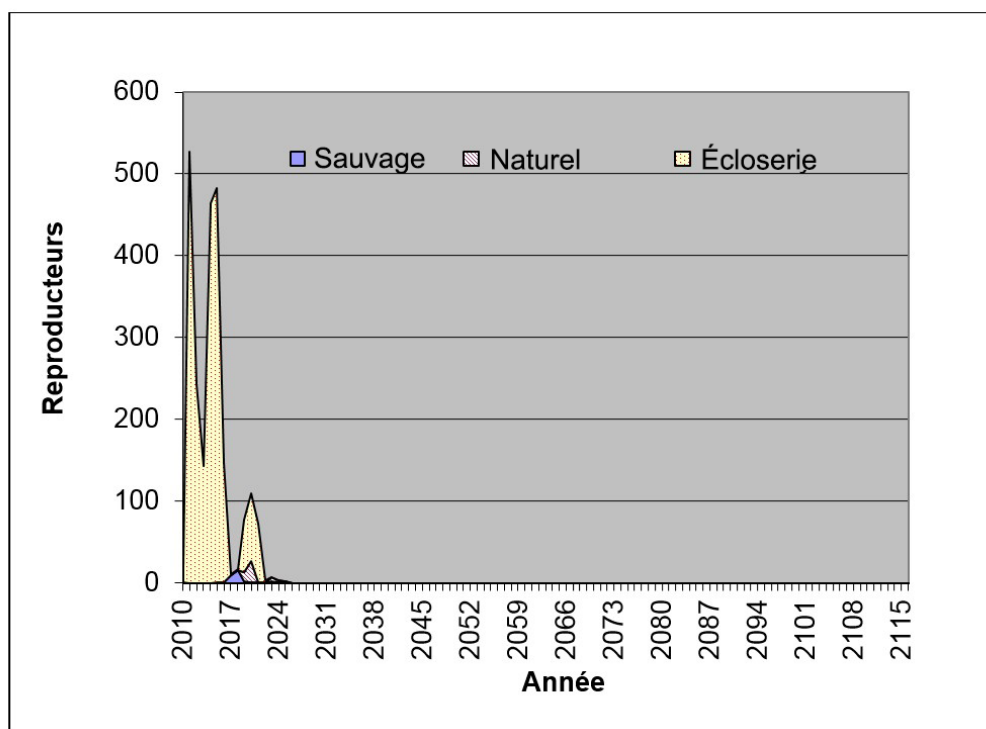


Figure 31 Essai d'une simulation d'analyse de la viabilité de la population dans les conditions actuelles sans programme de reproduction en captivité.

ANNEXE C – APERÇU DU MODÈLE DE VIABILITÉ DE LA POPULATION DE SAUMON ROUGE DU LAC SAKINAW

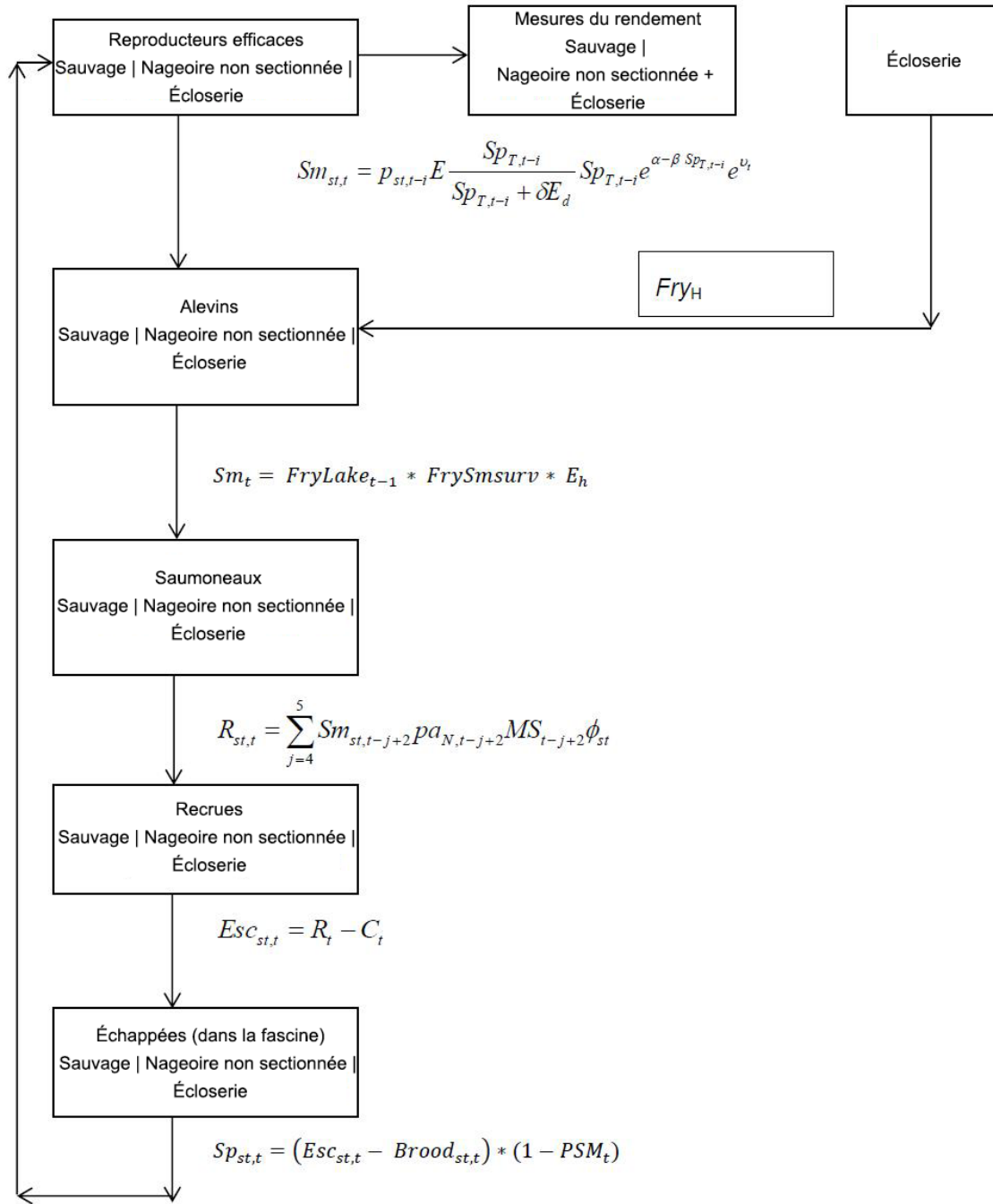


Figure 32 Aperçu du modèle de viabilité de la population de saumon rouge du lac Sakinaw. Voir Korman et Grout (2008) pour une description des équations et des autres équations non illustrées ici.

ANNEXE D – APERÇU DE LA COMPOSANTE ÉCLOSERIE DU MODÈLE DE VIABILITÉ DE LA POPULATION DU SAUMON ROUGE DU LAC SAKINAW

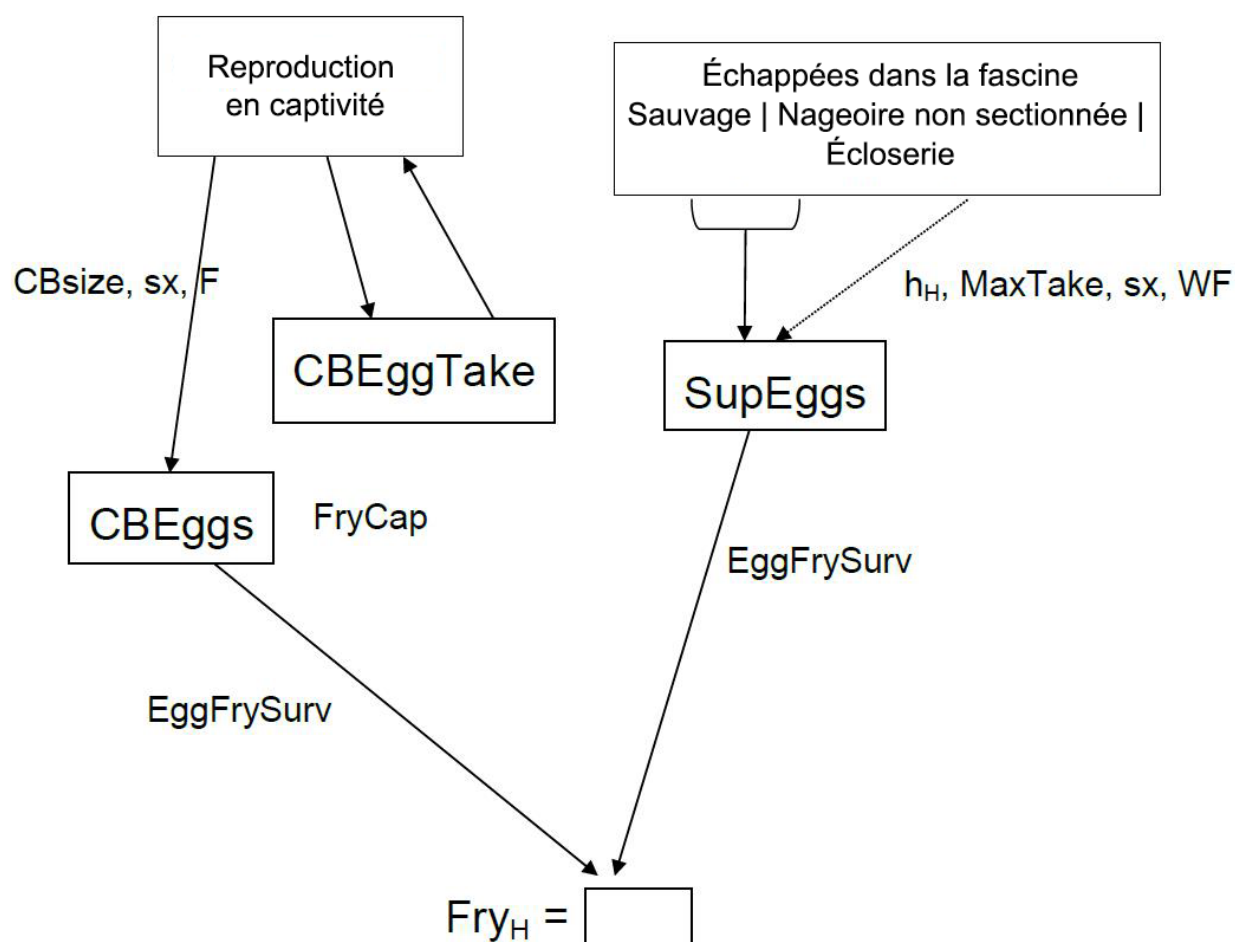


Figure 33 Aperçu de la composante éclosion du modèle de viabilité de la population de saumon rouge du lac Sakinaw. Voir le Tableau 28 et le Tableau 29 pour les définitions des termes. La collecte supplémentaire d'œufs (SupEggs) depuis la fascine n'a pas été incluse dans la modélisation pour cette évaluation, mais peut l'être si nécessaire.

ANNEXE E – MODÈLE SIMPLE DU CYCLE BIOLOGIQUE DU SAUMON ROUGE DU LAC SAKINAW

Tableau 30 Taux de mortalité par stade biologique, échappées, taux de changement et recrues par reproducteur selon le scénario actuel. Les chiffres en rouge sont connus avec une certaine confiance, les chiffres en noir sont estimés à partir de normes biologiques ou d'observations anecdotiques, et les chiffres en vert sont des estimations tirées de la littérature scientifique.

Scénario actuel				
	Incidence sur le taux	Stade biologique	Saumon Rouge	Taux de mortalité
A. Migration terminale et frai	Adultes matures	Adultes en amont	500	10 %
		Reproducteurs	450	-
B. Incubation en eau douce	De l'état d'œuf à l'état d'alevin	Œufs pondus	461 025	91,0 %
	De l'état d'alevin à l'état de saumoneau	Alevins	41 492	80,8 %
D. Migration et d'alevinage en mer	Survie en mer	Saumoneaux	7 967	99,5 %
E. Récolte	Exploitation	Recrues adultes sauvages	39	5 %
		Échappées	37	-
		Taux de changement	- 93 %	-
		Recrues/reproducteur	0,07	-

Tableau 31 Taux de mortalité par stade biologique, échappées, taux de changement et recrues par reproducteur selon le scénario actuel. Les chiffres en rouge sont connus avec une certaine confiance, les chiffres en noir sont estimés à partir de normes biologiques ou d'observations anecdotiques, et les chiffres en vert sont des estimations tirées de la littérature scientifique.

Scénario d'augmentation de la survie en mer – 7,0 %				
	Incidence sur le taux	Stade biologique	Saumon rouge	Taux de mortalité
A. Migration terminale et frai	Adultes matures	Adultes en amont	500	10 %
		Reproducteurs	450	-
B. Incubation en eau douce	De l'état d'œuf à l'état d'alevin	Œufs pondus	461 025	91,0 %
	De l'état d'alevin à l'état de saumoneau	Alevins	41 492	80,8 %
D. Migration et d'alevinage en mer	Survie en mer	Saumoneaux	7 967	93,0 %
E. Récolte	Exploitation	Recrues adultes sauvages	558	5 %
		Échappées	530	-
		Taux de changement	+ 6 %	-
		Recrues/reproducteur	1,06	-