



## PRÉVISIONS D'AVANT-SAISON CONCERNANT L'IMPORTANCE DE LA MONTAISON DU SAUMON ROUGE DU FRASER EN 2008



Figure 1. Phase de frai du saumon rouge adulte. Site Web du MPO.



Figure 2. Lieux de frai du saumon rouge dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique.

### Contexte

Gestion des pêches (MPO) a demandé que l'on établisse des prévisions d'avant-saison concernant l'importance de la montaison de saumons rouges adultes du Fraser en 2008. Il n'est pas nécessaire d'établir de prévisions pour le saumon rose du Fraser en 2008 étant donné qu'il s'agit d'un stock dont la montaison a lieu au cours d'une année impaire. Ces prévisions sont employées à des fins de planification d'avant-saison et de gestion en cours de saison. Elles sont surtout utiles au début de la saison de pêche estivale, avant que l'on ne dispose d'estimations en cours de saison de l'effectif en montaison. Les prévisions sont produites par le MPO, conformément au Traité Canada-États-Unis sur le saumon du Pacifique. Les détails des méthodes utilisées, les résultats des évaluations des modèles et les modèles les plus performants sont présentés dans Cass et al. (2006). Les prévisions sont examinées chaque année et une série de rapports est accessible au public à l'adresse [http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/csas/Publications/Pub\\_Index\\_f.htm](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/csas/Publications/Pub_Index_f.htm).

### SOMMAIRE

- Le nombre de saumons rouges prévu, à un niveau de probabilité de 50 %, pour l'ensemble des 19 stocks, plus les stocks divers de la montaison hâtive d'été et de la montaison tardive, est de 2,9 millions d'individus (35 000 pour la montaison hâtive de la Stuart, 349 000 pour la montaison hâtive d'été, 1,81 million pour la montaison d'été et 705 000 pour la montaison tardive).
- Cette prévision (2,7 millions individus à l'exclusion des stocks divers) est inférieure à la moyenne à long terme du présent cycle de 4,4 millions de poissons (1980-2005). La prévision de la montaison d'été (à laquelle la Chilko contribue dans une proportion de

50 %) représente 63 % de la prévision totale. De cette dernière, la montaison tardive représente 24 %, la montaison hâtive d'été représente 12 % et les saumons rouges de la montaison hâtive de la Stuart représentent 1 %.

- Les prévisions pour tous les groupes de montaison, à un niveau de probabilité de 50 % (c.-à-d. la valeur médiane), affichent une surestimation des remontes en 2007. Cette surestimation est attribuée à des conditions de survie océanique anormalement difficiles en 2005. Pour tenir compte de l'effet de la faible survie en mer en 2005 sur la prévision de 2008, on a multiplié les remontes prévues des poissons d'âge 5 en 2008 par la proportion de jeunes de l'année 2003 ayant survécu en mer pour la Chilko (c.-à-d. de saumoneaux qui étaient en avalaison en 2005) sur la moyenne du taux de survie à long terme.
- En général, les températures océanographiques dans le Pacifique en 2006 (lorsque la plupart des saumons rouges remontant en 2008 ont migré vers l'océan) étaient légèrement plus froides, mais affichaient des régimes similaires à ceux de 2005 (lorsque la plupart des saumons rouges remontant en 2007 ont migré vers l'océan). Pour les deux années, les températures de l'eau étaient près de la moyenne ou supérieures à celle-ci de janvier à juin (indice de l'oscillation décennale du Pacifique [ODP] : chaud) et sont descendues sous la moyenne (indice de l'ODP : frais) de juillet à décembre. En raison du décalage entre les températures du détroit de Georgia et celles du Pacifique Nord, les températures du détroit de Georgia sont demeurées chaudes en 2006.
- Les indicateurs physiques de la productivité de l'océan, y compris la stratification verticale, la remontée d'eau et la transition de printemps, semblent indiquer que la productivité s'est améliorée en 2006 comparativement à 2005. Les indicateurs biologiques de la productivité de l'océan et de la survie des saumons juvéniles (p. ex. composition et abondance du zooplancton, succès de la reproduction des oiseaux de mer, taux de croissance du saumon coho et tailles des saumons rouges juvéniles) sont hétérogènes en 2006 comparativement à 2005, alors qu'ils étaient tous faibles.
- Étant donné les signaux hétérogènes caractérisant la productivité de l'océan en 2006 par rapport à 2005, il est recommandé de mettre l'accent sur des niveaux de probabilité plus prudents (> 50 %) pour les prévisions.

## INTRODUCTION

Les remontes moyennes totales de saumons rouges de tous les stocks du cycle de 2008 se chiffrent à 4,4 millions de saumons rouges par année, comparativement aux remontes moyennes de tous les stocks de l'ensemble des cycles qui sont de 9,7 millions de saumons rouges par année (1980-2005). La production de saumons rouges du cycle de 2008 est dominée par les remontes à la Chilko (groupe de la montaison d'été). Les saumons rouges de la Chilko constituent 40 % des remontes totales de saumons rouges du cycle depuis 1980. Pour les années d'éclosion de 2003 et de 2004 (poissons d'âge 5 et d'âge 4 respectivement remontant en 2008), les stocks de saumons rouges de la Chilko, de la montaison tardive de la Stuart, de la Stellako et de la Birkenhead ont représenté chacun en moyenne 13 % du nombre total de femelles reproductrices (échappée) et la montaison de la Pitt, 8 % de ce nombre. Les saumons rouges de la rivière Harrison pour les années d'éclosion de 2004 et de 2005 (d'âges 4 et 3 respectivement) ont représenté 20 % du nombre total de reproducteurs en raison de l'échappée extrêmement élevée enregistrée dans ce réseau en 2005, qui atteignait ~200 000 poissons. Chacun des autres stocks a représenté approximativement 5 % ou moins des échappées totales. L'année 2008 est le deuxième cycle d'arrêt pour le très cyclique saumon rouge des montaisons hâtive et tardive de la Stuart et de la montaison de la Quesnel. Les prévisions sont établies pour chacun des 19 différents stocks de saumons rouges pour lesquels on dispose de données historiques sur les échappées et les remontes (tableau 2). Ensemble, les 19 stocks de saumons rouges représentent 92 % des échappées estimées vers

le Fraser durant l'année d'éclosion de 2008. Les prévisions pour les 8 % restants, pour lesquels uniquement des données sur les échappées sont disponibles, sont extrapolées en fonction du nombre moyen de recrues par reproducteur (R/R) des stocks combinés.

Les prévisions des remontes de saumons sont d'ordinaire effectuées au moyen de diverses méthodes, parmi lesquelles des modèles naïfs et des modèles biologiques. Le choix du modèle pour chaque stock est fonction des données disponibles et du rendement du modèle avec l'analyse rétrospective (Cass *et al.*, 2006). L'incertitude des prévisions concernant les saumons rouges pour 2008 est saisie avec l'inférence statistique bayésienne. Les prévisions concernant les saumons rouges indiquées dans le présent document sont fondées sur les mêmes méthodes et les mêmes chaînes de données que celles mentionnées dans Cass *et al.* (2006), à l'exception de l'ajout de données d'années récentes nécessaires à l'établissement des prévisions de 2008. Les exceptions sont décrites ci-après.

## ÉVALUATION

### Sources de données et méthodes

Les sources de données et les méthodes ont été examinées en profondeur par le Comité d'examen des évaluations scientifiques du Pacifique (CEESP) et sont disponibles sur le site Web du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) à l'adresse [http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/csas/Publications/Pub\\_Index\\_f.htm](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/csas/Publications/Pub_Index_f.htm). Les méthodes sont présentées dans Cass *et al.* (2006).

### Modèles de prévision

Les descriptions des modèles de prévision sont présentées au tableau 1, et les détails sont fournis dans Cass *et al.* (2006) à l'adresse [http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/Csas/Publications/ResDocs-DocRech/2006/2006\\_060\\_060\\_f.htm](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/Csas/Publications/ResDocs-DocRech/2006/2006_060_060_f.htm). Le modèle de Larkin, non inclus dans l'analyse de 2006, a été utilisé en 2007 et en 2008 pour tenir compte des effets du délai et de la densité sur le recrutement des classes d'âge adjacentes (Walters et Staley, 1987). En outre, deux variantes additionnelles des modèles de stock-recrutement (R/R) sont également explorées dans l'analyse de cette année. Ces dernières années, la productivité de certains stocks importants, fondée sur les R/R, présente une tendance à la baisse (Cass *et al.*, 2006). Si la faible productivité se maintient, les modèles fondés sur toutes les années de données pourront surestimer l'abondance. Les deux variantes sont des modèles biologiques qui utilisent des données sur les échappées de jeunes de l'année pour prévoir, par extrapolation, les remontes à l'aide de : 1) l'estimation des R/R la plus récente durant l'année d'éclosion; 2) les R/R de la moyenne géométrique sur quatre ans de la génération la plus récente.

Les distributions des paramètres *a priori* de Bayes servant à la formulation des modèles biologiques de chaque classe de modèles de prévision sont présentées dans Cass *et al.* (2006) (annexe 3). Dans chaque essai, les paramètres de rodage de type MCMC ont été établis à 20 000 échantillons à partir de la distribution *a posteriori*. Selon le test statistique de Gelman Rubin, cela était adéquat. On a ensuite employé 30 000 échantillons *a posteriori* de plus pour estimer les paramètres.

Les prévisions de 2008 ont été établies pour les trois modèles les mieux classés d'après l'erreur rétrospective et le rang global. Dans la prévision de 2007, si les trois modèles les mieux classés déviaient considérablement, une prévision combinée était alors calculée à partir de la moyenne de chaque prévision pondérée en fonction de l'écart respectif (écart-type au carré) (Fried et

Yuen, 1987). Cependant, dans la prévision de 2008, étant donné les faibles échappées de jeunes de l'année qui remonteront en 2008, le modèle biologique optimal a été utilisé s'il existait des différences importantes entre les modèles les mieux classés (en général, les modèles naïfs ont produit des prévisions plus élevées que celles des modèles biologiques).

Pour tenir compte de l'effet des conditions de survie océanique difficiles de 2005 sur les remontes des poissons d'âge 5 en 2008, on a appliqué la proportion de jeunes de l'année 2003 ayant survécu en mer pour la Chilko (remontes des poissons d'âge 4 en 2007) sur le taux moyen de survie en mer à long terme aux remontes prévues de poissons d'âge 5 pour tous les stocks. D'après les estimations initiales des remontes de poissons d'âge 4 en 2007, la survie en mer des jeunes de l'année 2003 de la Chilko était de 0,01 comparativement à la moyenne des années d'éclosion de 1948 à 2002, qui s'établissait à 0,09. En conséquence, les estimations prévues des remontes de poissons d'âge 5 pour tous les stocks ont été multipliées par 0,11. Cette opération n'aurait une incidence sur la prévision globale que pour les stocks pour lesquels l'effectif des poissons d'âge 5 est important, comme celui de la Pitt et, dans une moindre mesure, ceux de la Birkenhead et de la Raft ou, encore, les stocks pour lesquels l'échappée de jeunes de l'année en 2003 était élevée par rapport à d'autres cycles et/ou années (p. ex. montaisons de la Chilko et de la Quesnel et montaison tardive de la Shuswap).

## **Analyse rétrospective**

Étant donné que les changements apportés à l'ensemble de données de l'année de prévision actuelle pour le saumon rouge (2008) sont mineurs, on s'est servi des résultats de l'analyse rétrospective de l'année 2006 pour comparer le rendement des modèles et choisir le modèle optimal pour la prévision de chaque stock en 2008 (Cass *et al.*, 2006). Parmi les mesures de rendement (MR) employées, mentionnons les suivantes : erreur brute moyenne (EBM), erreur absolue moyenne (EAM), erreur quadratique moyenne (EQM).

## **Résultats**

Les prévisions fondées sur le meilleur modèle proposé sont présentées à divers niveaux de probabilité d'atteinte des effectifs de montaison précisés, par stock et par groupe de montaison (tableau 2). Le rendement rétrospectif des deux autres modèles sur le saumon rouge qui établit les prévisions des remontes en multipliant les échappées de jeunes de l'année à l'aide de données récentes sur les R/R (voir la section intitulée Modèles de prévision) n'a été satisfaisant. Les changements dans la productivité, du moins pour la majeure partie des observations historiques, n'auraient pas persisté avec une régularité suffisante pour améliorer le rendement des prévisions. Les modèles de prévision qui incluent les données normalisées sur la température de la surface de la mer (TSM) et les indices de l'oscillation décennale du Pacifique (ODP) n'ont pas permis de réduction des erreurs de prévision pour la plupart des stocks de saumons rouges du Fraser (Cass *et al.*, 2006).

Le nombre de saumons rouges prévu, à un niveau de probabilité de 50 %, pour l'ensemble des 19 stocks, plus les stocks divers de la montaison hâtive d'été et de la montaison tardive, est de 2,9 millions d'individus (35 000 pour la montaison hâtive de la Stuart, 349 000 pour la montaison hâtive d'été, 1,81 million pour la montaison d'été et 705 000 pour la montaison tardive). Cette prévision (2,7 millions individus à l'exclusion des stocks divers) est inférieure à la moyenne à long terme du présent cycle de 4,4 millions de poissons (1980-2005). La prévision de la montaison d'été (à laquelle la Chilko contribue dans une proportion de 50 %) représente 63 % de la prévision totale. De cette dernière, la montaison tardive représente 24 %, la

montaison hâtive d'été représente 12 % et les saumons rouges de la montaison hâtive de la Stuart représentent 1 %.

### Saumon rouge de la montaison hâtive de la Stuart

Le cycle de 2008 est le deuxième cycle d'arrêt après les remontes dominantes de 2005 et sous-dominantes de 2006; celui de 2007 était le premier cycle d'arrêt. Durant l'année d'éclosion de 2004, l'échappée de reproducteurs compte 5 000 femelles reproductrices, ce qui représente 15 % de la moyenne à long terme sur ce cycle (moyenne : 34 000 de 1980 à 2005). Le succès du frai durant l'année d'éclosion a été plus important que celui des années précédentes sur ce cycle (98 % comparativement à 85 %); les conditions physiques des frayères ont favorisé le succès du frai, les niveaux et la température de l'eau se situant dans des limites acceptables. Le nombre estimé d'alevins en avalaison durant l'année d'éclosion de 2004 est de 6 millions d'individus, ce qui représente 30 % de la moyenne à long terme sur ce cycle (moyenne : 20 millions de 1990 à 2005).

Depuis 1990, les taux de survie entre le stade œuf et le stade alevin ont été estimés annuellement à deux sites (ruisseaux Forfar et Gluske); les estimations pour le ruisseau Kynoch ont été arrêtées après l'année d'éclosion de 2000. Comparativement à la moyenne de 1990-2005, les taux de survie des jeunes de l'année 2004 étaient similaires pour le ruisseau Forfar (taux de survie des jeunes de l'année de 32 % comparativement à une moyenne de 26 %), mais ils étaient plus élevés pour le ruisseau Gluske (taux de survie des jeunes de l'année de 28 % comparativement à une moyenne de 17 %). Il est difficile d'évaluer l'impact final de la survie des alevins mesurée à ces deux lieux de frai sur le recrutement général d'adultes de la montaison hâtive de la Stuart.

La prévision médiane de 2008 (à un niveau de probabilité de 50 %) est de 35 000 individus pour le groupe de la montaison hâtive de la Stuart. D'après la distribution des prévisions pour 2008, la probabilité que la remonte dépasse 49 000 saumons rouges est de 25 %, et celle que la remonte dépasse 24 000 saumons rouges est de 75 % (tableau 2). La prévision à un niveau de probabilité de 50 % est inférieure à la remonte moyenne à long terme pour ce cycle (1980-2005 : 182 000 individus).

### Saumon rouge de la montaison hâtive d'été

La montaison hâtive d'été se compose principalement de plusieurs petits stocks. Parmi les stocks de ce groupe de montaison pour lesquels des prévisions individuelles sont établies, mentionnons les suivants : Bowron, Fennell, Gates, Nadina, Pitt, Raft, Scotch et Seymour (tableau 2). Durant l'année d'éclosion de 2004, l'échappée compte 59 000 femelles reproductrices pour ces huit stocks et s'élève à 83 000 individus avec l'inclusion des stocks divers. Le stock de la rivière Pitt représente 40 % de cette échappée totale. Pour tous les stocks, à l'exception de ceux de la Pitt et de la Nadina, l'échappée de jeunes de l'année représente en moyenne 30 % de la moyenne du cycle 1980-2005; l'échappée du stock de la Pitt est deux fois supérieure à l'échappée moyenne à long terme sur les cycles de 2007 et de 2008 (le stock de la Pitt se compose de proportions supérieures de saumons d'âge 5 vs d'âge 4) et l'échappée de la Nadina était similaire à l'échappée moyenne à long terme. Dans le cas de la Pitt, étant donné que tous les points de données des échappées, sauf pour deux années (1998 et 2001), étaient inférieurs à l'échappée de jeunes de l'année, une plus grande incertitude est associée à cette prévision. De plus, puisque la Pitt est composée à 65 % de poissons d'âge 5, une réduction importante dans la prévision a été enregistrée en raison de la correction qui a été appliquée à tous les stocks pour la survie des poissons d'âge 5. En ce qui concerne le stock de la rivière Nadina, le seul modèle fondé sur les alevins utilisé pour la prévision de ce groupe de

montaison, à savoir le nombre d'alevins en avalaison dans l'année d'éclosion de 2008 (16 millions), était similaire à la moyenne à long terme du cycle de 15 millions d'individus (1980-2005).

L'échappée dans le lac Chilliwack et le ruisseau Dolly Varden (cours supérieur de la Chilliwack) pour l'année d'éclosion de 2004 (20 000 femelles reproductrices) a été la plus importante jamais enregistrée. Cependant, certaines preuves indiquent que la très grande abondance des reproducteurs peut excéder la capacité de l'habitat, ce qui occasionnera un très faible recrutement pour chaque reproducteur. La seule année pour laquelle on a enregistré une échappée similaire, à savoir 2001, compte 13 000 femelles reproductrices et a produit une remonte totale de moins de 3 000 poissons d'âge 4. Ainsi, si les prévisions pour les stocks du lac Chilliwack et du ruisseau Dolly Varden avaient été fondées sur le nombre moyen de recrues par reproducteur comme pour les autres stocks divers, ces prévisions auraient considérablement surestimé les remontes. En conséquence, le lac Chilliwack et le ruisseau Dolly Varden ont été retirés du groupe de la montaison hâtive d'été des stocks divers et leur prévision a été établie séparément d'après les échappées moyennes des années passées.

La plupart des stocks de la montaison hâtive d'été étaient en bonne condition à l'arrivée aux frayères. Les exceptions incluent les saumons rouges du ruisseau Gates et de la Nadina, qui étaient léthargiques et stressés et présentaient des lésions corporelles à leur arrivée aux frayères. La survie entre le stade œuf et le stade alevin pour l'année d'éclosion de 2004 (si l'on suppose une fécondité moyenne de 4 000 œufs par reproducteur) pour le ruisseau Gates (37 %) était inférieure (1973-2006 : 52 %) et la survie pour la Nadina (53 %) était supérieure (1968-2006 : 36 %) aux moyennes à long terme pour ces cours d'eau respectifs.

La prévision médiane de 2008 (à un niveau de probabilité de 50 %) est de 349 000 individus pour le groupe de la montaison hâtive d'été. D'après la distribution des prévisions pour 2008, la probabilité que la remonte dépasse 516 000 saumons rouges est de 25 %, et celle que la remonte dépasse 205 000 saumons rouges est de 75 % (tableau 2). La prévision de 2008 excluant le groupe des stocks divers (prévision à un niveau de probabilité de 50 % : 288 000 individus) est inférieure à la remonte moyenne à long terme pour ce cycle (1980-2005 : 538 000 individus).

### Saumon rouge de la montaison d'été

La montaison d'été se compose de quatre stocks : montaisons de la Chilko, de la Quesnel et de la Stellako, et montaison tardive de la Stuart (tableau 2). Durant l'année d'éclosion de 2004, l'échappée de reproducteurs comptait 160 000 femelles reproductrices pour ces quatre stocks. Les montaisons de la Chilko et de la Stellako et la montaison tardive de la Stuart représentent chacune ~30 % de cette échappée totale. Les échappées de jeunes de l'année de la montaison tardive de la Stuart et de la montaison de la Quesnel pour 2004 sont similaires à la moyenne des échappées à long terme du cycle (1980-2005). Les échappées de jeunes de l'année pour la Stellako et la Chilko sont toutes deux inférieures à la moyenne des échappées à long terme du cycle (1980-2005) et se situent respectivement à 50 et à 18 % de leur moyenne pour le cycle. En ce qui concerne le stock de la Chilko, un groupe de montaison pour lequel on a utilisé le seul modèle fondé sur les juvéniles (saumoneaux), le nombre de saumoneaux en avalaison durant l'année d'éclosion de 2004 (11 millions) est inférieur à la moyenne à long terme du cycle de 18 millions d'individus (1980-2005). La taille des saumoneaux pour la Chilko était la plus importante en moyenne observée pour cette population pour l'année d'éclosion de 2004 (99,9 mm), comparativement à la moyenne à long terme (82,9 mm (écart-type :  $\pm 5,69$ )); la présence de saumoneaux de plus grande taille peut améliorer la survie en mer bien que, étant donné les conditions plus difficiles en milieu marin, il existe une incertitude considérable quant

aux effets qu'a la taille des saumoneaux sur la survie. L'abondance des juvéniles (estimations hydroacoustiques) pour le saumon rouge de la Quesnel n'a pas été estimée en 2006.

Les saumons rouges de la montaison d'été ont été exposés à des conditions extrêmes durant leur migration dans le fleuve en 2004 (faibles débits et températures de l'eau élevées). Ces conditions ont influé sur la migration des saumons rouges et la survie dans la région du canyon du Fraser. Cependant, les saumons de la montaison d'été sont arrivés en bonne condition à toutes les frayères. La taille des alevins de la Quesnel n'a pu être comparée à la moyenne à long terme, faute de données relatives à l'évaluation en 2006.

La prévision médiane de 2008 (à un niveau de probabilité de 50 %) est de 1 810 000 individus pour le groupe de la montaison d'été. D'après la distribution des prévisions pour 2008, la probabilité que la remonte dépasse 2 729 000 saumons rouges est de 25 %, et celle que la remonte dépasse 1 182 000 saumons rouges est de 75 % (tableau 2). La prévision de 2008 à un niveau de probabilité de 50 % est inférieure à la remonte moyenne à long terme pour ce cycle (1980-2005 : 2 882 000 individus).

### Saumon rouge de montaison tardive

La montaison tardive se compose de six stocks : montaisons de lac Cultus et de la rivière Harrison, montaison tardive de la Shuswap, montaisons du ruisseau Portage, du ruisseau Weaver et de la rivière Birkenhead (tableau 2). Pour l'année d'éclosion de 2004, l'échappée de reproducteurs compte 36 000 femelles reproductrices pour ces six stocks et un total de 47 000 reproducteurs avec l'inclusion des stocks divers. L'échappée de reproducteurs pour la rivière Harrison au cours des dernières années s'est établie bien au delà de la moyenne et, pour l'année d'éclosion de 2005 (remontes des poissons d'âge 3 en 2008), atteint approximativement 200 000 individus; le stock de la Harrison se compose d'environ 50 % de poissons d'âge 3. Puisque l'échappée de jeunes de l'année pour la rivière Harrison est considérablement supérieure à la moyenne des échappées à long terme de 4 300 individus pour ce cours d'eau (1980-2004) et qu'elle excède celle de la série de données de l'analyse stock-recrutement, il n'était pas possible d'utiliser des modèles biologiques pour établir les prévisions des remontes de 2008 pour ce stock. On a plutôt utilisé le modèle naïf le mieux classé (moyenne de la série chronologique) pour établir la prévision pour la rivière Harrison. En conséquence, une incertitude considérable est associée à la prévision de 2008 pour la Harrison.

Pour tous les stocks, sauf celui de la rivière Harrison, l'échappée de jeunes de l'année s'établit en moyenne à 50 % de la moyenne du cycle 1980-2005; les échappées du ruisseau Portage et de la montaison tardive de la Shuswap ont été celles qui se rapprochaient le plus (~75 %) de leur moyenne pour le cycle. Le lac Cultus a enregistré une échappée de jeunes de l'année particulièrement faible (33) qui correspondait à 2 % de la moyenne pour le cycle (4 000). Cependant, on a utilisé un modèle fondé sur la relation saumoneau-saumon d'un an en mer pour établir la prévision des remontes dans le lac Cultus et, en raison de l'apport d'alevins et de saumoneaux d'écloserie dans le réseau du lac Cultus, le nombre de saumoneaux en avalaison (82 000) était supérieur à la moyenne à long terme du cycle pour ce stock (50 000). On a également utilisé un modèle fondé sur les alevins pour établir les prévisions des remontes pour le stock du ruisseau Weaver. Le nombre de jeunes de l'année en avalaison (28 millions) pour le ruisseau Weaver était légèrement inférieur à la moyenne à long terme du cycle de 36 millions d'individus. L'abondance des juvéniles (estimations hydroacoustiques) pour la montaison tardive de la Shuswap n'a pas été estimée en 2006.

La prévision médiane de 2008 (à un niveau de probabilité de 50 %) est de 705 000 individus pour le groupe de la montaison tardive. D'après la distribution des prévisions pour 2008, la probabilité que la remonte dépasse 1 139 000 saumons rouges est de 25 %, et celle que la remonte dépasse 432 000 saumons rouges est de 75 % (tableau 2). La prévision de 2008 excluant les groupes des stocks divers (prévision à un niveau de probabilité de 50 % : 610 000 individus) est inférieure à la remonte moyenne à long terme pour ce cycle (1980-2005 : 788 000 individus).

## CONCLUSIONS

Les prévisions sont associées à une incertitude élevée. Bien qu'elles soient présentées sous la forme de distributions de probabilités, elles sont, pour la plupart des stocks, fondées sur des modèles qui s'appuient sur des conditions moyennes de survie. Les conditions océanographiques étaient anormalement difficiles (inférieures à la moyenne) en 2005 (année d'arrivée dans l'océan pour la plupart des saumons rouges remontant en 2007), ce qui a entraîné une faible survie des saumons rouges juvéniles et des remontes subséquentes des adultes bien en deçà des niveaux de probabilité de 50 % en 2007. Bien que les conditions de survie dans l'océan aient semblé s'être améliorées en 2006 (année d'arrivée dans l'océan pour la plupart des saumons rouges remontant en 2008) par rapport à 2005, les indicateurs de la productivité de l'océan demeurent hétérogènes et, par conséquent, la prévision des remontes de saumons rouges en 2008 sera particulièrement incertaine. Étant donné ces conditions, il est recommandé de mettre l'accent sur des niveaux de probabilité plus prudents (un niveau de probabilité > 50 %) pour les prévisions. Il est improbable que la précision des prévisions d'améliore sans que nous ayons une meilleure compréhension des facteurs qui ont une incidence sur la survie du saumon rouge aux premiers stades de son cycle biologique.

Des températures de l'eau élevées à la surface se maintiennent au large de la côte pacifique du Canada depuis 2003 (MPO, 2006 : [http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/psarc/OSRs/Ocean\\_SSR\\_f.htm](http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/psarc/OSRs/Ocean_SSR_f.htm)). En 2006, lorsque la majorité des saumons remontant en 2008 ont migré vers l'océan, les températures de l'eau dans le Pacifique Nord étaient près de la moyenne ou supérieures à celle-ci de janvier à juin (indice de l'oscillation décennale du Pacifique [ODP] : chaud) et sont descendues sous la moyenne (indice de l'ODP : frais) de juillet à décembre. Les tempêtes de la fin de 2006 ont également contribué au refroidissement des températures de l'eau. Dans le détroit de Georgia, par lequel le saumon du Fraser entre dans l'océan et, par conséquent, où il pourrait être plus vulnérable à des facteurs ayant une incidence sur sa survie, les températures sont demeurées chaudes en 2006. Dans l'ensemble, les améliorations (refroidissement) touchant la température de la surface de la mer ont été mineures en 2006 par rapport à 2005.

Les indicateurs physiques de la productivité de l'océan, y compris la stratification verticale, la remontée d'eau et la transition de printemps, semblent indiquer que la productivité s'est améliorée en 2006 par rapport à 2005. La stratification verticale et la remontée d'eau contribuent tous deux à l'apport d'éléments nutritifs mélangés aux eaux de surface de l'océan en provenance des eaux plus profondes et, par conséquent, ont une incidence sur la productivité à la base du réseau trophique (production de plancton). Plus la stratification verticale est grande, plus faible est la remontée d'eau, moins d'éléments nutritifs sont alors disponibles, et la productivité diminue (disponibilité de la nourriture pour les saumons juvéniles). En 2006, la stratification verticale était faible et la remontée était forte (de nombreuses tempêtes ont contribué à un fort mélange vertical en 2006), contrairement à 2005, ce qui semble indiquer que la disponibilité des aliments pour les saumons juvéniles s'est améliorée pour le saumon rouge qui a migré vers l'océan en 2006 (et qui remontera en 2008). La transition de printemps s'est également améliorée en 2006 (date moyenne : début avril) par



rapport à 2005 (transition retardée : juin). La transition de printemps est le changement de direction occasionné par le passage des vents d'hiver dominants (qui entraînent une plongée d'eau) aux vents d'été (qui entraînent une remontée d'eau) et marque le début de la saison de production estivale. En général, si la transition de printemps est retardée, la productivité de l'océan est réduite pour l'année en question.

Les indicateurs biologiques de la productivité de l'océan et de la survie des saumons juvéniles (p. ex. composition et abondance du zooplancton, succès de la reproduction des oiseaux de mer, taux de croissance du saumon coho et tailles des saumons rouges juvéniles) sont hétérogènes en 2006 comparativement à 2005, alors qu'ils étaient tous faibles. Comme en 2005, la composition et l'abondance du zooplancton est demeurée faible en 2006. Durant ces deux années, la composition du zooplancton a été dominée par des espèces d'eau chaude que l'on trouve habituellement à la hauteur du sud de la Californie. Ces espèces ont une teneur en énergie moins élevée (aliments de qualité inférieure) comparativement aux espèces d'eau froide. L'abondance des grands euphausiacés d'eau froide (une principale source de nourriture pour les salmonidés juvéniles) était également faible en 2005 et en 2006. D'autres indicateurs qui intègrent l'effet de plusieurs facteurs sur la survie des saumons juvéniles ont montré certaines améliorations en 2006 par rapport à 2005. Le succès de la reproduction des oiseaux de mer était moyen en 2006 comparativement au creux historique enregistré en 2005. Les oiseaux de mer constituent un bon indicateur de la disponibilité du saumon puisqu'ils se nourrissent, entre autres, de zooplancton. Les taux de croissance et la taille des saumons juvéniles sont aussi de bons indicateurs de la survie puisque, en général, plus un poisson croît rapidement, moins il passe de temps à des tailles plus petites où il est alors plus vulnérable, ce qui améliore sa survie. Les taux de croissance du saumon coho sur la côte ouest de l'île de Vancouver (en tant qu'indicateurs de la survie du saumon rouge) étaient moyens en 2006 comparativement au creux historique de 2005. De même, la taille du saumon rouge juvénile était en 2006 la plus importante observée au cours des 10 dernières années.

Selon des renseignements préliminaires de l'année de remonte de 2007, la survie de la plupart des saumons rouges en montaison a été sensiblement inférieure à la moyenne. D'après des renseignements recueillis en cours de saison (1<sup>er</sup> décembre 2007), les remontes de 2007 pour la plupart des stocks se situent aux environs des limites de prévision de 90 %. Les estimations préliminaires de la survie en mer pour la Chilko en 2007 étaient de 1 % comparativement à la moyenne à long terme de 9 %. Si la faible productivité du saumon rouge se maintient, les prévisions à un niveau de probabilité de 50 % pour le saumon rouge en 2008 surestimeront les remontes. En conséquence, il est recommandé de mettre l'accent sur des niveaux de probabilité plus conservateurs (> 50 %) pour les prévisions. Selon l'analyse rétrospective, les deux modèles additionnels de R/R (voir la section intitulée Modèles de prévision) qui tentent de refléter les changements à court terme dans la productivité ont mal fonctionné. Cela signifie qu'il est difficile de prévoir la variation de la survie à partir d'une série de données historiques sur les R/R. Les tendances anormales à long terme au chapitre de la productivité attribuables aux changements climatiques ou, encore, les effets persistants de la densité d'eau douce attribuables à des niveaux élevés d'échappées accroîtront l'incertitude des prévisions futures. À long terme et au fur et à mesure que l'on recueillera et que l'on évaluera davantage de données sur les pêches et les océans, il sera plus facile de quantifier le lien entre la production de saumons et les facteurs ayant une incidence sur leur survie, comme les changements climatiques.

Tableau 1. L'éventail de modèles examinés pour la prévision des remontes futures du saumon rouge.

Nom du modèle	Type du modèle	Méthode du modèle	Données appliquées			
			Remontes	Échappée et recrutement d'adultes	Estimations des juvéniles	Environnementales
R1C	Naïf	Remontes quatre années auparavant après avoir tenu compte de la proportion moyenne selon l'âge de la série	X			
R2C	Naïf	Moyenne des remontes quatre et huit années auparavant après avoir tenu compte de la proportion moyenne selon l'âge de la série	X			
RAC	Naïf	Remontes moyennes sur le cycle après avoir tenu compte de la proportion moyenne selon l'âge de la série	X			
TAC	Naïf	Remonte moyenne de la série chronologique après avoir tenu compte de la proportion moyenne selon l'âge de la série	X			
Bilogarithmique	Biologique	Fonction bilogarithmique combinant tous les cycles		X		
Bilogarithmique-cyc	Biologique	Fonction bilogarithmique fondée sur un cycle		X		
Larkin	Biologique	Fonction de Larkin s'appuyant sur une dépendance densité-débit		X		
Ricker	Biologique	Fonction de Ricker combinant tous les cycles		X		
Ricker-cyc	Biologique	Fonction de Ricker fondée sur un cycle		X		
Bilogarithmique-alevin	Biologique	Fonction de régression bilogarithmique (log-log)			X	
<small>Saumon rose - saumon d'un an en mer</small>	Biologique	Bayésien			X	
Ricker-débit	Biologique et environnemental	Régression multiple		X		Débit printanier moyen du Fraser
Ricker-maximal	Biologique et environnemental	Régression multiple		X		Débit printanier maximal du Fraser
Ricker-ie Ricker-ip	Biologique et environnemental	Régression multiple		X		TSM printanières-estivales moyennes aux phares
Ricker-ODP	Biologique et environnemental	Régression multiple		X		Indice hivernal de l'oscillation décennale du Pacifique

Tableau 2. Prévisions d'avant-saison pour 2008 par stock/groupe de montaison et probabilité.

Stock/groupe de montaison – saumon rouge	Modèle de prévision <sup>b</sup>	Effectif moyen de la montaison <sup>c</sup>		Probabilité d'atteinte des objectifs de montaison précisés <sup>a</sup>				
		Tous les cycles	Cycle de 2008	0,1	0,25	0,5	0,75	0,9
Hâtive de la Stuart	alevin	335 000	182 000	73 000	49 000	35 000	24 000	17 000
Hâtive d'été		-	-	932 000	563 000	349 000	216 000	136 000
(total à l'exclusion des stocks divers)		(499 000)	(538 000)	(702 000)	(444 000)	(288 000)	(185 000)	(120 000)
Bowron	Ricker-ip	23 000	26 000	8 000	6 000	5 000	3 000	2 000
Fennell	bilogarithmique	28 000	41 000	37 000	25 000	17 000	11 000	7 000
Gates	bilogarithmique	65 000	149 000	148 000	97 000	63 000	38 000	25 000
Nadina	alevin	80 000	129 000	288 000	168 000	103 000	59 000	35 000
Pitt	bilogarithmique	61 000	65 000	91 000	73 000	59 000	52 000	39 000
Raft	bilogarithmique	32 000	64 000	91 000	51 000	27 000	14 000	8 000
Scotch	bilogarithmique	63 000	16 000	19 000	10 000	5 000	3 000	1 000
Seymour	Ricker-cyc	147 000	48 000	20 000	14 000	9 000	5 000	3 000
Divers <sup>d</sup>	R/R	-	-	136 000	72 000	37 000	20 000	10 000
Divers <sup>e</sup>	R/R	-	-	50 000	26 000	14 000	7 000	4 000
Divers <sup>f</sup>	échapp. moy.	-	-	44 000	21 000	10 000	4 000	2 000
D'été		5 677 000	2 882 000	4 324 000	2 729 000	1 810 000	1 182 000	822 000
Chilko	saumonseau	1 760 000	1 804 000	1 783 000	1 230 000	885 000	596 000	433 000
Tardive de la Stuart	bilogarithmique	834 000	323 000	1 450 000	714 000	355 000	177 000	95 000
Quesnel	bilogarithmique	2 556 000	90 000	255 000	163 000	93 000	48 000	27 000
Stellako	Ricker	527 000	665 000	836 000	622 000	477 000	361 000	267 000
Tardive		-	-	1 728 000	1 139 000	705 000	432 000	283 000
(total à l'exclusion des stocks divers)		(3 172 000)	(788 000)	(1 435 000)	(938 000)	(610 000)	(400 000)	(268 000)
Cultus	saumonseau-s. d'un an en mer	19 000	6 000	14 000	9 000	5 000	3 000	2 000
Harrison <sup>h</sup>	TSA	47 000	19 000	233 000	110 000	47 000	21 000	10 000
Tardive de la Shuswap	Larkin	2 133 000	39 000	49 000	26 000	15 000	7 000	3 000
Portage	bilogarithmique	58 000	24 000	49 000	27 000	15 000	7 000	4 000
Weaver	alevin	432 000	405 000	629 000	434 000	290 000	193 000	126 000
Birkenhead	bilogarithmique	483 000	295 000	461 000	332 000	238 000	169 000	123 000
Divers de la Shuswap <sup>g</sup>	R/R	-	-	6 000	3 000	2 000	1 000	1 000
Divers autres que la Shuswap <sup>g</sup>	R/R	-	-	287 000	198 000	93 000	31 000	14 000
<b>TOTAL</b>		-	-	<b>7 057 000</b>	<b>4 480 000</b>	<b>2 899 000</b>	<b>1 854 000</b>	<b>1 258 000</b>
(TOTAL à l'exclusion des stocks divers)		(9 683 000)	(4 390 000)	(6 534 000)	(4 160 000)	(2 743 000)	(1 791 000)	(1 227 000)

<sup>a</sup> Probabilité que l'effectif actuel de la montaison dépasse la projection précisée.

<sup>b</sup> Voir Cass *et al.* (2006) pour obtenir une description des modèles.

<sup>c</sup> Saumon rouge : 1980-2005 (à l'exclusion des stocks divers).

<sup>d</sup> Stocks divers de la montaison hâtive d'été pour lesquels des prévisions n'ont pas été établies (stocks de la montaison hâtive de la Shuswap et axe fluvial de la Thompson Nord); période de montaison qui ressemble le plus à Scotch et Seymour.

<sup>e</sup> Stocks divers de la montaison hâtive d'été pour lesquels des prévisions n'ont pas été établies (tributaires de la Thomson Nord, Nahatlatch, etc.; période de montaison qui ressemble le plus à Fennel/Bowron/Nadina).

<sup>f</sup> Lac Chilliwack et ruisseau Dolly Varden; période de montaison qui ressemble le plus à la montaison hâtive de la Stuart.

<sup>g</sup> Stocks divers de la montaison tardive pour lesquels des prévisions n'ont pas été établies; il convient de noter que le véritable composant tardif ne représente qu'une très faible fraction des stocks divers autres que la Shuswap (< 200 à 50 % de probabilité).

<sup>h</sup> L'échappée de jeunes de l'année de la rivière Harrison (âge 3) en 2005 était de ~200 000 individus. Étant donné que cette échappée est considérablement supérieure à la moyenne à long terme (1980-2002 : 4300) et qu'elle excède celle de la série de données de l'analyse stock-recrutement, les modèles naïfs optimaux ont été utilisés (TSA).

Définitions des modèles : R1C (recrutement semblable à la dernière génération); TSA (moyenne du recrutement de la série chronologique); Ricker-ip (fonction de Ricker avec covariante de TSM de l'île Pine); Ricker-cyc (fonction de Ricker à données sur le cycle seulement).

## SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

MPO, 2006. L'état de l'océan Pacifique en 2005. MPO. Sci. Rapport sur l'état de l'océan. 2006/001.

MPO, 2007. L'état de l'océan Pacifique en 2006. MPO. Sci. Rapport sur l'état de l'océan. 2007/001.

Fried, S.M., et H.J. Yuen. 1987. Forecasting sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) returns to Bristol Bay, Alaska: a review and critique of methods, p. 273-279. Dans H.D. Smith, L. Margolis, et C.C. Wood [éd.]. Sockeye management. Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques. 96. 486.

Walters, C.J., et M.J. Staley. 1987. Evidence against the existence of cycle dominance in Fraser River sockeye (*Oncorhynchus nerka*). P. 375-384. Dans H.D. Smith, L. Margolis et C.C. Wood [éd.]. Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) population biology and future management. Publication spéciale canadienne des sciences halieutiques et aquatiques. 96.

## POUR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS

Communiquer	Sue Grant	Al Cass
avec :	Évaluation des stocks du Fraser	Station biologique du Pacifique
	Pêches et Océans Canada	Pêches et Océans Canada
	100, promenade Annacis, unité 3	3190, chemin Hammond Bay
	Delta (C.-B.) V3M 6A2	Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7
Téléphone :	604-666-7270	250-756-7142
Télécopieur :	604-666-7112	250-756-7209
Courriel :	Grants@pac.dfo-mpo.gc.ca	Cassa@pac.dfo-mpo.gc.ca

Comité d'examen des évaluations scientifiques du  
Pacifique  
Région du Pacifique  
Pêches et Océans Canada  
Station biologique du Pacifique  
Nanaimo, (C.-B.) V9T 6N7

Téléphone : 250-756-7208  
Télécopieur : 250-756-7209  
Courriel : [psarc@pac.dfo-mpo.gc.ca](mailto:psarc@pac.dfo-mpo.gc.ca)  
Adresse Internet : [www.dfo-mpo.gc.ca/csas](http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas)

ISSN 1480-4921 (imprimé)  
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2008

*An English version is available upon request at the above  
address.*



**LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :**

MPO, 2008. Prévisions d'avant-saison concernant l'importance de la montaison du saumon rouge du Fraser en 2008. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2007/049.