



## ESTIMATIONS DE POINTS DE RÉFÉRENCES BIOLOGIQUES POUR LE STOCK DE SAUMON CHINOOK DU COURS PRINCIPAL DU FLEUVE YUKON D'ORIGINE CANADIENNE



Saumon chinook (*Oncorhynchus tshawytscha*).  
Source : Paul Vecsei.

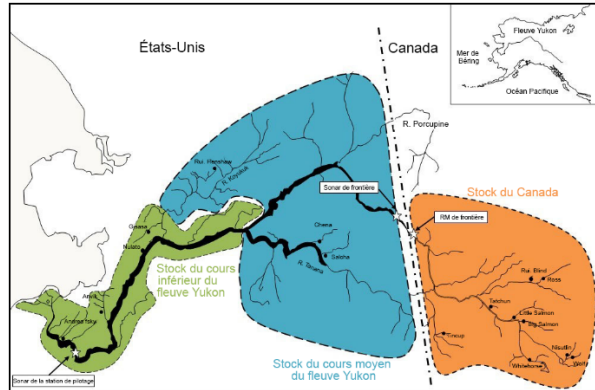


Figure 1. Bassin versant du fleuve Yukon. Adapté de Hamazaki (2021). Les tracés colorés indiquent l'étendue spatiale approximative des trois complexes de stocks qui ont été modélisés et les points individuels correspondent aux projets d'évaluation correspondant aux données utilisées.

### Contexte :

En 2002, le Canada et les États-Unis ont confirmé le chapitre sur le fleuve Yukon du Traité sur le saumon du Pacifique (1985) selon lequel l'objectif d'échappée de géniteurs du saumon chinook du fleuve Yukon d'origine canadienne a été fixé entre 33 000 et 43 000 (CTM 1987). Depuis, les projets d'évaluation et les données associées sont devenus plus documentés et plus étendus, ce qui a entraîné des variations dans cet objectif d'échappée de géniteurs au cours des deux dernières décennies. L'objectif d'échappée conforme à la gestion provisoire est actuellement de 42 500 à 55 000 (CTM 2021). Le Comité technique mixte (CTM), composé de plusieurs entités canadiennes et américaines, fournit un soutien technique au Comité du fleuve Yukon (Comité). En avril 2019, le CTM a signalé sa décision d'entreprendre un examen quantitatif de l'objectif d'échappée conforme à la gestion provisoire du saumon chinook d'origine canadienne en réponse au désir du Comité d'explorer la possibilité d'établir un objectif d'échappée fondé sur la biologie pour ce stock. Un groupe de travail bilatéral a été chargé d'examiner les données disponibles, de concevoir des modèles statistiques et d'estimer les principaux repères biologiques dans le but d'éclairer les recommandations sur les objectifs d'échappée.

L'Unité des traités et des pêches, secteur Yukon et rivières transfrontalières, de Pêches et Océans Canada (MPO), a demandé, au nom du CTM, que la Direction des sciences du MPO fournisse des avis concernant les estimations des points de repère biologiques pour le saumon chinook du fleuve Yukon d'origine canadienne. Ces avis seront utilisés pour étayer les recommandations subséquentes en matière de gestion des pêches afin de respecter les obligations internationales et celles découlant des traités, les engagements relatifs à l'approche de précaution, les nouvelles exigences en vertu des modifications apportées en 2019 à la Loi sur les pêches du Canada (Loi sur les pêches, L.R.C. 1985, c.

*F-14), ainsi que la Politique de gestion des pêches durables du saumon et la Politique sur les objectifs d'échappée du saumon de l'État de l'Alaska.*

*Le présent avis scientifique découle de l'examen régional par les pairs régional du 18 au 20 janvier 2022 sur les Estimations de points de référence biologiques pour le stock de saumon chinook du cours principal du fleuve Yukon d'origine canadienne. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).*

## SOMMAIRE

- Conscient de la longue période pendant laquelle le saumon chinook du fleuve Yukon d'origine canadienne a été géré en vertu d'un objectif d'échappée provisoire, le Comité du fleuve Yukon a cherché à explorer la possibilité d'établir un objectif d'échappée fondé sur la biologie pour l'ensemble des stocks de saumons chinooks d'origine canadienne, à l'exclusion du bassin versant de la rivière Porcupine. Comme première étape de ce processus, le CTM a entrepris une analyse et un examen quantitatifs des données disponibles afin d'estimer la taille et la productivité de la remonte du saumon chinook d'origine canadienne.
- Les points de repère biologiques couramment utilisés, et leurs incertitudes, ont été estimés à partir d'une reconstitution intégrée de la remonte et d'un modèle géniteur-recrutement ajusté aux données couvrant la période 1981-2019 provenant de divers projets d'évaluation qui évaluent l'abondance en rivière, les captures, les échappées dans les affluents, les proportions de stocks et la composition selon l'âge.
- La taille du stock à l'équilibre ( $S_{EQ}$ ) a été estimée à 111 131 (intervalle de crédibilité à 95 % et médiane a posteriori de 81 595 à 252 704), l'abondance des géniteurs prévue pour optimiser le rendement maximal durable ( $S_{RMD}$ ) a été estimée à 43 364 (29 764-97 664) et l'abondance des géniteurs prévue pour maximiser le recrutement ( $S_{MSR}$ ) a été estimée à 70 834 (40 638 à 192 642). Le  $S_{Gen}$  n'a pas été estimé pour le complexe de stocks, car il n'est pertinent qu'à l'échelle des populations. Les inférences sur le rendement et le recrutement attendus pour une future plage d'échappées de géniteurs ainsi que les profils de probabilité ont été estimés pour éclairer les décisions de gestion à venir (figure 4).
- Ces analyses fournissent une base quantitative sur laquelle on peut s'appuyer pour élaborer une recommandation d'objectif d'échappée global pour le stock canadien, mais elles n'en prescrivent pas. Les principales considérations lors de l'élaboration d'un objectif d'échappée comprennent la définition de ses objectifs et du contexte décisionnel, l'identification de l'ampleur du risque acceptable de ne pas atteindre les objectifs fixés, et l'identification des principales incertitudes et des compromis pour aider à fonder le degré de précaution à prendre lors de l'établissement d'un objectif d'échappée face à une information imparfaite.
- L'âge à maturité des saumons chinooks femelles et, dans une moindre mesure, la proportion de femelles dans la population de géniteurs, ont diminué au fil du temps (figure 5). Puisque le rendement reproductif attendu par géniteur est une fonction de ces quantités, on a estimé que la prise en compte de ces caractéristiques provoquait une augmentation moyenne de l'abondance de géniteurs prévue pour optimiser le rendement ( $S_{RMD}$ ) ou le recrutement ( $S_{MSR}$ ) pouvant aller jusqu'à 14 % et 22 %, respectivement, au cours des dernières années par rapport aux résultats de base. Dans un domaine de recherche émergent, ces résultats représentent une première tentative de prendre en

compte les changements démographiques dans le temps pour ce complexe de stocks et ont été identifiés comme un axe de travail futur.

- Les incertitudes dans les repères estimés découlent, en partie, des difficultés à évaluer avec précision l'abondance totale de la remonte, la capture et l'échappée pour l'ensemble des stocks canadiens. Ces difficultés comprennent les biais potentiels découlant des éléments suivants : prises accessoires dans les pêches marines, contributions des écloséries, contributions d'autres stocks canadiens (rivière Porcupine), incertitude quant aux captures américaines et canadiennes, mortalité en route non comptabilisée et mortalité avant la fraie (tableau 2). Les incertitudes supplémentaires comprennent la forme structurelle de la relation supposée entre la fraie et le recrutement et l'échelle spatiale à laquelle les processus tels que la dépendance à la densité se produisent, ce qui peut influencer l'estimation des repères biologiques.
- Les principales incertitudes liées à la pertinence des repères en matière de gestion comprennent les risques biologiques des objectifs d'échappées globales pour les populations individuelles composant l'ensemble des stocks canadiens, les changements d'origine climatique (p. ex., la température, le moment des crues nivales, la couverture de glace de mer, les maladies, les changements de régime) et la démographie évolutive dans le temps qui pourraient faire en sorte que le passé ne soit plus un bon prédicteur de l'avenir.
- Ces travaux bilatéraux entre les États-Unis et le Canada fournissent une nouvelle base d'information qui devrait rapporter des dividendes et contribuer à un large éventail d'applications de recherche et de gestion qui ne seraient pas possibles autrement.
- Les principales recommandations pour les travaux futurs comprennent : les conséquences des changements dans la qualité des échappées, la prise en compte des risques biologiques pour les populations individuelles, l'évaluation des stratégies de gestion pour évaluer la capacité des stratégies de gestion de substitution à atteindre un large éventail d'objectifs dans le système, et la recherche sur les facteurs et l'ampleur de la mortalité en route et leurs conséquences pour les avis de gestion.

## RENSEIGNEMENTS DE BASE

En 2002, le Canada et les États-Unis ont confirmé le chapitre sur le fleuve Yukon du Traité sur le saumon du Pacifique (1985) selon lequel l'objectif d'échappée de géniteurs du saumon chinook du fleuve Yukon d'origine canadienne a été fixé entre 33 000 et 43 000 (CTM 1987). Depuis, les paramètres d'évaluation et les données associées sont devenus plus documentés et plus étendus, ce qui a entraîné des variations dans cet objectif d'échappée de géniteurs au cours des deux dernières décennies. L'objectif d'échappée conforme à la gestion provisoire est actuellement de 42 500 à 55 000 (CTM 2021). Le Comité technique mixte (CTM) composé de plusieurs entités canadiennes et américaines fournit un soutien technique au Comité du fleuve Yukon (Comité). En avril 2019, le CTM a signalé sa décision d'entreprendre un examen quantitatif de l'objectif d'échappée conforme à la gestion provisoire du saumon chinook d'origine canadienne en réponse au désir du Comité d'explorer la possibilité d'établir un objectif d'échappée fondé sur la biologie pour ce stock. Un groupe de travail bilatéral a été chargé d'examiner les données disponibles, de concevoir des modèles statistiques et d'estimer les principaux repères biologiques dans le but d'éclairer les recommandations sur les objectifs d'échappée.

## Cadre de référence

Les objectifs particuliers de ce document de travail de facilitation étaient les suivants :

1. Élaborer un modèle bayésien intégré de reconstitution de la remonte et du recrutement des géniteurs et l'adapter aux données disponibles.
2. Obtenir des estimations des points de repère biologiques (p. ex.,  $S_{RMD}$ ,  $S_{EQ}$ ,  $S_{MSR}$ ,  $S_{GEN}$ ) et des profils connexes (p. ex., rendement et recrutement).
3. Documenter et analyser les conséquences des principales données et hypothèses méthodologiques liées à la pondération des données, aux biais dans les données, aux valeurs *a priori* et à la structure du modèle.
4. Explorer, dans la mesure du possible avec les données disponibles, la sensibilité des points de repère biologiques aux changements de la qualité des échappées (p. ex., la fécondité totale et la masse des œufs) dans le temps.
5. Fournir des orientations sur les principales considérations relatives aux prochaines étapes de l'identification d'un objectif d'échappée et des recommandations pour les analyses et recherches futures afin de les étoffer.

## ANALYSE

### Données

Un examen exhaustif des données disponibles ayant une utilité potentielle pour reconstituer l'abondance et la dynamique du saumon chinook du fleuve Yukon d'origine canadienne a été entrepris dans le cadre d'un effort complémentaire à ce travail de modélisation (Pestal *et al.* sous presse). L'examen des données a porté sur les projets d'évaluation de 1981 à 2019 pour le saumon chinook dans l'ensemble du bassin du fleuve Yukon, y compris l'abondance en rivière (p. ex., projets de sonar, de filets rotatifs et de marquage-recapture), l'échappée dans les affluents (p. ex., projets de déversoir, de tour, d'avion et de sonar), l'estimation de la capture et l'échantillonnage biologique connexe (p. ex., génétique et information sur l'âge-sexe-longueur pour la répartition des stocks). L'examen des données représente plusieurs centaines d'heures de collaboration pour assembler un « guichet unique » d'informations sur l'abondance du saumon chinook du fleuve Yukon.

### Approche

Un modèle d'espace d'états intégré de reconstitution de la remonte et de recrutement des géniteurs a été élaboré (figure 2). Il a été adapté à partir des cadres de reconstitution de la remonte de plusieurs stocks et de recrutement des géniteurs dans l'espace d'état de Hamazaki (2021) et de Fleischman *et al.* (2013), respectivement. Le modèle combine les données historiques (1981-2019) provenant de divers projets d'évaluation qui évaluent l'abondance en rivière, les captures, les échappées dans les affluents, les proportions de stocks et la composition selon l'âge, dans un seul cadre d'estimation bayésien. La composante de reconstitution de la remonte du modèle reconstitue les captures et les échappées historiques pour trois complexes de stocks de saumon chinook : les parties inférieure, médiane et supérieure (Canada) du bassin versant du fleuve Yukon (figure 1). La composante du modèle de reconstitution de la remonte de ce projet a produit des estimations de la remonte totale et de l'abondance, des captures et des échappées propres à chaque stock qui n'étaient pas disponibles auparavant et qui étaient statistiquement justifiables. Les principales quantités

estimées par la composante géniteur-recrutement du modèle ne s'appliquent qu'au stock canadien et comprennent la productivité intrinsèque de la population et l'ampleur de la dépendance à la densité à l'intérieur du stock, à partir desquelles on peut établir des points de repère biologiques et déduire le rendement et le recrutement attendus. Des points de repère biologiques avec des profils de probabilité de rendement et de recrutement associés ont été calculés.

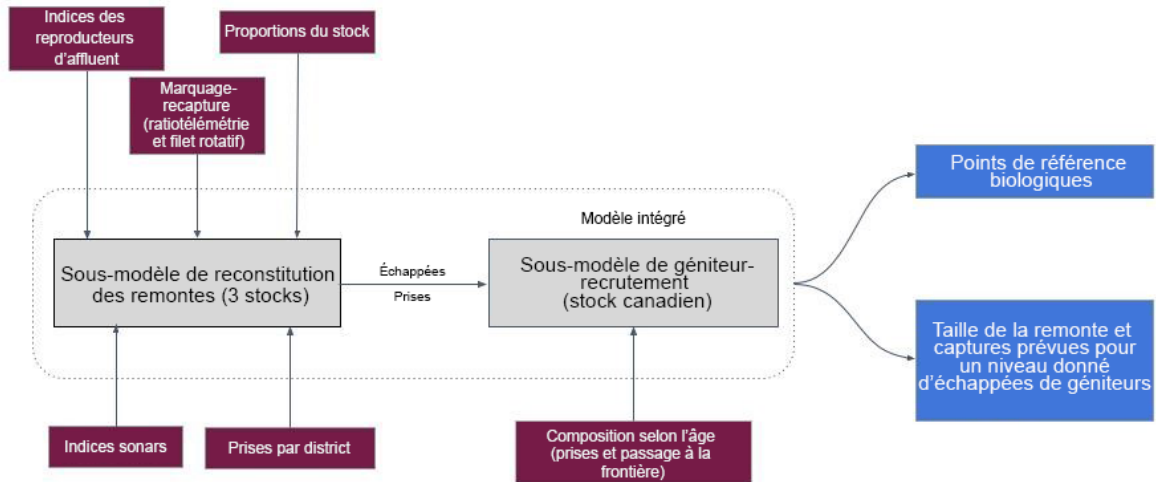


Figure 2. Schéma du modèle intégré illustrant les principales entrées de données (violet), les composants du modèle (gris) et les sorties inférentielles (bleu).

## Résultats

### Ajustement du modèle

Le modèle d'espace d'état intégré de reconstitution de la remonte et de recrutement comptait 148 paramètres estimés. Les tracés diagnostiques et les statistiques ne signalent aucun problème notable concernant l'ajustement du modèle aux données ou l'algorithme d'ajustement du modèle. Cependant, les ajustements du modèle aux captures en amont étaient faibles en 2017 et 2019 en raison de données contradictoires entre les sonars de la station pilote et Eagle. L'hypothèse a été avancée que ce conflit pourrait être dû, au moins partiellement, à une mortalité naturelle en route non comptabilisée. Conformément aux pondérations *a priori* des différents projets d'évaluation, les ajustements du modèle aux projets de tour, de déversoir et de sonar étaient plus précis que les données des relevés aériens et pédestres. L'exclusion des évaluations individuelles relatives aux affluents du Canada dans le modèle a eu plus de répercussions sur les estimations de l'effectif de la remonte du stock canadien que l'exclusion des projets d'évaluation de la partie inférieure ou médiane des États-Unis. L'indice d'abondance par marquage-recapture du filet rotatif a fortement influencé l'estimation de l'échappée canadienne, car il s'agissait de la seule évaluation des passages frontaliers réalisée avant 2005.

**Taille de la remonte, échappée et captures**

L'abondance moyenne de la remonte à l'échelle du bassin était d'environ 288 000 poissons par an (fourchette des estimations médianes : de 98 000 en 2013 à 466 000 en 1995). On a estimé que la partie canadienne du fleuve Yukon produisait les plus grandes abondances de remontes annuelles moyennes des trois stocks, soit environ 124 000, suivie du stock du cours inférieur du fleuve, avec 85 000, puis du stock du cours médian, avec 64 000. Tous les stocks ont connu des abondances de la remonte relativement importantes de 1982 à 1995, suivies d'un fort déclin (en particulier pour le stock canadien) avec les plus faibles abondances observées en 2000 et 2013. Contrairement à l'abondance de la remonte, celle des échappées de géniteurs pour les trois stocks a été relativement constante dans le temps. Les captures agrégées et les captures par stock ont considérablement varié dans le temps et les taux de capture réalisés ont varié de 3 à 82 %, 2 à 87 % et 26 à 52 % pour les stocks canadiens, des cours médian et inférieur, respectivement.

**Productivité, recrutement, rendement et capacité**

L'ensemble des stocks de saumons chinooks du Yukon d'origine canadienne est modérément productif, la productivité intrinsèque étant estimée à 4,96 recrues par géniteur (médiane postérieure de  $\alpha'$ ; intervalle de crédibilité [IC] à 95 % : 2,66 à 9,98; tableau 1). On a estimé que les anomalies de recrutement étaient modérément corrélées positivement dans le temps ( $\phi = 0,39$ ; IC : -0,04 à 0,87; tableau 1) et que les recrues produites par géniteur étaient supérieures à la moyenne dans les années 1980, variables dans les années 1990, inférieures à la moyenne dans les années 2000 avec plusieurs années de remise, et qu'elles ont depuis regagné la moyenne à long terme dans la décennie la plus récente (figure 3).

*Tableau 1. Moyennes postérieures, médianes et intervalles de crédibilité pour les principaux paramètres géniteur-recrutement et les repères biologiques associés. Sont également indiquées les estimations des tailles effectives d'échantillon et du facteur de réduction d'échelle potentiel ( $\hat{R}$ ) pour les paramètres et les repères estimés par le modèle, les valeurs supérieures à 1000 ( $n_{\text{eff}}$ ) et inférieures à 1,01 ( $\hat{R}$ ) signifiant qu'ils ont été bien estimés.*

Variable	Moyenne	Médiane	P2,5	P97,5	$n_{\text{eff}}$	$\hat{R}$
$\ln(\alpha)$	1,640	1,601	0,978	2,300	6325	1,0001
$\beta$	1,431 E-05	1,412E-05	5,191 E-06	2,461E-05	5712	1,0006
$\sigma_R$	0,444	0,439	0,318	0,602	6136	1,0001
$\phi$	0,934	0,393	-0,044	0,872	3151	1,0009
$S_{MSR}$	83 088	70 834	40 638	192 642	5758	1,0008
$S_{ÉQ}$	127 792	111 131	81 595	252 704	5874	1,0006
$S_{RMD}$	48 715	43 364	29 764	97 664	6070	1,0007
$U_{RMD}$	62 %	62 %	42 %	78 %	5203	1,0008
$U_{MSR}$	43 %	45 %	1 %	73 %	-	-

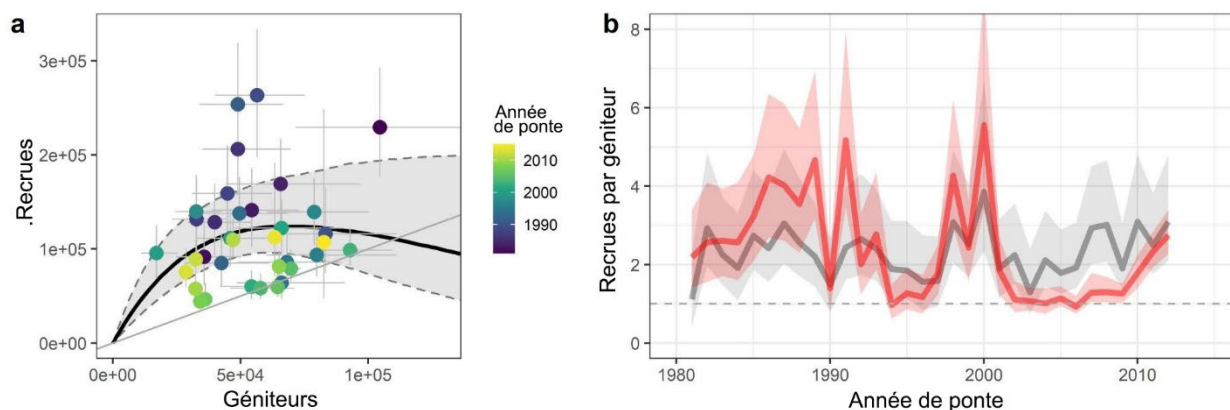


Figure 3. Relation géniteur-recrutement et productivité dans le temps. (a) Relation entre le recrutement et l'abondance des géniteurs pour le saumon chinook du fleuve Yukon d'origine canadienne de 1982 à 2019. Les barres d'erreur et la bande grise représentent les intervalles de crédibilité à 95 %, la ligne noire épaisse représente la relation attendue. (b) Recrues produites par géniteur dans le temps (rouge; médiane et intervalles de crédibilité à 95 %) avec ligne pointillée de remise. Sont également montrées les prédictions déterministes de la relation géniteur-recrutement (gris; médiane et intervalle de crédibilité à 95 %) pour illustrer les périodes où les recrues produites par géniteur étaient supérieures, analogues et inférieures à ce qui aurait été prédit sur la base de la seule relation sous-jacente estimée géniteur-recrutement.

La taille du stock à l'équilibre (SEQ), où le recrutement est prévu remplacer exactement les géniteurs en l'absence de capture, a été estimée à 111 131 (IC : 81 595 à 252 704; tableau 1). L'abondance des géniteurs prévue pour optimiser le rendement maximal durable ( $S_{RMD}$ ) a été estimée à 43 364 (IC : 29 764 à 97 664; tableau 1), tandis que l'abondance des géniteurs prévue pour maximiser le recrutement ( $S_{MSR}$ ) a été estimée à 70 834 (IC : 40 638 à 192 642; tableau 1). Enfin, le taux de captures prévu pour mener au rendement maximal durable ( $U_{RMD}$ ) a été estimé à 62 % (IC : 42 à 78 %; tableau 1), et le taux de captures prévu pour mener au recrutement maximal ( $U_{MSR}$ ) a été estimé à 45 % (IC : 1 à 73 %; tableau 1).

Une incertitude relativement importante a été constatée pour les paramètres principaux, la forme générale de la relation géniteur-recrutement et les repères biologiques associés, comme l'illustrent leurs intervalles de crédibilité importants (tableau 1). Par conséquent, des profils de rendement (figure 4a) et de recrutement (figure 4b) « optimaux » ont été générés, illustrant la probabilité attendue qu'un nombre donné de géniteurs atteigne un certain pourcentage du rendement maximal durable ou du recrutement, respectivement.

La figure 4 présente les profils pour une plage de seuils (70 %, 80 % et 90 %) qui pourraient définir le rendement et le recrutement optimaux, ainsi que le risque lié au rendement associé au fait de fournir trop peu de géniteurs.

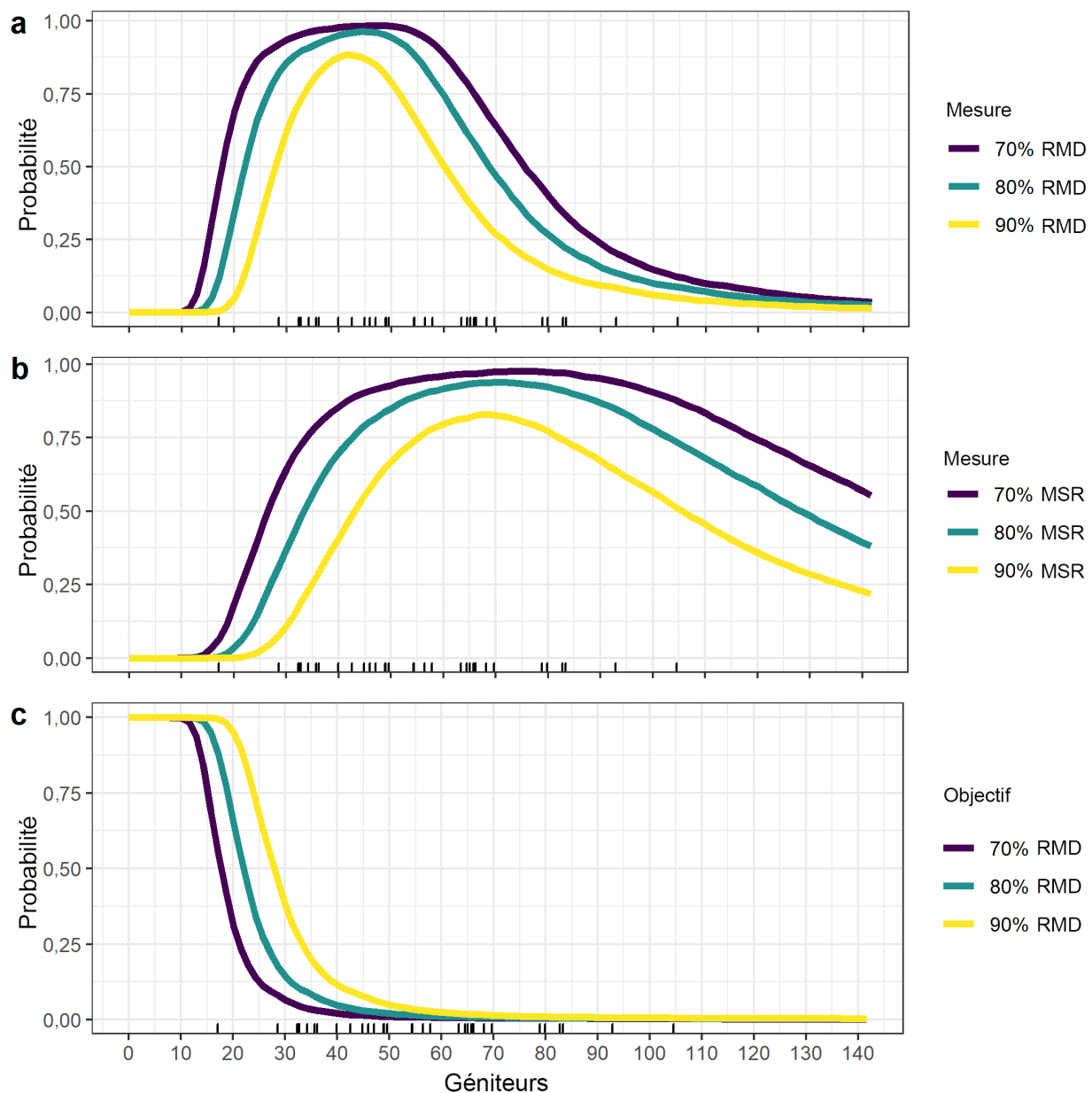


Figure 4. Profils de probabilité optimaux pour le rendement maximal (RM), le recrutement et la « surpêche ». (a) Profil de rendement optimal illustrant la probabilité qu'une abondance de géniteurs donnée atteigne 70 %, 80 % ou 90 % du rendement maximal durable (RMD). (b) Profil de recrutement optimal illustrant la probabilité qu'une abondance de géniteurs donnée atteigne 70 %, 80 % ou 90 % du recrutement maximum durable ( $S_{RMD}$ ). (c) Profil de surpêche, calculé selon la formule  $1 - P(RM > X\% \text{ du RMD})$ ,  $S < S_{RMD}$  et  $0 \leq S < S_{RMD}$ , montrant la probabilité que, pour une abondance de géniteurs donnée, le rendement maximal (RM) soit réduit à moins d'un pourcentage (70 %, 80 % ou 90 %) du RMD en raison d'un nombre trop faible de géniteurs. Sur chaque tableau, les échappées historiques de géniteurs sont représentées par des amorces le long de l'axe des x.



**Qualité des échappées**

La composition par âge du saumon chinook femelle, telle que mesurée à la frontière entre l'Alaska et le Yukon, a diminué dans le temps. Dans les années 1980, environ 20 % des femelles étaient âgées de 7 ans, 70 % étaient âgées de 6 ans et moins de 10 % des femelles revenaient en moyenne à l'âge de 5 ans (figure 5c). Dans les années 2010, en moyenne, 5 % des femelles sont revenues à l'âge de 7 ans, 70 % à l'âge de 6 ans et 25 % à l'âge de 5 ans. En outre, la proportion de poissons de la remonte qui étaient des femelles a diminué au fil du temps, passant d'une moyenne d'environ 53 % dans les années 1980 à 44 % dans les années 2010, avec une variation interannuelle importante (jusqu'à 59 % en 1989 et jusqu'à 32 % en 2016; figure 5a). Contrairement à ces changements dans l'âge et le sexe dans le temps, aucune preuve de changement directionnel dans la longueur selon l'âge des femelles n'a été constatée sur cette même période (Figure 5b). Collectivement, ces changements démographiques observés ont entraîné une baisse de la production d'œufs et de la masse totale d'œufs par individu dans le temps, de sorte que pour le même nombre de géniteurs, les premières années ont produit un nombre d'œufs ou une masse totale d'œufs supérieurs à la moyenne, alors que les dernières années ont produit un nombre d'œufs et une masse totale d'œufs inférieurs à la moyenne (figure 5d).

En raison de ces déclinés observés dans le nombre total d'œufs et la masse d'œufs, l'abondance des géniteurs prévue pour optimiser le rendement a été estimée à environ 11 % de plus en moyenne au cours des dernières années (2009-2019) que dans les années 1980 et était légèrement supérieure lorsque l'on considère la masse totale d'œufs (13 %) comme unité de production reproductive au lieu du nombre total d'œufs. Les conséquences des déclinés du nombre total d'œufs et de la masse d'œufs étaient plus prononcées pour les estimations de l'abondance des géniteurs associées au recrutement maximal, qui était estimé en moyenne à environ 18 % de plus au cours des dernières années (2009-2019) que dans les années 1980, et qui était également légèrement plus élevé lorsque l'on considérait la masse totale d'œufs (23 %) comme unité de production reproductive au lieu du nombre total d'œufs.

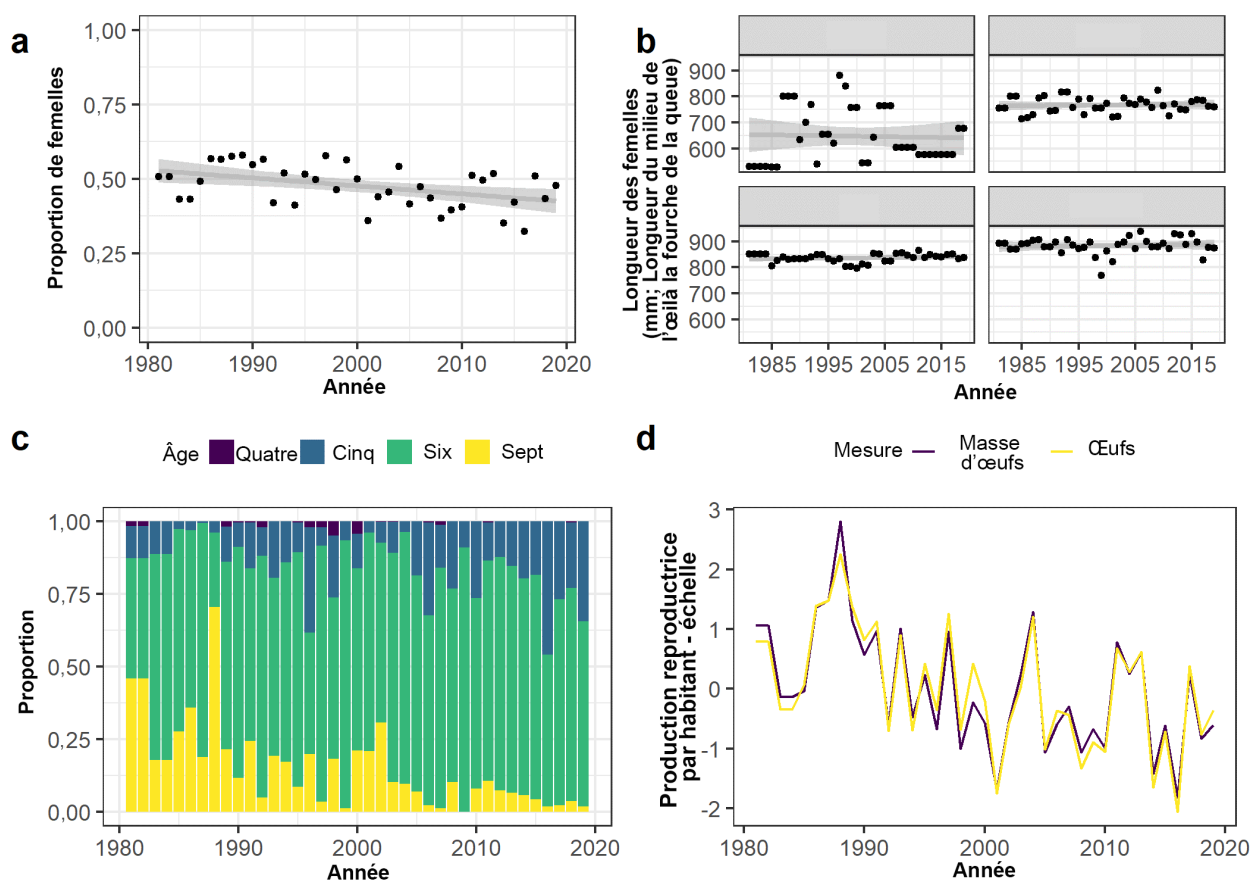


Figure 5. Composition selon l'âge, le sexe et la taille du saumon chinook femelle dans le temps et répercussions sur l'efficacité de la reproduction. (a) Proportion de saumons chinooks en montaison qui sont des femelles. (b) Longueur moyenne des femelles (longueur du milieu de l'œil à la fourche de la queue) selon l'âge. (c) Proportion de femelles retournant frayer à l'âge de 4 à 7 ans. (d) Production reproductrice totale où la masse d'œufs et les œufs selon l'âge, le sexe, l'information sur la longueur des graphiques a à c, les relations longueur-fécondité/masse œufs et les estimations de l'échappée de géniteurs totale du modèle Reconstitution de la remonte (RR) – Analyse du recrutement des géniteurs du cas de base. Les années sans données ont été remplies avec les mêmes valeurs que la prochaine année avec données. Note : les individus d'âges 3 et 8 ont été combinés avec les individus d'âges 4 et 7, respectivement, et les longueurs des femelles d'âge 4 sont basées sur des échantillons de très petite taille pour la plupart des années et doivent donc être interprétées avec prudence. Cependant, étant donné que les femelles d'âge 4 représentent une faible proportion de la population reproductrice (tableau c), ces estimations ont peu d'influence sur les séries chronologiques de la production reproductrice.

### Analyses de sensibilité

Des analyses de sensibilité ont été réalisées pour étudier l'influence de divers ensembles de données et hypothèses de modèles. Les correspondances avec les données de capture et de composition selon l'âge dans le cours inférieur de la rivière, ainsi que les estimations du  $S_{RMD}$  et du  $S_{MSR}$ , étaient modérément sensibles par rapport aux hypothèses sur la pondération des données de composition selon l'âge. Les correspondances avec les données de composition des stocks et les estimations du  $S_{RMD}$  et du  $S_{MSR}$  étaient robustes par rapport aux hypothèses de pondération des données de composition des stocks. Supprimer les mesures observées et supposées de l'incertitude de l'indice dans la reconstitution de la remonte et permettre aux

termes de variance ajoutée estimés par le modèle d'être la seule mesure de l'incertitude de l'indice a eu peu d'effets sur les estimations de l'effectif de la remonte au Canada. La forme estimée de la relation stock-recrutement sous-jacente était nettement différente entre les formulations des modèles de Ricker et de Beverton-Holt, la version de Beverton-Holt estimant une augmentation beaucoup plus rapide du recrutement aux faibles abondances de géniteurs. Cela a donné lieu à des estimations substantiellement plus basses de l'abondance des géniteurs nécessaires pour produire un rendement maximal durable, par rapport au modèle de Ricker.

### Sources d'incertitude

- Les incertitudes dans les points de repère estimés découlent, en partie, des difficultés à évaluer avec précision la taille totale de la remonte, la capture et l'échappée pour l'ensemble des stocks canadiens. Ces difficultés comprennent les biais potentiels découlant des éléments suivants : prises accessoires dans les pêches marines, contributions des écloseries, contributions d'autres stocks canadiens (rivière Porcupine), incertitude quant aux captures américaines et canadiennes, mortalité en route non comptabilisée et mortalité avant la fraie (tableau 1).
- Les incertitudes supplémentaires comprennent la forme structurelle de la relation supposée entre la fraie et le recrutement et l'échelle spatiale à laquelle les processus tels que la dépendance à la densité se produisent, ce qui peut influencer l'estimation des repères biologiques.
- Les principales incertitudes liées à la pertinence des repères en matière de gestion comprennent les risques biologiques des objectifs d'échappées globales pour les populations individuelles composant l'ensemble des stocks canadiens, les changements d'origine climatique (p. ex., la température, le moment des crues nivales, la couverture de glace de mer, les maladies, les changements de régime) et la démographie évolutive dans le temps qui pourraient faire en sorte que le passé ne soit plus un bon prédicteur de l'avenir.

*Tableau 2. Biais connus ou potentiels dans les ensembles de données utilisés pour estimer les repères biologiques du saumon chinook du fleuve Yukon d'origine canadienne et leurs conséquences potentielles. Les conséquences des biais individuels pour les estimations du  $S_{RMD}$  et du  $S_{MSR}$  ont été quantifiées par le biais d'analyses de sensibilité utilisant une reconstitution de la remonte dérivée des estimations médianes postérieures de la capture, de l'échappée et de la composition selon l'âge provenant du modèle intégré.*

BIAIS CONNU OU POTENTIEL	CONSÉQUENCES POSSIBLES POUR LES POINTS DE REPÈRE BIOLOGIQUES <sup>1</sup>
Prises accessoires non comptabilisées dans les activités de pêche en mer, entraînant une sous-estimation de la taille totale de la remonte.	Une sous-estimation de 5 % de l'abondance totale de la remonte entraîne une sous-estimation d'environ 2 % du $S_{RMD}$ et aucun changement dans le $S_{MSR}$ .
Contributions non comptabilisées des écloseries, entraînant une surestimation de la taille de la remonte.	Une surestimation de 3 % de l'abondance de la remonte entraîne une surestimation d'environ 3 % du $S_{RMD}$ et du $S_{MSR}$ .

BIAIS CONNU OU POTENTIEL	CONSÉQUENCES POSSIBLES POUR LES POINTS DE REPÈRE BIOLOGIQUES <sup>1</sup>
Contribution non comptabilisée du saumon chinook de la rivière Porcupine aux estimations de la capture du stock canadien aux États-Unis, entraînant une surestimation de la capture.	Une surestimation de 7 % de la capture du stock canadien aux États-Unis entraîne une sous-estimation d'environ 3 % du $S_{RMD}$ et aucun changement du $S_{MSR}$ .
Surestimation de la capture du stock canadien dans le district 5 des États-Unis	Une surestimation de 10 % de la capture du stock canadien entraîne une sous-estimation d'environ 3 % du $S_{RMD}$ et aucun changement dans le $S_{MSR}$ .
Mortalité en cours de route et avant la fraie non comptabilisée au Canada, entraînant une surestimation de l'échappée de géniteurs.	Une surestimation de 15 % des échappées du stock canadien entraîne une surestimation d'environ 6 % du $S_{RMD}$ et de 10 % du $S_{MSR}$ .

<sup>1</sup> Les pourcentages de sous-estimation et de surestimation dans ce tableau sont considérés comme des limites supérieures (c.-à-d. les pires scénarios) qui, dans la plupart des cas, sont supérieures à l'ampleur probable du biais.

## CONCLUSIONS

- Les cinq objectifs du cadre de référence ont été atteints.
- Les points de repère biologiques couramment utilisés et les incertitudes ont été estimés à partir d'une reconstitution intégrée de la remonte et d'un modèle géniteur-recrutement ajusté aux données de 1981-2019, provenant de divers projets d'évaluation qui évaluent l'abondance en rivière, les captures, les échappées dans les affluents, les proportions de stocks et la composition selon l'âge.
- La taille du stock à l'équilibre ( $S_{EQ}$ ) a été estimée à 111 131 (intervalle de crédibilité à 95 % et médiane a posteriori de 81 595 à 252 704), l'abondance des géniteurs prévue pour maximiser le rendement durable à long terme ( $S_{RMD}$ ) a été estimée à 43 364 (29 764 à 97 664) et l'abondance des géniteurs prévue pour maximiser le recrutement ( $S_{MSR}$ ) a été estimée à 70 834 (40 638-192 642). Le  $S_{Gen}$  n'a pas été estimé pour le complexe de stocks, car il n'est pertinent qu'à l'échelle des populations. Les inférences sur le rendement et le recrutement attendus pour une future plage d'échappées de géniteurs ainsi que les profils de probabilité ont été estimés pour éclairer les décisions de gestion à venir (figure 4).
- Ces analyses fournissent une base quantitative sur laquelle on peut s'appuyer pour élaborer une recommandation d'objectif d'échappée global pour le stock canadien, mais elles n'en prescrivent pas. Les principales considérations lors de l'élaboration d'un objectif d'échappée comprennent la définition de ses objectifs et du contexte décisionnel, l'identification de l'ampleur du risque acceptable de ne pas atteindre les objectifs fixés, et l'identification des principales incertitudes et des compromis pour aider à fonder le degré de précaution à prendre lors de l'établissement d'un objectif d'échappée face à une information imparfaite.

- L'âge à maturité des saumons chinooks femelles et, dans une moindre mesure, la proportion de femelles dans la population de géniteurs, ont diminué au fil du temps (figure 5). Puisque le rendement reproductif attendu par géniteur est une fonction de ces quantités, on a estimé que la prise en compte de ces caractéristiques provoquait une augmentation moyenne de l'abondance de géniteurs prévue pour optimiser le rendement ( $S_{RMD}$ ) ou le recrutement ( $S_{MSR}$ ) pouvant aller jusqu'à 14 % et 22 %, respectivement, au cours des dernières années par rapport aux résultats de base. Dans un domaine de recherche émergent, ces résultats représentent une première tentative de prendre en compte les changements démographiques dans le temps pour complexe de stocks et ont été identifiés comme un axe de travail futur.
- Ces analyses fournissent une base quantitative sur laquelle on peut s'appuyer pour élaborer une recommandation d'objectif d'échappée global pour le stock canadien, mais elles n'en prescrivent pas. Les principales considérations lors de l'élaboration d'un objectif d'échappée comprennent la définition du contexte décisionnel et des objectifs de l'objectif d'échappée, l'identification de l'ampleur du risque acceptable de ne pas atteindre les objectifs fixés, et l'identification des principales incertitudes et des compromis pour aider à fonder le degré de précaution à prendre lors de l'établissement d'un objectif d'échappée face à une information imparfaite.
- Ces travaux bilatéraux entre les États-Unis et le Canada fournissent une nouvelle base d'information qui devrait rapporter des dividendes et contribuer à un large éventail d'applications de recherche et de gestion qui ne seraient pas possibles autrement. Le rapport d'examen des données représente plusieurs centaines d'heures de collaboration pour assembler un « guichet unique » d'informations sur l'abondance du saumon chinook du fleuve Yukon. La composante du modèle de reconstitution de la remonte de ce projet a produit des estimations de la remonte totale, de la capture et de l'échappée qui n'étaient pas disponibles auparavant pour les trois principaux groupes de stocks de saumons chinooks du fleuve Yukon.
- Les analyses présentées dans le document de travail ont bénéficié d'une riche diversité de données d'évaluation à long terme provenant de l'ensemble du bassin du fleuve Yukon, sans lesquelles il serait impossible d'estimer les repères biologiques. Cependant, plusieurs incertitudes (p. ex., la mortalité en route au Canada) n'ont pu être résolues en raison du manque de données d'évaluation à long terme et contemporaines dans les affluents du Canada. Ce manque de données souligne l'importance de réfléchir soigneusement aux possibilités d'améliorer les futures évaluations du saumon chinook dans les affluents du Canada.
- Les principales recommandations pour les travaux futurs comprennent : les conséquences des changements dans la qualité des échappées, la prise en compte des risques biologiques pour les populations individuelles, l'évaluation des stratégies de gestion pour évaluer la capacité d'autres stratégies à atteindre un large éventail d'objectifs dans le système, et la recherche sur les facteurs et l'ampleur de la mortalité en route et leurs conséquences pour les avis de gestion.

**LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION**

Nom	Prénom	Organisme d'appartenance
Anderson	Erika	Pêches et Océans Canada – Direction des sciences
Bradford	Mike	Pêches et Océans Canada – Direction des sciences
Bradley	Catherine	US Fish and Wildlife Service
Brazil	Charles	Alaska Department of Fish and Game
Campbell	Jill	Pêches et Océans Canada, Centre des avis scientifiques du Pacifique
Catalano	Matt	Auburn University, Alabama (États-Unis)
Christensen	Lisa	Pêches et Océans Canada, Centre des avis scientifiques du Pacifique
Connors	Brendan	Pêches et Océans Canada – Direction des sciences
Cunningham	Curry	Université de l'Alaska, Fairbanks
Hamazaki	Toshihide (Hamachan)	Alaska Department of Fish and Game
Harding	Joel	Pêches et Océans Canada – Direction des sciences
Holt	Carrie	Pêches et Océans Canada – Direction des sciences
Jones	Mike	Conseil des Premières Nations du Yukon
Lea	Ellen	Pêches et Océans Canada, Gestion des pêches
Lee	Elizabeth	Alaska Department of Fish and Game
Liller	Zachary	Alaska Department of Fish and Game
MacDonald	Elizabeth (BJ)	Yukon First Nations Salmon Stewardship Alliance
Mather	Vesta	Fondation du saumon du Pacifique
Murphy	Jim	National Oceanic Atmospheric Administration
Pestal	Gottfried	Expert-conseil indépendant
Pfisterer	Carl	Alaska Department of Fish and Game
Savereide	James	Alaska Department of Fish and Game
Smith	Steve	Pêches et Océans Canada, Gestion des pêches
Staton	Ben	Expert-conseil indépendant
Toews	Don	Premières Nations de Selkirk
West	Fred	Alaska Department of Fish and Game

**SOURCES DE RENSEIGNEMENTS**

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs régional du 18 au 20 janvier 2022 sur les Estimations de points de référence biologiques pour le stock de saumon chinook du cours principal du fleuve Yukon d'origine canadienne. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

Fleischman, S.J., Catalano, M.J., Clark, R.A., and Bernard, D.R. 2013. [An age-structured state-space stock–recruit model for Pacific salmon \(\*Oncorhynchus spp.\*\)](#). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 70(3): 401–414.

- 
- Hamazaki, T. 2021. [Stock-specific run and escapement of Yukon River Chinook salmon 1981–2019](#). Alaska Department of Fish and Game, Fishery Data Series No. 21-15, Anchorage.
- JTC. (Joint Technical Committee of the Yukon River U.S./Canada Panel). 1987. [Yukon River Technical Report, April 1987](#). U.S./Canada Yukon River Joint Technical Committee, Joint Technical Report.
- JTC (Joint Technical Committee of the Yukon River U.S./Canada Panel). 2021. [Yukon River salmon 2020 season summary and 2021 season outlook](#). Alaska Department of Fish and Game, Division of Commercial Fisheries, Regional Information Report 3A21-01, Anchorage.
- Pestal, G., Mather, V., West, F., Liller, Z., and Smith, S. (In press). Review of available abundance, age, and stock composition data useful for reconstructing historical stock specific runs, harvest, and escapement of Yukon River Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*), 1981-2019. Fisheries and Oceans Canada Technical Report.

## CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)  
Région du Pacifique  
Pêches et Océans Canada  
3190, chemin Hammond Bay  
Nanaimo (C.-B.) V9T 6N7

Courriel : [csap@dfo-mpo.gc.ca](mailto:csap@dfo-mpo.gc.ca)

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

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-42755-3 Cat No. Fs70-6/2022-0007F-PDF

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2022



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2022. Estimations de points de références biologiques pour le stock de saumon chinook du cours principal du fleuve Yukon d'origine canadienne. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2022/007.

*Also available in English:*

DFO. 2022. *Estimates of Biological Benchmarks for the Canadian-Origin Yukon River Mainstem Chinook Salmon Stock Aggregate*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2022/007.