

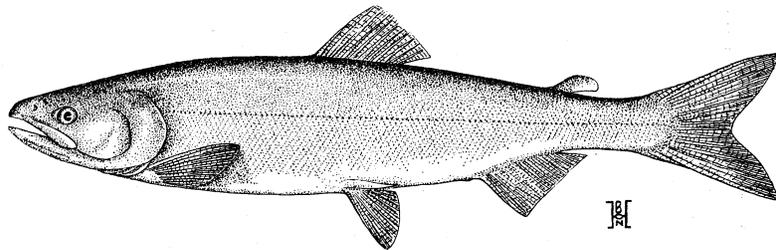
Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC

sur le

saumon sockeye (saumon rouge) *Oncorhynchus nerka*

population Cultus

au Canada



ESPÈCE EN VOIE DE DISPARITION
2003

COSEPAC
COMITÉ SUR LA SITUATION DES
ESPÈCES EN PÉRIL
AU CANADA



COSEWIC
COMMITTEE ON THE STATUS OF
ENDANGERED WILDLIFE IN
CANADA

Les rapports de situation du COSEPAC sont des documents de travail servant à déterminer le statut des espèces sauvages que l'on croit en péril. On peut citer le présent rapport de la façon suivante :

COSEPAC. 2003. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le saumon sockeye (saumon rouge) *Oncorhynchus nerka* (population Cultus) au Canada. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. ix + 61 p.

Note de production : Le COSEPAC tient à remercier Neil D. Schubert qui a rédigé le rapport de situation sur le saumon sockeye (saumon rouge) *Oncorhynchus nerka* aux termes d'un contrat avec Environnement Canada.

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires, s'adresser au :

Secrétariat du COSEPAC
a/s Service canadien de la faune
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Tél. : (819) 997-4991 / (819) 953-3215
Télec. : (819) 994-3684
Courriel : COSEWIC/COSEPAC@ec.gc.ca
<http://www.cosepac.gc.ca>

Also available in English under the title COSEWIC Assessment and Status Report on the Sockeye Salmon *Oncorhynchus nerka* Cultus population in Canada.

Illustration de la couverture :
Saumon rouge adulte (tiré de Hart, 1973).

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2003
N° de catalogue CW69-14/324-2003F-PDF
ISBN 0-662-75002-0
HTML CW69-14/324-2003F-HTML
0-662-75003-9



Papier recyclé



COSEPAC Sommaire de l'évaluation

Sommaire de l'évaluation – Mai 2003

Nom commun

Saumon sockeye (saumon rouge) (population Cultus)

Nom scientifique

Oncorhynchus nerka

Statut

Espèce en voie de disparition

Justification pour la désignation

La population Cultus possède des caractéristiques génétiques et biologiques uniques (halte de migration des adultes dans l'estuaire du Fraser, résidence prolongée dans le lac avant la fraye, fraye exclusivement dans le lac, fraye tardive, alevins en eau profonde). L'absence de succès des tentatives antérieures de transplantation du saumon sockeye dans le lac Cultus et d'autres lacs laisse croire que le saumon sockeye Cultus est irremplaçable. La population Cultus s'est effondrée principalement en raison de la surexploitation, due tant aux prises dirigées qu'aux prises accidentelles dans les pêches de stocks mixtes, qui dépasse le rendement équilibré. Un autre facteur important qui a réduit la population de géniteurs effectifs depuis 1995 a été la mortalité pré-fraye très élevée, associée à une entrée précoce en eau douce et à une infestation par le parasite *Parvicapsula minibicornis*. Il y a également des incidences écologiques sur l'habitat du lac attribuables à la colonisation par la myriophylle en épi, à l'aménagement foncier, à la canalisation des cours d'eau, à l'apport nutritif et à l'utilisation récréative. Dans les présentes conditions, il y a une probabilité élevée de disparition de la population du saumon sockeye du lac Cultus.

Répartition

Colombie-Britannique, océan Pacifique

Historique du statut

Espèce désignée d'urgence « en voie de disparition » en octobre 2002. Réexamen et confirmation du statut en mai 2003. Évaluation fondée sur un nouveau rapport de situation.



COSEPAC Résumé

Saumon sockeye (saumon rouge) *Oncorhynchus nerka*

Information sur l'espèce

Le saumon rouge est l'une des sept espèces du genre *Oncorhynchus* indigènes de l'Amérique du Nord. L'adulte possède un corps mince, argenté et fusiforme, marqué de pâles mouchetures bleu-vert sur le dos et il pèse en moyenne 3 kg. Sa coloration externe et son aspect physique se modifient nettement pendant sa migration de l'océan vers l'écosystème d'eau douce où il est né et a grandi jusqu'à la fin du stade juvénile (habituellement un lac). La tête prend une coloration vert pâle et le corps peut prendre une teinte écarlate brillante; chez le mâle, les dents deviennent proéminentes et la mâchoire inférieure se recourbe pour former un crochet. Les adultes meurent peu de temps après la fraye et leur progéniture peut séjourner plusieurs années dans le milieu lacustre. Le saumon rouge forme des populations isolées qui développent des adaptations locales aux eaux douces où se déroulent la naissance, la croissance jusqu'à la fin du stade juvénile ainsi que la fraye des adultes.

Le présent rapport de situation évalue la population de saumons rouges génétiquement distincte qu'abrite le lac Cultus, situé dans la partie côtière des basses terres du bassin hydrographique du fleuve Fraser (Colombie-Britannique). Le saumon rouge du lac Cultus est unique sur le plan génétique par rapport à toutes les autres populations de saumons rouges, notamment les saumons rouges du cours supérieur du Fraser, qui ne proviennent pas du même refuge glaciaire, et ceux du cours inférieur du Fraser, avec lesquels il partage une origine commune. Le saumon rouge du lac Cultus possède de nombreuses adaptations permettant sa survie dans son environnement lacustre local; ces adaptations le différencient encore davantage par rapport aux autres saumons rouges du fleuve Fraser et des autres parties de l'aire de répartition de l'espèce. Les tentatives de transplantation de populations de saumons rouges non indigènes dans le lac Cultus se sont soldées par un échec, ce qui donne à penser que le saumon rouge du lac Cultus ne peut probablement pas être remplacé. Étant donné leur isolement et leur différenciation génétique et adaptative par rapport à toutes les autres populations de saumons rouges, les saumons rouges du lac Cultus constituent une unité distincte.

Répartition

En tant qu'espèce, le saumon rouge est réparti dans tout le Pacifique Nord et dans les réseaux hydrographiques qui s'y jettent tant en Asie qu'en Amérique du Nord, mais il abonde principalement en Alaska et en Colombie-Britannique. Le bassin

hydrographique du fleuve Fraser constitue le principal habitat du saumon rouge en Colombie-Britannique et abrite le plus grand nombre de populations et d'individus au monde. La population de saumons rouges traitée dans le présent rapport fraie dans le lac Cultus, situé près de la côte dans l'est de la vallée du Fraser à l'intérieur du bassin hydrographique de ce fleuve, près de la frontière internationale canado-américaine et à environ 112 km en amont du détroit de Géorgie. Le saumon rouge du lac Cultus passe environ la moitié de son cycle vital dans ce lac et l'autre moitié dans le Pacifique Nord, près de l'Alaska.

Habitat

Le saumon rouge du lac Cultus utilise exclusivement l'habitat de ce lac pour la reproduction, l'incubation des œufs et la croissance des juvéniles. Le lac Cultus est un lac court et étroit dont la zone littorale est relativement petite et où la température de l'eau est élevée, avec une thermocline marquée et de longue durée. Le rendement photosynthétique saisonnier moyen y est le plus élevé de tous ceux mesurés dans les lacs à saumon rouge du bassin du Fraser. Le lac abrite une communauté de zooplancton productive qui offre des ressources alimentaires exceptionnelles aux saumons rouges juvéniles. Il est alimenté par un certain nombre de petits cours d'eaux locaux et se déverse dans le ruisseau Sweltzer, qui se jette dans la rivière Vedder, laquelle se jette à son tour dans le fleuve Fraser. Les smolts utilisent ces habitats fluviaux pendant leur migration vers l'océan, puis ils deviennent adultes pendant leur séjour dans le Pacifique Nord, notamment dans les eaux avoisinant l'Alaska. Les adultes entreprennent alors leur migration de retour en gagnant d'abord la côte de la Colombie-Britannique pour ensuite descendre vers le fleuve Fraser et le remonter jusqu'au lac Cultus. Habituellement, le saumon rouge passe un an et demi dans son habitat du lac Cultus et deux ans et demi dans son habitat océanique.

Biologie

La plupart des saumons rouges du lac Cultus atteignent la maturité dans leur quatrième année. Les adultes quittent alors les eaux du large près de l'Alaska et entrent dans le détroit de Géorgie (Colombie-Britannique) en août. Normalement, ils séjournent jusqu'à huit semaines dans le détroit avant de reprendre leur migration; ils arrivaient en général dans le fleuve Fraser et le lac Cultus de septembre à décembre. Cependant, ces dernières années, ils ont commencé plus tôt leur migration dans le fleuve Fraser et le lac Cultus, pénétrant en eau douce dès le mois d'août, ce qui a entraîné une hausse du taux de mortalité chez les adultes.

Le saumon rouge du lac Cultus se reproduit exclusivement dans le lac et meurt après la fraie; les carcasses contribuent à enrichir les eaux du lac en matières organiques et autres nutriments. Les alevins émergent du gravier au printemps, se rassemblent immédiatement en bancs et se dirigent vers les eaux profondes. Les juvéniles se répartissent dans toute la zone limnétique et sont exposés à de denses populations de prédateurs, dont la sauvagesse du nord, le saumon coho, des truites, le Dolly Varden et des chabots. Habituellement, ils vivent dans le lac pendant un an, parfois deux, puis ils migrent vers l'océan à l'état de smolts de la fin mars à juin. Ils

migrent par le fleuve Fraser, traversent l'estuaire et se dirigent vers le nord-ouest par le détroit de Johnstone et le long de la côte continentale jusqu'à la fin de l'automne ou l'hiver, époque où ils prennent le large vers le golfe d'Alaska. Ils grossissent dans le golfe d'Alaska avec les autres populations de saumons rouges pendant environ deux ans avant d'entreprendre leur migration de retour vers le lac Cultus.

Le cycle de quatre ans du saumon rouge du lac Cultus produit des classes d'âge largement séparées ou cycles, ce qui donne lieu au phénomène de dominance cyclique. Ces cycles constituent un élément important de la biologie de la population. Une légère variation dans les dates de maturation (par exemple, quelques individus atteignent la maturité à l'âge de trois ou de cinq ans) crée un flux génique entre les cycles et permet un certain rétablissement de la population. Étant donné que 94 p. 100 des saumons rouges du lac Cultus atteignent la maturité à quatre ans, seulement 6 p. 100 des individus peuvent assurer un flux génique entre les cycles.

Taille et tendances des populations

Le nombre de saumons rouges adultes qui retournent chaque année au lac Cultus est enregistré depuis 1925. Leur nombre était en général très grand, mais variable jusqu'à la fin des années 1960, avec une moyenne de 20 000 adultes. Après la fin des années 1960, le nombre de géniteurs s'est effondré sur deux cycles et a commencé à décliner régulièrement sur un troisième cycle. Depuis le début des années 1990, l'abondance a baissé de façon spectaculaire sur les quatre cycles. Le nombre moyen d'adultes pour l'ensemble des cycles a chuté à 4 800; il s'agit du nombre le plus faible jamais observé (depuis 1925). Dans les trois dernières générations (12 dernières années; 1991 à 2002), la population de géniteurs adultes a subi une baisse de 36 p. 100, soit un taux de déclin de 3,3 p. 100 par année pour l'ensemble des cycles. En tenant compte de la récente hausse du taux de mortalité pré-fraye chez les adultes, on constate un déclin d'environ 92 p. 100 dans le nombre de géniteurs effectifs (12 dernières années). Le nombre de géniteurs effectifs ne représente actuellement qu'une petite fraction des estimations les plus prudentes de la capacité biotique de l'habitat (de 56 000 à 115 000 géniteurs effectifs). Le nombre d'alevins et de smolts a également diminué.

De 1995 à 2002, les saumons rouges du lac Cultus et d'autres saumons rouges de la remonte tardive ont migré de plus en plus tôt depuis le détroit de Géorgie jusqu'au fleuve Fraser. La cause de cette migration précoce est inconnue, mais ses conséquences sont graves. La migration précoce est associée à un taux de mortalité élevé le long du corridor de migration en eau douce et aux points terminaux, ainsi qu'à des niveaux élevés de mortalité pré-fraye dans les cours d'eau et les lacs natal. Ce type de mortalité est dû à de graves infestations de *Parvicapsula minibicornis*, parasite qui attaque les reins et les branchies (St-Hilaire *et al.*, 2001). On pense que ce parasite est une espèce endémique dans le réseau, mais que la mort survient seulement après une exposition prolongée qui assure au parasite une période de développement plus longue. Bien que le *Parvicapsula minibicornis* soit présent chez la plupart des populations du fleuve Fraser, il a provoqué une forte mortalité uniquement chez les saumons rouges de la remonte tardive migrant précocement, y compris le saumon rouge du lac Cultus.

L'indice de survie des juvéniles (eau douce) ne montre aucune tendance évidente à long terme, sauf une baisse récente et brutale de la production de smolts par géniteur, qui est associée aux taux élevés de mortalité pré-fraye chez les adultes. Le taux de survie des juvéniles ne semble donc pas en cause dans l'effondrement important du saumon rouge du lac Cultus. L'indice de survie global (couvrant la vie en eau douce et en mer) est extrêmement variable, mais il a chuté sous le seuil de remplacement pendant les épisodes d'El Niño dans les années 1990.

Facteurs limitatifs et menaces

La surpêche, les récentes augmentations du taux de mortalité pré-fraye associées à une migration précoce et la réduction de l'indice de survie en mer due aux épisodes d'El Niño dans les années 1990 sont les principaux facteurs qui ont contribué à l'effondrement du saumon rouge du lac Cultus. Le prélèvement par les pêches a dépassé le rendement équilibré presque continuellement depuis plus de quatre décennies (1952 à 1997). Chaque année, la pêche tue en moyenne 67 p. 100 des adultes avant la fraye, alors que le rendement équilibré serait inférieur à 56 p. 100.

La mortalité pré-fraye due à des infestations du parasite *Parvicapsula minibicornis* est incontrôlable, tout comme les épisodes d'El Niño et les changements dans la survie en mer qui en découlent. Par conséquent, la pêche est le seul facteur clé de l'effondrement sur lequel on peut exercer un contrôle. Selon une analyse mathématique, en l'absence totale de pêche à l'avenir et dans des conditions entraînant une forte mortalité pré-fraye, la probabilité d'extinction de cette population de saumons rouges se situe entre 50 p. 100 sur trois générations (12 ans) et 100 p. 100 sur 25 générations (100 ans).

Le bassin hydrographique du lac Cultus est très développé aux fins d'utilisations récréatives, résidentielles et agricoles qui ont eu une incidence importante sur les tributaires et certaines parties de la zone riveraine du lac. Environ 92 p. 100 du rivage se trouve maintenant dans des parcs. Chaque année, environ 1,5 million de personnes visitent ce lac où la navigation de plaisance est une activité populaire. L'écologie du lac évolue également; par exemple, l'introduction du myriophylle en épi a probablement accru la prédation. Cependant, ces altérations de l'habitat, bien que présentant une menace, ne sont probablement pas responsables de l'effondrement de la population.

Importance de l'espèce

Le saumon rouge du lac Cultus est une population génétiquement distincte, adaptée localement, qui joue un rôle clé dans l'écosystème du lac Cultus. La décomposition des carcasses des adultes fournit des matières organiques et d'autres nutriments provenant de l'océan et les juvéniles jouent un rôle dans le réseau trophique et le cycle énergétique du lac, car ils consomment du plancton et servent de proies aux poissons, aux oiseaux et aux mammifères piscivores. Sur le plan scientifique, la population est également importante à cause du rôle qu'elle a joué dès le début des recherches sur le saumon et du fait qu'on possède pour elle et son habitat l'une des plus longues séries chronologiques de données d'évaluation au monde en ce qui concerne le saumon rouge. Enfin, la population est importante pour de nombreux segments de la société

canadienne : elle représente un élément essentiel de la culture et du bien-être de la bande de Soowahlie de la Première nation Sto:lo, qui vit à proximité; elle présente aussi un intérêt pour la pêche récréative et commerciale ainsi qu'un intérêt sur les plans intellectuel, culturel et récréatif pour de nombreux naturalistes et touristes.

Protection actuelle et autres désignations

Les populations de saumon du Pacifique sont protégées par un vaste cadre composé d'engagements internationaux ainsi que de lois et de politiques nationales, notamment la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique, la *Loi sur les pêches*, des ententes fédérales-provinciales, des lois provinciales comme la *Water Act*, la politique sur la nouvelle orientation pour les pêches du saumon du Pacifique définie en 1998 par Pêches et Océans Canada et la future Politique concernant le saumon sauvage. Cependant, la population de saumons rouges du lac Cultus a diminué à un point tel qu'elle se trouve actuellement menacée d'extinction. Les gestionnaires de la Commission du saumon du Pacifique et du Conseil du Fraser ont pris des mesures de conservation visant à réduire les captures du saumon rouge du Fraser de la remonte tardive dans les pêches en 2001 et en 2002. Ces mesures ont diminué le nombre de saumons rouges tués, ce qui a eu un effet bénéfique pour le saumon rouge du lac Cultus. Cependant, d'après les données préliminaires, le saumon rouge du lac Cultus pourrait être exposé à une pêche dépassant la limite fixée dans les ententes de conservation (taux d'exploitation total de la remonte tardive de 25 p. 100 en 2003 alors que le maximum approprié aux termes de l'entente de conservation serait de 15 p. 100). Le 25 octobre 2002, le COSEPAC a mené une évaluation d'urgence et placé le saumon rouge du lac Cultus sur la liste des espèces en voie de disparition. En mai 2003, le COSEPAC a procédé à une réévaluation et confirmé le statut d'espèce en voie de disparition. Aux États-Unis, les populations de saumons rouges qui connaissent un effondrement similaire figurent sur la liste des espèces en voie de disparition (*endangered*) en vertu de la *Endangered Species Act*, qui leur assure une protection contre la pêche.

Sommaire du rapport de situation

Le saumon rouge du lac Cultus constitue une population unique sur le plan génétique et qui est importante du point de vue écosystémique, scientifique et culturel. Cette population s'est effondrée au cours des trois dernières générations (1991 à 2002; déclin de la population de géniteurs adultes et du potentiel de reproduction total de 36 p. 100 et de 92 p. 100, respectivement) principalement à cause de la surpêche des adultes, de l'augmentation du taux de mortalité des adultes associée à une infestation par un parasite et de la réduction de l'indice de survie en mer. La détérioration de l'habitat dans le lac constitue une menace, mais elle ne semble pas être à l'origine de l'effondrement de la population. Compte tenu de sa faible abondance actuelle, la population est hautement vulnérable aux effets des activités humaines et aux phénomènes environnementaux aléatoires. En l'absence de toute pression de pêche et avec un niveau élevé de mortalité pré-fraye, la probabilité d'une extinction de la population se situe entre 50 p. 100 sur trois générations (12 ans) et 100 p. 100 sur 25 générations (100 ans).



MANDAT DU COSEPAC

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) détermine le statut, au niveau national, des espèces, des sous-espèces, des variétés et des populations sauvages canadiennes importantes qui sont considérées comme étant en péril au Canada. Les désignations peuvent être attribuées à toutes les espèces indigènes des groupes taxinomiques suivants : mammifères, oiseaux, reptiles, amphibiens, poissons, lépidoptères, mollusques, plantes vasculaires, mousses et lichens.

COMPOSITION DU COSEPAC

Le COSEPAC est composé de membres de chacun des organismes fauniques des gouvernements provinciaux et territoriaux, de quatre organismes fédéraux (Service canadien de la faune, Agence Parcs Canada, ministère des Pêches et des Océans, et le Partenariat fédéral sur la biosystématique, présidé par le Musée canadien de la nature), de trois membres ne relevant pas de compétence, ainsi que des coprésident(e)s des sous-comités de spécialistes des espèces et des connaissances traditionnelles autochtones. Le Comité se réunit pour étudier les rapports de situation des espèces candidates.

DÉFINITIONS

Espèce	Toute espèce, sous-espèce, variété ou population indigène de faune ou de flore sauvage géographiquement définie.
Espèce disparue (D)	Toute espèce qui n'existe plus.
Espèce disparue du Canada (DC)	Toute espèce qui n'est plus présente au Canada à l'état sauvage, mais qui est présente ailleurs.
Espèce en voie de disparition (VD)*	Toute espèce exposée à une disparition ou à une extinction imminente.
Espèce menacée (M)	Toute espèce susceptible de devenir en voie de disparition si les facteurs limitatifs auxquels elle est exposée ne sont pas renversés.
Espèce préoccupante (P)**	Toute espèce qui est préoccupante à cause de caractéristiques qui la rendent particulièrement sensible aux activités humaines ou à certains phénomènes naturels.
Espèce non en péril (NEP)***	Toute espèce qui, après évaluation, est jugée non en péril.
Données insuffisantes (DI)****	Toute espèce dont le statut ne peut être précisé à cause d'un manque de données scientifiques.

* Appelée « espèce en danger de disparition » jusqu'en 2000.

** Appelée « espèce rare » jusqu'en 1990, puis « espèce vulnérable » de 1990 à 1999.

*** Autrefois « aucune catégorie » ou « aucune désignation nécessaire ».

**** Catégorie « DSIDD » (données insuffisantes pour donner une désignation) jusqu'en 1994, puis « indéterminé » de 1994 à 1999.

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a été créé en 1977, à la suite d'une recommandation faite en 1976 lors de la Conférence fédérale-provinciale sur la faune. Le comité avait pour mandat de réunir les espèces sauvages en péril sur une seule liste nationale officielle, selon des critères scientifiques. En 1978, le COSEPAC (alors appelé CSEMDC) désignait ses premières espèces et produisait sa première liste des espèces en péril au Canada. Les espèces qui se voient attribuer une désignation lors des réunions du comité plénier sont ajoutées à la liste.



Environnement Canada
Service Canadien de la faune

Environment Canada
Canadian Wildlife Service

Canada

Le Service canadien de la faune d'Environnement Canada assure un appui administratif et financier complet au Secrétariat du COSEPAC.

Rapport de situation du COSEPAC

sur le

saumon sockeye (saumon rouge) *Oncorhynchus nerka*

population Cultus

au Canada

2003

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	5
INFORMATION SUR L'ESPÈCE	5
Nom et classification.....	5
Description.....	5
Populations importantes à l'échelle nationale.....	6
RÉPARTITION	8
Répartition mondiale.....	8
Répartition canadienne.....	9
HABITAT	11
BIOLOGIE	15
Biologie du saumon rouge en général	15
Biologie du saumon rouge du lac Cultus	16
TAILLE ET TENDANCE DE LA POPULATION.....	19
Nombre d'adultes entrant dans le lac Cultus	19
Abondance des alevins.....	23
Abondance des smolts	25
Nombre total d'adultes.....	25
Indices de survie.....	26
Capacité de production.....	29
Productivité.....	30
Projections et probabilité de disparition relativement à la population d'adultes	30
FACTEURS LIMITATIFS ET MENACES	36
Capture dans les pêches	36
Migration précoce et mortalité pré-fraye	37
Stochasticité environnementale.....	38
Maladies et parasites.....	38
Prédation	39
Espèces exotiques.....	39
Altération de l'habitat	40
IMPORTANCE DE L'ESPÈCE	41
PROTECTION ACTUELLE OU AUTRES DÉSIGNATIONS	42
SOMMAIRE DU RAPPORT DE SITUATION	43
RÉSUMÉ TECHNIQUE.....	46
REMERCIEMENTS.....	48
OUVRAGES CITÉS	48
SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DU CONTRACTUEL	52

Liste des figures

Figure 1.	Dessin d'un saumon rouge adulte (tiré de Hart, 1973).....	6
Figure 2.	Répartition des populations de saumons rouges le long de la côte du Pacifique Nord.	9
Figure 3.	Répartition des populations de saumons rouges dans le réseau du fleuve Fraser	10

Figure 4.	Carte du lac Cultus montrant les six emplacements historiques et le seul lieu actuel de reproduction.....	12
Figure 5.	Nombre de saumons rouges adultes entrant chaque année dans le lac Cultus (échappées représentées par les barres) et estimations du succès de la fraye (points) des adultes du lac Cultus, de 1925 à 2002.....	20
Figure 6.	Nombre d'adultes entrant chaque année dans le lac Cultus (barres) et proportion de la population d'adultes tuée dans les pêches (taux d'exploitation en p. 100 [lignes]) pour les saumons rouges adultes du lac Cultus des cycles de 2000, de 2001, de 2002 et de 2003.....	22
Figure 7.	Échappée annuelle et échappée lissée pour une génération (moyenne sur quatre ans), établies à partir des données recueillies à la barrière de dénombrement du ruisseau Sweltzer durant les trois dernières générations.....	23
Figure 8.	Échappée annuelle et échappée lissée pour une génération (moyenne sur quatre ans), corrigées selon la population estimée de géniteurs adultes effectifs (dénombrement à la barrière corrigé en fonction de la mortalité pré-fraye) durant les trois dernières générations.....	24
Figure 9.	Date moyenne de l'arrivée des saumons rouges adultes au lac Cultus.....	24
Figure 10.	Abondance des smolts de la population de saumon rouge du lac Cultus (barres) et indice de survie en eau douce (lignes) (smolts/géniteur adulte dans l'année de ponte), de 1924 à 2001.....	26
Figure 11.	Nombre total d'adultes dans la population (retour total), nombre d'adultes tués par la pêche (barres bleu pâle), nombre d'adultes entrant dans le lac Cultus (barres bleu foncé) et taux d'exploitation (captures/total [ligne]) pour le saumon rouge du lac Cultus, de 1952 à 2002.....	27
Figure 12.	Taux de survie en mer du saumon rouge du lac Cultus par année de ponte, de 1951 à 1990.....	28
Figure 13.	Série chronologique de données sur le nombre de recrues par géniteur (R/G) pour les saumons rouges adultes du lac Cultus, où les recrues représentent le nombre total d'adultes dans la population et les géniteurs, le nombre d'adultes de la génération parentale entrant dans le lac Cultus, de 1948 à 1997.....	29

Liste des tableaux

Tableau 1.	Valeurs de F_{ST} pour 14 loci microsatellites (intervalle de confiance à 95 p. 100 entre parenthèses) et un locus CMH entre la population de saumons rouges du lac Cultus et les populations de 45 autres endroits du réseau du fleuve Fraser.....	21
Tableau 2.	Nombre total de saumons rouges adultes entrant dans le lac Cultus par année de cycle, de 1925 à 2002.....	31
Tableau 3.	Population adulte totale annuelle, effectifs tués dans les pêches, effectifs entrant dans le lac Cultus et taux d'exploitation du saumon rouge du lac Cultus par cycle, de 1952 à 2002.....	32
Tableau 4.	Indices de survie en eau douce, en mer et global, et taux d'exploitation (TE) à la production maximale équilibrée pour le saumon rouge des populations Cultus, Chilko et Adams.....	33

Tableau 5. Prévisions concernant le nombre de saumons rouges adultes entrant dans le lac Cultus en fonction de divers taux de mortalité pré-fraye (MPF) et taux d'exploitation (TE)	34
Tableau 6. Probabilité moyenne d'extinction de la population de saumons rouges du lac Cultus à différents taux de mortalité pré-fraye (MPF) et taux d'exploitation (TE) après 3, 5, 10 et 25 générations.....	35

Liste des annexes

Annexe 1. Nombre de mâles précoces, de mâles adultes et de femelles adultes entrant dans le lac Cultus, succès de la fraye des femelles (fondé sur l'examen des cavités corporelles après la reproduction) et estimations de la mortalité pré-fraye, de 1925 à 2000	53
Annexe 2. Calendrier annuel du passage du saumon rouge du lac Cultus à la barrière de dénombrement du ruisseau Sweltzer, période de pointe de la fraye et fécondité moyenne des femelles, de 1925 à 2002.	55
Annexe 3. Échappée d'adultes dans l'année de ponte n, estimations de la population d'alevins à l'automne de l'année n+1 et de la population de smolts des années n+2 et n+3, et indice de survie en eau douce du saumon rouge du lac Cultus, de 1923 à 2001.....	57
Annexe 4. Population adulte totale annuelle, effectifs tués dans les pêches, effectifs entrant dans le lac Cultus et taux d'exploitation pour le saumon rouge du lac Cultus, de 1952 à 2002	59
Annexe 5. Production de smolts d'âge 1, captures et échappée subséquentes aux âges 42 et 52 (migration vers la mer dans la deuxième année), et survie en mer du saumon rouge du lac Cultus pour les années de ponte de 1951 à 2001	60
Annexe 6. Échappée dans l'année de ponte, retour subséquent par âge (captures et échappée) et retour d'adultes par géniteur pour le saumon rouge du lac Cultus dans les années de ponte de 1948 à 1999.....	61

AVANT-PROPOS

Le saumon rouge du lac Cultus est l'une des populations de saumons les plus étudiées au monde. Des recherches sur l'abondance des géniteurs, les caractéristiques du lac et la production de juvéniles ont été entreprises par les chercheurs de la Station biologique du Pacifique dans les années 1920 (voir par exemple Foerster, 1929a, 1929b, 1929c, 1934, 1936; Ricker, 1935, 1937, 1938c) et se sont poursuivies avec les travaux de la Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique (voir par exemple Howard, 1948; Cooper, 1952) et du ministère des Pêches et des Océans (MPO) (voir par exemple Ricker, 1952). Depuis 1925, le MPO a établi sur le bord du lac Cultus un laboratoire de terrain où il mène un programme de recherche. On dispose donc d'une foule de données sur la limnologie du lac et la structure de la communauté ichtyenne ainsi que d'une abondante information sur les stades d'alevin, de smolt et d'adulte, qui ont servi de fondement au présent rapport.

INFORMATION SUR L'ESPÈCE

Nom et classification

Le nom scientifique, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792), vient des racines grecques *onchos* (crochet) et *rynchos* (museau) et de *nerka*, un des noms communs russes de l'espèce (Hart, 1973). Cette espèce fait partie d'un groupe de sept espèces du genre *Oncorhynchus* indigènes de l'Amérique du Nord. Le nom anglais *sockeye*, une déformation du mot *sukkai* utilisé par les Salish du littoral (Hart, 1973), est le nom commun anglais le plus fréquemment utilisé pour désigner cette espèce, aussi appelée *red salmon* (Alaska), *blueback salmon* (fleuve Columbia), *nerka* et *krasnaya ryba* (Russie) ainsi que *benizake* et *benimasu* (Japon) (Burgner, 1991). En français, on l'appelle saumon rouge ou saumon sockeye.

Description

Dans la famille des Salmonidés, le saumon rouge se distingue par sa nageoire anale possédant de 13 à 19 rayons, caractéristique commune à toutes les espèces de saumon du Pacifique, et il se différencie des autres espèces de saumon du Pacifique par la présence sur le premier arc branchial de 28 à 40 branchicténies longues, minces et rapprochées, de caeca pyloriques peu nombreux et de fines mouchetures sur le dos (figure 1). Les saumons rouges juvéniles ont un corps mince et allongé portant sur les flancs des marques verticales elliptiques ou ovales qui s'étendent peu, sinon pas du tout, sous la ligne latérale. L'adulte possède un corps mince, fusiforme et marqué de pâles mouchetures bleu-vert sur le dos; au Canada, il pèse en moyenne 3 kg, mais il peut atteindre plus de 6 kg. Pendant la maturation, il se produit une nette transformation de la coloration externe et de la forme du corps; la tête devient vert pâle, tandis que le corps acquiert une teinte terne brun rougeâtre qui devient par la suite une brillante coloration écarlate chez certaines populations. Chez le mâle, les dents deviennent proéminentes et la mâchoire inférieure se recourbe pour former un crochet, tandis que la femelle conserve largement sa forme marine. Des descriptions détaillées sont fournies dans Foerster (1968), Hart (1973) et Burgner (1991).

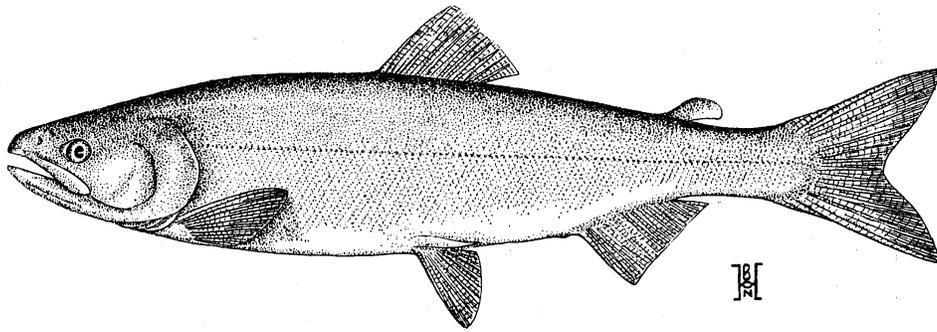


Figure 1. Dessin d'un saumon rouge adulte (tiré de Hart, 1973).

Populations importantes à l'échelle nationale

La *Loi sur les espèces en péril* (LEP) du Canada définit une espèce sauvage comme une espèce, sous-espèce, variété ou population géographiquement ou génétiquement distincte. Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) considère ce genre de populations comme des populations importantes à l'échelle nationale. Aux États-Unis, l'application de la *Endangered Species Act* au saumon du Pacifique fait appel au critère de l'unité évolutive significative (UES) (Waples, 1991), c.-à-d. une population qui : a) montre un isolement reproductif substantiel, où le degré d'isolement est suffisant pour que des différences importantes s'accumulent pour former une population distincte; b) représente une composante importante du patrimoine évolutif de l'espèce, c.-à-d. que les caractéristiques phénotypiques de son cycle vital reflètent des adaptations locales ayant une importance évolutionniste (Waples, 1991). Après application de ces critères au saumon rouge de l'État de Washington et de l'Oregon, le National Marine Fisheries Service des États-Unis a conclu que toutes les populations (six) au sujet desquelles on dispose de données suffisantes sont des unités évolutives significatives (Gustafson *et al.*, 1997). La population de saumons rouges du lac Cultus est décrite ci-dessous du point de vue de son isolement reproductif, de son adaptation locale et de son importance évolutionniste.

Isolement reproductif — La structure génétique des populations de saumons rouges de l'Amérique du Nord est déterminée à la fois par leur origine ancestrale remontant à la dernière glaciation et par le lac de séjour où les juvéniles grossissent (Wood, 1995). Les stocks de saumons rouges de l'amont et de l'aval du canyon du Fraser sont génétiquement distincts d'après les données sur les mitochondries, les alloenzymes et les microsatellites (Wood *et al.*, 1994; Bickham *et al.*, 1995; Withler *et al.*, 2000). Une comparaison entre la différenciation génétique et les distances géographiques a montré que ces deux facteurs ne sont pas reliés (Withler *et al.*, 2000). Les différences reflètent plutôt une colonisation post-glaciaire indépendante du cours inférieur du Fraser à partir du refuge Béring et du cours supérieur du Fraser à partir du refuge Columbia (Wood *et al.*, 1994). Des études précises sur la structure de la population à partir du locus du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) *DAB-β1* (Miller *et al.*, 2001) et de six microsatellites au sein de 30 populations (Withler *et al.*,

2000) indiquent une différenciation significative entre les populations du cours inférieur du Fraser, la population Cultus étant la plus distincte. La population la plus similaire à celle du lac Cultus est celle du lac Chilliwack, situé dans le même réseau de tributaires mais isolée de la population Cultus par ses périodes de reproduction nettement différentes.

Tout comme dans la plupart des autres lacs de séjour du saumon rouge du Fraser, il y a eu plusieurs transplantations d'autres populations de saumons rouges dans le lac Cultus au début du XX^e siècle (Aro, 1979). Plusieurs millions d'alevins provenant de la rivière Birkenhead ont été relâchés de 1920 à 1922, et des effectifs similaires d'alevins provenant des rivières Harrison et Pitt ont peut-être été relâchés en 1915. Cependant, la population du lac Cultus ne montre aucun signe d'introgression génétique avec celles des rivières Birkenhead, Harrison ou Pitt (R. Withler, MPO, Station biologique du Pacifique, comm. pers.). Il est donc probable que ces tentatives de transplantation aient échoué. Par contre, dans le réseau du Fraser, deux autres transplantations de multiples stocks de saumons rouges dans le cours supérieur de la rivière Adams et le ruisseau Fennell ont donné lieu à des similitudes génétiques à des loci microsatellites des populations hôtes et des populations introduites (Withler *et al.*, 2000). Par conséquent, si les transplantations dans le lac Cultus avaient réussi, il est probable que les analyses des microsatellites auraient révélé la présence de similitudes génétiques.

D'autres loci génétiques (14 loci microsatellites et un locus d'un complexe majeur d'histocompatibilité, CMH) ainsi qu'un large éventail de populations de référence (13 000 échantillons prélevés dans 46 populations) ont été analysés récemment (T. Beacham, MPO, Station biologique du Pacifique, comm. pers.). La différenciation génétique (isolement reproductif) a été quantifiée à l'aide de l'indice de différenciation génétique, F_{ST} ¹, calculé à l'aide du logiciel GDA (Lewis et Zaykin, 2001). Les valeurs de l'indice F_{ST} aux loci microsatellites sont généralement supérieures à 0,10 dans la plupart des comparaisons avec la population Cultus (fourchette : 0,094 [Chilliwack] à 0,191 [Cayenne]) (tableau 1), valeur à laquelle on s'attendrait dans le cas d'une paire de populations n'échangeant pas plus de trois géniteurs effectifs par génération. Ce résultat indique qu'il existe un important degré de différenciation génétique entre la population Cultus et toutes les autres populations, y compris celle de Chilliwack.² La différenciation est encore plus marquée à l'unique locus du CMH, la plupart des valeurs de l'indice F_{ST} étant supérieures à 0,20 (fourchette : 0,006 [Pitt] à 0,646 [Kynoch]). Ces données indiquent que la population Cultus est génétiquement distincte à la fois à des loci neutres comme ceux des microsatellites et à un locus soumis à la sélection comme le CMH et elles confirment les résultats d'analyses antérieures de loci d'alloenzymes et de l'ADN mitochondrial. En Colombie-Britannique, le saumon rouge du lac Cultus constitue donc une population unique et génétiquement très distincte.

¹ L'indice de différenciation génétique, F_{ST} , calculé à partir d'une comparaison de gènes intrapopulationnelle et interpopulationnelle, indique le degré d'isolement reproductif d'une population. Plus la valeur de F_{ST} est élevée (maximum 1), plus les individus d'une population sont apparentés entre eux et moins ils sont apparentés aux individus d'autres populations.

² Certaines valeurs pour le CMH peuvent être attribuables à des pressions de sélection communes, ce locus étant soumis à une forte sélection due à la présence de maladies et de parasites.

Adaptation locale — La population de saumons rouges du lac Cultus présente de nombreuses adaptations à son environnement local : a) lors de sa migration de reproduction, le saumon rouge du lac Cultus s'attarde jusqu'à huit semaines dans l'estuaire du Fraser avant de reprendre sa migration dans le fleuve, comportement unique chez les quelque 50 populations formant la remonte tardive de saumons rouges du Fraser; cette halte réduit l'exposition à des conditions d'eau douce néfastes et permet que la reproduction ait lieu au moment où les conditions environnementales sont les plus favorables à la survie des œufs, des alevins vésiculés et des alevins nageants; b) les adultes de la population Cultus séjournent dans le lac jusqu'à trois mois avant de se reproduire, profitant d'habitats beaucoup plus froids que les eaux douces de leur voie de migration; c) la fraye s'échelonne sur deux mois et s'étend au-delà de la période normale des autres populations; d'après une hypothèse formulée par Brannon (1987), l'allongement de la période de fraye correspond à une adaptation des populations à des écosystèmes où le temps printanier est très variable et la température des milieux d'incubation constante; dans ce type d'écosystème, le moment de l'émergence est principalement fonction du moment de la ponte (dans la population Cultus, toutefois, la période d'incubation raccourcit progressivement dans le cas des géniteurs tardifs, d'où une compression de la période d'émergence), ce qui augmente le risque présenté par la variabilité environnementale; l'étalement adaptatif des pontes sera tel que les moments d'émergence correspondants seront favorisés suffisamment souvent par les conditions environnementales; d) le comportement des alevins, qui se rassemblent et s'éloignent de la rive pour gagner les eaux profondes immédiatement après l'émergence, est atypique chez le saumon rouge du Fraser et probablement une adaptation à la présence de populations denses de prédateurs dans le lac Cultus (Brannon, 1967).

Importance évolutive — Au XX^e siècle, il y a eu de nombreuses tentatives de transplantation de Salmonidés anadromes. Dans la plupart des cas, les tentatives de transplantation dans l'aire de répartition naturelle de l'espèce concernée ont été infructueuses. On pense que cet insuccès est attribuable à des incompatibilités entre les adaptations des populations sources et les conditions des milieux récepteurs (Withler, 1982). Malgré les tentatives étendues de transplantation de saumons rouges du Fraser (Aro, 1979), des populations autonomes n'ont pu être établies qu'à deux endroits, après des décennies d'efforts (Williams, 1987; Wood, 1995). Les tentatives de transplantation de saumons rouges non indigènes dans le lac Cultus ont été infructueuses. Ce résultat indique qu'il est peu probable que puisse être remplacé dans un avenir rapproché le saumon rouge du lac Cultus, qui constitue une lignée évolutive unique ayant développé depuis des milliers d'années ses adaptations au lac Cultus.

RÉPARTITION

Répartition mondiale

L'*Oncorhynchus nerka* occupe les eaux tempérées et sub-arctiques du Pacifique Nord, de la mer de Béring et de la mer d'Okhotsk (figure 2) (Burgner, 1991). En Asie, son aire de reproduction s'étend jusqu'à la péninsule du Kamchatka et le nord de la mer d'Okhotsk. En Amérique du Nord, l'aire de répartition s'étend depuis le fleuve Columbia, au sud, jusqu'à la baie de Kotzebue en Alaska et à l'extrémité ouest des îles

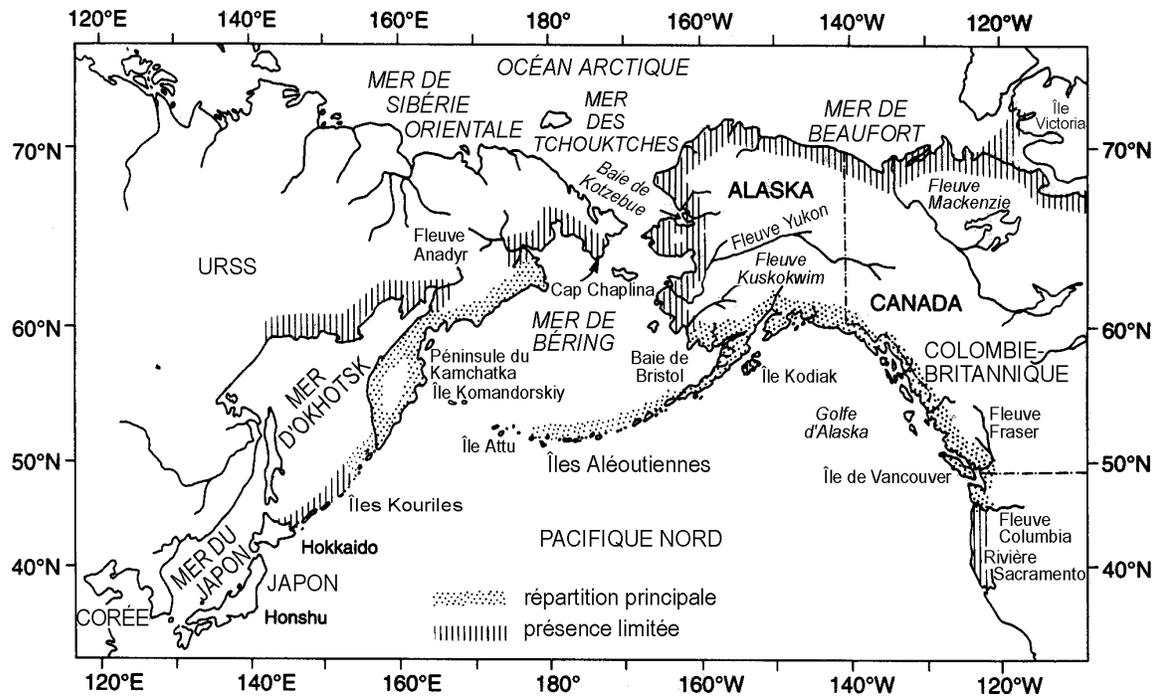


Figure 2. Répartition des populations de saumons rouges le long de la côte du Pacifique Nord (tiré de Burgner, 1991).

Aléoutiennes. L'espèce est abondante principalement en Colombie-Britannique (en particulier dans le fleuve Fraser) et en Alaska (surtout dans la baie de Bristol).

Répartition canadienne

Le saumon rouge fréquente en général les réseaux fluviaux de la Colombie-Britannique qui contiennent des lacs reliés à l'océan Pacifique. Les juvéniles, durant leur migration vers la mer au stade de smolt, et les adultes, durant leur migration de retour pour la reproduction, voyagent entre les eaux douces et la mer. Le Fraser est le plus grand cours d'eau de l'ouest du Canada (figure 3). Il abrite plus de saumons rouges que n'importe quel autre réseau fluvial du monde (Northcote et Larkin, 1989). Le Fraser accueille plus de 150 populations que les organismes de gestion divisent en quatre groupes selon l'époque de la migration des adultes dans le cours inférieur du fleuve : remonte hâtive (fin juin à fin juillet); remonte hâtive de l'été (mi-juillet à mi-août); remonte de l'été (mi-juillet au début de septembre); remonte tardive (début septembre à mi-octobre). La remonte tardive regroupe plus de 50 populations qui frayent dans les réseaux du bas Fraser, Harrison-Lillooet, Seton-Anderson et de la Thompson Sud (figure 3). Elle inclut les populations Birkenhead, Harrison, Weaver, Portage, Shuswap, Adams et Cultus. La division en quatre groupes de remonte est quelque peu arbitraire, puisqu'il s'agit d'un continuum, mais elle reflète des adaptations de migration qui sont utiles pour la gestion des pêches.

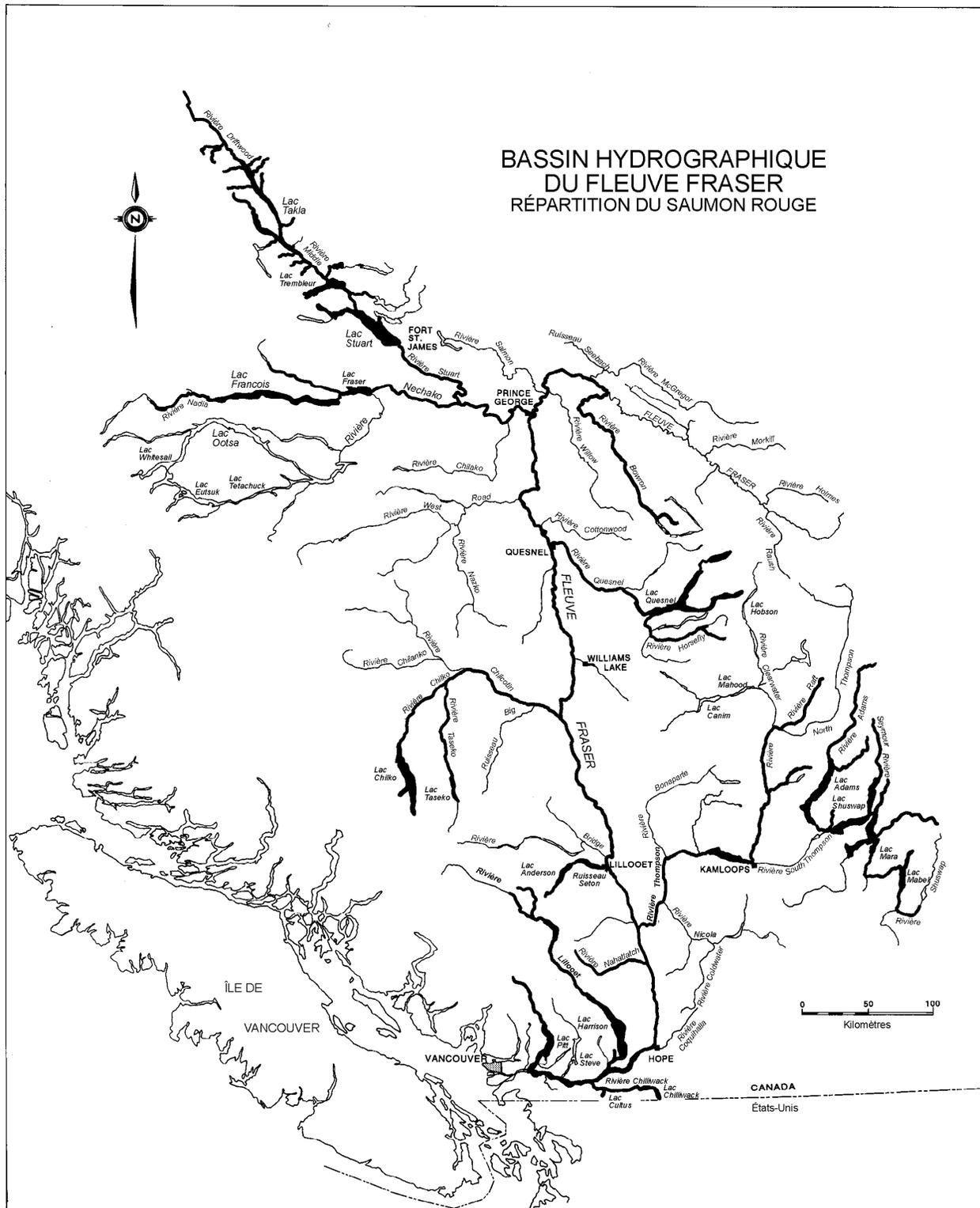


Figure 3. Répartition des populations de saumons rouges dans le réseau du fleuve Fraser. La présence du saumon rouge est signalée par un trait noir gras. La flèche indique l'emplacement du lac Cultus.

Le saumon rouge du lac Cultus fraie exclusivement dans ce petit lac côtier (6,3 km²), situé dans un bassin court (4,8 km) et étroit (1,3 km), à une altitude de 43 m près de la frontière canado-américaine. Le lac fait partie du réseau Vedder-Chilliwack qui se trouve dans l'est de la vallée du Fraser à environ 112 km en amont du détroit de Géorgie (figure 3). Vancouver est la grande ville la plus proche et Chilliwack l'agglomération la plus proche. Les adultes meurent dans le lac après la fraie, alors que les œufs, les alevins et les juvéniles vivent dans le lac; ces derniers le quittent à l'état de smolts. Les classes d'âge chevauchent, de sorte qu'il y a toujours de jeunes saumons rouges dans ce lac de séjour. Quand les smolts émigrent à partir du lac, ils empruntent le cours inférieur du Fraser, puis traversent son estuaire pour atteindre l'océan, où les adultes se répartissent selon la description fournie dans la section suivante.

HABITAT

Le saumon rouge est avant tout une espèce anadrome qui dépend des eaux douces pour la fraie, l'incubation des œufs, le développement et la smoltification des juvéniles, et du milieu marin pour achever sa croissance et atteindre la maturité (Burgner, 1991). Dans son aire de répartition mondiale, l'espèce s'est adaptée à divers régimes thermiques et hydrographiques, aux caractéristiques chimiques des eaux et aux écosystèmes dans diverses zones géoclimatiques et à des latitudes et des altitudes différentes. Le saumon rouge diffère des autres espèces de saumons en ceci que son habitat de fraie se trouve habituellement à proximité de lacs (bien que certaines populations se soient adaptées à un milieu strictement fluvial). En général, les adultes fraient dans les tributaires ou les émissaires d'un lac ou près de son rivage, ce qui permet aux juvéniles de croître dans la zone limnétique du lac avant la smoltification et la migration vers la mer. Les nids se trouvent dans du gravier suffisamment fin pour que les femelles puissent le remuer, mais de taille suffisante pour permettre la circulation adéquate d'une eau bien oxygénée. Le saumon rouge peut utiliser des substrats allant du sable grossier à des pierres et des blocs anguleux de grande taille. La profondeur de l'eau peut aller de 0,1 m dans les petits tributaires jusqu'à plus de 30 m dans les lacs, et la température de l'eau peut varier de 2 à 8 °C. Après la construction du nid, les œufs sont pondus, fécondés, puis enfouis dans le gravier par la femelle, à une profondeur de 15 à 20 cm.

Dans le lac Cultus, le saumon rouge fraie exclusivement le long de la rive (figure 4). La ponte est effectuée à une profondeur de 0,5 à 6 m dans un substrat constitué de matériaux schisteux altérés d'origine alluviale, qui s'étendent jusqu'à une distance de 60 m par rapport à la rive (Brannon, 1967). Des eaux souterraines, à une température constante de 8 °C toute l'année, percolent dans la majeure partie de la zone de fraie, qui est l'une des zones de ponte et d'incubation les plus chaudes utilisées par le saumon rouge du Fraser. La percolation est plus faible dans les zones périphériques, ce qui diminue la quantité d'oxygène disponible et la température.

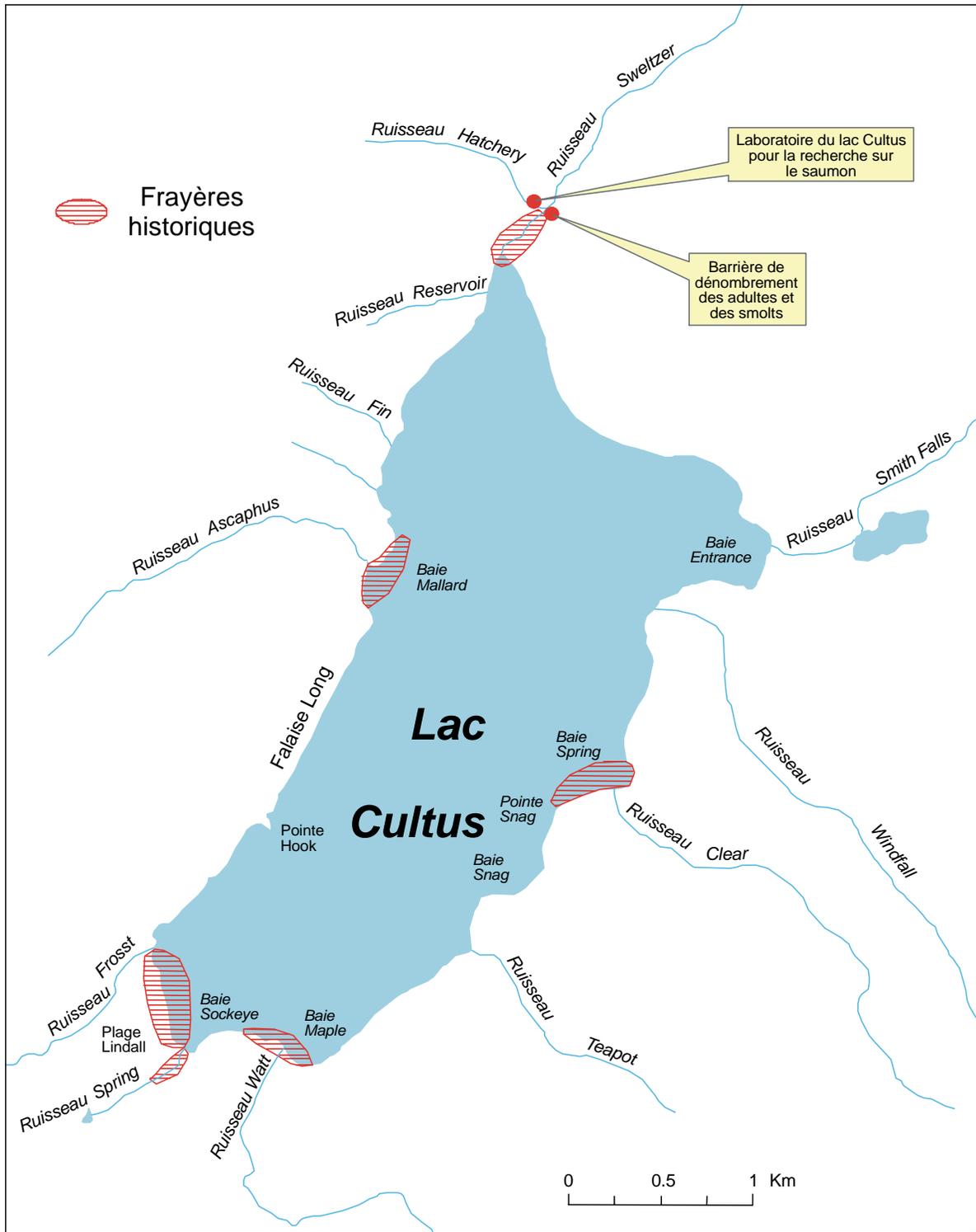


Figure 4. Carte du lac Cultus montrant les six emplacements historiques et le seul lieu actuel de reproduction (seule la plage Lindell est utilisée aujourd'hui).

Après l'émergence, les alevins gagnent les aires d'alimentation et de croissance du lac Cultus et y demeurent de une à trois années. En général, la croissance et la survie des saumons rouges juvéniles dépend d'une interaction complexe entre les caractéristiques morphométriques du lac (superficie, volume, profondeur), les facteurs édaphiques (chlorophylle-a, phosphore total, azote total, solides dissous totaux) et les facteurs climatiques (température, vent, rayonnement solaire) (Northcote et Larkin, 1956). Le lac Cultus peut être caractérisé grâce à des données recueillies dans les années 1930, 1960 et 1970, ainsi qu'en 2001 (Ricker 1937; Goodlad *et al.*, 1974; Shortreed et Morton, données inédites). Le lac occupe une superficie de 6,3 km² dans un bassin de drainage de 65 km² et atteint une profondeur moyenne et maximale de 32 m et de 41 m, respectivement. Les berges sont abruptes et la superficie de la zone littorale (c.-à-d. la zone où la lumière pénètre jusqu'au fond) représente seulement 12 p. 100 de la superficie totale du lac. À l'instar de la plupart des lacs côtiers de la Colombie-Britannique, le lac Cultus est un lac chaud monomictique (c.-à-d. présentant une stratification thermique sauf pendant le renversement hivernal) possédant une thermocline marquée et de longue durée. En été, la température de l'eau dans la couche de surface (épilimnion) dépasse 20 °C, alors que les températures moyennes au fond en automne sont inférieures à 7 °C. La transparence de l'eau est relativement élevée (disque de Secchi visible à des profondeurs moyennes de 10 à 11 m), avec une zone euphotique (zone où l'intensité lumineuse permet une production primaire nette) ayant en moyenne deux fois l'épaisseur de la thermocline. Par rapport aux autres lacs de séjour du saumon rouge en Colombie-Britannique, le lac Cultus est un milieu alcalin bien tamponné, où la conductivité, les solides dissous totaux et la charge en éléments nutritifs sont élevés (quoique les concentrations de nitrates dans l'épilimnion sont très faibles d'août à octobre). Le rendement photosynthétique saisonnier moyen est le plus élevé de tous ceux mesurés dans les lacs de séjour utilisés par le saumon rouge dans le réseau du Fraser. Certaines caractéristiques font du lac Cultus un milieu peu idéal pour la croissance du saumon rouge (p. ex. épilimnion chaud, abondance de prédateurs), mais grâce à sa communauté de zooplancton productive, où les *Daphnia* abondent, le lac Cultus fournit aux saumons rouges juvéniles des ressources alimentaires exceptionnelles. Le lac est assez profond pour posséder un hypolimnion important et frais (dont une partie se trouve dans la zone euphotique) qui offre un milieu de croissance propice. La température chaude de l'épilimnion en été et la taille relativement petite des alevins en fin d'automne donnent à penser qu'une proportion substantielle de la communauté zooplanctonique est peut-être inaccessible aux jeunes saumons rouges, mais la saison de croissance relativement longue permet une croissance considérable des hivernants.

Le lac Cultus abrite une communauté ichtyenne plutôt simple qui comprend six espèces de saumons du Pacifique, soit le saumon quinnat (*O. tshawytscha*), le saumon coho (*O. kisutch*), le saumon kéta (*O. keta*), le saumon rose (*O. gorbuscha*), la truite fardée côtière (*O. clarki clarki*), le saumon arc-en-ciel et la truite arc-en-ciel (*O. mykiss*), de même que le Dolly Varden (*Salvelinus malma*), le chabot pygmée du lac Cultus (*Cottus* sp.), le chabot piquant (*C. asper*), l'épinoche à trois épines (*Gasterosteus aculeatus*), le meunier à grandes écailles (*Catostomus macrocheilus*), le naseux de rapides (*Rhinichthys cataractae*), le ménomini de montagnes (*Prosopium williamsoni*),

la sauvagesse du nord (*Ptychocheilus oregonensis*), le méné deux-barres (*Mylocheilus caurinus*), le méné rose (*Richardsonius balteatus*) et la lamproie de l'ouest (*Lampetra richardsoni*). Le chabot pygmée du lac Cultus, espèce strictement limnétique qui a évolué à partir d'une espèce dont le grossissement se passe en cours d'eau, soit le chabot côtier (*C. aleuticus*) (Cannings et Ptolemy, 1998), s'est adapté à la vie dans la zone limnétique en réduisant sa densité osseuse et en augmentant sa quantité de lipides sous-dermaux de façon à permettre une migration verticale dans la colonne d'eau. Le COSEPAC l'a placé sur la liste des espèces menacées et la province de Colombie-Britannique le considère comme une espèce gravement en péril (Cannings *et al.*, 1994), étant donné qu'il n'est présent que dans le lac Cultus.

Au printemps, l'augmentation de la température de l'eau et de la longueur des jours déclenche le processus de smoltification des saumons rouges juvéniles et leur migration vers la mer. Ils quittent le lac par le ruisseau Sweltzer, un petit cours d'eau (3 km de long) ayant un débit moyen de 3,5 m³/s seulement. Les saumons rouges du Fraser parvenus à l'état de smolts se rendent rapidement jusqu'à l'estuaire du Fraser et pénètrent dans le détroit de Géorgie en avril et en mai (Healey, 1980). Ils migrent vers le nord par le détroit de Johnstone en juillet, puis se dirigent vers le nord-ouest le long de la côte jusqu'à la fin de l'automne ou l'hiver, moment où ils prennent vers le large dans le golfe d'Alaska où ils passent deux ans à grossir avec d'autres stocks de saumons rouges. Le moment du départ vers le large dépend d'interactions complexes entre des facteurs physiques (température, salinité), biologiques (âge, taille, abondance des proies) et génétiques (prédisposition à des habitudes migratoires précises) (Burgner, 1991). Les saumons rouges d'Amérique du Nord utilisent surtout l'aire située au sud et à l'est de l'île Kodiak, celui du Fraser se trouvant plus au sud (jusqu'à 46° N) (Burgner, 1991). Leur répartition, prévisible de façon générale, n'a pas été reliée de façon fiable à des caractéristiques océanographiques majeures comme les profils de circulation et les fronts de température et de salinité (Burgner, 1991). Le saumon rouge du lac Cultus est vulnérable aux effets des activités humaines pendant sa migration à l'état de smolt et sa migration dans les eaux côtières à proximité du littoral. La région du cours inférieur du Fraser est très développée, le fleuve y traversant une communauté de plus de deux millions de personnes : le développement a empiété sur l'estuaire, qui subit les effets de digues et d'autres structures aménagées pour l'écoulement fluvial; de plus, la présence d'effluents d'usines de pâte et de petites collectivités est un phénomène commun le long de la côte. Il y a également un nombre croissant d'établissements de pisciculture le long du corridor de migration emprunté par le saumon rouge en milieu marin lors de son déplacement vers le nord, le long de la côte de la Colombie-Britannique. Récemment, on s'est inquiété du transfert possible de maladies et de parasites comme le pou du poisson entre les populations d'élevage et les populations sauvages, en particulier dans les secteurs où la salmoniculture est pratiquée de façon intensive (Gardner et Peterson, 2003).

BIOLOGIE

Biologie du saumon rouge en général

Chez le saumon rouge, les cycles vitaux des différentes populations sont en général plus diversifiés que chez les autres membres du genre *Oncorhynchus*, probablement à cause de l'utilisation fréquente des lacs comme habitat de croissance des juvéniles. Pour s'adapter aux conditions propres aux divers lacs, les adultes et leur progéniture doivent adopter des comportements adaptatifs particuliers. Ces adaptations comprennent les suivantes : le retour des adultes vers les frayères à un endroit géographique plus précis que chez le saumon du Pacifique en général parce que les alevins qui émergent doivent être adaptés à migrer dans une direction précise pour atteindre le lac de croissance, une période de fraye des adultes favorisant la production d'une progéniture qui se développera au meilleur moment de l'année pour ce qui est des ressources alimentaires du lac, et les adaptations des embryons et des juvéniles aux caractéristiques biotiques et abiotiques de chaque lac. L'évolution de ces adaptations chez le saumon rouge adulte et juvénile est possible à cause de l'isolement associé à la fraye et à la croissance des alevins en milieu lacustre, qui donne lieu à une divergence entre les fonds génétiques du saumon rouge. Ces fonds génétiques distincts permettent l'évolution d'adaptations aux conditions locales particulières.

La période de reproduction du saumon rouge s'étend de juillet à janvier, mais la reproduction a lieu plus fréquemment en août et en septembre. Les œufs sont pondus dans des nids construits par la femelle, fécondés par son partenaire mâle (ou par un mâle précoce opportuniste), puis recouverts de gravier par la femelle. Les œufs se développent dans le gravier et éclosent durant l'hiver, la résorption du sac vitellin des alevins vésiculés se terminant au printemps. Les températures ambiantes ont une incidence sur la durée de l'incubation et le moment de l'émergence, qui se produit dans l'obscurité. La progéniture des géniteurs fluviaux montre une rhéotaxie positive ou négative selon la position de la frayère par rapport au lac, alors que celle des géniteurs lacustres se dirige vers les eaux peu profondes avant de s'éloigner progressivement de la rive. Pendant un à trois ans, les juvéniles demeurent dans les aires de croissance du lac où ils sont en compétition entre eux et avec d'autres espèces (p. ex. le méné rose et l'épinoche à trois épines) pour la nourriture comme les insectes et le zooplancton; en outre, ils sont la proie d'espèces résidentes (p. ex. la sauvagesse du nord et des Salmonidés). Les juvéniles deviennent des smolts et migrent vers la mer de mars à juin. Les saumons séjournent en mer pendant une période de un à quatre ans, en général pendant deux ou trois ans, avant le début de leur maturation et leur retour à leur lieu de naissance. Les géniteurs précoces qui reviennent après seulement un an en mer (unibermarins), essentiellement des mâles (*jacks* en anglais) mais parfois des femelles (*jills* en anglais), sont beaucoup plus petits; ceux qui retournent à leur lieu de naissance pleinement adultes après avoir passé deux ans ou plus en mer sont beaucoup plus gros, leur poids ayant augmenté de plusieurs fois. Tout comme les autres espèces de saumons du Pacifique, le saumon rouge meurt et se décompose après la fraye, transférant ainsi des nutriments biosynthétiques du milieu marin aux écosystèmes d'eau douce et aux écosystèmes terrestres.

Biologie du saumon rouge du lac Cultus

Le saumon rouge du lac Cultus atteint sa maturité le plus souvent dans sa quatrième année (en général après avoir passé deux ans en eau douce et deux ans en milieu marin). Dans la population, on observe chez les adultes un profil d'abondance quadriennal, caractérisé par un cycle dominant numériquement fort (prévu en 2003), un cycle sous-dominant modéré (2002) et deux cycles secondaires numériquement faibles (2000 et 2001). Normalement, les populations de saumons rouges de la remonte de l'été et de la remonte tardive (y compris la population Cultus) migrent de la haute mer vers le détroit de Géorgie entre l'île de Vancouver et le continent en août. Les populations de la remonte de l'été poursuivent leur migration dans le fleuve tandis que celles de la remonte tardive demeurent jusqu'à huit semaines dans le détroit, phénomène qui n'est généralement pas observé chez les stocks d'autres groupes de remonte ou d'autres réseaux hydrographiques. Comme les populations de la remonte tardive doivent se reproduire plus tard à cause des conditions environnementales locales, cette longue halte est probablement une adaptation qui leur permet de migrer de la haute mer au moment requis tout en limitant leur exposition à des conditions néfastes en eaux douces. Normalement, la migration dans le fleuve Fraser débute en septembre et en octobre et l'arrivée au lac Cultus se produit de la fin septembre au début de décembre, le tout s'étendant sur huit à dix semaines, ce qui est beaucoup plus long (de 2 à 6 semaines) que chez la plupart des autres populations de saumons rouges du fleuve Fraser (Schubert, 1998). De 1995 à 2002, la migration du saumon rouge de la remonte tardive dans le fleuve Fraser est progressivement devenue plus hâtive. Dans le cas le plus extrême (2000), on a observé une migration presque ininterrompue du détroit de Géorgie vers le Fraser; la population Cultus a entrepris sa migration dans le Fraser en août. Actuellement, on ne connaît pas la cause de cette migration précoce, mais ses conséquences ont été graves. Elle a été associée à un taux élevé de mortalité le long du corridor de migration et aux points terminaux ainsi qu'à des niveaux élevés de mortalité pré-fraye dans le cours d'eau ou le lac natal. Cette mortalité est causée par de graves infestations d'un parasite d'eau douce, le *Parvicapsula minibicornis*, qui attaque et détruit les reins et les branchies (St-Hilaire *et al.*, 2001). Bien que l'on pense que ce parasite est une espèce endémique dans le réseau, il provoque la mort seulement en cas d'exposition prolongée fournissant au parasite une période de développement plus longue. Par conséquent, bien que le parasite soit présent chez la plupart des populations de saumons rouges du fleuve Fraser, il a entraîné une forte mortalité seulement chez les saumons de la remonte tardive migrant tôt, y compris ceux de la population Cultus.

Le saumon rouge du lac Cultus fraye de la fin novembre jusqu'à la fin décembre, ce qui constitue la fraye la plus tardive parmi toutes les populations de saumons rouges du Fraser (Schubert, 1998). Le comportement et la répartition du saumon rouge dans le lac Cultus avant la fraye ne sont pas documentés. Historiquement, la fraye avait lieu à divers endroits le long de la rive du lac, soit la plage Lindell, la pointe Snag, Spring Hole et la baie Mallard (Foerster, 1929a) ainsi que dans les ruisseaux Sweltzer et Spring (Howard, 1948); cependant, les dernières frayes ont surtout eu lieu à la plage Lindell (figure 4). Bien que des cas de fraye en milieu lacustre soient connus chez de

nombreuses populations de saumons rouges, peu de populations autres que celle du lac Cultus frayent presque exclusivement dans un lac. La fraye a lieu dans les remontées d'eaux souterraines dans lesquelles la quantité d'oxygène et le pH peuvent être plus faibles en zone périphérique, ce qui nécessite peut-être pour l'embryon des adaptations pouvant inclure des œufs plus petits, une pigmentation plus prononcée et un réseau dense de capillaires couvrant le sac vitellin (Burgner, 1991).

La durée de l'incubation des œufs du saumon rouge du lac Cultus diminue plus la date de la fraye est tardive, adaptation unique, liée à la période de fraye prolongée de la population et aux températures d'incubation constante, qui comprime la période d'émergence (Brannon, 1987). Malgré cette adaptation, la période d'émergence des alevins du gravier demeure longue (avril à juillet), reflétant les variations dans les milieux d'incubation (en zone périphérique, la circulation est moins forte et l'aération moins bonne) ainsi que la longueur de la période de fraye (Brannon, 1967); l'émergence est maximale du début mai à la mi-mai. Les alevins se rassemblent et se dirigent vers le large en eau plus profonde immédiatement après l'émergence, comportement atypique pour le saumon rouge du Fraser, qui serait, selon Brannon, une adaptation de l'espèce à la présence de populations denses de prédateurs dans le lac Cultus. Les prédateurs du lac comprennent des Salmonidés comme le saumon coho, des truites et le Dolly Varden, ainsi que la sauvagesse du nord et des chabots (Ricker, 1941). La sauvagesse du nord n'est pas le prédateur le plus vorace du lac, mais elle peut avoir une incidence importante sur le saumon rouge à cause de son abondance. La lutte contre ces prédateurs peut accroître le taux de survie des Salmonidés juvéniles (Firesen et Ward, 1999; Jeppson et Platts, 1959). Deux projets de lutte contre ces prédateurs ont été réalisés dans le lac Cultus. Le premier a été mis en œuvre dans les années 1930 après que Foerster (1938) ait documenté une mortalité élevée chez les saumons rouges juvéniles et que Ricker (1933) ait prouvé que la prédation effectuée par les poissons piscivores était un facteur important de mortalité. Ce projet a permis de réduire les populations de Dolly Varden et de sauvagesse du nord de 90 p. 100 en quatre ans et l'on a signalé un taux de survie du saumon rouge en eau douce trois fois plus élevé (hausse de 3,1 p. 100 à 10,0 p. 100) ainsi qu'une augmentation de la taille des smolts (Foerster et Ricker, 1941). Le deuxième projet, mené de 1990 à 1992 (Levy, 1990; Hall, 1992), a également accru le taux de survie en eau douce (qui est passé de 70 à 100 smolts/géniteur).

Les alevins nouvellement émergés se dirigent vers les eaux plus profondes dès le mois d'avril, la majeure partie de la population étant déjà bien loin de la rive en mai (Mueller et Enzenhofer, 1991). Ils peuvent croître dans le lac durant deux étés (le plus souvent durant un seul été) et migrent à l'état de smolts à l'âge de un ou deux ans. Une faible proportion peut rester dans le lac et y passer toute sa vie (Ricker, 1938a, 1959). Bien que le saumon rouge qui reste dans le lac et le kokani (forme non anadrome) vivent tous deux exclusivement en eau douce, les résidents diffèrent des kokanis en ceci qu'ils sont issus de parents anadromes.

Les crustacés planctoniques constituent la source de nourriture la plus importante; un *Epischura*, le *Diacyclops bicuspidatus*, un *Daphnia*, et l'*Eubosmina coregoni* sont les espèces prédominantes dans le lac (Foerster, 1925; Ricker, 1938b). Le *Diacyclops* est plus abondant en hiver et au printemps et le *Daphnia*, en été et en automne; l'*Eubosmina* est communément consommé par les saumons rouges les plus jeunes (Hartman et Burgner, 1972). De juin à novembre, les alevins du saumon rouge sont répartis dans toute la zone limnétique. Lorsqu'il y a stratification thermique dans le lac, le saumon rouge se tient la nuit généralement dans une couche d'eau de 5 à 10 m d'épaisseur, juste sous la thermocline. Lorsque la thermocline s'estompe en automne, les alevins occupent une zone plus étendue et un peu plus épaisse. Pendant la journée, les alevins se tiennent probablement au fond parce que les relevés acoustiques diurnes permettent de détecter très peu de cibles de la taille des alevins dans la colonne d'eau (J. Hume, MPO, laboratoire du lac Cultus, comm. pers.).

La migration des smolts débute à la fin de mars et se poursuit jusque dans le mois de juin. Après une période de séjour dans l'océan (voir la section Habitat), ils atteignent la maturité le plus souvent à l'âge de quatre ans, bien qu'une faible proportion atteigne aussi la maturité après un hiver en mer (saumons précoces ou *jacks* de trois ans) ou après trois hivers en mer (adultes de cinq ans). Les saumons rouges en voie de maturation migrent en été depuis le nord de l'océan Pacifique jusqu'à une longue portion de la côte et entrent en août dans le détroit de Géorgie en traversant le détroit de Johnstone ou le détroit de Juan de Fuca. La proportion de la population qui migre par le détroit de Johnstone est plus élevée dans les années d'El Niño où il y a réchauffement des eaux de surface vers le nord jusque dans la zone côtière de la Colombie-Britannique.

PÊCHE DU SAUMON ROUGE DU LAC CULTUS

Le saumon rouge adulte du lac Cultus peut être capturé et tué dans les pêches tout le long de son corridor de migration, depuis son entrée dans la zone côtière jusqu'à son arrivée aux frayères. La majorité des adultes est capturée dans les grandes pêches maritimes de stocks mélangés, à la senne, au filet maillant ou à la ligne, mais une proportion importante peut aussi être capturée dans les pêches du fleuve Fraser. Dans toute l'histoire de la pêche au saumon rouge du Fraser, le saumon rouge du lac Cultus n'a jamais été géré individuellement, avec des limites de capture et de mortalité propres. La politique appliquée par le ministère des Pêches et des Océans (MPO) consiste à fixer les niveaux de capture sur la base des populations de saumons rouges les plus importantes ou les plus productives, même si des populations plus petites ou moins productives migrent en même temps. Dans une population de saumons rouges comme celle du lac Cultus, qui fait partie de la même remonte d'automne que les populations de saumons rouges plus importantes et plus productives des rivières Weaver et Adams, le taux de mortalité par pêche des adultes dépasse la capacité de recrutement de la population. La politique reconnaît que des populations de saumons rouges moins productives pourraient être incapables d'atteindre leur taille maximale, mais elle suppose que ces populations se stabiliseront à une taille plus petite.

TAILLE ET TENDANCE DE LA POPULATION

Les importantes études menées sur le saumon rouge du lac Cultus depuis les années 1920 permettent d'inclure dans le présent rapport de situation des données sur la taille et les tendances des populations pour ce qui est des échappées d'adultes (de 1925 à 2002), des populations d'alevins (de 1986 à 2002) et de smolts (de 1926 à 2003), des captures et des retours totaux (de 1952 à 2002), des taux de survie en eau douce (de 1925 à 2001), en mer (de 1954 à 2001) et global (de 1948 à 1999) et des taux d'exploitation (de 1952 à 2002). Y sont également résumés, d'après Schubert *et al.* (2002), des estimations de la productivité et de la capacité de production du stock, ainsi que les résultats d'une simulation obtenue à l'aide d'un modèle bayésien stock-recrutement permettant de prévoir l'évolution future du stock et les probabilités d'extinction selon différents scénarios d'exploitation et de mortalité pré-fraye.

Nombre d'adultes entrant dans le lac Cultus

Le nombre d'adultes matures pénétrant dans le lac Cultus (abondance des géniteurs) est évalué depuis 1925 au moyen de barrières de dénombrement qui ont fourni sur 78 ans une série chronologique unique de données uniformes permettant des évaluations précises. L'abondance des géniteurs était faible et variable pendant une période d'expériences à grande échelle en écloserie dans les années 1920 et 1930, très élevée entre 1939 et 1942 après une élimination de prédateurs dans le lac, forte mais variable du début des années 1940 à la fin des années 1960, et elle est en déclin depuis la fin des années 1960 (figure 5; tableau 2; annexe 1). L'abondance et les profils diffèrent selon les cycles (figure 6). Depuis 1925, le nombre d'adultes entrant dans le lac Cultus s'établit en moyenne à 14 200 et à 27 100 pour le cycle sous-dominant de 2002 (=1998) et le cycle dominant de 2003 (=1999), respectivement, et à 12 300 et 5 000 pour les cycles secondaires de 2000 et de 2001, respectivement. La dominance cyclique est en grande partie disparue des années 1940 aux années 1960, période où l'abondance a été similaire sur trois cycles, mais elle a été relativement forte pour le cycle de 2001. Ce phénomène de dominance est réapparu lorsque les effectifs des géniteurs adultes se sont effondrés dans les cycles secondaires au début des années 1970. Depuis la fin des années 1960, l'abondance a diminué progressivement sur le cycle sous-dominant alors que l'on n'observait pas de tendance sur le cycle dominant, bien que l'abondance a été très faible dans les deux dernières années de ce cycle. Par ailleurs, l'abondance sur les cycles secondaires est très faible (< 2 000 géniteurs) depuis le début des années 1970. Les effectifs les plus récents sur tous les cycles sont parmi les plus faibles jamais enregistrés pour le saumon rouge du lac Cultus, à l'exception d'une abondance accrue (4 900) sur le cycle sous-dominant en 2002.

Au cours des trois dernières générations (12 ans; 1991 à 2002), la population d'adultes entrant dans le lac Cultus a diminué de 36 p. 100, à un taux de 3,3 p. 100 par année pour l'ensemble des cycles (données lissées sur une génération, figure 7). Schubert *et al.* (2002) font remarquer que ce taux de déclin sous-estime la perte réelle de potentiel reproductif de la population parce qu'il ne tient pas compte des récentes

hausse de la mortalité chez les adultes après leur arrivée dans le lac mais avant la reproduction (mortalité pré-fraye ou MPF). La mortalité pré-fraye est évaluée à partir de l'examen interne des carcasses de femelles après la fraye. Avant 1995, cette mortalité était en moyenne de 7 p. 100 seulement et généralement inférieure à 10 p. 100 pour les années où l'on possède des données. Depuis le début des migrations précoces en 1995, il y a eu des hausses marquées de la mortalité pré-fraye, qui a atteint 24 p. 100 en 1995, 66 p. 100 en 1996, 38 p. 100 en 1998 et 13 p. 100 en 2002. Il n'a pas été possible d'évaluer la mortalité pré-fraye en 1997 et de 1999 à 2001 parce qu'on a récupéré peu de carcasses, sinon pas du tout. Pour 1999 et 2000, Schubert *et al.* (2002) ont estimé le taux de mortalité pré-fraye en comparant le nombre de smolts par géniteur adulte pour ces années de ponte (5 smolts/adulte) au nombre moyen observé pendant les années précédant le début des migrations précoces (67 smolts/adulte). En supposant que toute la différence peut être attribuée à la mortalité pré-fraye, ces auteurs estiment que ce type de mortalité était de 93 p. 100 en 1999 et en 2000. Bien que cette hypothèse soit probablement incorrecte (une viabilité réduite des œufs due à une mauvaise condition des adultes et une mortalité dépensatoire chez les alevins ont probablement joué un rôle), l'analyse fournit une approximation raisonnable du changement dans le potentiel reproductif parce que toutes les causes de mortalité sont liées à la migration précoce. Les auteurs ont appliqué ces estimations (et utilisé des moyennes pour 1997 et 2001) à la

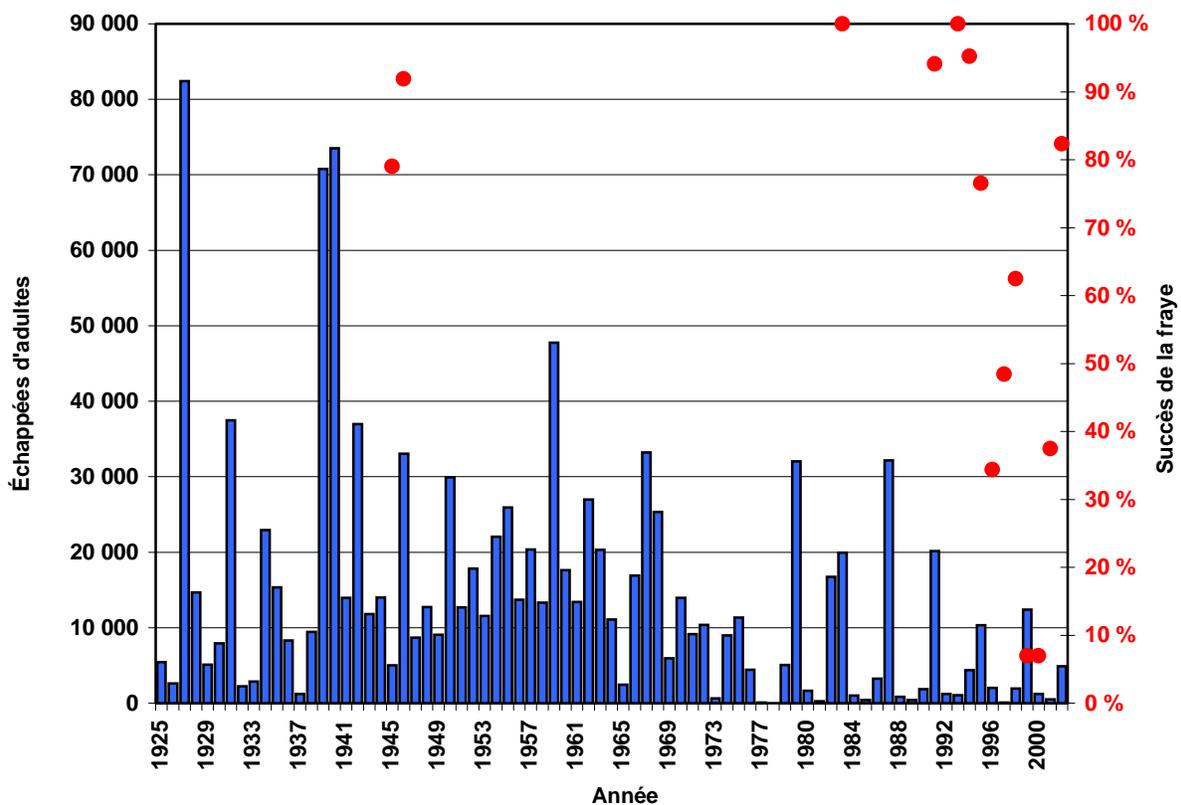


Figure 5. Nombre de saumons rouges adultes entrant chaque année dans le lac Cultus (échappées représentées par les barres) et estimations du succès de la fraye (points) des adultes du lac Cultus, de 1925 à 2002.

Tableau 1. Valeurs de F_{ST} pour 14 loci microsattellites (intervalle de confiance à 95 p. 100 entre parenthèses) et un locus CMH entre la population de saumons rouges du lac Cultus et les populations de 45 autres endroits du réseau du fleuve Fraser (données tirées de Schubert *et al.*, 2002).

Groupe de populations	Population	Microsatellites	CMH
Remonte hâtive de la Stuart	Ruisseau Kynock	0,1096 (0,0705, 0,1567)	0,6456
	Ruisseau Gluskie	0,1107 (0,0716, 0,1620)	0,5719
	Ruisseau Forfar	0,1092 (0,0687, 0,1588)	0,5489
	Ruisseau Dust	0,1073 (0,0638, 0,1599)	0,6299
	Ruisseau Porter	0,1136 (0,0690, 0,1731)	0,5772
	Ruisseau Hudson Bay	0,1153 (0,0726, 0,1668)	0,5748
	Ruisseau Blackwater	0,1306 (0,0858, 0,1910)	0,5930
Remonte tardive de la Stuart et de la Stellaco	Rivière Stellako	0,1069 (0,0687, 0,1434)	0,5850
	Rivière Middle	0,1039 (0,0646, 0,1489)	0,6042
	Rivière Nadina	0,1060 (0,0638, 0,1522)	0,5904
	Ruisseau Pinchi	0,1105 (0,0660, 0,1635)	0,5474
	Rivière Tachie	0,1044 (0,0686, 0,1415)	0,5812
	Rivière Kuzkwa	0,1076 (0,0691, 0,1570)	0,5596
Cours moyen supérieur du Fraser	Rivière Bowron	0,1086 (0,0688, 0,1563)	0,4427
	Rivière Chilko	0,0994 (0,0623, 0,1401)	0,3442
	Lac Chilko (sud)	0,1162 (0,0731, 0,1641)	0,3413
	Rivière Horsefly (entière)	0,1131 (0,0699, 0,1617)	0,2318
	Rivière Horsefly (cours inférieur)	0,1148 (0,0700, 0,1689)	0,2782
	Rivière Horsefly (cours moyen)	0,1197 (0,0733, 0,1762)	0,2435
	Rivière Horsefly (cours supérieur)	0,1163 (0,0720, 0,1660)	0,2454
	Rivière Roaring	0,1161 (0,0772, 0,1644)	0,1534
	Ruisseau Wasko	0,1170 (0,0768, 0,1671)	0,1369
	Ruisseau Blue Lead	0,1215 (0,0826, 0,1738)	0,1448
	Ruisseau McKinley	0,1221 (0,0732, 0,1829)	0,2653
	Rivière Mitchell	0,1361 (0,1000, 0,1700)	0,1276
Cours moyen inférieur du Fraser Fraser	Ruisseau Portage	0,1066 (0,0650, 0,1500)	0,3834
	Ruisseau Gates	0,1611 (0,1161, 0,2034)	0,1871
	Rivière Nahatlatch	0,1153 (0,0740, 0,1649)	0,4294
Bas Fraser, côté nord	Rivière Birkenhead	0,1116 (0,0615, 0,1777)	0,0074
	Ruisseau Weaver	0,0981 (0,0641, 0,1359)	0,0109
	Ruisseau Big Silver	0,1295 (0,0839, 0,1911)	0,0926
	Rivière Harrison	0,1137 (0,0683, 0,1690)	0,3138
	Rivière Pitt	0,1133 (0,0674, 0,1657)	0,0056
Bas Fraser, côté sud	Rivière Chilliwack	0,0945 (0,0655, 0,1277)	0,2007
Thompson Sud	Adams (cours inférieur)	0,1034 (0,0660, 0,1446)	0,3151
	Adams (cours supérieur)	0,1415 (0,0964, 0,2025)	0,1554
	Ruisseau Cayenne	0,1912 (0,1271, 0,2752)	0,1350
	Shuswap (cours inférieur)	0,0943 (0,0643, 0,1275)	0,2829
	Shuswap (cours moyen)	0,0969 (0,0654, 0,1382)	0,3178
	Rivière Little Shuswap	0,1111 (0,0763, 0,1508)	0,3018
	Ruisseau Scotch	0,1057 (0,0708, 0,1407)	0,2572
	Rivière Seymour	0,1057 (0,0709, 0,1420)	0,2475
	Rivière Eagle	0,1073 (0,0692, 0,1507)	0,3347
Thompson Nord	Ruisseau Fennell	0,1053 (0,0801, 0,1349)	0,3319
	Rivière Raft	0,1027 (0,0709, 0,1381)	0,3864

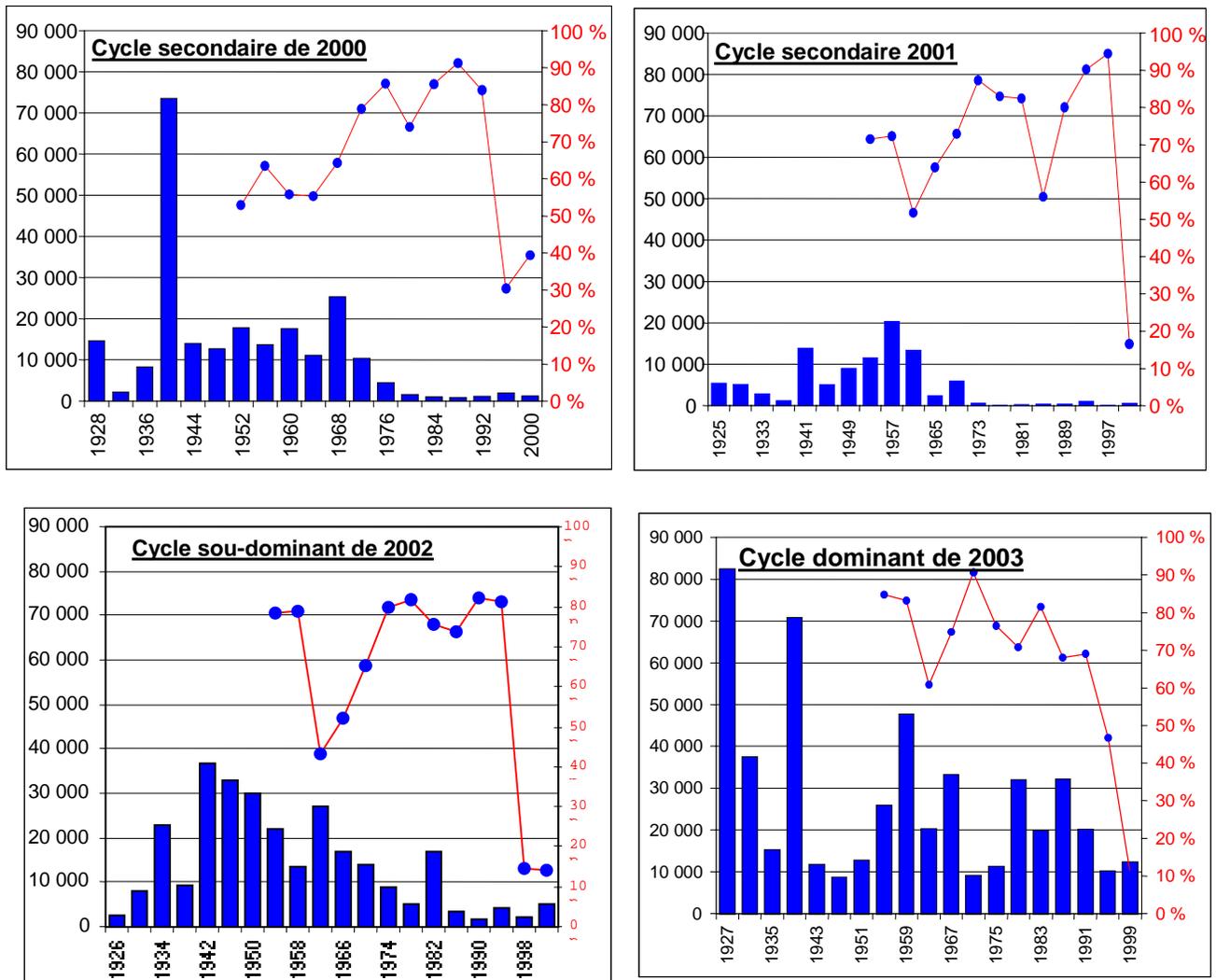


Figure 6. Nombre d'adultes entrant chaque année dans le lac Cultus (barres) et proportion de la population d'adultes tuée dans les pêches (taux d'exploitation en p. 100 [lignes]) pour les saumons rouges adultes du lac Cultus des cycles de 2000, de 2001, de 2002 et de 2003.

population adulte entrant dans le lac (annexe 1) et ont recalculé le taux de déclin pour les trois dernières générations. Cette analyse, mise à jour de façon à inclure la population et les données sur la mortalité pré-fraye de 2002, indique un taux de déclin de 92 p. 100 pour les géniteurs effectifs. Ce changement important est largement attribuable à la réduction du potentiel reproductif de l'échappée du cycle dominant de 1999. Bien que le traitement des données relatives à la mortalité pré-fraye présente des faiblesses, étant donné que l'estimation relative à ce cycle provient d'une évaluation directe de la production de smolts dans le lac en 2001, cette analyse fournit probablement une estimation réaliste du changement réel du potentiel reproductif pendant la récente période de mortalité élevée avant la reproduction.

Abondance des alevins

On dispose de six estimations de l'abondance des alevins en automne provenant de relevés au chalut pélagique et de relevés hydroacoustiques, effectués quand les circonstances s'y prêtaient depuis 1986 par le groupe d'évaluation du lac du MPO (J. Hume, MPO, laboratoire du lac Cultus, comm. pers.). Les estimations de populations pour les années de ponte des années 1980 et du début des années 1990 s'échelonnent entre 0,5 et 2,4 millions d'alevins (intervalle de confiance à 95 p. 100 \pm <12 p. 100) (annexe 3). Pour les années de ponte 1999 et 2000, l'abondance des alevins était beaucoup plus faible, soit de $250\,000 \pm 19\,000$ et de $46\,000 \pm 38\,000$, respectivement, valeurs les plus faibles pour les six années d'échantillonnage. On constate que les échappées plus nombreuses ont tendance à donner une plus faible abondance d'alevins en automne, ce qui donne à penser qu'il existe une compétition intraspécifique pour la nourriture, mais la relation n'est pas significative ($P < 0,05$). Les densités d'alevins les plus élevées observées en automne (2 800 à 3 500 alevins/ha) tombent dans la fourchette des densités observées dans d'autres lacs à saumon rouge de Colombie-Britannique (Shortreed *et al.*, 2001), alors que les récentes densités d'alevins (1999, 2000) sont les plus faibles jamais enregistrées chez les populations de saumons rouges du Fraser.

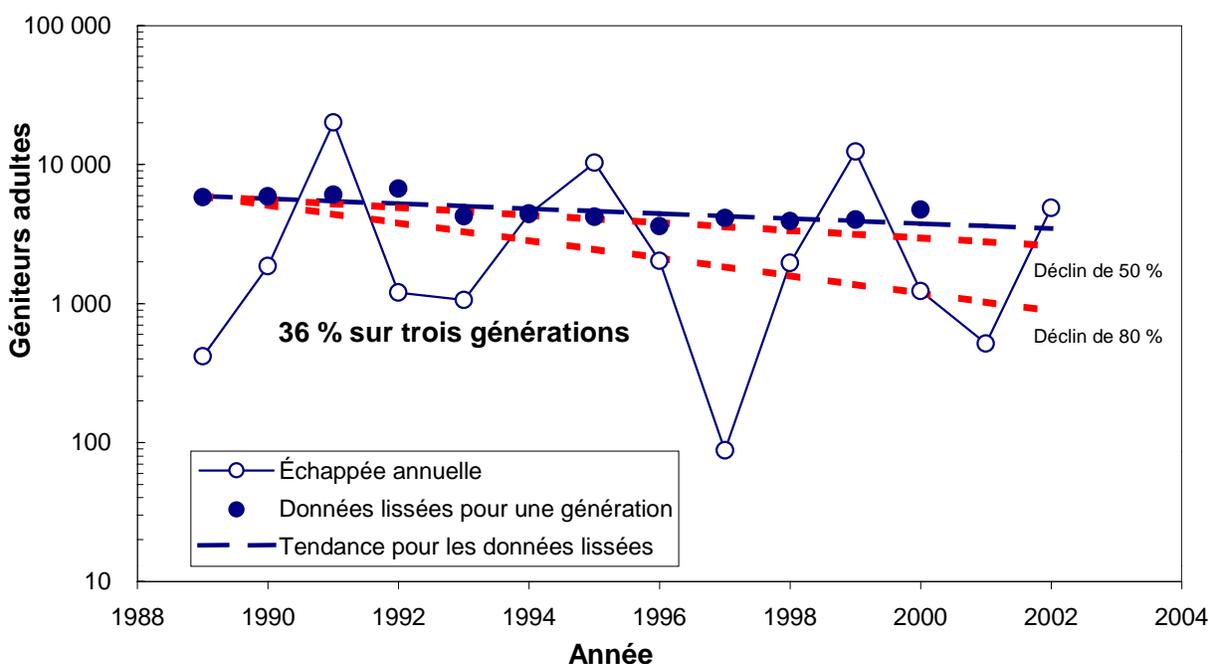


Figure 7. Échappée annuelle et échappée lissée pour une génération (moyenne sur quatre ans), établies à partir des données recueillies à la barrière de dénombrement du ruisseau Sweltzer durant les trois dernières générations (12 ans). Les données sont présentées par rapport à un déclin de 50 p. 100 et de 80 p. 100 (lignes pointillées). Le nombre d'adultes est indiqué suivant une échelle logarithmique.

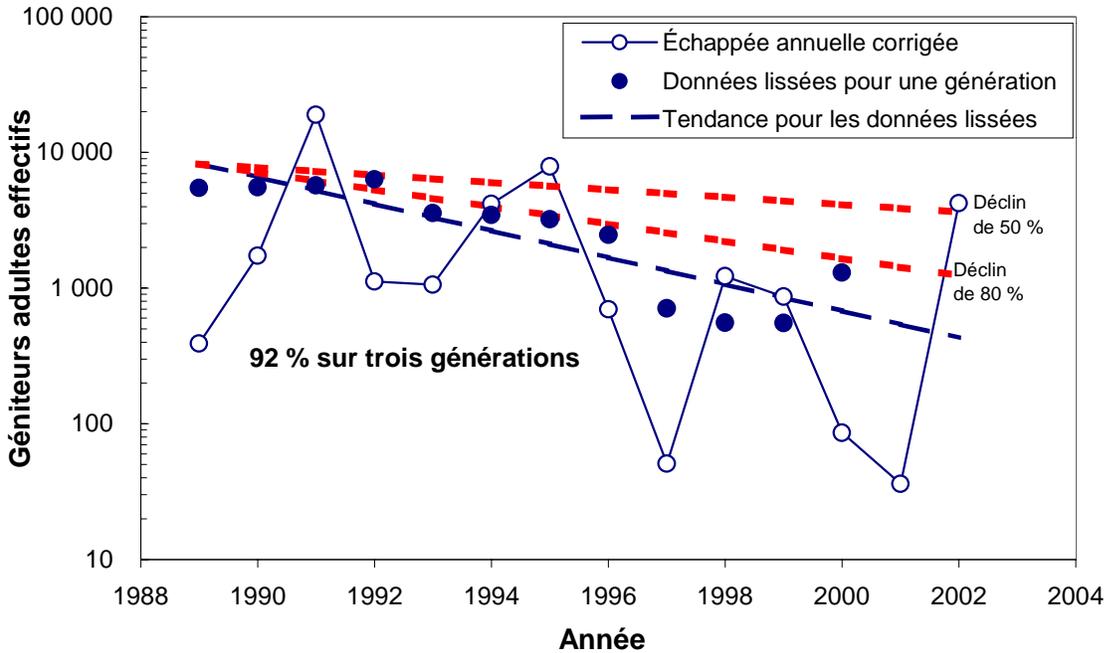


Figure 8. Échappée annuelle et échappée lissée pour une génération (moyenne sur quatre ans), corrigées selon la population estimée de géniteurs adultes effectifs (dénombrement à la barrière corrigé en fonction de la mortalité pré-fraye) durant les trois dernières générations (12 ans). Les données sont présentées par rapport à un déclin de 50 p. 100 et de 80 p. 100 (lignes pointillées). Le nombre d'adultes est indiqué suivant une échelle logarithmique.

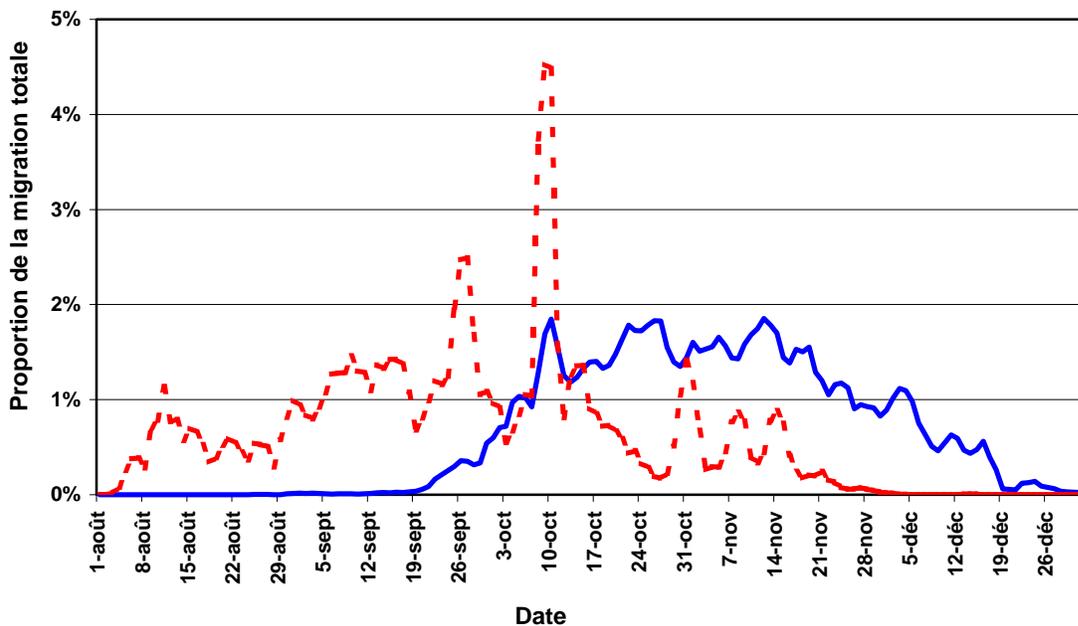


Figure 9. Date moyenne de l'arrivée des saumons rouges adultes au lac Cultus : comparaison entre la moyenne à long terme (1941 à 1995) (ligne continue bleue) et la courbe des dernières années (1996 à 2002) (ligne pointillée rouge). Des moyennes sur trois jours sont utilisées de façon à réduire la variabilité quotidienne.

Abondance des smolts

L'abondance des smolts a été évaluée 47 fois à la barrière de dénombrement depuis 1926 (annexe 3). Comme on s'y attendait, l'abondance des smolts reflète le cycle d'abondance observé chez les adultes, avec une moyenne de 1,1 et 1,7 million de smolts sur les cycles sous-dominant et dominant, respectivement, et de 0,7 et de 0,3 million sur les cycles secondaires. L'abondance moyenne pour la série chronologique est de 983 400 smolts et s'échelonne entre une valeur minimale de 5 700 en 2002 et une valeur maximale de 3 124 000 en 1937. La production était variable mais forte des années 1920 aux années 1960 (1 216 300 en moyenne), suivie de déclin dans les années 1970 (712 700 en moyenne) et d'une abondance moyenne très faible depuis 1990 (63 300) (figure 10). Les évaluations les plus récentes signalent les abondances les plus faibles jamais enregistrées en 2002, en 2003, en 2001 et en 1991.

Nombre total d'adultes

Beaucoup de saumons rouges adultes ne reviennent pas dans le lac Cultus parce qu'ils sont tués dans les pêches (figure 11). Des estimations de la population totale d'adultes sont disponibles depuis 1952, époque à laquelle la mise au point de techniques de discrimination des stocks a permis de répertorier ce stock dans les pêches de stocks mélangés. Pour la période de 1952 à 2002, la population annuelle totale moyenne d'adultes du lac Cultus a été de 43 100, la fourchette allant de 500 en 1977 à 282 500 en 1959 (figure 11; tableau 3; annexe 4). Les populations totales moyennes d'adultes ont diminué pour chaque décennie depuis les années 1950 (tableau 3). Depuis 1952, la taille des populations varie selon le cycle : pour le cycle sous-dominant de 1998, on obtient une moyenne de 37 100 (fourchette : 2 300 à 101 700) avec un déclin de 8 p. 100 par année de cycle; pour le cycle dominant de 1999, la moyenne se situe à 99 700 (fourchette : 13 800 à 282 500) avec un déclin de 7 p. 100 par année de cycle; pour le cycle secondaire de 2000, la moyenne s'établit à 25 100 (fourchette : 2 000 à 70 900), avec un déclin, la moyenne passant de 41 500 pour la période allant jusqu'en 1976 à seulement 5 900 de 1980 à 2000; pour le cycle secondaire de 2001, la moyenne se situe à 14 900 (fourchette : 500 à 73 600), avec déclin, la moyenne passant de 57 100 dans les années 1950 à 18 900 dans les années 1960 et à seulement 2 600 depuis 1977. Dans l'ensemble, les retours ont diminué de 9 p. 100 par cycle.

Le taux d'exploitation (TE) des pêches, exprimé sous forme de pourcentage, correspond au nombre de saumons tués dans les pêches divisé par le nombre total d'adultes dans la population. De 1952 à 2002, le taux d'exploitation du saumon rouge du lac Cultus s'établit en moyenne à 67 p. 100, avec une fourchette s'étendant de 10 p. 100 (1999) à 95 p. 100 (1997) (figure 11; tableau 3; annexe 4). En général, le taux d'exploitation a dépassé 75 p. 100. Il y a eu des exceptions au début des années 1960 lorsqu'on a tenté de reconstituer les populations de la rivière Adams et depuis les années 1990 en réponse aux préoccupations relatives à la migration précoce. À partir de 1995, les taux d'exploitation ont diminué (à part une exception notable en 1997) de plus de 40 p. 100, passant à une moyenne de 33 p. 100 grâce aux mesures de

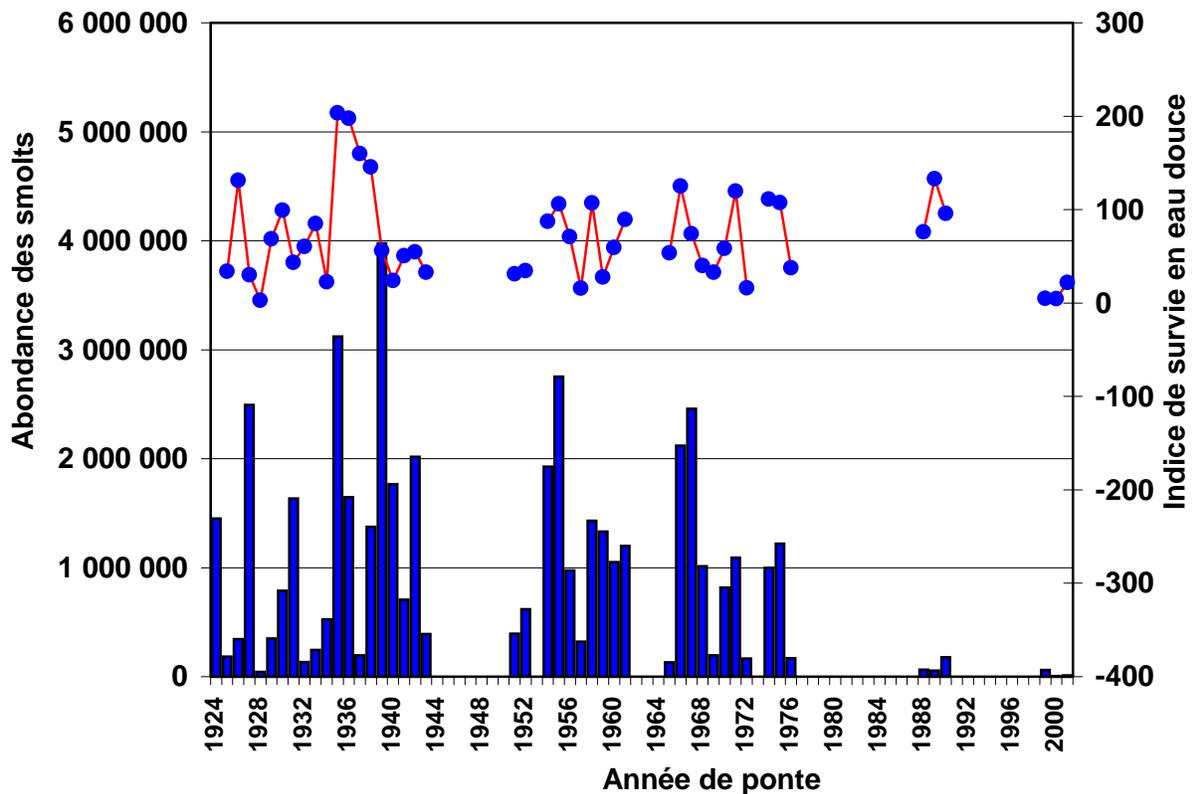


Figure 10. Abondance des smolts de la population de saumon rouge du lac Cultus (barres) et indice de survie en eau douce (lignes) (smolts/géniteur adulte dans l'année de ponte), de 1924 à 2001.

conservation visant les stocks de la remonte tardive. Pour 2001 et 2002, le Conseil du Fraser et le MPO ont limité la pêche pour les populations de la remonte tardive (sauf celle de Birkenhead) à un taux d'exploitation de 17 p. 100 et de 15 p. 100, respectivement (des taux de 16,5 p. 100 et de 14,1 p. 100 ont été obtenus). Pour 2003, le taux d'exploitation devait être limité à une valeur se situant entre 15 p. 100 et 25 p. 100, dépendant de la taille de la remonte tardive et de l'importance de la migration précoce. D'après les données recueillies pendant la saison, le taux d'exploitation (> 25 p. 100) dépassera la limite appropriée (15 p. 100).

Indices de survie

Les indices de survie peuvent être calculés pour les stades de vie qui se déroulent en eau douce et en milieu marin, de même que pour la durée de vie totale. L'indice de survie en eau douce établit une relation entre la production de smolts et le nombre total d'adultes entrant dans le lac Cultus dans l'année de ponte et est exprimé en nombre de smolts par adulte, c.-à-d. que cet indice inclut la mortalité avant la fraye, pendant l'incubation et chez les juvéniles. Pour les années de ponte de la période comprise entre 1925 et 2001, l'indice se situe en moyenne à 71 smolts/adulte (fourchette : de 3 à 203), valeur très semblable à l'indice obtenue pour la population du lac Chilko, seul autre population sauvage parmi les stocks de saumons rouges du Fraser pour laquelle

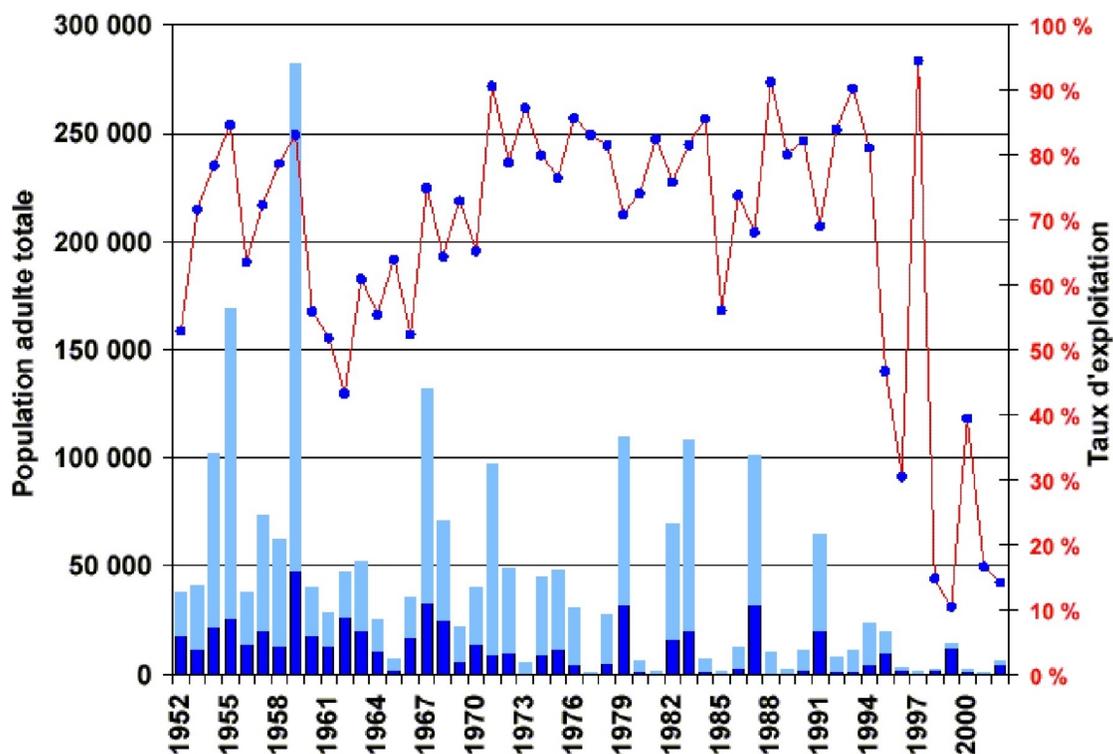


Figure 11. Nombre total d'adultes dans la population (retour total), nombre d'adultes tués par la pêche (barres bleu pâle), nombre d'adultes entrant dans le lac Cultus (barres bleu foncé) et taux d'exploitation (captures/total [ligne]) pour le saumon rouge du lac Cultus, de 1952 à 2002.

on possède des données (MPO, données inédites) (tableau 4). L'indice diminue en fonction de la densité des géniteurs, bien que pas de façon statistique, et aucune tendance nette ne se dégage à long terme (figure 10; annexe 3). Juste avant le phénomène actuel de remontée précoce (soit dans les années de ponte 1988 à 1990), l'indice de 100 smolts/adulte dépassait la moyenne à long terme (reflétant peut-être les effets d'un projet de lutte contre les prédateurs mené pendant cette période). Il n'y a pas d'indication de tendance systématique jusqu'aux années de ponte 1999 et 2000, moment où l'indice a brusquement chuté à seulement 5 smolts/adulte; l'indice pour l'année de ponte 2001 (22) demeure lui aussi bien en dessous de la moyenne.

L'indice de survie en mer, exprimé en pourcentage, établit une relation entre la production annuelle de smolts d'âge 1 et le nombre d'adultes qui seront produits. L'indice pour les années de ponte 1951 à 1990 s'établit en moyenne à 8,5 p. 100 (fourchette : de 0,5 à 43,9 p. 100), avec un indice de survie moyen plus élevé (15,3 p. 100) à la fin des années 1980. L'indice moyen de survie en mer du saumon rouge du lac Chilko était à peine plus élevé (tableau 4). Pour l'année de ponte 1951, le taux de survie du saumon rouge du lac Cultus a été exceptionnel, soit de 43,9 p. 100, valeur plus de deux fois supérieure au deuxième meilleur taux de survie. Bien que l'on observe ce genre d'écart par rapport aux valeurs moyennes dans les systèmes naturels, il pourrait aussi s'agir d'une aberration liée aux méthodes de collecte des

données. Si l'on élimine cette valeur, alors l'indice moyen de survie en mer se trouve réduit à 7,0 p. 100 (fourchette : 0,5 à 20,3 p. 100), mais la différence avec la moyenne pour le saumon du lac Chilko demeure non significative statistiquement (test *t* sur échantillon apparié : $t_{0,05, 21}=1,80$, $p= 0,09$). Aucune tendance significative ne se dégage pour l'indice de survie en mer (figure 12; annexe 5); en excluant 1951, l'indice de survie se situe en moyenne à 6 p. 100 jusqu'aux années 1970, et il augmente à 15 p. 100 pour les années de ponte de 1988 à 1990. Les estimations des retours d'adultes pour les années de ponte de 1999 à 2001 seront connues seulement à partir de 2003 jusqu'à 2006; cependant, compte tenu de la grande taille des smolts issus de ces pontes, l'indice de survie en mer pourrait se situer au-dessus de la moyenne (Foerster, 1954; Bradford *et al.*, 2000).

L'indice de survie global, soit les retours d'adultes par géniteur adulte, établit une relation entre le nombre total d'adultes dans la population et le nombre d'adultes de la génération parentale dénombrés au lac. L'indice pour les années de ponte de 1948 à 1997 est très variable, s'établissant en moyenne à 4,9 et s'échelonnant de 0,5 à 26 (figure 13; annexe 6). Les retours étaient faibles au début et à la fin des années 1960 ainsi que dans les années 1990, alors que l'indice a chuté sous le seuil de remplacement (figure 13; ligne pointillée horizontale). L'indice moyen pour la population du lac Cultus (4,9) est inférieur à celui des autres populations de saumons rouges du

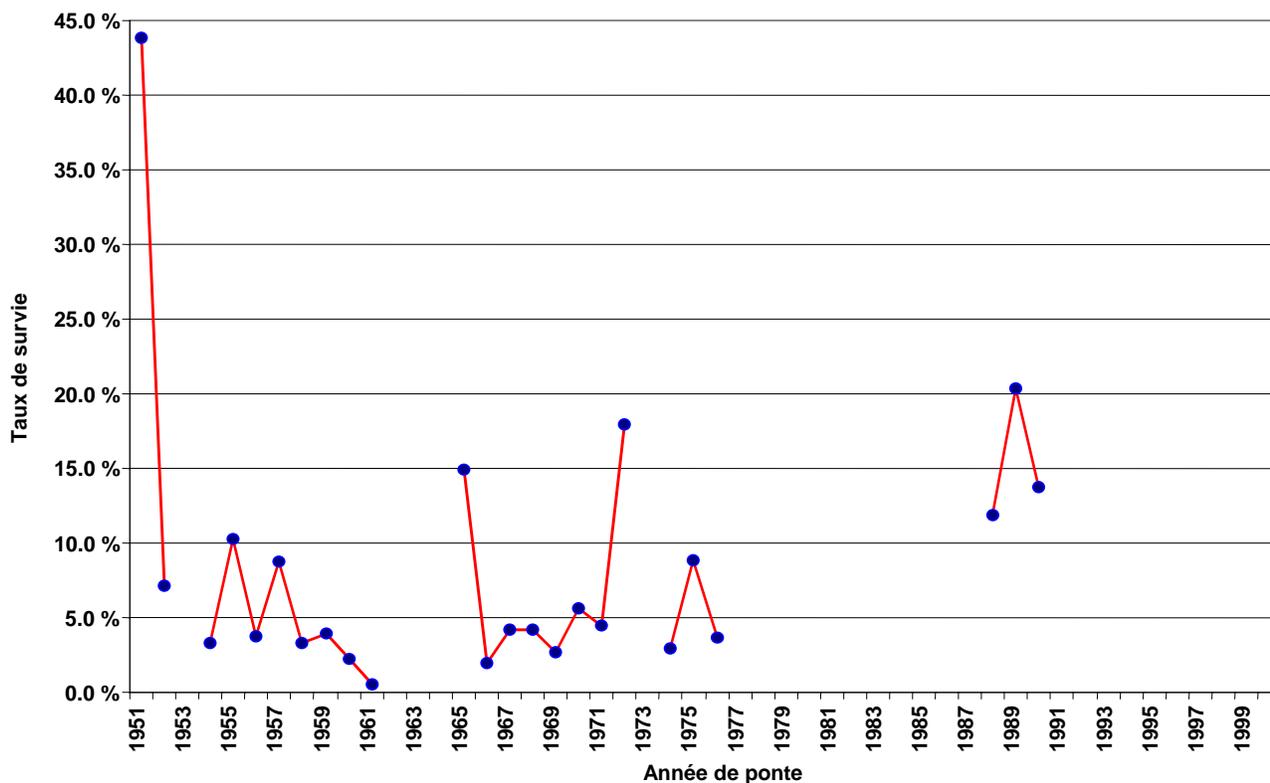


Figure 12. Taux de survie en mer du saumon rouge du lac Cultus (smolts d'âge 1 à adultes des âges 42* et 52*) par année de ponte, de 1951 à 1990.

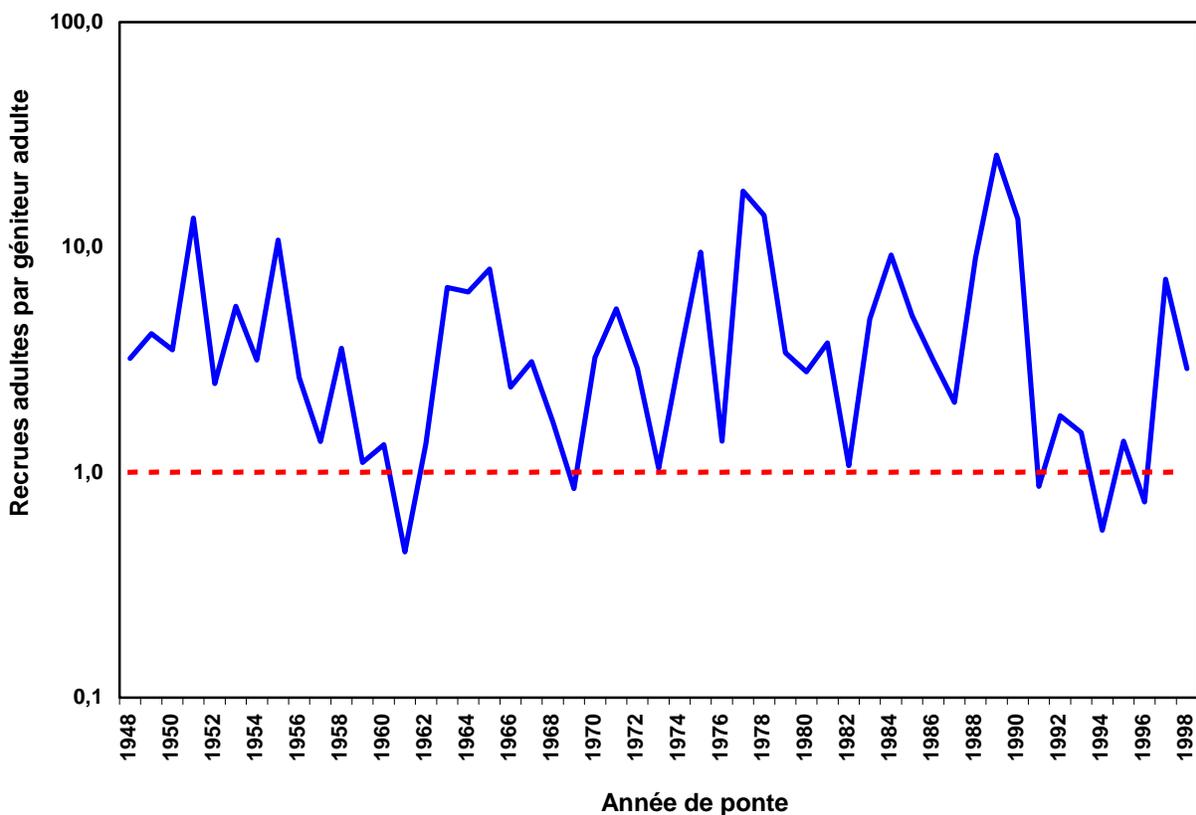


Figure 13. Série chronologique de données sur le nombre de recrues par géniteur (R/G) pour les saumons rouges adultes du lac Cultus, où les recrues représentent le nombre total d'adultes dans la population et les géniteurs, le nombre d'adultes de la génération parentale entrant dans le lac Cultus de 1948 à 1997. La ligne pointillée horizontale indique le seuil de remplacement.

Fraser, ce qui donne à penser que sa productivité est plus faible (tableau 4). L'indice plus faible chez le saumon du lac Cultus se reflète aussi dans le paramètre de productivité moyenne h^* , (correspondant au taux d'exploitation à la production maximale équilibrée); l'estimation du paramètre h^* pour le saumon du lac Cultus s'établit à 0,56 (c.-à-d. un taux d'exploitation de 56 p. 100, à partir d'une analyse stock-recrutement standard), comparativement à une valeur supérieure à 0,76 pour le saumon du lac Chilko et de 0,68 pour le groupe de la Thompson Sud (Adams).

Capacité de production

La capacité de production correspond à l'effectif de géniteurs (échappée) donnant la production maximale équilibrée d'adultes (recrutement). La productivité est liée à la capacité de production, mais il peut exister des populations qui sont très productives tout en ayant une faible capacité de production, et vice versa. Schubert *et al.* (2002) fournissent des estimations de la capacité de production calculées suivant trois modèles : modèle stock-recrutement (SR) de Ricker ajusté au nombre total d'adultes entrant dans le lac Cultus et à la taille de la population de smolts qui est produite; modèle de Ricker ajusté similairement au nombre total d'adultes entrant dans le lac et à

la taille de la population d'adultes qui est produite; modèle de rendement photosynthétique (Hume *et al.*, 1996; Shortreed *et al.*, 2000) ajusté à une estimation de la production primaire du lac. Les estimations ponctuelles de la capacité de production du saumon rouge du lac Cultus (S_{max}) se situent entre 56 000 et 115 300 géniteurs effectifs. Ces estimations sont incertaines parce qu'elles se situent en dehors de la fourchette des échappées observées pour lesquelles on dispose d'estimations du recrutement subséquent. Toutefois, l'échappée d'adultes avec estimation du recrutement la plus élevée (47 800 en 1959) a produit le recrutement le plus élevé aussi (282 500) (tableau 3), et des échappées sans estimation du recrutement tombaient dans cette fourchette de S_{max} en 1927 (82 000), 1939 (71 000) et 1940 (74 000) (tableau 2). Toutes les estimations donnent à penser que la capacité de production de la population se situe dans la partie la plus élevée de la fourchette des données recueillies, ou au-delà. Les effectifs moyens d'adultes entrant dans le lac, soit 15 000 à partir de 1925, 7 000 à partir de 1975 et 4 000 depuis 1995 sont beaucoup plus faibles que n'importe quelle estimation de la S_{max} . Depuis 1995, la population moyenne établie à la barrière de dénombrement du lac correspond à seulement 7 p. 100 de l'estimation la plus faible de la S_{max} , tandis que le nombre moyen de géniteurs effectifs avec une mortalité pré-fraye de 90 p. 100 correspond à moins de 1 p. 100 de la S_{max} estimée la plus basse. Quelle que soit la valeur réelle de la S_{max} , le nombre d'adultes entrant dans le lac Cultus ne correspond actuellement qu'à une petite fraction de la capacité de production de la population.

Productivité

La productivité d'une population influe à la fois sur sa probabilité de disparition et sur ses perspectives de rétablissement, surtout lorsque la population est gérée et récoltée avec d'autres populations plus productives dans des pêches de stocks mélangés. D'après les analyses, le saumon rouge du lac Cultus est en général moins productif que les autres populations du Fraser : le taux d'exploitation à la production maximale équilibrée (PME) (56 p. 100) est plus faible que celui des populations Chilko (76 p. 100) et Adams (68 p. 100), deux populations qui migrent en même temps que le saumon du lac Cultus; l'indice de survie en mer (7 p. 100) est inférieur à celui de la population Chilko (9 p. 100); de plus, les tendances de l'abondance depuis les années 1950 sont compatibles avec la conclusion que le nombre de saumons rouges adultes du lac Cultus diminuera même en l'absence de taux élevés de mortalité pré-fraye si les taux d'exploitation se situent dans la fourchette de 70 p. 100 à 90 p. 100.

Projections et probabilité de disparition relativement à la population d'adultes

Schubert *et al.* (2002) ont mis au point un modèle de simulation qui intègre les incertitudes liées au paramètre stock-recrutement afin de prévoir le nombre futur de géniteurs adultes en fonction d'une série de scénarios de mortalité pré-fraye et de taux de capture sur 3, 5, 10 et 25 générations (une génération correspondant à quatre ans). Dans le présent rapport de situation, on a mis le modèle à jour en y incluant les données de 2002 de façon à prévoir la taille moyenne annuelle de la population pour tous les essais et les ensembles de paramètres et à fournir des valeurs moyennes sur

Tableau 2. Nombre total de saumons rouges adultes entrant dans le lac Cultus par année de cycle, de 1925 à 2002.

Cycle sous-dominant de 1998		Cycle dominant de 1999		Cycle secondaire de 2000		Cycle secondaire de 2001	
Année	Échappée	Année	Échappée	Année	Échappée	Année	Échappée
						1 925	5 423
1926	2 622	1 927	82 426	1 928	14 661	1 929	5 084
1930	7 946	1 931	37 473	1 932	2 231	1 933	2 864
1934	22 940	1 935	15 339	1 936	8 322	1 937	1 227
1938	9 434	1 939	70 789	1 940	73 536	1 941	13 950
1942	36 959	1 943	11 822	1 944	14 002	1 945	5 030
1946	33 068	1 947	8 699	1 948	12 746	1 949	9 055
1950	29 928	1 951	12 677	1 952	17 833	1 953	11 543
1954	22 036	1 955	25 922	1 956	13 718	1 957	20 375
1958	13 324	1 959	47 779	1 960	17 640	1 961	13 396
1962	26 997	1 963	20 303	1 964	11 067	1 965	2 455
1966	16 919	1 967	33 198	1 968	25 314	1 969	5 942
1970	13 941	1 971	9 128	1 972	10 366	1 973	641
1974	8 984	1 975	11 349	1 976	4 435	1 977	82
1978	5 076	1 979	32 031	1 980	1 657	1 981	256
1982	16 725	1 983	19 944	1 984	994	1 985	424
1986	3 256	1 987	32 184	1 988	861	1 989	418
1990	1 860	1 991	20 157	1 992	1 203	1 993	1 063
1994	4 399	1 995	10 316	1 996	2 022	1 997	88
1998	1 959	1 999	12 392	2 000	1 227	2 001	515
2002	4 873						
Moyenne		Moyenne		Moyenne		Moyenne	
1926-1938	10 736	1927-1939	51 507	1928-1936	8 405	1925-1937	3 650
1942-1966	25 604	1943-1967	22 914	1940-1968	23 232	1941-1969	10 218
1970-1986	9 596	1971-1987	20 927	1972-1988	3 663	1973-1989	364
1990-1998	2 739	1991-1999	14 288	1992-2000	1 484	1993-2001	555
2002-2010	4 873						
Toutes ann.	14 162	Toutes ann.	27 049	Toutes ann.	12 307	Toutes ann.	4 992

les quatre cycles (tableau 5). Deux résultats méritent d'être notés. Premièrement, on prévoit que le déclin de la population se poursuivra si le pourcentage de la mortalité pré-fraye se maintient au-dessus de 80 p. 100, même si le taux de capture est limité à 10 p. 100 seulement. Deuxièmement, parce que la population est relativement improductive et que la population actuelle est petite, les effectifs augmenteront très lentement même si les taux de mortalité pré-fraye et de capture sont faibles. Par exemple, selon les projections, pour une mortalité pré-fraye de 40 p. 100 et un taux d'exploitation de 0 p. 100, l'abondance moyenne ne s'approchera même pas de l'estimation de la capacité de production la plus faible sur 25 générations (environ 100 ans).

Tableau 3. Population adulte totale annuelle, effectifs tués dans les pêches, effectifs entrant dans le lac Cultus et taux d'exploitation du saumon rouge du lac Cultus par cycle, de 1952 à 2002.

Cycle sous-dominant de 1998					Cycle dominant de 1999				
Année de retour	Captures	Échappée d'adultes	Retour total	Taux d'exploitation	Année de retour	Captures	Échappée d'adultes	Retour total	Taux d'exploitation
1954	79 628	22 036	101 664	78 %	1955	143 195	25 922	169 117	85 %
1958	49 162	13 324	62 486	79 %	1959	234 701	47 779	282 480	83 %
1962	20 536	26 997	47 533	43 %	1963	31 541	20 303	51 844	61 %
1966	18 564	16 919	35 483	52 %	1967	98 802	33 198	132 000	75 %
1970	26 138	13 941	40 079	65 %	1971	87 978	9 128	97 106	91 %
1974	35 813	8 984	44 797	8 %	1975	36 735	11 349	48 084	76 %
1978	22 364	5 076	27 440	82 %	1979	77 620	32 031	109 651	71 %
1982	52 386	16 725	69 111	76 %	1983	87 952	19 944	107 896	82 %
1986	9 163	3 256	12 419	74 %	1987	68 537	32 184	100 721	68 %
1990	8 540	1 860	10 400	82 %	1991	44 762	20 157	64 919	69 %
1994	18 844	4 399	23 243	81 %	1995	9 026	10 316	19 342	47 %
1998	338	1 959	2 297	15 %	1999	1 436	12 392	13 828	10 %
2002	801	4 873	5 674	14 %					
Moyennes					Moyennes				
Ann. 1950	64 395	17 680	82 075	78 %	Ann. 1950	188 948	36 851	225 799	84 %
Ann. 1960	19 550	21 958	41 508	47 %	Ann. 1960	65 172	26 751	91 922	71 %
Ann. 1970	28 105	9 334	37 439	75 %	Ann. 1970	67 444	17 503	84 947	79 %
Ann. 1980	30 775	9 991	40 765	75 %	Ann. 1980	78 245	26 064	104 309	75 %
Ann. 1990	9 241	2 739	11 980	77 %	Ann. 1990	18 408	14 288	32 696	56 %
Total	26 329	10 796	37 125	71 %	Total	76 857	22 892	99 749	77 %
Cycle secondaire de 2000					Cycle secondaire de 2001				
Année de retour	Captures	Échappée d'adultes	Retour total	Taux d'exploitation	Année de retour	Captures	Échappée d'adultes	Retour total	Taux d'exploitation
1952	19 987	17 833	37 820	53 %	1953	29 029	11 543	40 572	72 %
1956	23 808	13 718	37 526	63 %	1957	53 208	20 375	73 583	72 %
1960	22 304	17 640	39 944	56 %	1961	14 395	13 396	27 791	52 %
1964	13 722	11 067	24 789	55 %	1965	4 349	2 455	6 804	64 %
1968	45 539	25 314	70 853	64 %	1969	16 011	5 942	21 953	73 %
1972	38 639	10 366	49 005	79 %	1973	4 390	641	5 031	87 %
1976	26 410	4 435	30 845	86 %	1977	401	82	483	83 %
1980	4 719	1 657	6 376	74 %	1981	1 201	256	1 457	82 %
1984	5 882	994	6 876	86 %	1985	541	424	965	56 %
1988	8 924	861	9 785	91 %	1989	1 679	418	2 097	80 %
1992	6 298	1 203	7 501	84 %	1993	9 808	1 063	10 871	90 %
1996	885	2 022	2 907	30 %	1997	1 512	88	1 600	95 %
2000	797	1 227	2 024	39 %	2001	102	515	617	17 %
Moyennes					Moyennes				
Ann. 1950	21 898	15 776	37 673	58 %	Ann. 1950	41 119	15 959	57 078	72 %
Ann. 1960	27 188	18 007	45 195	60 %	Ann. 1960	11 585	7 264	18 849	61 %
Ann. 1970	32 525	7 401	39 925	81 %	Ann. 1970	2 396	362	2 757	87 %
Ann. 1980	6 508	1 171	7 679	85 %	Ann. 1980	1 140	366	1 506	76 %
Ann. 1990	2 660	1 484	4 144	64 %	Ann. 1990	3 807	555	4 363	87 %
Total	16 763	8 334	25 096	67 %	Total	10 510	4 400	14 910	70 %

Tableau 4. Indices de survie en eau douce, en mer et global, et taux d'exploitation (TE) à la production maximale équilibrée pour le saumon rouge des populations Cultus, Chilko et Adams.

	Population de saumons rouges du réseau du Fraser		
	Cultus	Chilko	Adams
Indice de survie en eau douce (smolts/géniteur) :			
Indice moyen	72	61	-
Fourchette annuelle	3 à 203	9 à 115	-
Indice de survie en mer (%) :			
Indice moyen ^a	7,0 %	9,1 %	-
Fourchette annuelle	0,5 % à 20,3 %	1,3 % à 22,2 %	-
Indice de survie global (%)	4,8 %	7,2 %	7,3 %
TE à la production maximale équilibrée (%)	56 %	76 %	68 %

^a. Exclut les données de 1951 (voir le texte).

Schubert *et al.* (2002) ont aussi évalué la probabilité de disparition en utilisant des valeurs seuils de quasi-disparition de 50 et de 100 géniteurs adultes effectifs pour toute période de quatre ans (un cycle) afin de ne pas être obligés de tenir compte explicitement des phénomènes démographiques dépensatoires qui peuvent accroître le risque de disparition dans les populations de faible taille. Bien que quelque peu arbitraires, ces seuils de disparition de la population s'approchent probablement du niveau au-dessous duquel un rétablissement est peu probable. Le National Marine Fisheries Service des États-Unis a recours à des seuils semblables dans ses évaluations relatives à la disparition pour le saumon (R. Waples, comm. pers.). La probabilité de disparition dépend fortement de plusieurs facteurs, notamment des taux de mortalité pré-fraye et d'exploitation, de la période sur laquelle portent les projections et du seuil de disparition utilisé (tableau 6). Dans la présente analyse, on utilise des données à jour et l'on s'en tient au seuil de quasi-disparition de 100 poissons parce que, bien que le seuil inférieur réduise la probabilité de disparition à court terme, il a peu d'incidence pour les périodes plus longues. La probabilité de disparition s'accroît parallèlement à l'augmentation des taux de mortalité pré-fraye et de capture. Si la mortalité pré-fraye se maintient à 90 p. 100 ou plus, même en l'absence de pêche, la probabilité de disparition se situe à 50 p. 100 sur trois générations (12 ans) et augmente jusqu'à 98 p. 100 et à 100 p. 100, respectivement, sur des périodes plus longues de 10 générations (40 ans) et de 25 générations (100 ans).

Les résultats du modèle de simulation sous-estiment peut-être la probabilité réelle de disparition du saumon rouge du lac Cultus parce que la persistance du cycle dominant numériquement fort réduit significativement la probabilité que les échappées chutent sous le seuil de quasi-disparition dans quelque période de quatre ans que ce soit. En présence de taux élevés de mortalité pré-fraye, la population sera de plus en plus maintenue par une seule classe d'âge, et, bien que les géniteurs de cinq ans issus du cycle dominant peuvent potentiellement repeupler les cycles subséquents, la diversité génétique de la population sera probablement réduite et sa résilience compromise. De plus, le seuil de quasi-disparition relativement prudent sous-estime peut-être l'incidence de l'effet d'Allee, de la stochasticité démographique et des effets génétiques, compte tenu des denses populations de prédateurs qu'abrite le lac et de l'invasion des frayères par le myriophylle en épi.

Tableau 5. Prévisions concernant le nombre de saumons rouges adultes entrant dans le lac Cultus en fonction de divers taux de mortalité pré-fraye (MPF) et taux d'exploitation (TE). Les prévisions correspondent à des moyennes sur quatre ans établies pour 3, 5, 10 et 25 générations à partir des années de ponte actuelles (1999 à 2002). Noter que, pour 1999 à 2002, le taux moyen de MPF a été de 61 p. 100 et le TE moyen de 19 p. 100.

Mortalité pré-fraye (MPF)	Taux d'exploitation (TE)	Échappée future moyenne dans :			
		trois générations	cinq générations	dix générations	vingt-cinq générations
40 %	0 %	13 500	31 720	49 830	52 160
	10 %	10 760	24 590	42 410	45 880
	20 %	8 060	18 380	33 670	38 620
	30 %	5 930	12 720	24 820	30 750
	40 %	3 990	8 080	15 700	21 460
	50 %	2 540	4 450	8 120	11 490
50 %	0 %	8 870	20 260	36 330	40 880
	10 %	6 920	15 390	29 340	34 640
	20 %	5 170	10 990	21 390	27 540
	30 %	3 700	7 350	14 360	19 760
	40 %	2 500	4 450	7 940	11 420
	50 %	1 530	2 320	3 660	4 600
60 %	0 %	5 160	11 110	21 600	27 520
	10 %	3 940	8 070	15 860	21 470
	20 %	2 930	5 570	10 420	14 800
	30 %	2 060	3 540	6 150	8 490
	40 %	1 370	2 050	2 960	3 580
	50 %	820	1 010	1 130	930
70 %	0 %	2 520	4 450	8 150	11 610
	10 %	1 890	3 080	5 160	7 110
	20 %	1 390	2 010	2 980	3 540
	30 %	960	1 210	1 440	1 410
	40 %	630	650	600	370
	50 %	370	300	180	70
80 %	0 %	820	1 020	1 110	950
	10 %	640	660	580	400
	20 %	430	410	270	120
	30 %	310	220	110	40
	40 %	180	110	30	0
	50 %	110	40	10	0
90 %	0 %	110	50	10	0
	10 %	70	30	0	0
	20 %	50	20	0	0
	30 %	30	10	0	0
	40 %	20	0	0	0
	50 %	10	0	0	0

Tableau 6. Probabilité moyenne d'extinction de la population de saumons rouges du lac Cultus à différents taux de mortalité pré-fraye (MPF) et taux d'exploitation (TE) après 3, 5, 10 et 25 générations. La quasi-extinction est définie comme la probabilité que l'abondance des géniteurs soit inférieure à 50 ou 100 géniteurs adultes pendant quatre années successives, d'après une simulation des années à venir dans l'analyse de la viabilité de la population (tiré de Schubert *et al.*, 2002).

MPF	TE	< 50 géniteurs sur 4 années successives				< 100 géniteurs sur 4 années successives			
		Génération à partir du présent				Génération à partir du présent			
		3	5	10	25	3	5	10	25
0,4	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
	0,4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,03	0,04
	0,5	0,00	0,01	0,03	0,08	0,01	0,03	0,08	0,15
0,5	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
	0,2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
	0,3	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,05
	0,4	0,00	0,01	0,03	0,08	0,01	0,03	0,08	0,14
	0,5	0,01	0,03	0,10	0,26	0,03	0,08	0,20	0,38
0,6	0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
	0,1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,04
	0,2	0,00	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02	0,05	0,09
	0,3	0,00	0,01	0,05	0,13	0,02	0,04	0,11	0,22
	0,4	0,01	0,04	0,13	0,32	0,04	0,10	0,24	0,44
	0,5	0,02	0,09	0,31	0,63	0,08	0,21	0,46	0,74
0,7	0	0,00	0,01	0,03	0,08	0,01	0,03	0,08	0,14
	0,1	0,00	0,02	0,07	0,16	0,02	0,06	0,14	0,27
	0,2	0,01	0,04	0,13	0,33	0,03	0,10	0,24	0,45
	0,3	0,02	0,08	0,26	0,55	0,06	0,17	0,40	0,67
	0,4	0,03	0,15	0,44	0,78	0,11	0,29	0,59	0,86
	0,5	0,08	0,29	0,68	0,94	0,20	0,46	0,79	0,96
0,8	0	0,02	0,09	0,31	0,63	0,07	0,21	0,46	0,74
	0,1	0,03	0,15	0,44	0,78	0,11	0,29	0,59	0,86
	0,2	0,06	0,23	0,60	0,90	0,17	0,40	0,73	0,94
	0,3	0,10	0,35	0,76	0,96	0,24	0,53	0,85	0,98
	0,4	0,18	0,51	0,88	0,99	0,36	0,68	0,93	1,00
	0,5	0,29	0,68	0,96	1,00	0,50	0,81	0,98	1,00
0,9	0	0,29	0,68	0,95	1,00	0,50	0,81	0,98	1,00
	0,1	0,37	0,77	0,98	1,00	0,58	0,87	0,99	1,00
	0,2	0,47	0,84	0,99	1,00	0,67	0,92	0,99	1,00
	0,3	0,57	0,91	1,00	1,00	0,76	0,95	1,00	1,00
	0,4	0,69	0,95	1,00	1,00	0,84	0,98	1,00	1,00
	0,5	0,80	0,98	1,00	1,00	0,90	0,99	1,00	1,00

FACTEURS LIMITATIFS ET MENACES

Capture dans les pêches

Le saumon rouge du fleuve Fraser fait l'objet d'une gestion intensive dans le cadre d'un système intégré à l'échelle internationale et nationale depuis plus d'un demi-siècle. Dans la zone visée par le traité avec les États-Unis (É.-U.) (qui englobe grossièrement le détroit de Juan de Fuca, le sud du détroit de Géorgie et la côte sud-ouest de l'île de Vancouver), la Commission du saumon du Pacifique (CSP) assure la gestion bilatérale de la pêche au saumon. Dans les autres secteurs, la pêche est gérée à l'échelle nationale par le Canada ou les États-Unis. Le Conseil du fleuve Fraser de la CSP prépare des plans de pêche pour chacun des quatre groupes de remonte, en fonction des objectifs d'échappées (adultes survivants), des prévisions d'avant-saison, et des contraintes comme les prises accessoires touchant d'autres espèces ou stocks préoccupants. Dans chaque groupe, on pratique une gestion active pour les populations les plus nombreuses, ce qui n'est généralement pas le cas pour les petites populations. Étant donné que la population du lac Cultus est relativement petite par rapport aux populations qui migrent en même temps qu'elle, par exemple les populations Adams et Weaver, elle n'a pas fait l'objet d'une gestion spécifique tout au long de l'histoire de la pêche au saumon rouge du Fraser. Sur les cycles de 1998 et de 1999, la pêche du saumon de remonte tardive est gérée activement pour atteindre les objectifs bruts relatifs aux échappées et aux captures des saumons rouges des cycles dominant et sous-dominant de la rivière Adams; sur les cycles de 2000 et de 2001, la pêche est gérée pour atteindre des objectifs similaires pour le saumon rouge du ruisseau Weaver, surtout depuis 1969, année des premiers retours issus de la frayère artificielle. De plus, les pêches effectuées plus tôt en mer visant les saumons de la remonte de l'été récoltent aussi des saumons rouges de la remonte tardive. Les effets cumulatifs de la récolte dirigée des stocks numériquement dominants de la remonte de l'été et de la remonte tardive déterminent les courbes de taux de récolte et d'exploitation du saumon rouge du lac Cultus.

Étant donné que le saumon rouge du lac Cultus ne fait pas l'objet d'une gestion spécifique, les courbes des taux d'exploitation pour les divers cycles diffèrent en fonction du stock visé par les mesures de gestion. Sur le cycle sous-dominant de 1998 et le cycle dominant de 1999 (gestion de la population de la rivière Adams), le taux d'exploitation de la population du lac Cultus s'est établi en moyenne à 71 p. 100 et à 77 p. 100, respectivement (tableau 3). Depuis 1954, les taux d'exploitation du cycle sous-dominant sont généralement élevés et relativement stables, tandis que les taux d'exploitation du cycle dominant ont légèrement diminué depuis 1971. Sur les cycles secondaires de 2000 et de 2001, la pêche est gérée activement en fonction du saumon rouge du ruisseau Weaver, où le stock de saumon sauvage a augmenté grâce à une meilleure production depuis le début de l'exploitation de la frayère artificielle en 1965. Les taux d'exploitation des cycles secondaires sont semblables à ceux des autres cycles, soit 67 p. 100 (2000) et 70 p. 100 (2001) en moyenne; cependant, les tendances diffèrent énormément. Avant les premiers retours de saumon rouge issus de la frayère artificielle en 1969, les taux d'exploitation s'établissaient en moyenne à 57 p. 100 (cycle de 2000) et à 65 p. 100

(cycle de 2001). Après 1969 et jusqu'à ce qu'on réduise la pêche à cause des préoccupations touchant la migration précoce, les taux d'exploitation ont augmenté à une moyenne de 83 p. 100 et de 81 p. 100 avec de légères tendances à la hausse de 2,0 p. 100 et de 0,5 p. 100 par cycle sur les cycles de 2000 et de 2001, respectivement.

Le taux moyen d'exploitation à la production maximale équilibrée (PME) pour le saumon rouge du lac Cultus est estimé à 56 p. 100. Cependant, les taux d'exploitation ont dépassé de beaucoup ce niveau la plupart des années et sur tous les cycles. Les taux d'exploitation moyens à long terme des divers cycles se sont établis entre 67 p. 100 et 77 p. 100. Les taux d'exploitation annuels ont fréquemment dépassé 80 p. 100 et quelquefois 90 p. 100. Les taux d'exploitation pour les deux cycles secondaires ont augmenté, passant d'environ 60 p. 100 dans les années 1960 à plus de 80 p. 100 au cours des décennies subséquentes à cause de l'accroissement de la pression de pêche pour le saumon rouge du ruisseau Weaver, suite à sa mise en valeur. Il est probable que le déclin soutenu du nombre d'adultes entrant dans le lac Cultus sur trois cycles résulte des taux de capture excessifs appliqués au saumon rouge du lac Cultus de façon pratiquement ininterrompue depuis au moins quatre décennies.

Migration précoce et mortalité pré-fraye

Le saumon rouge du lac Cultus séjourne normalement dans le lac jusqu'à deux mois avant la fraye. L'arrivée des migrants dans le lac débute en général à la fin de septembre, atteint un sommet d'octobre à la mi-novembre et se termine vers la fin de décembre (figure 9). De 1996 à 2002, l'arrivée dans le lac a commencé de plus en plus tôt, à un point tel que, en 2001, le début et le pic de l'arrivée sont survenus presque deux mois plus tôt qu'à la date moyenne pour la période comprise entre 1941 et 1995 (annexe 2). La migration précoce vers le lac a une incidence importante sur la population. Elle expose le poisson à des eaux dont la température peut s'élever jusqu'à 25 °C (MPO, données inédites). L'exposition à ces températures, même pour de courtes périodes, augmente le taux métabolique et la croissance des bactéries et des champignons, réduit la synthèse des hormones de la reproduction et l'énergie disponible pour la migration et la reproduction, diminue la performance natatoire et retarde la maturation des gonades, tous ces facteurs pouvant contribuer à accroître la mortalité pré-fraye et à diminuer le succès de la fraye (Dave Patterson, MPO, comm. pers.). Les gradients de température entre la rivière Chilliwack (12-16 °C), le ruisseau Sweltzer (> 20 °C) et l'hypolimnion du lac (6,5 °C) peuvent amplifier ces effets. De plus, le cours supérieur du ruisseau Sweltzer est fortement utilisé pour la natation et des activités récréatives non structurées en août et au début de septembre; ces activités peuvent retarder la migration, augmentant la durée de l'exposition des poissons de la remonte à des températures élevées ainsi que le stress qu'ils subissent.

À la fin des années 1990, la mortalité pré-fraye a augmenté à plus de 90 p. 100 des retours d'adultes (annexe 1). D'après les études de la population du lac Cultus et d'autres populations de la remonte tardive, la mortalité pré-fraye est attribuable à une exposition plus longue que la normale au parasite *Parvicapsula minibicornis* due à une

migration anormalement précoce en eau douce. Bien que des efforts considérables soient déployés pour déterminer la cause de cette migration précoce, il est impossible d'en prévoir l'occurrence ou l'ampleur. Elle a provoqué chez le saumon rouge du lac Cultus une perte pratiquement irrécupérable du potentiel reproductif. Pour illustrer ce fait, mentionnons qu'avec les indices de survie en mer (7 p. 100) et les forts taux de mortalité pré-fraye (93 p. 100) actuels, chaque géniteur adulte qui se reproduit doit produire plus de 400 smolts pour assurer le maintien de la population. Ce chiffre équivaut à six fois la production de smolts qui a été observée pendant les trois dernières années de ponte. Dans ces conditions, même si la capture dans les pêches est restreinte aux plus faibles niveaux possibles, il est probable que la population diminuera jusqu'à son extinction d'ici 10 générations (environ 40 ans).

Stochasticité environnementale

La longue période marquée par des taux de capture élevés combinés à des taux élevés de mortalité pré-fraye a réduit l'abondance du saumon rouge du lac Cultus à des niveaux très faibles; trois des quatre cycles risquent de disparaître. La population est donc vulnérable à des changements aléatoires dans les eaux douces et en mer, dont l'incidence serait peut-être mineure sur des populations plus importantes. Par exemple, les épisodes d'El Niño (hausse soudaine de la température de l'eau dans l'océan entraînant une baisse de productivité) sont fréquents et peuvent diminuer substantiellement l'indice de survie en mer de cette population. La récurrence d'une série d'épisodes d'El Niño, comme ceux des années 1990, pourrait réduire l'indice de survie en mer à des niveaux tels que, même si la migration revient à la normale et si les taux de capture sont fortement limités, cette population se trouverait sérieusement menacée. La population est également vulnérable aux changements climatiques qui touchent les eaux douces. Par exemple, des changements aléatoires de la température peuvent influencer les communautés de phytoplancton, influant ainsi sur les ressources alimentaires du saumon rouge et sur la transparence de l'eau du lac. Ce dernier effet peut favoriser la croissance des populations du myriophylle en épi, qui est en compétition avec le saumon rouge pour l'espace sur les frayères. D'autres changements peuvent favoriser les populations de prédateurs et réduire gravement l'indice de survie du saumon rouge en eau douce. La population est aussi vulnérable à des catastrophes comme des glissements de terrain, susceptibles de détruire les frayères ou d'empêcher les saumons rouges adultes d'accéder au lac.

Maladies et parasites

Les effets importants de l'exposition prolongée des adultes au parasite *Parvicapsula minibicornis* ont été discutés. Un autre parasite, le copépode *Salmincola californiensis*, est une espèce endémique dans le lac Cultus et il est bien connu qu'il infecte et tue des saumons rouges juvéniles (Kabata et Cousens, 1977). Foerster (1929c) a signalé une grave infestation lors de la migration des smolts de 1927; des niveaux similaires ont été observés en 2002 (S. Barnetson, MPO, éclosier du ruisseau Inch, comm. pers.). L'incidence de ce parasite sur la survie des alevins et des smolts de la population Cultus est inconnue; cependant, l'infestation est suffisamment grave pour constituer une menace pour la population compte tenu de ses faibles niveaux d'abondance actuels.

Prédation

Le lac Cultus abrite un certain nombre d'espèces prédatrices, notamment le saumon coho, des truites, des chabots, le Dolly Varden et la sauvagesse du nord (Ricker, 1941). La sauvagesse du nord, espèce très abondante, est probablement celle qui influe le plus sur le saumon rouge. La sauvagesse du nord, gros Cyprinidé piscivore largement répandu dans le réseau du Fraser et les autres réseaux fluviaux importants de la Colombie-Britannique, constitue une source importante de mortalité chez les Salmonidés juvéniles (Foerster et Ricker, 1941; Ricker, 1941; Foerster, 1968; Friesen et Ward, 1999). Dans le lac Cultus, la sauvagesse du nord fraye le long de la rive de la fin de juin à la mi-juillet. Sa fécondité (jusqu'à 40 000 oeufs/femelle) et sa longue vie (jusqu'à 20 ans) permet la croissance rapide des populations quand les conditions sont propices. La jeune sauvagesse du nord se tient dans la zone littorale où elle se nourrit surtout de larves d'insectes. Parvenue à maturité (> 250 mm), elle occupe la zone littorale et la zone limnétique (ou infralittorale) et se nourrit presque exclusivement de petits poissons, y compris de jeunes saumons rouges et congénères.

Durant les années 1930, l'indice de survie en eau douce du saumon rouge a grimpé de 300 p. 100 (de 3,1 p. 100 à 10,0 p. 100) grâce à une élimination partielle de la sauvagesse. Durant les années 1990, les indices de survie ont augmenté de 43 p. 100 (de 70 à 100 smolts/géniteur) après un projet similaire de lutte contre les prédateurs. Le récent déclin de la population de saumons rouges géniteurs dans le lac Cultus a fait en sorte que de très petites populations d'alevins se trouvent exposées à des prédateurs abondants. La prédation étant un mécanisme dépensatoire dans la dynamique des populations des stocks effondrés, l'importante population de prédateurs du lac Cultus constitue une menace potentielle sérieuse pour le rétablissement de cette population de saumons rouges.

Espèces exotiques

Le lac Cultus est fortement touché par la présence du myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*), macrophyte exotique pérenne introduite dans l'Est de l'Amérique du Nord à la fin du XIX^e siècle (Reed, 1977). Cette espèce s'étend considérablement et à un rythme rapide, déplaçant les espèces indigènes, ralentissant le débit de l'eau et modifiant les habitats des poissons au détriment de certaines espèces (par exemple le saumon) et au profit d'autres espèces (par exemple la sauvagesse du nord). Le myriophylle en épi se propage surtout par fragmentation, mais aussi par des nœuds de racines et par les graines. Dans la zone littorale des lacs, il forme des groupes denses de 100 tiges issues d'une même masse de racines. Ces groupes de tiges denses ont une incidence sur le saumon rouge parce qu'ils l'empêchent d'accéder aux frayères, tout en fournissant aux juvéniles de la sauvagesse du nord des refuges pour échapper au cannibalisme pratiqué par les adultes (R. Gregory, MPO, comm. pers.), accroissant ainsi le recrutement d'adultes chez la sauvagesse du nord et les risques de prédation pour les saumons rouges juvéniles. Le myriophylle en épi a été observé pour la première fois dans le lac Cultus en 1977, où il a probablement été introduit par inadvertance par des plaisanciers à partir de lacs de

l'intérieur (R. Truelson, MOE, comm. pers.; D. Barnes, MPO, comm. pers.). De 1977 à 1991, son aire de répartition dans la zone littorale a presque doublé et les groupes épars forment maintenant de denses tapis. En 1991, il couvrait 22 ha sur les 74 ha de la zone littorale du lac (Truelson, 1992); il n'y a pas eu d'autre estimation de son aire de répartition. Des relevés effectués par des plongeurs à la plage Lindell en 1982 ont indiqué que les tapis denses formés par le myriophylle en épi ont éliminé le saumon rouge de certains secteurs qu'il utilisait auparavant pour la fraye (K. Morton, MPO, comm. pers.). Ces dernières années, les projets d'élimination du myriophylle en épi ont limité la densité de cette espèce près des plages utilisées à des fins récréatives, y compris la plage Lindell; cependant, ces projets doivent prendre fin en 2003. Le myriophylle en épi est probablement une importante menace pour le saumon rouge du lac Cultus parce qu'il fournit un habitat aux espèces prédatrices et empiète sur l'habitat de fraye du saumon rouge.

Altération de l'habitat

Le bassin hydrographique du lac Cultus est une région très développée, utilisée à des fins récréatives, résidentielles et agricoles, ce qui a des répercussions importantes sur les tributaires, l'émissaire et la zone littorale du lac. L'incidence de l'exploitation forestière est probablement mineure; de fait, l'exploitation forestière est limitée uniquement à la région du cours supérieur du ruisseau Frosst aux États-Unis. Les zones habitées sont limitées à de petits secteurs des rives nord-est et nord-ouest du lac et à la plage Lindell. L'agriculture est pratiquée près de l'extrémité sud, et la récolte d'arbres a été pratiquée dans les hautes terres. Les activités qui influent directement sur la zone littorale du lac comprennent l'enlèvement de la végétation riveraine, l'altération de la ligne de rivage et l'empiètement par des quais et des jetées, surtout dans la zone de fraye de la plage Lindell. Les activités qui ont une incidence sur les affluents comprennent la canalisation et l'enlèvement de la végétation riveraine. La dégradation possible de la qualité des eaux souterraines et superficielles qui pénètrent dans le lac est particulièrement préoccupante, dégradation qui résulterait des fuites de fosses septiques, du ruissellement agricole et de l'utilisation domestique d'engrais. Les loisirs sont la principale activité qui se déroule dans le bassin hydrographique. Le lac Cultus est devenu un endroit populaire pour le camping et les loisirs extérieurs à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, situation qui a amené la création du Cultus Lake Park en 1924. Actuellement, 92 p. 100 des 18 km de rivage du lac font partie du parc provincial du lac Cultus (656 ha le long des rives est et ouest) ou du parc municipal du lac Cultus (244 ha le long de la rive nord). L'utilisation des parcs s'est intensifiée régulièrement tout au long du XX^e siècle. Les parcs accueillent actuellement environ 1,5 million de visiteurs par année, de sorte que le lac Cultus est un des lacs les plus fortement utilisés en Colombie-Britannique. En été, le lac est un lieu extrêmement recherché pour la navigation de plaisance. La pêche récréative y est peu commune, bien que ces dernières années on ait organisé des tournois de pêche annuels visant à éliminer la sauvagesse du nord.

L'incidence de ces activités sur la population de saumons rouges n'est pas claire. Des comparaisons entre les données limnologiques de 2001 et celles qui ont été recueillies dans les années 1930 et 1960 donnent à penser que l'habitat de la zone limnétique du lac a relativement peu changé au cours des 65 dernières années. Cependant, on dispose de peu d'information concernant les changements dans la qualité et la quantité des eaux souterraines et l'effet de l'envasement ou des polluants sur la qualité de l'habitat.

IMPORTANCE DE L'ESPÈCE

Le saumon rouge est une espèce ayant une importance économique et est largement répandue dans les milieux marins et les eaux douces de la région du Pacifique Nord. Il représente environ 14 p. 100 du nombre total des saumons capturés et tués dans le Pacifique Nord (Burgner, 1991). Depuis 1952, les prises de saumon rouge du Fraser se sont situées entre 1 et 18 millions d'individus par année; les prises de saumon rouge du lac Cultus ont varié d'un minimum de 100 adultes à un maximum de 235 000 adultes.

Biologiquement, le saumon rouge du lac Cultus est une population génétiquement distincte, adaptée localement et propre à ce lac; à ce titre, il constitue une population importante à l'échelle nationale. La population du lac Cultus est un élément clé de l'écosystème local parce que, à l'instar d'autres saumons anadromes, elle constitue la principale voie de transfert d'éléments nutritifs comme l'azote et le phosphore du milieu marin vers les eaux douces et les écosystèmes terrestres. La possibilité de choisir le saumon rouge du lac Cultus comme espèce indicatrice pour la surveillance de la durabilité de l'écosystème est à l'étude (Fraser Basin Council, 2002). Du point de vue écologique, le saumon rouge du lac Cultus est l'une des 18 espèces de poissons connues comme étant des utilisateurs de ce lac pour une partie ou la totalité de leur cycle vital.

La population du lac Cultus présente aussi un grand intérêt scientifique parce que c'est l'une des populations de saumons les plus étudiées au monde. Sur le plan de l'histoire des sciences, c'est la première population où la production de smolts a été évaluée; elle a également été le siège de la première évaluation à l'échelle d'un réseau fluvial des activités de mise en valeur, évaluation qui a mené à l'achèvement du réseau d'écloseries fédéral en 1935; en outre, la population a été étudiée par deux des scientifiques canadiens les plus renommés internationalement, R.E. Foerster et W.E. Ricker, qui ont élaboré nombre des concepts utilisés de nos jours dans les sciences halieutiques partout dans le monde. Son importance provient aussi de la longue série chronologique de données que l'on possède sur elle; l'accumulation de telles données nous aident à mieux comprendre les événements à l'échelle d'une décennie ou plus.

Le saumon rouge du lac Cultus a également de l'importance pour la culture humaine, en particulier pour la bande de Soowahlie de la Première nation Sto:lo. Cette bande vit sur le territoire qui longe les deux rives du ruisseau Sweltzer, seul accès au lac Cultus. La présence du saumon rouge dans le lac Cultus a été l'un des facteurs déterminants de l'établissement de la bande dans ce secteur et joue un rôle dans sa survie depuis des milliers d'années. Actuellement, le saumon rouge continue d'avoir une importance culturelle et spirituelle pour cette collectivité. Il est représenté dans le totem de la bande ainsi que dans ses expressions et ses danses, et il est important du point de vue des perspectives économiques futures de la bande. Le chef actuel, Doug Kelly, est l'un des signataires (avec Ken Wilson) de la pétition qui a mené en 2002 à l'évaluation d'urgence du saumon rouge du lac Cultus par le COSEPAC.

PROTECTION ACTUELLE OU AUTRES DÉSIGNATIONS

Un cadre complet d'engagements internationaux et de lois nationales sont en place en vue de protéger les populations de saumon du Pacifique. À l'échelle internationale, à titre de signataire de la *Convention sur la diversité biologique* des Nations Unies, le Canada est tenu d'élaborer des lois et des politiques afin de protéger les écosystèmes et les habitats et de maintenir des populations viables des espèces. À l'échelle nationale, la *Loi sur le ministère des Pêches et des Océans* (1985) a créé un ministère fédéral chargé de la conservation et de l'utilisation durable des ressources halieutiques de la mer et des eaux douces. La *Loi sur les pêches* (1985) et les textes législatifs afférents fournissent un cadre légal pour la gestion des pêches, la lutte contre la pollution et la gestion des habitats. Des ententes fédérales-provinciales comme l'Entente entre le Canada et la Colombie-Britannique sur des questions de gestion de la pêche du saumon du Pacifique (1997) et l'Entente concernant la coopération gouvernementale (1999) assurent la coordination des activités intergouvernementales dans le but de maintenir des ressources halieutiques et des habitats écologiquement durables. Les gouvernements provinciaux et les administrations municipales réglementent aussi les activités d'utilisation des terres et de l'eau qui pourraient avoir une incidence sur les populations de poissons. Par exemple, la *Water Act* (1996) de la Colombie-Britannique régit l'allocation de l'eau et réglemente les travaux dans les cours d'eau. Plus récemment, la *Loi sur les océans* (1996) du Canada stipule que les ressources marines doivent être administrées de façon à préserver la biodiversité et engage le Canada à appliquer le principe de précaution en ce qui a trait aux espèces sauvages, y compris les poissons.

Le MPO est le principal organisme responsable du saumon du Pacifique. Dans son document intitulé *Une nouvelle orientation pour les pêches du saumon du Pacifique au Canada* (1998), il reconnaît l'importance du saumon du Pacifique pour la société canadienne et formule une série de principes pour la conservation et l'utilisation durable de l'espèce. Trois de ces principes présentent une importance particulière pour la protection du saumon rouge du lac Cultus : premièrement, la conservation est l'objectif premier du Ministère et doit avoir la priorité; deuxièmement, une approche prudente doit être utilisée en matière de gestion des pêches; troisièmement, la productivité à long

terme de la ressource ne doit pas être compromise par des problèmes à court terme. Une des composantes de la nouvelle orientation est le document de consultation intitulé *Politique concernant le saumon sauvage* (2000). Cette politique vise à assurer la viabilité à long terme des populations de saumons du Pacifique et à préserver leurs habitats naturels. Une fois mise en œuvre, elle fournira une protection supplémentaire aux populations ou groupes de populations génétiquement distincts désignés comme étant des unités de conservation.

Depuis l'été 2001, le saumon rouge du lac Cultus est géré dans le cadre de mesures mises en œuvre de façon à tenir compte du risque que présente la mortalité associée à la migration précoce du saumon rouge de la remonte tardive. Le Conseil du fleuve Fraser (CFF), organisme conjoint Canada-États-Unis chargé de la gestion du saumon rouge du Fraser dans les eaux visées par le Traité concernant le saumon du Pacifique (1985), a conclu en 2001 un accord bilatéral qui limite à 17 p. 100 le taux d'exploitation du saumon rouge de la remonte tardive. Une des dispositions de l'accord stipulait que les pêcheurs canadiens et américains ne devaient pas dépasser un taux de récolte de 60 p. 100 pour le saumon rouge de la remonte d'été à cause de la présence de populations de la remonte tardive qui migrent en même temps. En 2002, une entente bilatérale a été conclue dans le but de limiter encore le taux d'exploitation total pour la pêche au saumon rouge de la remonte tardive, alors fixé à 15 p. 100. En 2003, on a conclu une entente bilatérale établissant le taux d'exploitation à une fourchette de 15 p. 100 à 25 p. 100, selon l'abondance du saumon rouge de la remonte tardive et l'importance de la migration précoce. D'après l'information recueillie en cours de saison, le taux d'exploitation (25 p. 100) dépassera la limite appropriée (15 p. 100). L'incidence sur le saumon rouge du lac Cultus sera évaluée après la publication des estimations finales du nombre d'adultes qui sont entrés dans le lac Cultus et du taux de mortalité pré-fraye.

SOMMAIRE DU RAPPORT DE SITUATION

Le saumon rouge est l'une des sept espèces du genre *Oncorhynchus* indigènes de l'Amérique du Nord. Le présent rapport de situation évalue la population de saumons rouges génétiquement distincte qui habite le lac Cultus, situé dans la partie côtière des basses terres du bassin hydrographique du fleuve Fraser, en Colombie-Britannique. Le saumon rouge du lac Cultus est unique sur le plan génétique par rapport à toutes les autres populations de saumons rouges du fleuve Fraser et d'ailleurs. La population est une espèce clé dans l'écosystème local et elle est importante sur le plan scientifique du point de vue historique et parce qu'on dispose pour elle et son habitat d'une longue série chronologique de données d'évaluation. Enfin, la population est importante pour de nombreux segments de la société canadienne et elle est essentielle à la culture et au bien-être de la bande de Soowahlie de la Première nation Sto:lo.

Le saumon rouge du lac Cultus utilise ce lac pour la reproduction, l'incubation des œufs et la croissance des juvéniles. Le lac Cultus est un petit plan d'eau (6,3 km² de superficie) monomictique où le rendement photosynthétique saisonnier moyen est élevé

et qui possède une communauté de zooplancton fournissant des ressources alimentaires exceptionnelles aux saumons rouges juvéniles. Le bassin hydrographique est très développé à des fins récréatives, résidentielles et agricoles, mais c'est l'aspect récréatif qui prédomine. Le saumon rouge du lac Cultus atteint généralement sa maturité vers l'âge de quatre ans, après avoir passé presque deux ans en eau douce et plus de deux ans en mer. En août, les adultes quittent les eaux du large pour gagner le détroit de Géorgie, où ils séjournent jusqu'à huit semaines. Normalement, ils reprennent leur migration vers le fleuve Fraser et le lac Cultus en septembre et continuent à arriver dans le lac jusqu'en décembre. Récemment, leur migration dans le Fraser est devenue précoce, ce qui a donné lieu à une mortalité élevée.

Les effectifs des saumons rouges adultes du lac Cultus sont connus depuis 1925. L'abondance était en général forte mais variable jusqu'à la fin des années 1960, moment où les effectifs des géniteurs se sont effondrés sur deux cycles et ont commencé à décliner régulièrement sur un troisième cycle. Depuis le début des années 1990, l'abondance a baissé de façon spectaculaire sur les quatre cycles; les chiffres les plus récents sur les populations pour tous les cycles sont parmi les plus bas jamais enregistrés. Sur les trois dernières générations (12 ans; 1991 à 2002), la population de géniteurs adultes a baissé de 36 p. 100, soit à un taux de 3,3 p. 100 par année sur l'ensemble des cycles. Si l'on tient compte des récentes augmentations des taux de mortalité pré-fraye, le potentiel reproductif de la population (géniteurs effectifs) a baissé de 92 p. 100 au cours des trois dernières générations. Les effectifs actuels représentent seulement une petite fraction de l'estimation la plus prudente de la capacité de production de la population. Des déclinés similaires ont été observés dans les populations d'alevins et de smolts et les retours totaux d'adultes.

La surpêche, de récentes augmentations des taux de mortalité pré-fraye associées à une migration précoce et des réductions de l'indice de survie en mer dues aux épisodes d'El Niño dans les années 1990 ont contribué à l'effondrement de cette population. Des changements dans leur habitat d'eau douce ont peut-être joué un rôle, mais il est peu probable qu'ils aient été un facteur déterminant. La mortalité par pêche du saumon rouge du lac Cultus a dépassé le rendement équilibré presque continuellement pendant plus de quatre décennies. Le taux de capture a été en moyenne de 67 p. 100 et il a fréquemment dépassé 80 p. 100, et même 90 p. 100, de la population d'adultes alors que le rendement équilibré serait inférieur à 56 p. 100. De 1995 à 2002, la migration des adultes de la population du lac Cultus et d'autres saumons rouges de la remonte tardive dans le Fraser depuis le détroit de Géorgie a progressivement commencé de plus en plus tôt. La cause de cette migration précoce est inconnue, mais ses conséquences sont graves. La migration précoce des adultes est associée à des taux élevés de mortalité des adultes le long du corridor de migration en eau douce et dans le lac avant la fraye. Cette mortalité est causée par de graves infestations de *Parvicapsula minibicornis*, parasite qui attaque les reins et les branchies (St-Hilaire *et al.*, 2001). Bien que ce parasite soit présent chez la plupart des populations de saumons rouges du Fraser, c'est seulement parmi les populations de la remonte tardive migrant précocement qu'il cause de fortes mortalités.

L'avenir s'annonce incertain pour le saumon rouge du lac Cultus. Sa persistance dépendra de la poursuite ou de l'arrêt du phénomène de migration précoce, des taux de capture et de mortalité dans les pêches, des conditions de survie en mer et des conditions de l'habitat. Aux faibles niveaux d'abondance qu'elle connaît actuellement, la population se trouve vulnérable aux changements aléatoires qui surviennent en mer et en eaux douces, à des parasites endémiques comme le *Salmincola californiensis*, aux fortes populations de prédateurs qu'abrite le lac et à des facteurs anthropiques pouvant réduire la productivité de la population en période de faible abondance et accroître du même coup la probabilité de disparition. Si la mortalité pré-fraye dépasse 90 p. 100, et en l'absence de toute mortalité due à la pêche, la probabilité d'extinction de la population est estimée à 50 p. 100 sur trois générations (12 ans) et à 100 p. 100 sur 25 générations (100 ans).

RÉSUMÉ TECHNIQUE

Oncorhynchus nerka

Nom commun : Saumon rouge / Sockeye salmon

Nom de la population : saumon sockeye (saumon rouge) du lac Cultus

Répartition canadienne : Colombie-Britannique (lac Cultus, réseau du fleuve Fraser)

Information sur la répartition	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Zone d'occurrence (km²) (superficie du bassin hydrographique)</i> 	83 km ²
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Préciser la tendance (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</i> 	Stable
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Y a-t-il des fluctuations extrêmes dans la zone d'occurrence (ordre de grandeur > 1)?</i> 	Non
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Zone d'occupation (km²) (superficie du lac)</i> 	6,3 km ²
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Préciser la tendance (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</i> 	En déclin
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Y a-t-il des fluctuations extrêmes dans la zone d'occurrence (ordre de grandeur > 1)?</i> 	On ne sait pas.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nombre d'emplacements existants</i> 	Un
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Préciser la tendance du nombre d'emplacements (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</i> 	Stable
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'emplacements (ordre de grandeur > 1)?</i> 	Non
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tendance de l'habitat : préciser la tendance de l'aire, de l'étendue ou de la qualité de l'habitat (en déclin, stable, en croissance ou inconnue).</i> 	Probablement en déclin
Information sur la population	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Durée d'une génération (âge moyen des parents dans la population)</i> 	Quatre ans
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Nombre d'individus matures (reproducteurs) au Canada</i> 	de 50 à 1 200 géniteurs
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tendance de la population quant au nombre d'individus matures (en déclin, stable, en croissance ou inconnue).</i> 	En déclin
<ul style="list-style-type: none"> • <i>S'il y a déclin, % du déclin au cours des dernières/prochaines dix années ou trois générations, selon la plus élevée des deux valeurs.</i> 	92 p. 100 sur trois générations (12 ans)
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre d'individus matures (ordre de grandeur > 1)?</i> 	Oui
<ul style="list-style-type: none"> • <i>La population totale est-elle très fragmentée (la plupart des individus se trouvent dans de petites populations relativement isolées (géographiquement ou autrement) entre lesquelles il y a peu d'échanges, c.-à-d. migration réussie de ≤ 1 individu/année)?</i> 	Une population – La population Cultus est génétiquement et démographiquement isolée de toutes les autres populations de saumons rouges.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Énumérer chaque population et donner le nombre d'individus matures dans chacune.</i> 	s.o.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Préciser la tendance du nombre de populations (en déclin, stable, en croissance, inconnue).</i> 	s.o.
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Y a-t-il des fluctuations extrêmes du nombre de populations (ordre de grandeur > 1)?</i> 	s.o.

Menaces (réelles ou imminentes pour les populations ou les habitats)	
<ul style="list-style-type: none"> • La gestion des pêches est axée sur les populations de saumons rouges les plus productives parmi toutes celles qui peuvent migrer ensemble, ce qui s'est traduit par une surexploitation du saumon rouge du lac Cultus dans une large part des quatre dernières décennies. Cette situation a entraîné un déclin continu à long terme du nombre d'adultes de la population du lac Cultus. • La migration précoce des adultes en eau douce de 1995 à 2001 a entraîné des taux élevés (> 90 p. 100) de mortalité pré-fraye et une perte pratiquement irrécupérable du potentiel reproductif. • Les épisodes d'El Niño ont probablement eu une incidence sur la survie des adultes pendant les années 1990 et il y en aura probablement d'autres à l'avenir. • Les problèmes concernant l'habitat comprennent la présence de populations de prédateurs abondantes et l'envahissement par une macrophyte exotique pérenne pouvant causer une mortalité dépensatoire dans les actuelles petites populations d'alevins du saumon rouge du lac Cultus. De plus, les utilisations du lac Cultus à des fins résidentielles, agricoles et récréatives dégradent probablement la qualité de l'habitat. Les activités récréatives peuvent nuire à la migration des adultes dans le lac. 	
Effet d'une immigration de source externe	
• <i>L'espèce existe-t-elle ailleurs (au Canada ou à l'extérieur)?</i>	Oui
• <i>Statut ou situation des populations de l'extérieur?</i>	Variable
• <i>Une immigration a-t-elle été constatée ou est-elle possible?</i>	Non – La population Cultus est une population distincte.
• <i>Des individus immigrants seraient-ils adaptés pour survivre à l'endroit en question?</i>	Non
• <i>Y a-t-il suffisamment d'habitat disponible pour les individus immigrants à l'endroit en question?</i>	s.o.
Analyse quantitative	Analyses génétiques, modélisation de la population, analyse de disparition démographique

REMERCIEMENTS

Les renseignements et le texte du présent rapport de situation ont déjà été publiés en grande partie dans des rapports des groupes de travail de l'équipe de rétablissement du saumon rouge du lac Cultus et dans un rapport du Secrétariat canadien pour l'évaluation des stocks, actuellement en cours de révision pour le Comité d'examen des évaluations scientifiques du Pacifique (CEESP). Je remercie grandement de leur contribution mes collègues du groupe de travail et les membres de l'équipe du CEESP : D. Barnes, T. Beacham, S. Barnetson, A. Cass, T. Cone, R. Devlin, B. Fanos, M. Foy, J. Gable, J. Grout, J. Hume, M. Johnson, D. Lofthouse, D. MacKinlay, K. Morton, K. Shortreed, M. Staley, B. Stanton, A. Stobart, R. Valor, R. Withler et C. Wood. Je tiens à remercier M. Bradford, G. Brown, B. Holtby et J. Woodey de leurs commentaires constructifs sur les ébauches de divers documents. Une révision approfondie du présent document par M. Gross a été particulièrement utile pour en améliorer la qualité.

Le présent rapport a été financé par le Service canadien de la faune d'Environnement Canada.

OUVRAGES CITÉS

- Aro, K.V. 1979. Transfers of eggs and young of Pacific Salmon within British Columbia. Rapport technique du Service des pêches et des sciences de la mer n° 861. 147 p.
- Bickham, J.W., Wood, C.C. et Patton, J.C. 1995. Biogeographic implications of cytochrome *b* sequences and allozymes in sockeye (*Oncorhynchus nerka*). *J. Hered.* 86: 140-144.
- Bradford, M.J., Pyper, B. et Shortreed, K.S. 2000. Biological responses of sockeye salmon to the fertilization of Chilko Lake, a large lake in the interior of British Columbia. *N. Am. J. Fish Manage.* 20: 661-671.
- Brannon, E.L. 1967. Genetic control of migration behavior of newly emerged sockeye salmon fry. International Pacific Salmon Fisheries Commission Progress Report n° 16: 31 p.
- Brannon, E.L. 1987. Mechanisms stabilizing salmonid fry emergence timing. Pages 120-124 in H.D. Smith, L. Margolis et C.C. Wood (éd.). Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 96.
- Burgner, R.L. 1991. Life history of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). In C. Groot et L. Margolis (éd.). Pacific salmon life histories. UBC Press, Vancouver, Canada.
- Cannings S.G., et J. Ptolemy. 1998. Rare freshwater fish of British Columbia. Ministry of Environment, Lands and Parks, Victoria (Colombie-Britannique). 214 p.
- Cannings S.G., Fraser, D. et Munro, W.T. 1994. Provincial lists of species at risk. Pp. 16-23 in L.E. Harding et E. McCullum (éd.). Biodiversity in British Columbia. Service canadien de la faune, Delta (Colombie-Britannique).
- Cooper, A.C. 1952. Downstream migrant study Cultus Lake. Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique, inédit. 12 p.
- Foerster, R.E. 1925. Studies in the ecology of the sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Contrib. Can. Biol.* 2: 335-422.

- Foerster, R.E. 1929a. An investigation of the life history and propagation of the sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) at Cultus Lake, British Columbia. No. 1. Introduction and the run of 1925. *Contributions to Canadian Biology and Fisheries* 5 (1): 3-35.
- Foerster, R.E. 1929b. An investigation of the life history and propagation of the sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) at Cultus Lake, British Columbia. No. 2. The run of 1926. *Contributions to Canadian Biology and Fisheries* 5 (2): 39-53.
- Foerster, R.E. 1929c. An investigation of the life history and propagation of the sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) at Cultus Lake, British Columbia. No. 3. The downstream migration of the young in 1926 and 1927. *Contributions to Canadian Biology and Fisheries* 5 (3): 57-82.
- Foerster, R.E. 1934. An investigation of the life history and propagation of the sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) at Cultus Lake, British Columbia. No. 4. The life history cycle of the 1925 year class with natural propagation. *Contributions to Canadian Biology and Fisheries* 8 (27): 345-355.
- Foerster, R.E. 1936. An investigation of the life history and propagation of the sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) at Cultus Lake, British Columbia. No. 5. The life history cycle of the 1926 year class with artificial propagation involving the liberation of free-swimming fry. *J. Biol. Bd. Can.* 2 (3): 311-333.
- Foerster, R.E. 1938. An investigation of the relative efficiencies of natural and artificial propagation of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) at Cultus Lake, British Columbia. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 4 (3): 151-161.
- Foerster, R.E. 1954. On the relation of adult sockeye salmon returns to known seaward migrations. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 11:339-350.
- Foerster, R.E. 1968. The sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. Bulletin n° 162 de l'Office de recherches sur les pêcheries du Canada. Ottawa.
- Foerster, R.E., et Ricker, W.E. 1941. The effect of reduction of predaceous fish on survival of young sockeye salmon a Cultus Lake. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 5 (4): 315-336.
- Fraser Basin Council. 2002. Fish and wildlife indicator concept paper. Document de travail non publié présenté le 28 août. 4 p.
- Friesen, T.A., et D.L. Ward. 1999. Management of northern pikeminnow and implications for juvenile salmonid survival in the lower Columbia and Snake rivers. *N. Am. J. Fish. Manage.* 19: 406-420.
- Gardner, J., et Peterson, D.L. 2003. Making sense of the salmon aquaculture debate. Rédigé pour le Conseil pour la conservation des ressources halieutiques du Pacifique. 152 p.
- Goodlad, J.C., Gjernes, T.W. et Brannon, E.L. 1974. Factors affecting sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) growth in four lakes of the Fraser River system. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 31: 871-892.
- Gustafson, R.G., Wainwright, T.C., Winans, G.A., Waknitz, F.W., Parker, L.T. et Waples, R.S. 1997. Status review of sockeye salmon from Washington and Oregon. NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-33. 282 p.
- Hall, D.L. 1992. Summary of the 1991 and 1992 squawfish removal program, Cultus Lake British Columbia. Manuscrit inédit. 30 p.

- Hart, J.L. 1973. Pacific fishes of Canada. Bulletin n° 180 de l'Office de recherches sur les pêcheries du Canada, 740 p.
- Hartman, W.L., et Burgner, R.L. 1972. Limnology and fish ecology of sockeye salmon nursery lakes of the world. *J. Fish. Res. Bd. Canada*. 29: 699-715.
- Healey, M.C. 1980. The ecology of juvenile salmon in Georgia Strait, British Columbia. In W.J. McNeil et D.C. Himsworth (éd.). *Salmonid ecosystems of the North Pacific*. Oregon State University Press.
- Howard, G.V. 1948. A study of the tagging method in the enumeration of sockeye salmon populations, pages 9-66 in *Problems in enumeration of populations of spawning sockeye salmon*. Commission internationale des pêcheries de saumon du Pacifique, Bulletin II.
- Hume, J.B., Shortreed, K.S. et Morton, K.F. 1996. Juvenile sockeye rearing capacity of three lakes in the Fraser River system. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 719-733.
- Jeppson, P.A., et Platts, W.S. 1959. Ecology and control of Columbia squawfish in northern Idaho lakes. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 88: 197-202.
- Kabata, Z., et Cousens, B. 1977. Host-parasite relationships between sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, and *Salmincola californiensis* (Copepoda: Lernaepodidae). *J. Fish Res. Bd. Can.* 34: 191-202.
- Levy, D.A. 1990. Feasibility of selective squawfish removal for sockeye salmon enhancement in Cultus Lake, British Columbia. Manuscrit inédit. 31 p.
- Lewis, P. O., et Zaykin, D. 2001. Genetic Data Analysis: Computer program for the analysis of allelic data. Version 1.0 (d16c). Programme gratuit disponible sur Internet à l'adresse <http://lewis.eeb.uconn.edu/lewishome/software.html>.
- Miller, K.M., Kaukinen, K.H., Beacham, T.D. et Withler, R.E. 2001. Geographic heterogeneity in natural selection of an MHC locus in sockeye salmon. *Genetica* 111: 237-257.
- MPO. 1998. Document de consultation : une nouvelle orientation pour les pêches du saumon du Pacifique au Canada. Ministère des Pêches et des Océans. Document consulté à l'adresse : <http://www-comm.pac.dfo-mpo.gc.ca/english/publications/alloc/st9808e.htm>.
- MPO. 2000. Document de consultation (ébauche) : politique concernant le saumon sauvage. Ministère des Pêches et des Océans. Document consulté à l'adresse : <http://www-comm.pac.dfo-mpo.gc.ca/development/wsp-sep-consult/wsp/wsp1.htm>.
- Mueller, C.W., et Enzenhofer, H.J. 1991. Trawl catch statistics in sockeye rearing lakes of the Fraser River drainage basin: 1975-1985. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* n° 825.
- Northcote, T.G., et Larkin, P.A. 1956. Indicators of productivity in British Columbia lakes. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 13(4): 515-540.
- Northcote, T.G., et Larkin, P.A. 1989. The Fraser River: a major salmonine production system. Pages 172-204 in D.P. Dodge (éd.). *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 106: 629 p.
- Reed, C. F. 1977. History and distribution of Eurasian watermilfoil in United States and Canada. *Phytologia* 36: 417-436.
- Ricker, W.E. 1933. Destruction of sockeye salmon by predatory fishes. *Biol. Bd. Canada, Pacific Prog. Rept.* n° 18, 3-4.

- Ricker, W.E. 1935. Studies of the limnological factors affecting the propagation and survival of the sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in Cultus Lake, British Columbia. Thèse de doctorat, University of Toronto.
- Ricker, W.E. 1937. Physical and chemical characteristics of Cultus Lake, British Columbia. *J. Biol. Bd. Can.* 3 (4): 363-402.
- Ricker, W.E. 1938a. "Residual" and kokanee salmon in Cultus Lake. *Journal de l'Office de recherches sur les pêcheries du Canada* 4 (3): 192-218.
- Ricker, W.E. 1938b. Seasonal and annual variations in quantity of pelagic net plankton, Cultus Lake, British Columbia. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 4: 33-47.
- Ricker, W.E. 1938c. A comparison of seasonal growth rates of young sockeye salmon and young squawfish in Cultus Lake. Office de recherches sur les pêcheries du Canada. *Progress Reports of the Pacific Biological Station* 36: 3-5.
- Ricker, W.E. 1941. The consumption of young sockeye salmon by predaceous fish. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 5: 293-313.
- Ricker, W.E. 1952. Numerical relations between abundance of predators and survival of prey. *Can. Fish. Culturist* n° 3: 5-9.
- Ricker, W.E. 1959. Additional observations concerning residual sockeye and kokanee (*Oncorhynchus nerka*). *J. Fish. Res. Bd. Can.* 16(6): 897-902.
- Schubert, N.D. 1998. The 1994 Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) escapement. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2201: 62 p.
- Schubert, N.D., Beacham, T. D., Cass, A.J., Cone, T.E., Fanos, B.P., Foy, M., Gable, J.H., Grout, J.A., Hume, J.M.B., Johnson, M., Morton, K.F., Shortreed, K.S. et Staley, M.J. 2002. Status of Cultus Lake sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Document du Comité d'examen des évaluations scientifiques du Pacifique. Accepté, sous révision.
- Shortreed, K.S., Hume, J.M.B. et Stockner, J.G. 2000. Using photosynthetic rates to estimate the juvenile sockeye salmon rearing capacity of British Columbia lakes. Pages 505-521 in E.E. Knudsen, C.R. Steward, D.D. MacDonald, J.E. Williams et D.W. Reiser (éd.). Sustainable fisheries management: Pacific salmon. CRC Press LLC.
- Shortreed, K.S., K.F. Morton, K. Malange et Hume, J.M.B. 2001. Factors limiting juvenile sockeye production and enhancement potential for selected B.C. nursery lakes. Document de recherche n° 098 du Secrétariat canadien de consultation scientifique.
- St-Hilaire, S., Burrows, S.M., Higgins, M., Barnes, D., Devlin, R., Withler, R., Khattra, J., Jones, S. et Kieser, D. 2001. Epidemiology of *Parvicapsula minibicornis* in Fraser River sockeye salmon. Inédit.
- Truelson, R.L. 1992. Control of Eurasian watermilfoil in Cultus Lake 1991. Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. Manuscrit inédit.
- Waples, R.S. 1991. Definition of "species" under the Endangered Species Act: application to Pacific Salmon. NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC-194.
- Williams, I.V. 1987. Attempts to reestablish sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) populations in the upper Adams River, British Columbia, 1949-84. Pages 235-242 in H.D. Smith, L. Margolis et C.C. Wood (éd.). Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 96.

- Withler, R.E. 1982. Transplanting Pacific salmon. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1079.
- Withler, R.E., Le, K.D., Nelson, J. Miller, K.M. et Beacham, T.D. 2000. Intact genetic structure and high levels of genetic diversity in bottlenecked sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) populations of the Fraser River, British Columbia, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 1985-1998.
- Wood, C.C. 1995. Life history variation and population structure in sockeye salmon. *Am. Fish. Soc. Symp.* 17: 195-216.
- Wood, C.C., Riddell, B.E., Rutherford, D.T. et Withler, R.E. 1994. Biochemical genetic survey of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in Canada. *Can. J. Fish. Aquat.* 51 (Suppl. 1): 114-131.

SOMMAIRE BIOGRAPHIQUE DU CONTRACTUEL

Monsieur Schubert a obtenu un baccalauréat spécialisé de la Simon Fraser University en 1976 et a immédiatement entamé une carrière à titre de biologiste à Pêches et Océans Canada. Il a été membre d'un certain nombre de comités techniques conjoints Canada-États-Unis dans les années 1980 et 1990 et membre du Comité d'examen des évaluations scientifiques du Pacifique de 1990 à 1994, et il a dirigé l'équipe d'évaluation des stocks de saumon rouge et de saumon rose du fleuve Fraser de 1994 à 2000. Il est actuellement chef au service de l'évaluation des stocks du secteur du bas Fraser, à Delta (Colombie-Britannique). M. Schubert est l'auteur de 60 publications secondaires.

Annexe 1. Nombre de mâles précoces, de mâles adultes et de femelles adultes entrant dans le lac Cultus, succès de la fraye des femelles (fondé sur l'examen des cavités corporelles après la reproduction) et estimations de la mortalité pré-fraye, de 1925 à 2002 (« n.d. » signifie que les données ne sont pas disponibles).

Année	Échappées					Carcasses de femelles récupérées	Succès de reproduction des femelles	Estimation de la mortalité pré-fraye ^c
	Population totale	Mâles précoces	Total	Mâles Adultes	Femelles			
1925	5 423	0	5 423	1 540	3 883	-	-	-
1926	5 071 ^a	2 449	2 622	1 122	1 500	-	-	-
1927	82 426	0	82 426	26 050	56 376	-	-	-
1928	15 339 ^b	678	14 661	3 700	10 961	-	-	-
1929	5 084 ^a	0	5 084	1 645	3 439	-	-	-
1930	10 395	2 449	7 946	2 404	5 542	-	-	-
1931	37 473	0	37 473	10 368	27 105	-	-	-
1932	2 259 ^a	28	2 231	713	1 518	-	-	-
1933	3 471 ^b	607	2 864	1 027	1 837	-	-	-
1934	23 026	86	22 940	3 966	18 974	-	-	-
1935	15 339	na	15 339	5 412	9 927	-	-	-
1936	8 378	56	8 322	3 261	5 061	-	-	-
1937	3 061	1 834	1 227	513	714	-	-	-
1938	13 342	3 908	9 434	1 603	7 831	-	-	-
1939	73 189	2 400	70 789	19 224	51 565	-	-	-
1940	74 121	585	73 536	16 089	57 447	-	-	-
1941	18 164	4 214	13 950	5 413	8 537	-	-	-
1942	37 305	346	36 959	12 396	24 563	-	-	-
1943	11 875	53	11 822	3 881	7 941	-	-	-
1944	14 200	198	14 002	4 701	9 301	-	-	-
1945	9 227	4 197	5 030	1 780	3 250	75	79,0 %	21,0 %
1946	33 284	216	33 068	11 911	21 157	434	91,9 %	8,1 %
1947	8 898	199	8 699	2 869	5 830	-	-	-
1948	13 086	340	12 746	5 601	7 145	-	-	-
1949	9 301	246	9 055	3 039	6 016	-	-	-
1950	30 595	667	29 928	10 027	19 901	-	-	-
1951	13 143	466	12 677	3 002	9 675	-	-	-
1952	18 910	1 077	17 833	5 698	12 135	-	-	-
1953	13 000	1 457	11 543	6 253	5 290	-	-	-
1954	24 150	2 114	22 036	10 795	11 241	-	-	-
1955	26 000	78	25 922	7 990	17 932	-	-	-
1956	14 133	415	13 718	4 630	9 088	-	-	-
1957	20 647	272	20 375	7 245	13 130	-	-	-
1958	14 097	773	13 324	5 794	7 530	-	-	-
1959	48 461	682	47 779	15 753	32 026	-	-	-
1960	17 689	49	17 640	7 520	10 120	-	-	-
1961	15 428	2 032	13 396	6 363	7 033	-	-	-
1962	27 070	73	26 997	9 450	17 547	-	-	-
1963	20 571	268	20 303	9 032	11 271	-	-	-
1964	11 143	76	11 067	4 857	6 210	-	-	-
1965	2 532	77	2 455	832	1 623	-	-	-
1966	17 464	545	16 919	7 676	9 243	-	-	-
1967	33 492	294	33 198	14 767	18 431	-	-	-
1968	25 736	422	25 314	10 439	14 875	-	-	-
1969	6 739	797	5 942	2 761	3 181	-	-	-
1970	15 149	1 208	13 941	5 778	8 163	-	-	-
1971	9 145	17	9 128	4 161	4 967	-	-	-
1972	10 660	294	10 366	4 572	5 794	-	-	-
1973	858	217	641	318	323	-	-	-
1974	9 814	830	8 984	3 630	5 354	-	-	-
1975	11 478	129	11 349	4 006	7 343	-	-	-
1976	4 450	15	4 435	1 551	2 884	-	-	-
1977	353	271	82	41	41	-	-	-

suite

Annexe 1 (suite)

Échappées								
Année	Population totale	Mâles précoces	Adultes			Carcasses de femelles récupérées	Succès de reproduction des femelles	Estimation de la mortalité pré-fraye ^c
			Total	Mâles	Femelles			
1978	7 265	2 189	5 076	1 920	3 156	-	-	-
1979	32 045	14	32 031	11 736	20 295	-	-	-
1980	1 687	30	1 657	693	964	-	-	-
1981	1 159	903	256	112	144	-	-	-
1982	17 222	497	16 725	6 445	10 280	-	-	-
1983	19 952	8	19 944	8 454	11 490	35	100,0 %	0,0 %
1984	1 147	153	994	449	545	-	-	-
1985	571	147	424	215	209	-	-	-
1986	3 533	277	3 256	1 062	2 194	-	-	-
1987	32 336	152	32 184	14 800	17 384	-	-	-
1988	964	103	861	374	487	-	-	6,6 % ^d
1989	568	150	418	182	236	-	-	6,6 % ^d
1990	1 870	10	1 860	849	1 011	-	-	6,6 % ^d
1991	20 191	34	20 157	9 690	10 467	246	94,1 %	5,9 %
1992	1 205	2	1 203	455	748	-	-	6,6 % ^d
1993	1 131	68	1 063	492	571	71	100,0 %	0,0 %
1994	4 422	23	4 399	1 749	2 650	115	95,2 %	5,9 %
1995	10 349	33	10 316	4 744	5 572	28	76,5 %	23,5 %
1996	2 030	8	2 022	908	1 114	10	34,4 %	65,6 %
1997	91	3	88	45	43	0	-	51,6 % ^e
1998	2 166	207	1 959	928	1 031	9	62,5 %	37,5 %
1999	12 403	11	12 392	5 576	6 816	0	-	93,0 % ^f
2000	1 227		1 227	613	614	0	-	93,0 % ^f
2001	675	160	515	257	258	1	0,0 %	62,5 % ^g
2002	4 882	9	4 873	2 155	2 718	275	86,9 %	13,1 %

^a. Pas de reproduction naturelle; prélèvement de tous les oeufs des femelles pour incubation en éclosérie et libération subséquente des alevins.

^b. Pas de reproduction naturelle; prélèvement de tous les oeufs des femelles pour ensemencement dans des tributaires du lac Cultus.

^c. Estimation directe à partir des carcasses de femelles récupérées, à moins d'indication contraire.

^d. Estimation directe non disponible; utilisation de la moyenne pour 1925-1994 pour une projection sur trois générations.

^e. Estimation directe non disponible; utilisation de la moyenne pour 1996 et 1998 pour une projection sur trois générations.

^f. Estimation directe non disponible; estimation par comparaison entre les nombres de smolts par adulte pour l'année de ponte et pour la

^g. Estimation directe non disponible; utilisation de la moyenne pour 1995, 1996, 1998, 1999 et 2000 pour une projection sur trois générations.

Annexe 2. Calendrier annuel du passage du saumon rouge du lac Cultus à la barrière de dénombrement du ruisseau Sweltzer, période de pointe de la fraye et fécondité moyenne des femelles, de 1925 à 2002.

Année	Date à la barrière de la Sweltzer			Période de pointe de la fraye	Échantillon pour la fécondité		
	Barrière installée ^a	50 % de la migration	Barrière enlevée ^b		N	Longueur standard moyenne	Fécondité moyenne
1925	-	-	-	-	-	-	4 500
1926	-	-	-	-	-	-	-
1927	-	-	-	-	-	-	4 500
1928	-	-	-	-	-	-	-
1929	-	-	-	-	-	-	-
1930	-	-	-	-	-	-	4 500
1931	-	-	-	-	46	53,11	-
1932	-	-	-	-	47	51,22	4 310
1933	-	-	-	-	-	-	3 796
1934	-	-	-	-	55	53,56	-
1935	-	-	-	-	-	-	4 067
1936	-	-	-	-	40	49,85	-
1937	-	-	-	-	61	51,00	3 764
1938	27-sept	-	-	12-nov au 19-nov	-	-	4 237
1939	10-oct	-	-	20-nov au 26-nov	-	-	4 273
1940	20-sept	-	-	23-nov au 28-nov	-	-	4 300
1941	09-sept	27-oct	13-déc	-	-	-	4 300
1942	19-sept	23-nov	31-déc	-	56	50,23	4 300
1943	25-août	18-nov	01-janv	-	40	52,12	3 722
1944	30-août	05-nov	30-déc	-	-	-	4 103
1945	29-sept	04-nov	22-déc	23-nov au 28-nov	-	-	-
1946	22-sept	02-nov	22-déc	23-nov au 28-nov	-	-	-
1947	26-sept	05-nov	30-déc	-	-	-	-
1948	25-sept	25-oct	15-déc	-	-	-	-
1949	04-oct	27-oct	12-déc	23-nov au 28-nov	-	-	-
1950	26-sept	20-oct	10-déc	23-nov au 30-nov	-	-	-
1951	21-sept	16-oct	06-déc	21-nov au 26-nov	-	-	-
1952	04-oct	30-oct	10-déc	23-nov au 01-déc	-	-	-
1953	20-sept	16-oct	30-nov	18-nov au 26-nov	-	-	-
1954	29-sept	10-oct	20-nov	18-nov au 21-nov	-	-	-
1955	29-sept	16-oct	04-nov	20-nov au 25-nov	-	-	-
1956	14-sept	03-oct	06-déc	18-nov au 21-nov	-	-	-
1957	19-sept	27-oct	04-déc	18-nov au 26-nov	-	-	-
1958	25-sept	04-nov	07-déc	25-nov au 01-déc	-	-	-
1959	24-sept	16-oct	15-déc	01-déc au 05-déc	-	-	-
1960	27-sept	20-oct	06-déc	16-nov au 20-nov	-	-	-
1961	19-sept	20-oct	30-nov	25-nov au 28-nov	-	-	-
1962	20-sept	09-nov	08-déc	20-nov au 25-nov	-	-	-
1963	25-sept	03-nov	06-déc	03-déc au 07-déc	-	-	-
1964	25-sept	29-oct	30-nov	-	-	-	-
1965	05-oct	08-oct	21-nov	24-nov au 30-nov	-	-	-
1966	04-oct	18-oct	21-nov	17-nov au 22-nov	-	-	-
1967	23-sept	07-nov	30-nov	15-nov au 20-nov	-	-	-
1968	25-sept	04-nov	30-nov	20-nov au 26-nov	-	-	-
1969	23-sept	23-oct	16-nov	-	-	-	-
1970	07-oct	10-nov	29-nov	15-nov au 20-nov	-	-	-
1971	30-sept	11-nov	04-déc	22-nov au 26-nov	-	-	-
1972	29-sept	27-oct	26-nov	15-nov au 18-nov	-	-	-
1973	28-sept	25-oct	17-nov	01-déc au 04-déc	-	-	-
1974	25-sept	07-nov	29-nov	20-nov au 25-nov	-	-	-
1975	25-sept	25-oct	17-nov	25-nov au 30-nov	-	-	-
1976	07-oct	19-oct	23-nov	15-nov au 20-nov	-	-	-

suite

Annexe 2 (suite)

Année	Date à la barrière de la Sweltzer			Période de pointe de la fraye	Échantillon pour la fécondité		
	Barrière installée ^a	50 % de la migration	Barrière enlevée ^b		N	Longueur standard moyenne	Fécondité moyenne
1977	08-oct	21-oct	04-nov	15-nov au 20-nov	-	-	-
1978	03-oct	24-oct	15-nov	Mi-nov	-	-	-
1979	20-sept	18-nov	09-déc	29-nov au 05-déc	-	-	-
1980	28-sept	19-oct	05-déc	Mi-nov	-	-	-
1981	01-oct	03-nov	20-nov	Mi-nov	-	-	-
1982	01-oct	06-nov	10-déc	Mi-nov	-	-	-
1983	27-sept	23-oct	30-nov	Début nov	-	-	-
1984	26-sept	24-oct	05-déc	Début nov	-	-	-
1985	27-sept	27-oct	22-nov	Fin nov	-	-	-
1986	01-oct	27-oct	02-déc	Fin nov	-	-	-
1987	30-oct	13-nov	16-déc	Fin nov à début déc	-	-	-
1988	24-oct	04-nov	07-nov	Fin nov à début déc	-	-	-
1989	05-oct	05-nov	10-nov	23-nov au 05-déc	-	-	-
1990	11-oct	26-oct	09-nov	-	-	-	-
1991	27-sept	12-nov	09-déc	-	-	-	-
1992	05-oct	25-oct	30-nov	-	-	-	-
1993	25-oct	22-nov	09-déc	10-déc au 20-déc	-	-	-
1994	06-oct	02-nov	05-déc	Début déc	-	-	-
1995	29-sept	05-oct	07-déc	c	-	-	-
1996	14-sept	05-oct	01-déc	c	-	-	-
1997	23-sept	09-oct	10-nov	c	-	-	-
1998	14-sept	20-oct	24-nov	c	-	-	-
1999	27-août	09-oct	17-nov	c	-	-	-
2000	19-août	13-sept	05-déc	c	-	-	-
2001	16-août	07-sept	08-déc	c	-	-	-
2002	03-août	27-sept	06-janv	15-nov au 19-déc	21	51,00	4 056
Moyenne							
1941-1995	27-sept	28-oct	25-nov	Fin nov. à début déc.	118	51,51	4 182
1996-2002	29-août	30-sept	01-déc	-	-	-	-

^a Date d'installation de la barrière fixée selon les données historiques et la première observation de saumons rouges adultes en migration.

^b Date d'enlèvement de la barrière fixée selon les données historiques et les dernières observations de saumons rouges adultes en migration.

^c Des relevés sur les frayères ont été effectués dans le lac Cultus, mais on n'a pas observé de reproduction de saumon rouge.

Annexe 3. Échappée d'adultes dans l'année de ponte n , estimations de la population d'alevins à l'automne de l'année $n+1$ et de la population de smolts des années $n+2$ et $n+3$, et indice de survie en eau douce du saumon rouge du lac Cultus, de 1923 à 2001.

Année d'éclosion	Echappée d'adultes	Population d'alevins		Population de smolts			Survie du stade alevin au stade smolt	Smolts par géniteur adulte
		Date	Estimation	âge 1	âge 2	Total		
1923	-	-	-	n.d.	13 980	n.d.	-	-
1924	-	-	-	1 384 020	66 500	1 450 520	-	-
1925	5 423	-	-	183 400	1 700	185 100	-	34,13
1926	2 622	-	-	336 200	8 300	344 500	-	131,39
1927	82 426	-	-	2 426 200	66 600	2 492 800	-	30,24
1928	14 661	-	-	38 600	5 200	43 800	-	2,99
1929	5 084	-	-	349 000	200	349 200	-	68,69
1930	7 946	-	-	788 400	-	788 400	-	99,22
1931	37 473	-	-	1 571 000	63 300	1 634 300	-	43,61
1932	2 231	-	-	121 200	14 200	135 400	-	60,69
1933	2 864	-	-	242 500	1 400	243 900	-	85,16
1934	22 940	-	-	501 600	23 000	524 600	-	22,87
1935	15 339	-	-	3 101 000	20 000	3 121 000	-	203,47
1936	8 322	-	-	1 627 000	20 415	1 647 415	-	197,96
1937	1 227	-	-	196 255	138	196 393	-	160,06
1938	9 434	-	-	1 374 800	953	1 375 753	-	145,83
1939	70 789	-	-	3 955 502	20 705	3 976 207	-	56,17
1940	73 536	-	-	1 752 551	12 879	1 765 430	-	24,01
1941	13 950	-	-	702 980	2 730	705 710	-	50,59
1942	36 959	-	-	2 009 186	9 698	2 018 884	-	54,62
1943	11 822	-	-	390 064	n.d.	390 064	-	32,99
1944	14 002	-	-	-	-	-	-	-
1945	5 030	-	-	-	-	-	-	-
1946	33 068	-	-	-	-	-	-	-
1947	8 699	-	-	-	-	-	-	-
1948	12 746	-	-	-	-	-	-	-
1949	9 055	-	-	-	-	-	-	-
1950	29 928	-	-	n.d.	3 928	n.d.	-	-
1951	12 677	-	-	388 873	6 265	395 138	-	31,17
1952	17 833	-	-	620 213	-	620 213	-	34,78
1953	11 543	-	-	n.d.	4 759	n.d.	-	-
1954	22 036	-	-	1 903 296	23 589	1 926 885	-	87,44
1955	25 922	-	-	2 688 063	64 512	2 752 575	-	106,19
1956	13 718	-	-	976 120	184	976 304	-	71,17
1957	20 375	-	-	319 495	1 480	320 975	-	15,75
1958	13 324	-	-	1 427 228	2 215	1 429 443	-	107,28
1959	47 779	-	-	1 327 842	4 438	1 332 280	-	27,88
1960	17 640	-	-	1 025 404	24 859	1 050 263	-	59,54
1961	13 396	-	-	1 200 498	-	1 200 498	-	89,62
1962	26 997	-	-	-	-	-	-	-
1963	20 303	-	-	-	-	-	-	-
1964	11 067	-	-	n.d.	4 682	n.d.	-	-
1965	2 455	-	-	131 106	822	131 928	-	53,74
1966	16 919	-	-	2 101 506	17 446	2 118 952	-	125,24
1967	33 198	-	-	2 441 694	17 582	2 459 276	-	74,08
1968	25 314	-	-	1 005 291	7 652	1 012 943	-	40,02
1969	5 942	-	-	186 787	8 080	194 867	-	32,79
1970	13 941	-	-	799 934	17 335	817 269	-	58,62
1971	9 128	-	-	1 086 016	6 505	1 092 521	-	119,69
1972	10 366	-	-	167 111	n.d.	167 111	-	16,12
1973	641	-	-	n.d.	9 963	n.d.	-	-
1974	8 984	-	-	986 300	12 315	998 615	-	111,15
1975	11 349	-	-	1 219 211	1 697	1 220 908	-	107,58
1976	4 435	-	-	167 982	n.d.	167 982	-	37,87
1977	82	-	-	-	-	-	-	-

Suite

Annexe 3 (suite)

Année d'éclosion	Échappée d'adultes	Population d'alevins		Population de smolts			Survie du stade alevin au stade smolt	Smolts par géniteur adulte
		Date	Estimation	âge 1	âge 2	Total		
1978	5 076	-	-	-	-	-	-	-
1979	32 031	-	-	-	-	-	-	-
1980	1 657	-	-	-	-	-	-	-
1981	256	-	-	-	-	-	-	-
1982	16 725	-	-	-	-	-	-	-
1983	19 944	-	-	-	-	-	-	-
1984	994	-	-	-	-	-	-	-
1985	424	-	-	-	-	-	-	-
1986	3 256	17-nov	2 379 300	-	-	-	-	-
1987	32 184	-	-	n.d.	459	n.d.	-	-
1988	861	27-nov	580 361	65 184	372	65 556	-	76,14
1989	418	-	-	52 865	2 716	55 581	-	132,97
1990	1 860	27-nov	474 623	178 357	n.d.	178 357	-	95,89
1991	20 157	13-nov	1 850 963	-	-	-	-	-
1992	1 203	-	-	-	-	-	-	-
1993	1 063	-	-	-	-	-	-	-
1994	4 399	-	-	-	-	-	-	-
1995	10 316	-	-	-	-	-	-	-
1996	2 022	-	-	-	-	-	-	-
1997	88	-	-	-	-	-	-	-
1998	1 959	-	-	n.d.	70	n.d.	-	-
1999	12 392	30-oct	249 590	62 564	27	62 591	-	5,05
2000	1 227	15-oct	46 327	5 654	35	5 689	-	4,64
2001	515	n.d.	n.d.	11 325	n.d.	11 348	n.d.	22,03

Annexe 4. Population adulte totale annuelle, effectifs tués dans les pêches, effectifs entrant dans le lac Cultus et taux d'exploitation pour le saumon rouge du lac Cultus, de 1952 à 2002.

Année	Échappée d'adultes totale	Captures totales	Retour d'adultes total	Taux d'exploitation
1952 *	17 833	19 987	37 820	52,8 %
1953	11 543	29 029	40 572	71,5 %
1954	22 036	79 628	101 664	78,3 %
1955	25 922	143 195	169 117	84,7 %
1956	13 718	23 808	37 526	63,4 %
1957	20 375	53 208	73 583	72,3 %
1958	13 324	49 162	62 486	78,7 %
1959	47 779	234 701	282 480	83,1 %
1960	17 640	22 304	39 944	55,8 %
1961	13 396	14 395	27 791	51,8 %
1962	26 997	20 536	47 533	43,2 %
1963	20 303	31 541	51 844	60,8 %
1964	11 067	13 722	24 789	55,4 %
1965	2 455	4 349	6 804	63,9 %
1966	16 919	18 564	35 483	52,3 %
1967	33 198	98 802	132 000	74,9 %
1968	25 314	45 539	70 853	64,3 %
1969	5 942	16 011	21 953	72,9 %
1970	13 941	26 138	40 079	65,2 %
1971	9 128	87 978	97 106	90,6 %
1972	10 366	38 639	49 005	78,8 %
1973	641	4 390	5 031	87,3 %
1974	8 984	35 813	44 797	79,9 %
1975	11 349	36 735	48 084	76,4 %
1976	4 435	26 410	30 845	85,6%
1977	82	401	483	83,0 %
1978	5 076	22 364	27 440	81,5 %
1979	32 031	77 620	109 651	70,8 %
1980	1 657	4 719	6 376	74,0 %
1981	256	1 201	1 457	82,4 %
1982	16 725	52 386	69 111	75,8 %
1983	19 944	87 952	107 896	81,5 %
1984	994	5 882	6 876	85,5 %
1985	424	541	965	56,1 %
1986	3 256	9 163	12 419	73,8 %
1987	32 184	68 537	100 721	68,0 %
1988	861	8 924	9 785	91,2 %
1989	418	1 679	2 097	80,1 %
1990	1 860	8 540	10 400	82,1 %
1991	20 157	44 762	64 919	69,0 %
1992	1 203	6 298	7 501	84,0 %
1993	1 063	9 808	10 871	90,2 %
1994	4 399	18 844	23 243	81,1 %
1995	10 316	9 026	19 342	46,7 %
1996	2 022	885	2 907	30,4 %
1997	88	1 512	1 600	94,5 %
1998	1 959	338	2 297	14,7 %
1999	12 392	1 436	13 828	10,4 %
2000	1 227	797	2 024	39,4 %
2001	515	102	617	16,5 %
2002	4 873	801	5 674	14,1 %

Annexe 5. Production de smolts d'âge 1, captures et échappée subséquentes aux âges 42 et 52 (migration vers la mer dans la deuxième année), et survie en mer du saumon rouge du lac Cultus pour les années de ponte de 1951 à 2001.

Année de ponte	Année de migration des smolts	Smolts d'âge 1	Captures et échappée à l'âge			Taux de survie en mer
			4 ₂	5 ₂	Total	
1951	1953	388 873	166 043	4 527	170 569	43,9 %
1952	1954	620 213	32 999	11 266	44 265	7,1 %
1953	1955	-	62 317	855	63 172	-
1954	1956	1 903 296	61 631	1 933	63 565	3,3 %
1955	1957	2 688 063	274 490	1 184	275 674	10,3 %
1956	1958	976 120	35 165	1 067	36 232	3,7 %
1957	1959	319 495	26 724	1 264	27 988	8,8 %
1958	1960	1 427 228	46 269	1 097	47 365	3,3 %
1959	1961	1 327 842	50 631	1 449	52 079	3,9 %
1960	1962	1 025 404	22 606	414	23 020	2,2 %
1961	1963	1 200 498	5 954		5 954	0,5 %
1962	1964	-	35 483		35 483	-
1963	1965	-	131 466	3 157	134 623	-
1964	1966	-	67 696	1 550	69 246	-
1965	1967	131 106	19 606		19 606	15,0 %
1966	1968	2 101 506	40 079	435	40 514	1,9 %
1967	1969	2 441 694	96 671	6 114	102 785	4,2 %
1968	1970	1 005 291	42 418		42 418	4,2 %
1969	1971	186 787	5 031		5 031	2,7 %
1970	1972	799 934	44 797	150	44 947	5,6 %
1971	1973	1 086 016	47 715	313	48 027	4,4 %
1972	1974	167 111	30 020	3	30 023	18,0 %
1973	1975	-	480	189	669	-
1974	1976	986 300	27 251	1 831	29 082	2,9 %
1975	1977	1 219 211	107 820	267	108 087	8,9 %
1976	1978	167 982	6 109		6 109	3,6 %
1977	1979	-	1 457		1 457	-
1978	1980	-	69 111		69 111	-
1979	1981	-	106 617	1 627	108 244	-
1980	1982	-	4 639		4 639	-
1981	1983	-	965		965	-
1982	1984	-	12 419	5 529	17 948	-
1983	1985	-	95 192	711	95 903	-
1984	1986	-	9 074	32	9 106	-
1985	1987	-	1 980	122	2 102	-
1986	1988	-	10 278		10 278	-
1987	1989	-	64 919	917	65 836	-
1988	1990	65 184	6 584	1 142	7 726	11,9 %
1989	1991	52 865	9 729	1 012	10 741	20,3 %
1990	1992	178 357	22 231	2 300	24 531	13,8 %
1991	1993	-	16 722	733	17 455	-
1992	1994	-	2 150		2 150	-
1993	1995	-	1 600		1 600	-
1994	1996	-	2 297	138	2 435	-
1995	1997	-	13 690	510	14 200	-
1996	1998	-	1 497		1 497	-
1997	1999	-	617	17	634	-
1998	2000	-	5 657	n.d.	5 657	-
1999	2001	62 564	n.d.	n.d.	n.d.	-
2000	2002	5 654	n.d.	n.d.	n.d.	-
2001	2003	11 325	n.d.	n.d.	n.d.	-

Annexe 6. Échappée dans l'année de ponte, retour subséquent par âge (captures et échappée) et retour d'adultes par géniteur pour le saumon rouge du lac Cultus dans les années de ponte de 1948 à 1999.

Année de ponte	Échappée d'adultes	Retour de mâles précoces	Retour d'adultes (captures plus échappée)					Total	Retour d'adultes par géniteur
		3 ₂	4 ₃	4 ₂	5 ₂	5 ₃			
1948	12 746	-		37 820	1 256	1 827	40 903	3,2	
1949	9 055	1 662	16	37 489			37 505	4,1	
1950	29 928	3 623		101 664		3 074	104 738	3,5	
1951	12 677	3 498		166 043	4 527		170 569	13,5	
1952	17 833	159		32 999	11 266		44 265	2,5	
1953	11 543	497		62 317	855		63 172	5,5	
1954	22 036	1 631	44	61 631	1 933	6 056	69 665	3,2	
1955	25 922	1 610	204	274 490	1 184	3 596	279 474	10,8	
1956	13 718	1 273		35 165	1 067		36 232	2,6	
1957	20 375	95		26 724	1 264		27 988	1,4	
1958	13 324	3 547		46 269	1 097	117	47 482	3,6	
1959	47 779	114	94	50 631	1 449	735	52 908	1,1	
1960	17 640	483		22 606	414	436	23 456	1,3	
1961	13 396	194		5 954			5 954	0,4	
1962	26 997	524	201	35 483		534	36 218	1,3	
1963	20 303	3 825		131 466	3 157		134 623	6,6	
1964	11 067	1 357		67 696	1 550	797	70 043	6,3	
1965	2 455	1 380	34	19 606			19 640	8,0	
1966	16 919	4 551		40 079	435		40 514	2,4	
1967	33 198	7 716		96 671	6 114	473	103 258	3,1	
1968	25 314	36		42 418			42 418	1,7	
1969	5 942	1 446		5 031			5 031	0,8	
1970	13 941	910	56	44 797	150	219	45 222	3,2	
1971	9 128	2 673	58	47 715	313	512	48 598	5,3	
1972	10 366	337	3	30 020	3		30 026	2,9	
1973	641	44		480	189		669	1,0	
1974	8 984	636		27 251	1 831		29 082	3,2	
1975	11 349	7 700		107 820	267		108 087	9,5	
1976	4 435	20		6 109			6 109	1,4	
1977	82	114		1 457			1 457	17,8	
1978	5 076	4 837	18	69 111		1 279	70 408	13,9	
1979	32 031	1 662		106 617	1 627	610	108 854	3,4	
1980	1 657	186		4 639			4 639	2,8	
1981	256	579		965			965	3,8	
1982	16 725	883	8	12 419	5 529		17 956	1,1	
1983	19 944	423		95 192	711		95 903	4,8	
1984	994	215		9 074	32	85	9 191	9,2	
1985	424	329		1 980	122		2 102	5,0	
1986	3 256	210		10 278			10 278	3,2	
1987	32 184	19		64 919	917		65 836	2,0	
1988	861	99		6 584	1 142		7 726	9,0	
1989	418	4		9 729	1 012		10 741	25,7	
1990	1 860	236		22 231	2 300	320	24 851	13,4	
1991	20 157	23		16 722	733	24	17 479	0,9	
1992	1 203	67		2 150			2 150	1,8	
1993	1 063	11		1 600			1 600	1,5	
1994	4 399	7		2 297	138		2 435	0,6	
1995	10 316	240		13 690	510	17	14 217	1,4	
1996	2 022	12		1 497			1 497	0,7	
1997	88			617	17		634	7,2	
1998	1 959	160		5 657	n.d.	n.d.	5 657	n.d.	
1999	12 392	9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	