



ÉVALUATION DU RISQUE POSÉ À L'ABONDANCE ET AU CARACTÈRE GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS SAUVAGES DE SAUMON ATLANTIQUE PAR L'INTERACTION GÉNÉTIQUE DIRECTE AVEC LES SAUMONS ATLANTIQUES S'ÉCHAPPANT DES FERMES D'ÉLEVAGE DE LA CÔTE EST



Figure 1. Image aérienne d'une installation d'aquaculture de poissons à nageoires du Canada atlantique. (Photo : Émilie Simard, MPO)

Contexte :

Pêches et Océans Canada (MPO) réalise des évaluations des risques environnementaux pour appuyer la prise de décision scientifique en matière d'activité aquacole. L'Initiative des sciences de l'aquaculture pour l'évaluation des risques environnementaux a été mise en œuvre pour évaluer le risque des activités aquacoles pour le poisson sauvage et l'environnement. Les risques associés aux facteurs de perturbation de l'environnement validés dans l'avis scientifique sur les séquences d'effets liés à l'aquaculture des poissons, des mollusques et des crustacés (MPO 2010) seront évalués conformément au Cadre d'évaluation des risques environnementaux dans le domaine de l'aquaculture, pour garantir un processus systématique, cohérent et transparent.

La Direction de l'aquaculture du MPO a demandé un avis scientifique sur le risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique (*Salmo salar*) par l'interaction génétique directe avec les saumons atlantiques d'élevage fugitifs. Cette demande soutient le rôle du MPO dans la gestion durable des pêches et de l'aquaculture ainsi que dans la protection du poisson et de son habitat.

Le présent avis scientifique résume la réunion d'examen national par les pairs tenue du 6 au 9 juin 2023 sur l'évaluation du risque posé à l'abondance et à la diversité des populations sauvages de saumon atlantique par l'interaction génétique directe avec les échappées de l'aquaculture du saumon

atlantique de la côte Est. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques du MPO](#).

SOMMAIRE

- Les interactions génétiques directes, qui découlent du croisement entre les saumons atlantiques sauvages ainsi que les saumons atlantiques d'élevage fugitifs et leur progéniture, posent un risque pour l'intégrité génétique et l'abondance (valeur adaptative) des populations sauvages de saumon atlantique.
- Le risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique par l'interaction génétique directe avec les saumons atlantiques d'élevage fugitifs a été évalué selon trois étapes principales : une évaluation de la probabilité, une évaluation des conséquences et une estimation du risque.
- Le risque a été évalué pour les populations sauvages de saumon dans les six unités désignables (UD) du Canada atlantique, à proximité de fermes d'élevage du saumon atlantique en parcs en filet. Ces populations ont été évaluées en 2010 par le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) aux fins de recommandation de leur inscription en tant qu'espèces menacées ou en voie de disparition selon la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) du Canada. La population de saumon atlantique dans l'UD de l'intérieur de la baie de Fundy est inscrite comme espèce menacée depuis 2003.
- De nombreuses approches analytiques examinées par les pairs et des sources de données nationales et internationales ont été utilisées pour l'évaluation du risque. Parmi celles-ci, notons l'utilisation des modèles de population et de dispersion accessibles, des rapports d'évasion produits par l'industrie, des détections de fugitifs au moyen de la surveillance en rivière ou de l'échantillonnage opportuniste, et des résultats du dépistage génétique pour le croisement.
- L'évaluation de la probabilité a été divisée en trois étapes : évaluations de la probabilité d'évasion (présence de fugitifs), de la probabilité d'exposition (entrée en eau douce) et de la probabilité de croisement. Les résultats ont ensuite été combinés pour déterminer la probabilité globale. Pour chaque étape, il a été présumé que les pratiques de gestion sont restées les mêmes de 2011 à 2021 et que les niveaux de production utilisés dans les modèles correspondaient aux registres de transfert ou aux niveaux maximaux acceptables, en reconnaissant que les niveaux de production maximaux acceptables n'ont pas été atteints et que les tailles des populations sauvages ont probablement été surestimées.
- L'évaluation des conséquences a établi les répercussions possibles sur l'abondance et le caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique, selon le nombre estimé de saumons atlantiques fugitifs qui ont pénétré dans les cours d'eau et qui se sont reproduits avec des saumons atlantiques sauvages.
- Le risque posé à l'abondance au regard des taux d'évasion modélisés était **faible** pour les UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (est), de l'intérieur de la baie de Fundy et du sud de Terre-Neuve (est), de **faible à élevé** pour les UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest) et du sud de Terre-Neuve (ouest), et de **moyen à élevé** pour l'UD de l'extérieur de la baie de Fundy.
- Le risque posé au caractère génétique au regard des taux d'évasion modélisés était **faible** pour les UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (est) et du sud de Terre-Neuve (est), **moyen** pour l'UD de l'intérieur de la baie de Fundy, de **moyen à élevé** pour l'UD des

hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest), et **élevé** pour les UD de l'extérieur de la baie de Fundy et du sud de Terre-Neuve (ouest).

- Parmi les variables de modèle, la proximité et l'intensité des opérations aquacoles, la diminution de la taille de la population sauvage de saumon et la détérioration de l'état de conservation ont augmenté le niveau de risque lié aux interactions génétiques directes, alors que l'élevage de poissons stériles a diminué ce risque.
- D'après la documentation examinée par les pairs et les données accessibles, la certitude à chaque étape de l'évaluation de la probabilité et des conséquences allait de **certitude élevée à certitude raisonnable**.
- Les résultats et les conclusions de cette analyse correspondaient généralement aux observations dans d'autres régions de l'Atlantique Nord.
- En vue d'évaluer le niveau d'atténuation nécessaire à la réduction du risque, on a utilisé des simulations pour estimer les effets de la réduction du nombre de fugitifs pour le niveau de production supposé ici. En général, lorsque le risque a été évalué comme **élevé**, les simulations estimaient qu'une réduction d'au moins 50 % du nombre de fugitifs était nécessaire pour réduire le risque à **faible**.
- Les conclusions de cette évaluation du risque doivent être régulièrement examinées et révisées à mesure que de nouveaux renseignements pertinents deviennent accessibles, comme des changements dans les pratiques de l'industrie, les niveaux de production, les taux d'évasion ou les tailles des populations sauvages.
- D'autres études de recherche et d'autres activités de surveillance sont nécessaires pour améliorer l'exactitude des modèles et en valider les hypothèses et les résultats.
- Un survol des mesures d'atténuation potentielles a permis de conclure que l'élimination de toutes les erreurs humaines et de toutes les défaillances d'équipement associées aux évasions de saumon atlantique des parcs en filet n'est pas réaliste. Ainsi, aucune mesure unique n'éliminera le risque, mais les effets cumulatifs de nombreuses mesures contribueront à une réduction efficace des évasions et du risque.
- Des technologies telles que les parcs clos ou des populations entièrement stériles élimineraient les interactions génétiques directes entre les saumons atlantiques sauvages et d'élevage, mais l'utilité de ces approches n'a pas été largement démontrée et évaluée.
- La démonstration de l'efficacité des mesures d'atténuation mises en œuvre exigera que les experts évaluent les résultats de programmes de surveillance complets.

INTRODUCTION

Le saumon atlantique, *Salmo salar*, est un salmonidé anadrome présent dans l'ensemble de l'Atlantique Nord et dont le cycle vital est très variable (Garcia de Leaniz *et al.* 2007), y compris différents modèles de reproduction et de migration, même au sein des populations. Les différences dans la structure génétique et la diversité des populations sauvages de saumon atlantique se produisent à diverses échelles spatiales, notamment dans l'océan Atlantique (p. ex., King *et al.* 2001; Lehnert *et al.* 2019; Bradbury *et al.* 2022), entre les régions et les cours d'eau (p. ex., Moore *et al.* 2014; Bradbury *et al.* 2018; Jeffery *et al.* 2018) et dans les grands réseaux fluviaux (p. ex., Primer *et al.* 2006; Aykanat *et al.* 2015) de leur aire de répartition indigène. Ces différences découlent de la grande fidélité de l'espèce à son cours d'eau natal et

de son degré élevé d'adaptation locale à son cours d'eau natal sur un large éventail de latitudes et de températures.

Depuis 1985, le nombre de saumons atlantiques sauvages adultes qui reviennent dans de nombreux cours d'eau se déversant dans l'Atlantique Nord a diminué de façon significative et nous avons assisté à un déclin, voire à un effondrement des stocks (Dadswell *et al.* 2022). La *Politique de conservation du saumon atlantique sauvage du Canada* de Pêches et Océans Canada (MPO) considère le saumon atlantique comme « sauvage » s'il a passé son cycle biologique complet dans la nature et si ses géniteurs proviennent également d'une fraie naturelle et ont passé leur cycle biologique entier dans la nature (MPO 2018). De nombreuses populations canadiennes de saumon atlantique se situent à des niveaux dangereusement bas à l'heure actuelle et sont considérées comme « menacées » ou « en voie de disparition » par le COSEPAC, ou sont inscrites à l'annexe 1 de la *Loi sur les espèces en péril du Canada* (LEP). Au cours de cette période, l'aquaculture du saumon atlantique s'est étendue partout au Canada atlantique. Les saumons atlantiques d'élevage fugitifs et leurs effets sur l'abondance et le caractère génétique des populations sauvages font partie de divers facteurs contribuant à ce déclin (Glover *et al.* 2017). L'aquaculture a été reconnue comme une menace pour les populations sauvages de saumon atlantique dans toutes les régions où il y a des activités aquacoles (Glover *et al.* 2017; Bradbury *et al.* 2020b; Glover *et al.* 2020; Gilbey 2021).

Les interactions génétiques entre les saumons sauvages et d'élevage peuvent impliquer un croisement (p. ex., les interactions génétiques directes) ou être de nature écologique (p. ex., les interactions génétiques indirectes). Il a été démontré à maintes reprises que les interactions génétiques directes, qui font référence au croisement entre des saumons atlantiques sauvages ainsi que des saumons atlantiques d'élevage fugitifs et leur progéniture, ont modifié génétiquement les populations sauvages, nuï à l'adaptation locale et provoqué un déclin des populations. Dans certains cas étudiés, une grande partie des individus présents dans des cours d'eau peuvent être des saumons atlantiques d'élevage fugitifs (p. ex., Karlsson *et al.* 2016; Wringe *et al.* 2018; McGinnity *et al.* 2003; Castellani *et al.* 2018), mais on a observé une variabilité dans les taux de croisement entre les saumons sauvages et d'élevage entre les régions et entre les cours d'eau d'une même région (p. ex., Glover *et al.* 2013; Karlsson *et al.* 2016; Glover *et al.* 2019; Diserud *et al.* 2022). Cette observation laisse entendre que les répercussions sur l'abondance ou le caractère génétique sont liées au cours d'eau ou à la population et que les interactions ne peuvent pas toutes être responsables de telles répercussions (Castellani *et al.* 2018). Néanmoins, des facteurs, comme la proximité et l'intensité de l'aquaculture ainsi que la taille de la population sauvage, sont prédictifs de l'abondance des fugitifs et de l'interaction entre les saumons sauvages et les saumons d'élevage fugitifs, ce qui permet de prédire les effets à l'aide de modèles (Heino *et al.* 2015; Mahlum *et al.* 2020; Diserud *et al.* 2022).

Ces interactions directes suscitent des inquiétudes quant à la santé et à la durabilité des populations sauvages de saumon atlantique, surtout celles de petite taille. Les interactions génétiques indirectes, qui font référence aux interactions écologiques sans croisement entre les saumons d'élevage et sauvages (p. ex., les maladies, les parasites, la prédation et la concurrence), sont aussi importantes et peuvent avoir des effets semblables aux interactions génétiques directes sur les populations sauvages. Cela dit, cette évaluation ne tient compte que des interactions génétiques directes. Une compréhension intégrée des interactions génétiques directes et indirectes nécessitera une étude plus approfondie (Bradbury *et al.* 2020a).

Dans les trois provinces de l'Atlantique où le saumon atlantique est élevé dans des eaux côtières (Terre-Neuve-et-Labrador, Nouvelle-Écosse et Nouveau-Brunswick), chaque province

est le principal organisme de réglementation des activités aquacoles. Cependant, la gestion durable des pêches et de l'aquaculture, ainsi que la protection du poisson et de son habitat, font partie du mandat du MPO. Ce dernier fournit des avis aux provinces concernant la création ou l'expansion des sites aquacoles, et partage avec elles la responsabilité de délivrer des permis pour l'introduction et le transfert de poissons dans les enclos d'élevage.

Pour appuyer ce rôle, la Direction de l'aquaculture du MPO souhaite obtenir un avis scientifique examiné par les pairs sur le risque que posent les saumons atlantiques d'élevage fugitifs pour l'abondance et le caractère génétique des saumons atlantiques sauvages par des interactions génétiques directes.

Cette évaluation du risque a été effectuée dans le cadre de l'Initiative des sciences de l'aquaculture pour l'évaluation des risques environnementaux du MPO, mise en œuvre comme une approche structurée visant à fournir des avis scientifiques axés sur le risque pour appuyer l'aquaculture durable au Canada. Les évaluations du risque menées dans le cadre de cette initiative respectent le Cadre d'évaluation des risques environnementaux dans le domaine de l'aquaculture qui est adapté des cadres internationaux et nationaux d'évaluation du risque (GESAMP 2008; ISO 2009; Mandrak *et al.* 2012). Des renseignements sur l'Initiative et le Cadre sont accessibles sur la [page Web](#) de l'Initiative des sciences de l'aquaculture pour l'évaluation des risques environnementaux du MPO. Les évaluations du risque menées dans le cadre de l'Initiative n'incluent pas les considérations socioéconomiques.

Le présent avis scientifique résume l'avis consensuel sur le risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique par l'interaction génétique directe avec les saumons atlantiques s'échappant des sites aquacoles marins de la côte est. L'avis comprend aussi la caractérisation des sources d'incertitude et une évaluation des options d'atténuation potentielles visant à réduire le risque.

L'information et les connaissances scientifiques actuelles sur les interactions génétiques directes entre les saumons atlantiques sauvages et d'élevage et l'évaluation du risque ont été présentées dans les documents ci-dessous :

- Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique par l'interaction génétique directe avec les saumons atlantiques s'échappant des sites aquacoles de la côte est (Coulson *et al.* sous presse).
- Des options d'atténuation pour réduire le risque d'interaction génétique directe entre les saumons atlantiques sauvages et les saumons d'élevage fugitifs au Canada atlantique (Coulson *et al.* sous presse).

ANALYSE

Unités d'évaluation

Le risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique au Canada atlantique par des interactions génétiques directes avec les saumons atlantiques s'échappant des fermes d'élevage a été évalué pour les populations sauvages dans les six unités désignables (UD) définies sur le plan biologique au Canada atlantique, à proximité de fermes d'élevage du saumon atlantique en parcs en filet (figure 2). Le COSEPAC définit les UD sur la base de deux critères : elles doivent représenter des unités distinctes et importantes du point de vue de l'évolution de l'espèce. Deux de ces UD se trouvent sur la côte sud de Terre-Neuve-et-Labrador et les quatre autres dans des provinces maritimes, soit en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick. Le COSEPAC a évalué ces populations en 2010 aux fins de recommandation de leur inscription en tant qu'espèces menacées ou en voie de disparition selon la LEP du Canada. L'UD de saumon atlantique de l'intérieur de la baie de Fundy est inscrite comme espèce menacée depuis 2003.

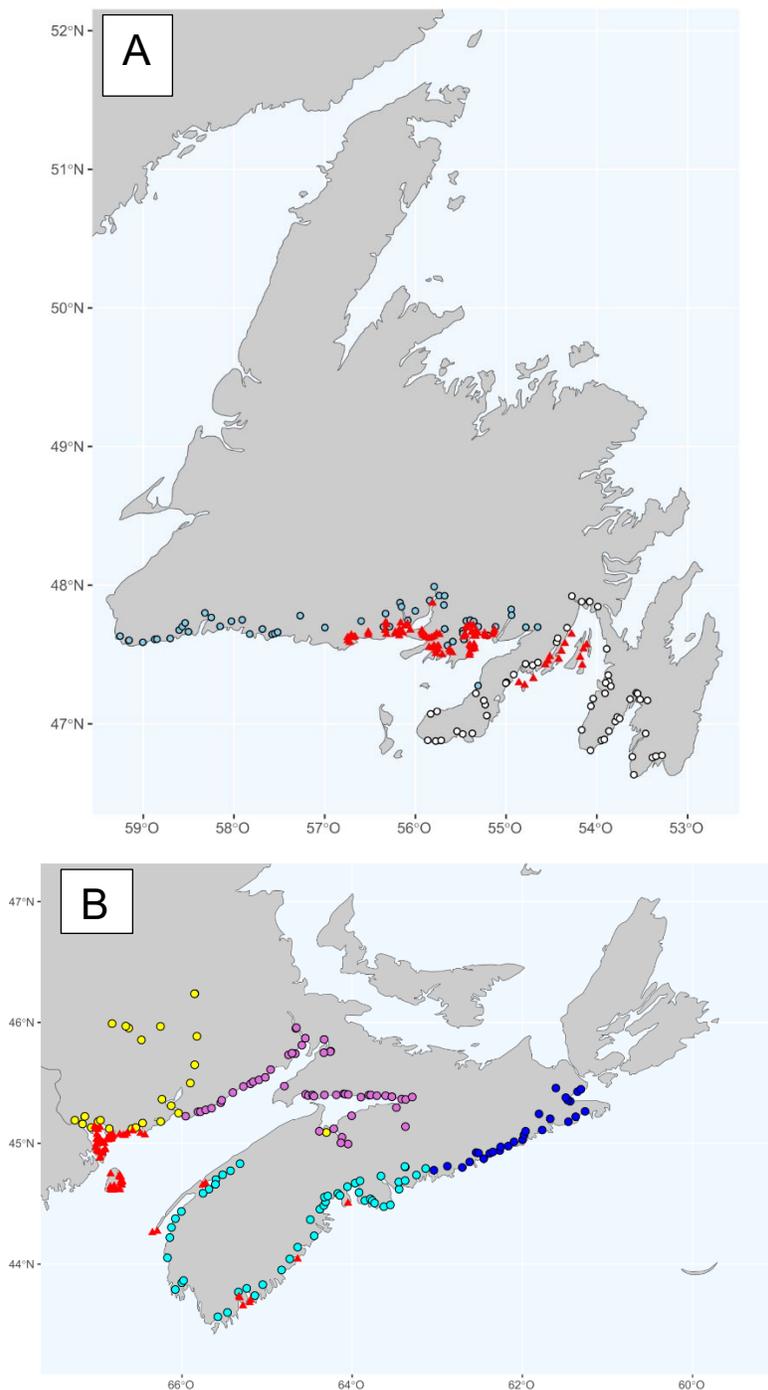


Figure 2. Cartes de A) l'île de Terre-Neuve et B) des provinces maritimes du Canada montrant les emplacements des sites approuvés pour l'élevage du saumon atlantique (rouge) et l'emplacement des embouchures des rivières où le saumon atlantique est présent dans les six unités désignables (UD) évaluées lors de l'évaluation du risque (Terre-Neuve-et-Labrador : UD 4A = blanc, UD 4B = bleu clair; Nouvelle-Écosse : UD 14A = bleu foncé, UD 14B = cyan; Nouvelle-Écosse/Nouveau-Brunswick : UD 15 = violet, et Nouveau-Brunswick : UD 16 = jaune).

Sources de données

De nombreuses approches analytiques examinées par les pairs et des sources de données nationales et internationales ont été utilisées pour l'évaluation du risque. Parmi celles-ci, notons l'utilisation des modèles de population et de dispersion accessibles, des rapports sur les évasions produits par l'industrie, des détections de fugitifs au moyen de la surveillance en rivière ou de l'échantillonnage opportuniste, et des résultats du dépistage génétique pour le croisement entre les saumons atlantiques d'élevage et sauvages.

La modélisation a utilisé deux approches publiées qui ont déjà été utilisées pour évaluer les interactions génétiques directes entre les saumons atlantiques sauvages et d'élevage. La première était un modèle écogénétique du saumon fondé sur les individus (Castellani *et al.* 2015), qui estime les changements dans l'abondance et le caractère génétique en réponse à différents nombres de fugitifs pénétrant dans les cours d'eau où il y a des saumons sauvages. Ce modèle a systématiquement prédit les répercussions sur l'abondance et le caractère génétique du saumon lorsque la proportion des fugitifs dans un cours d'eau est égale ou supérieure à 10 % du nombre total de saumons dans ce cours d'eau (Castellani *et al.* 2015, 2018; Sylvester *et al.* 2019; Bradbury *et al.* 2020b). La Norvège (Taranger *et al.* 2015; Glover *et al.* 2020) et l'Islande (MFRI 2020) utilisent régulièrement ce seuil dans le cadre de leurs évaluations du risque et de leurs mesures d'atténuation.

La deuxième était un modèle de dispersion (Bradbury *et al.* 2020b) qui intègre les données sur les niveaux locaux de production aquacole, les taux d'évasion, la survie des fugitifs, le comportement et la dispersion, l'environnement ainsi que la taille des populations sauvages de saumon pour prédire la proportion de fugitifs (par rapport à la taille de la population sauvage) dans chaque cours d'eau. Le modèle de dispersion s'est avéré conforme aux détections de fugitifs et aux niveaux d'hybridation observés (Bradbury *et al.* 2020b). Ce modèle a été exécuté séparément pour chaque région (Terre-Neuve-et-Labrador et provinces maritimes) en utilisant les meilleures données accessibles, et les résultats ont été résumés pour chaque UD. Étant donné l'incertitude du taux réel d'évasion, l'évaluation a utilisé quatre valeurs différentes pour le taux d'évasion (0,1; 0,2; 0,4 et 0,8 fugitif/tonne de production). Ces valeurs sont conformes aux estimations des évasions signalées dans l'ensemble des territoires producteurs de saumons, y compris les taux calculés pour le Canada d'après les rapports de l'industrie et les renseignements accessibles sur la sous-déclaration des évasions (Skilbrei *et al.* 2015). Il convient de noter que le saumon d'élevage dans l'UD 4A (sud de Terre-Neuve [est]) est triploïde et donc stérile. Cela dit, la stérilité induite par la triploïdie n'est pas de 100 %, mais les résultats montrent que le taux de triploïdie est élevé et qu'un taux de 98 % ou plus devrait régulièrement être atteignable sur les échelles commerciales (Benfey 2016; Stien *et al.* 2019; Glover *et al.* 2020; MPO 2022). Nous avons donc utilisé un taux de réussite pour l'induction de la triploïdie de 98 % et, par conséquent, le modèle n'utilise que 2 % de la production pour estimer le nombre de fugitifs pouvant contribuer à des interactions génétiques directes (c'est-à-dire ceux qui peuvent se reproduire). Les évaluations ne sont donc fondées que sur les fugitifs provenant de 2 % de la production.

Évaluation du risque

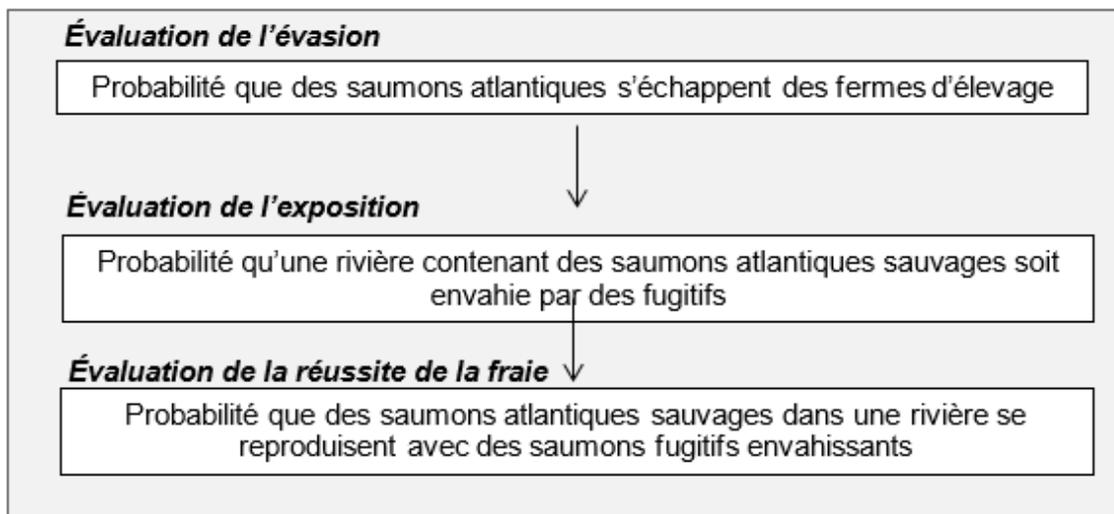
Pour cette évaluation, le risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique au Canada atlantique par une interaction génétique directe avec des saumons atlantiques s'étant évadés des enclos en filet en milieu marin a été évalué en trois étapes : une évaluation de la probabilité, une évaluation des conséquences et une estimation du risque (figure 3).

L'évaluation de la probabilité a été effectuée en trois sous-étapes : l'évaluation de la probabilité d'évasion (présence de fugitifs), d'exposition (entrée dans une rivière) et de croisement. Nous avons ensuite combiné les résultats pour déterminer la probabilité globale. Étant donné que chaque étape d'évaluation de la probabilité dépend de l'étape précédente, la catégorie de probabilité la plus faible des trois définit la probabilité globale. Chaque étape reposait sur les données et l'information accessibles de 2011 à 2021 relativement aux évasions, et les niveaux de production utilisés dans les modèles suivaient soit les dossiers de transfert lorsqu'ils étaient disponibles (Nouvelle-Écosse et Nouveau-Brunswick), soit les niveaux de production maximaux permis (Terre-Neuve-et-Labrador), en reconnaissant que ces niveaux

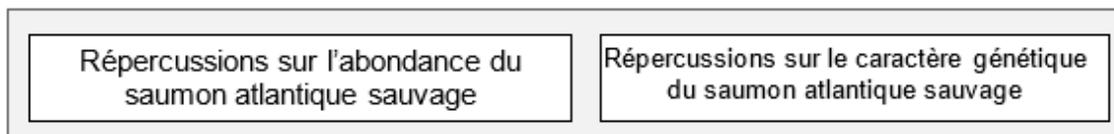
n'ont pas été atteints. La taille des populations sauvages a probablement été surestimée étant donné la comparaison directe avec les données de relevé, les évaluations des stocks et la preuve des baisses continues de plusieurs UD.

Des incertitudes sont signalées pour chaque étape des évaluations de la probabilité et des conséquences. L'incertitude comprend à la fois la variabilité naturelle, qui est fonction du système et qui n'est pas réductible au vu de mesures supplémentaires, et un manque de connaissances qui pourrait être réduit au vu de données supplémentaires ou de l'opinion d'experts (Vose 2008). Cette évaluation du risque ne combine pas les incertitudes des évaluations de la probabilité globale et des conséquences pour qu'elle mette l'accent sur l'incertitude associée à chaque étape. Le tableau 1 résume les cotes de probabilité et d'incertitude de chaque étape. Les critères associés aux cotes d'incertitude sont décrits à l'annexe I.

ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ



ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES



ESTIMATION DU RISQUE

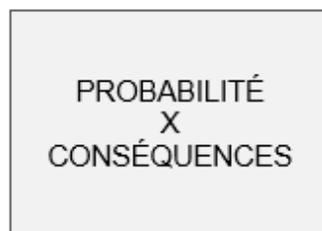


Figure 3. Modèle conceptuel utilisé pour évaluer les risques d'interactions génétiques directes entre les saumons atlantiques d'élevage fuyitifs et les saumons atlantiques sauvages au Canada atlantique.

Évaluation de la probabilité

Évaluation de l'évasion

L'évaluation de l'évasion a permis de déterminer la probabilité que des saumons atlantiques d'élevage s'échappent des parcs en filet dans les eaux marines de la région (Terre-Neuve-et-Labrador et provinces maritimes) au cours d'une année donnée. Cette étape s'est concentrée sur la fréquence annuelle des évasions et non sur leur nombre, que l'évaluation du risque prend d'ailleurs en compte. De 2011 à 2021, 29 évasions de saumon atlantique ont été signalées à l'Organisation pour la conservation du saumon atlantique Nord (NASCO; [rapports annuels de la NASCO](#)) pour les fermes d'élevage du saumon atlantique en milieu marin au Canada atlantique. Cependant, seulement dix d'entre elles ont été confirmées, faisant état d'un nombre estimé de fugitifs présumés. Les analyses antérieures de Morris et ses collaborateurs (2008) et de Keyser et ses collaborateurs (2018) ont résumé l'occurrence des fugitifs dans les rivières de l'ensemble du Canada atlantique dès les années 1980 et ont montré des preuves d'évasion grâce à la présence de fugitifs dans au moins une rivière au cours de toutes les années à l'étude à Terre-Neuve-et-Labrador ou dans les provinces maritimes. De plus, la surveillance de la rivière Magaguadavic (Nouveau-Brunswick) a révélé des signes d'évasion chaque année au cours de laquelle des données étaient accessibles. À Terre-Neuve-et-Labrador, la surveillance de la rivière Garnish combinée au dépistage génétique dans plusieurs rivières du sud-ouest de la province a montré des signes d'évasion chaque année durant laquelle les données ont été combinées. D'après les évasions signalées ainsi que le dépistage génétique et les preuves de la présence de fugitifs dans des rivières, l'analyse a conclu que la probabilité d'évasion à Terre-Neuve-et-Labrador et dans les provinces maritimes est extrêmement élevée. Cette conclusion a été faite avec une certitude élevée (tableau 1).

Évaluation de l'exposition

Étant donné que des saumons atlantiques s'échappent des enclos en filet en milieu marin de la région au cours d'une année donnée, l'évaluation de l'exposition s'est concentrée sur la probabilité que les fugitifs envahissent les rivières que fréquentent les saumons atlantiques sauvages dans une UD donnée. Cette étape de l'évaluation s'appuyait généralement sur les observations signalées dans Morris *et al.* (2008) et Keyser *et al.* (2018), et plus précisément sur l'utilisation du modèle de dispersion (Jóhannsson *et al.* 2017; Bradbury *et al.* 2020b), pour la prédiction du nombre de fugitifs qui entrent dans chaque rivière d'une UD. Le modèle tient compte des paramètres et des calculs des valeurs de production de chaque ferme d'élevage, du taux d'évasion, de la distance de dispersion, des estimations de la taille de la population sauvage propre à la rivière et d'autres paramètres clés. Pour tenir compte de l'incertitude quant au taux d'évasion des fermes d'élevage, on a utilisé quatre taux distincts (0,1; 0,2; 0,4 et 0,8 fugitif/tonne de production) tout au long de l'évaluation du risque. Les estimations de la probabilité allaient d'extrêmement improbable à très probable selon l'UD et le taux d'évasion utilisé. Ces conclusions ont été faites avec une certitude raisonnable (tableau 1).

Évaluation de la réussite de la fraie

Cette étape de l'évaluation de la probabilité a pris en compte les données sur l'hybridation génétique et l'introgression recueillies pendant huit relevés annuels de dépistage génétique chez des juvéniles à Terre-Neuve-et-Labrador ainsi que la documentation scientifique relative aux provinces maritimes et à d'autres territoires de compétence. Bien que cette étape suppose que des saumons d'élevage sont déjà présents dans une rivière, elle ne tient pas compte de la réussite de la reproduction, mais plutôt de la probabilité qu'ils frayent avec des saumons atlantiques sauvages. La modélisation (modèles IBSEM et de dispersion) a porté sur la

diminution de la capacité de reproduction des saumons d'élevage fugitifs dans le cadre de l'évaluation des conséquences. De nombreuses études font état de signes d'hybridation/introgression entre le saumon atlantique d'élevage fugitif et le saumon atlantique sauvage, y compris au Canada (p. ex., MPO 2018; Keyser *et al.* 2018; Sylvester *et al.* 2018; Wringe *et al.* 2018; Sylvester *et al.* 2019; Bradbury *et al.* 2020b; Bradbury *et al.* 2022; Holborn *et al.* 2022), en Irlande (Clifford *et al.* 1997, 1998), en Norvège (p. ex., Glover *et al.* 2012; Glover *et al.* 2013; Karlsson *et al.* 2016; Diserud *et al.* 2022) et en Écosse (p. ex., Gilbey 2021). Bien que la réussite de la reproduction de tout fugitif dans une rivière soit impossible à prédire, la détection fréquente de la progéniture de saumons atlantiques d'élevage fugitifs, alors qu'aucune évacion n'a été signalée, fait état de la capacité appréciable de survie et de reproduction des fugitifs, et laisse entendre que la présence ne serait-ce que d'un petit nombre de fugitifs expose les populations des rivières à des risques de répercussions génétiques directes (Wringe *et al.* 2018). En l'absence de tout obstacle physique qui pourrait avoir une incidence disproportionnée sur le saumon d'élevage ainsi que de tout obstacle biologique à la reproduction, comme la stérilité induite du saumon atlantique d'élevage, il n'existe aucune preuve voulant que les saumons atlantiques d'élevage fugitifs ne puissent pas se reproduire avec des saumons atlantiques sauvages. Malgré la réussite de la reproduction généralement inférieure des saumons d'élevage fugitifs par rapport à leurs congénères sauvages (examinée dans Glover *et al.* 2017), plusieurs études fournissent des preuves d'hybridation entre des saumons fugitifs et sauvages dans toutes les régions où l'élevage du saumon en milieu marin et des populations sauvages de saumon atlantique coexistent (Clifford *et al.* 1998; Glover *et al.* 2012; Karlsson *et al.* 2016; Glover *et al.* 2017; Wringe *et al.* 2018; Gilbey 2021) et les liens entre les évacions individuelles et les croisements (p. ex., Wringe *et al.* 2018). Par conséquent, l'analyse conclut que la probabilité d'une fraie réussie entre les saumons d'élevage fugitifs déjà présents dans une rivière et les saumons atlantiques sauvages au Canada atlantique est très probable, avec une certitude raisonnable (tableau 1).

Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique

Région de la capitale nationale

Tableau 1. Sommaire des cotes de probabilité (voir les définitions en bas de page) pour l'évaluation de la probabilité relative à chaque UD de saumon atlantique. Les évaluations de l'évasion et de la réussite de la fraie ont été prises en compte dans toute la zone géographique, tandis que l'exposition a été évaluée séparément à l'aide du modèle de dispersion pour chaque UD. Le niveau d'incertitude est indiqué pour chaque étape de l'évaluation de la probabilité (l'annexe I présente les critères associés aux niveaux d'incertitude).

Étape de l'évaluation de la probabilité	Unité d'évaluation (UD)					
	UD 4A	UD 4B	UD 14A	UD 14B	UD 15	UD 16
	Sud de Terre-Neuve (est)*	Sud de Terre-Neuve (ouest)	Hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (est)	Hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest)	Intérieur de la baie de Fundy	Extérieur de la baie de Fundy
Évaluation de l'évasion	Extrêmement probable (<i>Certitude élevée</i>)					
Évaluation de l'exposition	Très improbable – Probable	Probable – Très probable	Extrêmement improbable	Modérément probable – Probable	Très improbable	Probable
	(<i>Certitude raisonnable</i>)					
Évaluation de la réussite de la fraie	Très probable (<i>Certitude raisonnable</i>)					
Probabilité globale	Très improbable – Probable	Probable – Très probable	Extrêmement improbable	Modérément probable – Probable	Très improbable	Probable

Remarque : Les catégories de probabilité sont associées aux définitions (et plages de valeurs) suivantes : extrêmement probable – l'événement se produira/devrait se produire (> 95 %); très probable – l'événement se produira dans la plupart des cas (> 75 % à 95 %); probable – l'événement se produira habituellement (> 50 % à 75 %); modérément probable – l'événement pourrait se produire à l'occasion (> 25 % à 50 %); très improbable – l'événement pourrait se produire dans de rares cas (> 5 % à 25 %); extrêmement improbable (0 à 5 %).

* Le saumon d'élevage dans l'UD 4A est triploïde. Toutefois, si l'on suppose que l'induction de la triploïdie est efficace à 98 %, le modèle n'utilise que 2 % de la production pour estimer le nombre de fugitifs pouvant contribuer aux interactions génétiques directes (c'est-à-dire ceux qui peuvent se reproduire). Les évaluations ne sont donc fondées que sur les fugitifs dérivés de 2 % de la production.

Évaluation des conséquences

L'évaluation des conséquences a permis de déterminer les répercussions potentielles sur l'abondance et le caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique, selon le nombre prévu de saumons atlantiques fugitifs qui seraient entrés dans les rivières et qui pourraient s'être reproduits avec des saumons atlantiques sauvages. Bien que des répercussions puissent se manifester à n'importe quelle abondance de saumons d'élevage fugitifs dans une rivière, des analyses précédentes ont démontré que le modèle IBSEM prédit systématiquement que, lorsque la proportion de fugitifs excède environ 10 % du nombre total de saumons dans une rivière donnée, cela influe à la fois sur l'abondance et le caractère génétique (Castellani *et al.* 2015, 2018; Sylvester *et al.* 2019; Bradbury *et al.* 2020b). La variabilité des exécutions de modèle et les différences entre les rivières, à l'heure actuelle, permettent difficilement d'associer une ampleur particulière de répercussions à une proportion donnée de poissons d'élevage dans une rivière donnée. Toutefois, les simulations utilisant divers paramètres de modélisation pour les saumons atlantiques sauvages et d'élevage font généralement état de répercussions constantes à un seuil de 10 % ou au-dessus de ce seuil (Castellani *et al.* 2015; B. Wringe, MPO, données inédites). De plus, l'ampleur des répercussions modélisées prévues est en corrélation positive de sorte que plus la proportion de fugitifs est importante, plus l'ampleur des répercussions sur l'abondance et le caractère génétique du saumon sauvage le sont, en moyenne. Par conséquent, aux fins de l'évaluation des conséquences, nous utilisons le nombre par lequel la proportion de fugitifs dépasse le seuil de 10 % comme indicateur de l'ampleur relative des répercussions.

Conséquences sur l'abondance

Pour estimer les conséquences sur l'abondance, on a utilisé dans le modèle à la fois la taille prévue des populations sauvages de saumon atlantique dans toutes les rivières de l'UD et le nombre total prévu de saumons d'élevage fugitifs dans les rivières de l'UD (à partir de la modélisation de la dispersion). Cette analyse a permis de calculer la proportion de saumons atlantiques d'élevage et d'établir la relation positive entre la proportion de saumons d'élevage et l'incidence sur l'abondance; plus cette proportion est élevée, plus la catégorie de conséquence l'est. Les cotes de conséquences sur l'abondance variaient de négligeables à extrêmes selon l'UD prise en compte et le taux d'évasion utilisé, avec une certitude raisonnable (tableau 2). Cette évaluation ne tient compte que des conséquences directes du croisement entre des saumons atlantiques sauvages et d'élevage sans tenir compte des effets écologiques.

Conséquences sur le caractère génétique

Pour évaluer les répercussions sur le caractère génétique, on a considéré dans l'analyse chacune des rivières d'une UD comme unité de diversité. À l'aide du modèle de dispersion, l'analyse a déterminé le nombre de rivières dans une UD ou la proportion de saumons d'élevage fugitifs était supérieure à 10 %. Plus il y a de rivières potentiellement touchées au sein de l'UD, plus la proportion de la diversité totale au sein de cette unité est grande. Les cotes de conséquences sur le caractère génétique variaient de négligeables à extrêmes selon l'UD prise en compte et le taux d'évasion utilisé, avec une certitude raisonnable pour toutes les cotes (tableau 2).

Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique

Région de la capitale nationale

Tableau 2. Résumé des conséquences sur l'abondance (avant la barre oblique) et le caractère génétique (après la barre oblique) pour chaque unité désignable (UD) de saumon atlantique. Les valeurs indiquent la taille estimée des populations de saumon atlantique sauvage dans toutes les rivières d'une UD ainsi que le nombre de rivières à saumons atlantiques prises en compte pour chacune de ces unités. Les évaluations des conséquences sont résumées pour chacun des quatre taux d'évasion (0,1; 0,2; 0,4 et 0,8 fugitif par tonne de production).

			Cotes de conséquences sur l'abondance/le caractère génétique			
			Taux d'évasion			
UD	Estimation de la taille des populations sauvages dans toutes les rivières de l'UD	Nombre de rivières à saumons sauvages inclus dans l'évaluation	0,1	0,2	0,4	0,8
UD 4A	26 488	54	Négligeables/ Négligeables	Négligeables/ Négligeables	Négligeables/ Négligeables	Négligeables/ Mineures
UD 4B	12 450	52	Négligeables/ Graves	Mineures/ Extrêmes	Modérées/ Extrêmes	Majeures/ Extrêmes
UD 14A	1 669	35	Négligeables/ Négligeables	Négligeables/ Négligeables	Négligeables/ Négligeables	Négligeables/ Négligeables
UD 14B	3 413	44	Négligeables/ Mineures	Négligeables/ Modérées	Mineures/ Graves	Modérées/ Graves
UD 15	1 309	55	Négligeables/ Mineures	Négligeables/ Mineures	Négligeables/ Modérées	Négligeables/ Modérées
UD 16	1 704	24	Mineures/ Extrêmes	Modérées/ Extrêmes	Graves/ Extrêmes	Extrêmes/ Extrêmes

Estimation du risque

L'estimation du risque posé à l'abondance et à la diversité génétique pour les six UD de saumon atlantique considérée ici s'appuie sur les résultats des évaluations de la probabilité et des conséquences. Les matrices de risque sont établies selon le [Cadre de gestion des risques liés à l'aquaculture \(CGRA\)](#) du Ministère et l'approche fondée sur le risque pour le déplacement de poissons vivants en application de l'article 56 du *Règlement de pêche (dispositions générales)*, modifiée pour refléter la situation de chaque UD (annexe II). Les catégories de risque sont « Faible », « Moyen » et « Élevé », et toutes les matrices comportent un niveau de tolérance au risque qui reflète l'état de l'UD en question (non en péril, menacée ou préoccupante, ou en voie de disparition). L'évaluation concernant l'abondance et le caractère génétique des six UD a généré 12 matrices de risque pour chacun des quatre taux d'évasion présumés. Le tableau 3 résume les résultats de l'évaluation du risque.

Le risque posé à l'abondance au regard des taux d'évasion modélisés était **faible** pour les UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (est), de l'intérieur de la baie de Fundy et du sud de Terre-Neuve (est), de **faible à élevé** pour les UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest) et du sud de Terre-Neuve (ouest), et de **moyen à élevé** pour l'UD de l'extérieur de la baie de Fundy.

Le risque posé au caractère génétique au regard des taux d'évasion modélisés était **faible** pour l'UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (est) et du sud de Terre-Neuve (est), **moyen** pour l'UD de l'intérieur de la baie de Fundy, de **moyen à élevé** pour l'UD des hautes

Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique

Région de la capitale nationale

terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest), et **élevé** pour les UD de l'extérieur de la baie de Fundy et du sud de Terre-Neuve (ouest).

Parmi les variables de modèle, la proximité et l'intensité des opérations aquacoles, la diminution de la taille des populations de saumon sauvage et la détérioration de l'état de conservation ont augmenté le niveau de risque lié aux interactions génétiques directes, alors que l'élevage de poissons stériles a diminué ce risque, une stratégie actuellement utilisée dans la baie Placentia, à Terre-Neuve-et-Labrador (UD 4A).

Tableau 3. Résumé de l'estimation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des six unités désignables (UD) de saumon atlantique prise en considération dans le cadre de cette évaluation, présentée pour chacun des quatre taux d'évasion utilisés. L'état selon le COSEPAC est celui indiqué dans l'évaluation de 2010 pour le saumon atlantique.

UD	État selon le COSEPAC	Risque – abondance	Risque – caractère génétique
Sud de Terre-Neuve (est) – UD 4A	Menacée (selon l'évaluation de 2010 du COSEPAC pour la population du sud de Terre-Neuve)	0,8 – FAIBLE 0,4 – FAIBLE 0,2 – FAIBLE 0,1 – FAIBLE	0,8 – FAIBLE 0,4 – FAIBLE 0,2 – FAIBLE 0,1 – FAIBLE
Sud de Terre-Neuve (ouest) – UD 4B	Menacée (selon l'évaluation de 2010 du COSEPAC pour la population du sud de Terre-Neuve)	0,8 – ÉLEVÉ 0,4 – MOYEN 0,2 – FAIBLE 0,1 – FAIBLE	0,8 – ÉLEVÉ 0,4 – ÉLEVÉ 0,2 – ÉLEVÉ 0,1 – ÉLEVÉ
Hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (est) – UD 14A	En voie de disparition (selon l'évaluation de 2010 du COSEPAC pour la population des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse)	0,8 – FAIBLE 0,4 – FAIBLE 0,2 – FAIBLE 0,1 – FAIBLE	0,8 – FAIBLE 0,4 – FAIBLE 0,2 – FAIBLE 0,1 – FAIBLE
Hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest) – UD 14B	En voie de disparition (selon l'évaluation de 2010 du COSEPAC pour la population des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse)	0,8 – ÉLEVÉ 0,4 – MOYEN 0,2 – FAIBLE 0,1 – FAIBLE	0,8 – ÉLEVÉ 0,4 – ÉLEVÉ 0,2 – ÉLEVÉ 0,1 – MOYEN
Intérieur de la baie de Fundy – UD 15	En voie de disparition (inscrite selon la LEP en 2003)	0,8 – FAIBLE 0,4 – FAIBLE 0,2 – FAIBLE 0,1 – FAIBLE	0,8 – MOYEN 0,4 – MOYEN 0,2 – MOYEN 0,1 – MOYEN
Extérieur de la baie de Fundy – UD 16	En voie de disparition	0,8 – ÉLEVÉ 0,4 – ÉLEVÉ 0,2 – ÉLEVÉ 0,1 – MOYEN	0,8 – ÉLEVÉ 0,4 – ÉLEVÉ 0,2 – ÉLEVÉ 0,1 – ÉLEVÉ

**Évaluation du risque posé à l'abondance et au
caractère génétique des populations sauvages de
saumon atlantique**

Région de la capitale nationale

Afin d'évaluer le niveau d'atténuation nécessaire pour réduire le risque, nous avons utilisé des simulations qui nous ont permis de déduire les répercussions de la réduction du nombre de fuyitifs pour le niveau de production présumé ici. Les résultats indiqués dans le tableau 3 ont mené à l'exclusion de deux UD de cette simulation parce qu'elles présentaient constamment un risque **faible** (UD 4A et DU 14A). De manière générale, les simulations pour les quatre autres UD, dont le risque a été évalué entre **moyen** et **élevé**, ont permis de déduire qu'il faudrait réduire d'au moins 50 % le nombre de fuyitifs pour réduire le risque à **faible** (tableau 4).

Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique

Région de la capitale nationale

Tableau 4. Résumé du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des quatre unités désignables (UD) de saumon atlantique avec un risque MOYEN à ÉLEVÉ selon des scénarios simulant une réduction du nombre de fuyitifs. Le modèle « complet » renvoie aux résultats de l'évaluation du risque indiqués dans le tableau 3 par rapport aux réductions de 25 %, de 50 %, de 75 % et de 95 % pour deux niveaux de taux d'évasion (0,2 et 0,4 fuyitif/tonne de production). Le risque posé à l'abondance (à gauche de la barre oblique) et à la diversité (à droite de la barre oblique) est indiqué pour chaque scénario, par UD. COSEPAC = Comité sur la situation des espèces en péril au Canada.

UD	État selon le COSEPAC	Risque – abondance/caractère génétique			
		0,2 fuyitif/tonne de production		0,4 fuyitif/tonne de production	
Hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest)	En voie de disparition	Complet	FAIBLE/ÉLEVÉ	Complet	MOYEN/ÉLEVÉ
		Réduction des fuyitifs de 25 %	FAIBLE/ÉLEVÉ	Réduction des fuyitifs de 25 %	FAIBLE/ÉLEVÉ
		Réduction des fuyitifs de 50 %	FAIBLE/MOYEN	Réduction des fuyitifs de 50 %	FAIBLE/ÉLEVÉ
		Réduction des fuyitifs de 75 %	FAIBLE/FAIBLE	Réduction des fuyitifs de 75 %	FAIBLE/MOYEN
		Réduction des fuyitifs de 95 %	FAIBLE/FAIBLE	Réduction des fuyitifs de 95 %	FAIBLE/FAIBLE
Intérieur de la baie de Fundy	En voie de disparition	Complet	FAIBLE/MOYEN	Complet	FAIBLE/MOYEN
		Réduction des fuyitifs de 25 %	FAIBLE/MOYEN	Réduction des fuyitifs de 25 %	FAIBLE/MOYEN
		Réduction des fuyitifs de 50 %	FAIBLE/MOYEN	Réduction des fuyitifs de 50 %	FAIBLE/MOYEN
		Réduction des fuyitifs de 75 %	FAIBLE/FAIBLE	Réduction des fuyitifs de 75 %	FAIBLE/MOYEN

Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique

Région de la capitale nationale

UD	État selon le COSEPAC	Risque – abondance/caractère génétique			
		0,2 fugitif/tonne de production		0,4 fugitif/tonne de production	
		Réduction des fugitifs de 95 %	FAIBLE/FAIBLE	Réduction des fugitifs de 95 %	FAIBLE/FAIBLE
Extérieur de la baie de Fundy	En voie de disparition	Complet	ÉLEVÉ/ÉLEVÉ	Complet	ÉLEVÉ/ÉLEVÉ
		Réduction des fugitifs de 25 %	ÉLEVÉ/ÉLEVÉ	Réduction des fugitifs de 25 %	ÉLEVÉ/ÉLEVÉ
		Réduction des fugitifs de 50 %	MOYEN/ÉLEVÉ	Réduction des fugitifs de 50 %	ÉLEVÉ/ÉLEVÉ
		Réduction des fugitifs de 75 %	FAIBLE/ÉLEVÉ	Réduction des fugitifs de 75 %	MOYEN/ÉLEVÉ
		Réduction des fugitifs de 95 %	FAIBLE/FAIBLE	Réduction des fugitifs de 95 %	FAIBLE/ÉLEVÉ (*FAIBLE à 98 %)
Sud de Terre-Neuve (ouest)	Menacée	Complet	FAIBLE/ÉLEVÉ	Complet	MOYEN/ÉLEVÉ
		Réduction des fugitifs de 25 %	FAIBLE/ÉLEVÉ	Réduction des fugitifs de 25 %	MOYEN/ÉLEVÉ
		Réduction des fugitifs de 50 %	FAIBLE/ÉLEVÉ	Réduction des fugitifs de 50 %	FAIBLE/ÉLEVÉ
		Réduction des fugitifs de 75 %	FAIBLE/MOYEN	Réduction des fugitifs de 75 %	FAIBLE/ÉLEVÉ
		Réduction des fugitifs de 95 %	FAIBLE/FAIBLE	Réduction des fugitifs de 95 %	FAIBLE/FAIBLE

Options d'atténuation

Le fait d'atténuer les interactions génétiques directes potentielles offre des avantages tant pour les salmoniculteurs que pour le saumon atlantique sauvage. L'examen des options d'atténuation visant à réduire le risque d'interactions génétiques directes entre les saumons atlantiques d'élevage fugitifs et les populations sauvages cible différentes parties du processus menant à des interactions génétiques (évasion, exposition et fraie). Bien que d'autres mesures d'atténuation existent certainement, cet examen a pris en compte des améliorations relativement au confinement, aux conditions de permis, à la recapture en milieu marin et dulcicole, à la traçabilité génétique, à la sélection des sites ainsi qu'à l'introduction ou au transfert de saumons dans des sites d'élevage en cages dans des eaux marines et à leur stérilisation.

L'examen a révélé que l'élimination de toutes les erreurs humaines et de toutes les défaillances d'équipement associées aux évasions de saumon atlantique des parcs en filet n'est pas réaliste et qu'à l'heure actuelle, aucune mesure unique n'éliminera complètement le risque. Toutefois, les effets cumulatifs de plusieurs mesures peuvent contribuer à une réduction efficace du nombre de fugitifs et du risque. De plus, l'évaluation du risque pour les six UD en question ayant donné différents résultats, les différents endroits au Canada atlantique pourraient ne pas mériter la ou les mêmes approches en matière d'atténuation. Lorsque le moment sera venu de décider des mesures à mettre en place, il faudra prendre en compte les objectifs de gestion des évasions de chaque ferme d'élevage ou zone. Pour démontrer l'efficacité des mesures d'atténuation mises en œuvre, les experts devront évaluer les résultats des programmes de surveillance complets.

Des technologies telles que les parcs clos ou des populations entièrement stériles élimineraient les interactions génétiques directes entre les saumons atlantiques sauvages et d'élevage. Toutefois, l'utilité et la faisabilité de ces approches n'ont pas été largement démontrées et évaluées.

Sources d'incertitude

L'incertitude totale comprend à la fois la variabilité naturelle, qui est fonction du système et qui n'est pas réductible au vu de mesures supplémentaires, et un manque de connaissances qui pourrait être réduit au vu de données supplémentaires ou de l'opinion d'experts (Vose 2008).

D'après la documentation examinée par les pairs et les données accessibles, la certitude à chaque étape des évaluations de la probabilité et des conséquences allait de **certitude élevée à certitude raisonnable**.

Les principales sources d'incertitude comprennent l'exactitude du nombre d'évasions signalées par rapport au nombre réel, le nombre réel de fugitifs par unité de production, la dispersion des fugitifs et d'autres paramètres clés utilisés dans le modèle de dispersion (résumés dans le tableau 5), la probabilité de fraie réussie d'un fugitif, la stochasticité de l'ampleur des effets dans les simulations du modèle écovgénétique du saumon atlantique fondé sur les individus (modèle indépendant) pour un niveau donné de fugitifs et les estimations de la taille des populations sauvages de saumon atlantique.

Une analyse de sensibilité effectuée par Bradbury et ses collaborateurs (2020b) a inclus plusieurs paramètres clés du modèle de dispersion et constitué la base des estimations des paramètres du modèle dans l'évaluation actuelle du risque. Cette analyse a permis d'établir les paramètres du modèle à partir des meilleures sources accessibles dans la littérature. Bien que l'analyse ait tenu compte de la taille des populations sauvages de saumon atlantique, l'incertitude demeure à la fois dans les estimations de la taille des populations sauvages et de leur vulnérabilité, puisque plusieurs caractéristiques d'une population (p. ex., la fécondité des femelles et les ratios mâles-femelles) peuvent avoir des répercussions sur le niveau d'effets des interactions génétiques directes avec les saumons d'élevage fugitifs.

Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique

Région de la capitale nationale

Tableau 5. Aperçu des principales sources d'incertitude dans l'évaluation du risque, des éléments utilisés pour tenir compte de cette incertitude et de l'incidence globale probable sur l'estimation du risque.

Source d'incertitude	Étape de l'évaluation du risque	Éléments utilisés pour tenir compte de l'incertitude	Incidence globale probable sur l'estimation du risque
Exactitude du nombre d'évasions signalé	Évaluation de l'évasion	Combinaison de multiples sources d'information indépendantes, mais complémentaires.	Aucune en raison des règles de combinaison; l'évaluation de l'exposition détermine la probabilité globale.
Taux d'évasion	Évaluation de l'exposition	Analyse de sensibilité effectuée avec quatre taux d'évasion dans l'évaluation du risque.	Aucune, à moins que les taux d'évasion réels ne correspondent pas aux valeurs utilisées dans l'évaluation.
Proportion d'évasions hâtives et tardives	Évaluation de l'exposition	Une analyse de sensibilité effectuée par Bradbury et ses collaborateurs (2020b) a supposé une proportion d'évasions hâtives et tardives de 50:50 dans l'évaluation du risque.	Le risque peut augmenter à mesure que la proportion d'évasions augmente.
Distance de dispersion	Évaluation de l'exposition	Les estimations d'après la documentation et le marquage à Terre-Neuve suggèrent une distance d'environ 200 km.	Le risque pour les cours d'eau (et les UD) variera en fonction de la proximité ainsi que de la taille des populations.
Proportion des fuyitifs sexuellement matures	Évaluation de l'exposition	Analyse de sensibilité effectuée par Bradbury et ses collaborateurs (2020b); les valeurs utilisées dans l'évaluation du risque sont basées sur les données obtenues à l'aide de barrières de dénombrement et d'activités de marquage à Terre-Neuve.	Le risque peut augmenter à mesure que le nombre de fuyitifs sexuellement matures augmente.
Difficulté de prévoir la probabilité de fraie d'un fuyitif	Évaluation de la fraie	Des études expérimentales et observationnelles semblent indiquer que, lorsqu'ils sont considérés comme un ensemble, les fuyitifs des fermes d'élevage fraieront.	Aucune en raison des règles de combinaison; l'évaluation de l'exposition détermine la probabilité globale.
Estimations de la taille des populations sauvages de saumon atlantique	Évaluation de l'exposition	Les estimations basées sur les critères concernant l'habitat et la ponte nécessaire à la conservation, ajustées en fonction des déclin des	Le risque peut augmenter, car il peut s'agir de surestimations de la taille réelle des populations dans les UD.

Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique

Région de la capitale nationale

Source d'incertitude	Étape de l'évaluation du risque	Éléments utilisés pour tenir compte de l'incertitude	Incidence globale probable sur l'estimation du risque
		populations sauvages de saumon atlantique des régions.	
Variabilité du degré d'effets sur les différentes simulations du modèle indépendant (modèle écogénétique du saumon fondé sur les individus)	Évaluation des conséquences	Paramétrage d'un modèle propre à la région et détermination d'un seuil uniforme d'effets (c'est-à-dire 10 %)	Le risque pourrait augmenter compte tenu de l'incertitude quant à la relation entre les catégories et seuils de conséquences et la variation entre les populations en raison des différences dans les caractéristiques de population.

CONCLUSION

Les résultats de l'évaluation du risque ont révélé une variété de répercussions selon l'UD et le taux d'évasion utilisé. Le risque posé à l'abondance au regard des taux d'évasion modélisés était **faible** pour les UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (est), de l'intérieur de la baie de Fundy et du sud de Terre-Neuve (est), de **faible à élevé** pour les UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest) et du sud de Terre-Neuve (ouest), et de **moyen à élevé** pour l'UD de l'extérieur de la baie de Fundy. Le risque posé au caractère génétique au regard des taux d'évasion modélisés était **faible** pour les UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (est) et du sud de Terre-Neuve (est), **moyen** pour l'UD de l'intérieur de la baie de Fundy, de **moyen à élevé** pour l'UD des hautes terres du sud de la Nouvelle-Écosse (ouest), et **élevé** pour les UD de l'extérieur de la baie de Fundy et du sud de Terre-Neuve (ouest).

Compte tenu de la quantité limitée de données locales accessibles et de la dépendance à l'utilisation des modèles ainsi que des hypothèses et des paramètres de ces derniers, les experts devraient revoir régulièrement les conclusions de cette évaluation du risque à mesure qu'il y aura de nouveaux renseignements pertinents. Ces renseignements peuvent comprendre des changements aux pratiques de l'industrie, aux niveaux de production, aux taux d'évasion et à la taille des populations de saumon sauvage. De plus, il faudra d'autres études de recherche et une surveillance plus poussée pour améliorer l'exactitude et la validation des hypothèses et des conclusions des modèles. Malgré les incertitudes associées à cette évaluation du risque, les résultats et les conclusions de cette analyse concordaient de manière générale avec les observations dans d'autres régions de l'Atlantique Nord.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

- Les effets génétiques indirects et les effets écologiques (comme les maladies, les parasites, la prédation et la concurrence) sont également des menaces considérables pour le saumon atlantique sauvage; il faut une étude plus approfondie pour mieux comprendre les interactions génétiques directes et indirectes. En outre, d'autres répercussions importantes liées à l'environnement et à l'être humain doivent être prises en considération, en plus des effets génétiques directs et des répercussions globales sur les populations sauvages de saumon atlantique (voir Cote *et al.* 2015).
- Cette évaluation du risque ne porte pas sur les écloseries en eau douce, et il faudrait ajouter tous les fugitifs des installations en eau douce aux risques modélisés et évalués.
- Cette analyse résume les conséquences sur l'abondance au niveau des UD, ce qui peut masquer les répercussions propres aux cours d'eau et à leur variabilité, selon la proportion de ceux touchés et de

Région de la capitale nationale

la taille des populations sauvages. Le document de recherche connexe sur l'évaluation du risque comprend une annexe sur la proportion de fuyitifs dans les cours d'eau.

- D'autres études et exemples comprenant d'autres sources de données, comme celles provenant des barrières de dénombrement, qui peuvent valider les prédictions des modèles quant au nombre de fuyitifs dans les cours d'eau aideront à évaluer l'exactitude et les hypothèses des modèles.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Name	Affiliation
Elizabeth Barlow	Mi'kmaq Alsumk Mowimsikik Koqoey Association/Miawpukek First Nations
Brittany Beauchamp	MPO SEO (coprésidente)
Tillmann Benfey	Université du Nouveau-Brunswick
Ian Bradbury	MPO SEO
Jon Carr	Fédération du Saumon Atlantique
Mark Coulson	MPO SEO
Cyr Couturier	Memorial University of Newfoundland
Ian Fleming	Memorial University of Newfoundland
Thomas Fraser	Norwegian Institute of Marine Research
Nellie Gagné	MPO SEO
Kim Gill	Province de l'Île-du-Prince-Édouard
Brian Glebe	retraité du MPO
Chris Hendry	MPO (gestion de l'aquaculture)
Ross Hinks	Miawpukek First Nation
Ragnar Jóhannsson	Marine and Freshwater Research Institute, Iceland
David Morin	MPO SEO
Emily Ryall	MPO SEO
Lisa Settington	MPO SEO
Paul Snelgrove	Memorial University of Newfoundland (coprésident)
Monica Solberg	Norwegian Institute of Marine Research
Danielle St. Louis	Province de la Nouvelle-Écosse
Peter Sykes	Province du Nouveau-Brunswick
Marc Trudel	MPO SEO
Eric Verspoor	UHI Inverness, Scotland
Daryl Whelan	Province de Terre-Neuve et Labrador
Brendan Wringe	MPO SEO

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de l'examen par les pairs national du 6 au 9 juin 2023 sur l'évaluation du risque posé à l'abondance et à la diversité des populations sauvages de saumon atlantique par l'interaction génétique directe avec les échappées de l'aquaculture du saumon atlantique de la côte Est. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée,

lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada \(MPO\)](#).

- Aykanat, T., Johnston, S. E., Orell, P., Niemela, E., Erkinaro, J. and Primmer, C. R. 2015. Low but significant genetic differentiation underlies biologically meaningful phenotypic divergence in a large Atlantic salmon population. *Mol Ecol* 24(20): 5158-5174.
- Benfey, T. J. 2016. Effectiveness of triploidy as a management tool for reproductive containment of farmed fish: Atlantic salmon (*Salmo salar*) as a case study. *Rev. Aquac.* 8(3): 264-282.
- Bradbury, I. R., Burgetz, I., Coulson, M. W., Verspoor, E., Gilbey, J., Lehnert, S. J., Kess, T., Cross, T. F., Vasemägi, A., Solberg, M. F., Fleming, I. A. and McGinnity, P. 2020a. Beyond hybridization: the genetic impacts of non-reproductive ecological interactions of salmon aquaculture on wild populations. *Aquac. Environ. Interac.* 12: 429-445.
- Bradbury, I. R., Duffy, S., Lehnert, S. J., Jóhannsson, R., Fridriksson, J. H., Castellani, M., Burgetz, I., Sylvester, E., Messmer, A., Layton, K., Kelly, N., Dempson, J. B. and Fleming, I. A. 2020b. Model-based evaluation of the genetic impacts of farm-escaped Atlantic salmon on wild populations. *Aquac. Environ. Interac.* 12: 45-59.
- Bradbury, I. R., Lehnert, S. J., Kess, T., Van Wyngaarden, M., Duffy, S., Messmer, A. M., Wringe, B., Karoliussen, S., Dempson, J. B., Fleming, I. A., Solberg, M. F., Glover, K. A. and Bentzen, P. 2022. Genomic evidence of recent European introgression into North American farmed and wild Atlantic salmon. *Evol. Appl.* 15(9): 1436-1448.
- Bradbury, I. R., Wringe, B. F., Watson, B., Paterson, I., Horne, J., Beiko, R., Lehnert, S. J., Clement, M., Anderson, E. C., Jeffery, N. W., Duffy, S., Sylvester, E., Robertson, M. and Bentzen, P. 2018. Genotyping-by-sequencing of genome-wide microsatellite loci reveals fine-scale harvest composition in a coastal Atlantic salmon fishery. *Evol Appl* 11(6): 918-930.
- Castellani, M., Heino, M., Gilbey, J., Araki, H., Svåsand, T. and Glover, K. A. 2015. IBSEM: An Individual-Based Atlantic Salmon Population Model. *PLoS One* 10(9): e0138444.
- Castellani, M., Heino, M., Gilbey, J., Araki, H., Svåsand, T. and Glover, K. A. 2018. Modeling fitness changes in wild Atlantic salmon populations faced by spawning intrusion of domesticated escapees. *Evol. Appl.* 11(6): 1010-1025.
- Clifford, S. L., McGinnity, P. and Ferguson, A. 1997. Genetic changes in an Atlantic salmon population resulting from escaped juvenile farm salmon. *J. Fish. Biol.* 52(1): 118-127.
- Clifford, S. L., McGinnity, P. and Ferguson, A. 1998. Genetic changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations of northwest Irish rivers resulting from escapes of adult farm salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55(2): 358-363.
- Cote, D., Fleming, I. A., Carr, J. W. and McCarthy, J. H. 2015. [Ecological impact assessment of the use of European-origin Atlantic Salmon in Newfoundland aquaculture facilities](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/073. v + 28 p.
- Dadswell, M., Spares, A., Reader, J., McLean, M., McDermott, T., Samways, K. and Lilly, J. 2022. The Decline and Impending Collapse of the Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Population in the North Atlantic Ocean: A Review of Possible Causes. *Rev. Fish. Sci. Aquac* 30(2): 215-258.

- Diserud, O. H., Fiske, P., Karlsson, S., Glover, K. A., Næsje, T., Aronsen, T., Bakke, G., Barlaup, B. T., Erkinaro, J., Florø-Larsen, B., Foldvik, A., Heino, M., Kanstad-Hanssen, Ø., Lo, H., Lund, R. A., Muladal, R., Niemelä, E., Økland, F., Østborg, G. M., Otterå, H., Skaala, Ø., Skoglund, H., Solberg, I., Solberg, M. F., Sollien, V. P., Sægrov, H., Urdal, K., Wennevik, V., Hindar, K. and Grant, W. 2022. Natural and anthropogenic drivers of escaped farmed salmon occurrence and introgression into wild Norwegian Atlantic salmon populations. *ICES J. Mar. Sci.* 79(4): 1363-1379.
- Garcia de Leaniz, C., Fleming, I. A., Einum, S., Verspoor, E., Jordan, W. C., Consuegra, S., Aubin-Horth, N., Lajus, D., Letcher, B. H., Youngson, A. F., Webb, J. H., Vøllestad, L. A., Villanueva, B., Ferguson, A. and Quinn, T. P. 2007. A critical review of adaptive genetic variation in Atlantic salmon: implications for conservation. *Biol Rev* 82(2): 173-211.
- GESAMP. 2008. Assessment and communication of environmental risks in coastal aquaculture. *In Reports and Studies GESAMP*. Rome, Italy. FAO 76: 198 p.
- Gilbey, J., Sampayo, J., Cauwelier, E., Malcolm, I., Millidine, K., Jackson, F., Morris, D.J. 2021. A national assessment of the influence of farmed salmon escapes on the genetic integrity of wild Scottish Atlantic Salmon populations. *In Scottish Marine and Freshwater Science*. 12: 73 p.
- Glover, K. A., Harvey, A. C., Hansen, T. J., Fjellidal, P. G., Besnier, F. N., Bos, J. B., Ayllon, F., Taggart, J. B. and Solberg, M. F. 2020. Chromosome aberrations in pressure-induced triploid Atlantic salmon. *BMC Genet.* 21(1): 59.
- Glover, K. A., Pertoldi, C., Besnier, F., Wennevik, V., Kent, M. and Skaala, Ø. 2013. Atlantic salmon populations invaded by farmed escapees: quantifying genetic introgression with a Bayesian approach and SNPs. *BMC Genetics* 14: 74.
- Glover, K. A., Quintela, M., Wennevik, V., Besnier, F., Sorvik, A. G. and Skaala, O. 2012. Three decades of farmed escapees in the wild: a spatio-temporal analysis of Atlantic salmon population genetic structure throughout Norway. *PLoS One* 7(8): e43129.
- Glover, K. A., Solberg, M. F., McGinnity, P., Hindar, K., Verspoor, E., Coulson, M. W., Hansen, M. M., Araki, H., Skaala, Ø. and Svåsand, T. 2017. Half a century of genetic interaction between farmed and wild Atlantic salmon: Status of knowledge and unanswered questions. *Fish Fish.* 18(5): 890-927.
- Glover, K. A., Urdal, K., Næsje, T., Skoglund, H., Florø-Larsen, B., Otterå, H., Fiske, P., Heino, M., Aronsen, T., Sægrov, H., Diserud, O., Barlaup, B. T., Hindar, K., Bakke, G., Solberg, I., Lo, H., Solberg, M. F., Karlsson, S., Skaala, Ø., Lamberg, A., Kanstad-Hanssen, Ø., Muladal, R., Skilbrei, O. T., Wennevik, V. and Grant, S. 2019. Domesticated escapees on the run: the second-generation monitoring programme reports the numbers and proportions of farmed Atlantic salmon in >200 Norwegian rivers annually. *ICES J. Mar. Sci.* 76(4): 1151-1161.
- Glover, K. A., Wennevik, V., Hindar, K., Skaala, O., Fiske, P., Solberg, M. F., Diserud, O. H., Svåsand, T., Karlsson, S., Andersen, L. B. and Grefsrud, E. S. 2020. The future looks like the past: Introgression of domesticated Atlantic salmon escapees in a risk assessment framework. *Fish and Fisheries* 21: 1077-1091.
- Heino, M., Svåsand, T., Wennevik, V. and Glover, K. A. 2015. Genetic introgression of farmed salmon in native populations: quantifying the relative influence of population size and frequency of escapees. *Aquacult. Env. Interac.* 6(2): 185-190.

Région de la capitale nationale

- Holborn, M. K., Crowley, S. E., Duffy, S. J., Messmer, A. M., Kess, T., Dempson, J. B., Wringe, B. F., Fleming, I. A., Bentzen, P. and Bradbury, I. R. 2022. Precocial male maturation contributes to the introgression of farmed Atlantic salmon into wild populations. *Aquacult. Env. Interac.* 14: 205-218.
- ISO. 2009. Risk management - Principles and guidelines. International Standard. IEC/FDIS 31010. 90 p.
- Jeffery, N. W., Wringe, B. F., McBride, M. C., Hamilton, L. C., Stanley, R. R. E., Bernatchez, L., Kent, M., Clément, M., Gilbey, J., Sheehan, T. F., Bentzen, P. and Bradbury, I. R. 2018. Range-wide regional assignment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) using genome wide single-nucleotide polymorphisms. *Fish. Res.* 206: 163-175.
- Jóhannsson, R., Guðjónsson, S., Steinarsson, A. and Friðriksson, J. 2017. Ahaettumat vegna mogulegrar erfoablöndunar milli eldslaxa og natturulegra laxastofna á Íslandi. Marine and Freshwater Research Institute, Reykjavik.
- Karlsson, S., Diserud, O. H., Fiske, P. and Hindar, K. 2016. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. *ICES J. Mar. Sci.* 73(10): 2488-2498.
- Keyser, F., Wringe, B. F., Jeffery, N. W., Dempson, J. B., Duffy, S. and Bradbury, I. R. 2018. Predicting the impacts of escaped farmed Atlantic salmon on wild salmon populations. *Can J Fish Aquat Sci* 75(4): 506-512.
- King, T. L., Kalinowski, S. T., Schill, W. B., Spidle, A. P. and Lubinski, B. A. 2001. Population structure of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): a range-wide perspective from microsatellite DNA variation. *Mol Ecol* 10(4): 807-821.
- Lehnert, S. J., Bentzen, P., Kess, T., Lien, S., Horne, J. B., Clement, M. and Bradbury, I. R. 2019. Chromosome polymorphisms track trans-Atlantic divergence and secondary contact in Atlantic salmon. *Mol Ecol* 28(8): 2074-2087.
- Mahlum, S., Vollset, K. W., Barlaup, B. T., Skoglund, H. and Velle, G. 2020. Salmon on the lam: Drivers of escaped farmed fish abundance in rivers. *J. Appl. Ecol.*: 12.
- Mandrak, N. E., Cudmore, B. and Chapman, P. M. 2012. [National detailed-level risk assessment guidelines: assessing the biological risk of aquatic invasive species in Canada](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/092. vi + 17 p.
- McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, A., Hynes, R., Ó Maoiléidigh, N., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J. and Cross, T. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proc. R. Soc. B* 270(1532): 2443-2450.
- MFRI. 2020. Risk of intrusion of farmed Atlantic salmon into Icelandic salmon rivers. *In* MFRI Assessment Reports. 57 p.
- Moore, J. S., Bourret, V., Dionne, M., Bradbury, I., O'Reilly, P., Kent, M., Chaput, G. and Bernatchez, L. 2014. Conservation genomics of anadromous Atlantic salmon across its North American range: outlier loci identify the same patterns of population structure as neutral loci. *Mol Ecol* 23(23): 5680-5697.
- Morris, M. R. J., Fraser, D. J., Heggelin, A. J., Whoriskey, F. G., Carr, J. W., O'Neil, S. F. and Hutchings, J. A. 2008. Prevalence and recurrence of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) in eastern North American rivers. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65(12): 2807-2826.

Région de la capitale nationale

- MPO. 2010. [Avis scientifique sur les séquences d'effets liés à l'aquaculture des poissons, des mollusques et des crustacés](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2009/071.
- MPO. 2018. [Examen de la science associée à la banque de gènes vivants du saumon de l'intérieur de la baie de Fundy et aux programmes d'ensemencement](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2018/041.
- MPO. 2022. [Examen scientifique de la région de Terre-Neuve-et-Labrador du MPO portant sur cinq projets d'installations piscicoles marines de Grieg Aquaculture dans la baie de Placentia, à Terre-Neuve](#). Secr. can. des avis sci. du MPO. Rép. des Sci. 2022/019.
- Primmer, C. R., Veselov, A. J., Zubchenko, A., Poututkin, A., Bakhmet, I. and Koskinen, M. T. 2006. Isolation by distance within a river system: genetic population structuring of Atlantic salmon, *Salmo salar*, in tributaries of the Varzuga River in northwest Russia. *Mol Ecol* 15(3): 653-666.
- Skilbrei, O. T., Heino, M. and Svåsand, T. 2015. Using simulated escape events to assess the annual numbers and destinies of escaped farmed Atlantic salmon of different life stages from farm sites in Norway. *ICES J. Mar. Sci.* 72(2): 670-685.
- Stien, L. H., Saether, P. A., Kristiansen, T., Fjellidal, P. G. and Sambraus, F. 2019. First collective report: welfare of triploid salmon in northern Norway from transfer till slaughter, 2014-2017 transfers. Rapport fra Havforskningen. Rapport fra Havforskningen. Vol. 2019-47. 27 p.
- Sylvester, E. V. A., Wringe, B. F., Duffy, S. J., Hamilton, L. C., Fleming, I. A. and Bradbury, I. R. 2018. Migration effort and wild population size influence the prevalence of hybridization between escaped farmed and wild Atlantic salmon. *Aquacult. Env. Interac.* 10: 401-411.
- Sylvester, E. V. A., Wringe, B. F., Duffy, S. J., Hamilton, L. C., Fleming, I. A., Castellani, M., Bentzen, P. and Bradbury, I. R. 2019. Estimating the relative fitness of escaped farmed salmon offspring in the wild and modelling the consequences of invasion for wild populations. *Evol Appl* 12(4): 705-717.
- Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjørn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C. and Svåsand, T. 2015. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES J. Mar. Sci.* 72(3): 997-1021.
- Vose, D. 2008. Risk analysis: a quantitative guide. 3rd ed. Wiley, Chichester, England. 735 p.
- Wringe, B. F., Jeffery, N. W., Stanley, R. R. E., Hamilton, L. C., Anderson, E. C., Fleming, I. A., Grant, C., Dempson, J. B., Veinott, G., Duffy, S. J. and Bradbury, I. R. 2018. Extensive hybridization following a large escape of domesticated Atlantic salmon in the Northwest Atlantic. *Commun Biol* 1: 108.

ANNEXES

Annexe I

Tableau A1. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associée à l'information et aux données scientifiques.

Catégorie	Définition
Incertitude élevée	<ul style="list-style-type: none"> ● Aucune donnée ou données insuffisantes. ● Les données accessibles sont de mauvaise qualité. ● Très grande variabilité intrinsèque. ● Aucun consensus dans la documentation scientifique.
Incertitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> ● Des données limitées, incomplètes ou seulement substitutives sont accessibles. ● Les données accessibles ne peuvent être utilisées qu'avec des mises en garde importantes. ● Variabilité intrinsèque moyenne à élevée. ● La documentation et les modèles scientifiques donnent des conclusions différentes.
Certitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> ● Les données accessibles sont abondantes, mais pas exhaustives. ● Les données accessibles sont rigoureuses. ● Faible variabilité intrinsèque. ● La documentation et les modèles scientifiques concordent généralement.
Certitude élevée	<ul style="list-style-type: none"> ● Les données accessibles sont abondantes et exhaustives. ● Les données accessibles sont rigoureuses, ont été examinées par les pairs et ont été publiées. ● Très faible variabilité intrinsèque. ● La documentation et les modèles scientifiques concordent.

Annexe II

En voie de disparition

Probabilité	Négligeables	Mineures	Modérées	Majeures	Graves	Extrêmes
Extrêmement probable	Faible	Moyen	Élevé			
Très probable						
Probable						
Modérément probable						
Très improbable						
Extrêmement improbable						

Menacée/Préoccupante

Probabilité	Négligeables	Mineures	Modérées	Majeures	Graves	Extrêmes
Extrêmement probable	Faible	Moyen		Élevé		
Très probable						
Probable						
Modérément probable						
Très improbable						
Extrêmement improbable						

Non en péril

Probabilité	Négligeables	Mineures	Modérées	Majeures	Graves	Extrêmes
Extrêmement probable	Faible	Moyen			Élevé	
Très probable						
Probable						
Modérément probable						
Très improbable						
Extrêmement improbable						

Figure A1. Matrices de risque d'après l'article 56 du Règlement de pêche (dispositions générales) pour combiner les résultats de l'évaluation de la probabilité et de l'évaluation des conséquences sur l'abondance et le caractère génétique du saumon atlantique. Les matrices de risque et les tolérances associées sont présentées séparément pour les UD que le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) évalue comme étant en voie de disparition, menacées ou préoccupantes et non en péril. Le vert, le jaune et le rouge représentent les zones à risque faible, moyen et élevé, dans chacune des matrices de risque respectivement.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200 rue Kent,
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-68888-6 N° cat. Fs70-6/2023-045F-PDF

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre du
ministère des Pêches et des Océans, 2024



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2024. Évaluation du risque posé à l'abondance et au caractère génétique des populations sauvages de saumon atlantique par l'interaction génétique directe avec les saumons atlantiques s'échappant des fermes d'élevage de la côte est. Secr. can. des avis sci. du MPO. Avis sci. 2023/045.

Also available in English:

DFO. 2024. Assessment of the Risk Posed to Wild Atlantic Salmon Population Abundance and Genetic Character by Direct Genetic Interaction with Escapes from East Coast Atlantic Salmon Aquaculture. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2023/045.