



ÉVALUATION DE L'ACCEPTATION DES DONNÉES SOUMISES EN VERTU DU RÈGLEMENT SUR LES RENSEIGNEMENTS CONCERNANT LES SUBSTANCES NOUVELLES DE LA LOI CANADIENNE SUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT POUR DÉTERMINER LE CARACTÈRE ENVAHISSANT DU SAUMON AQUADVANTAGE^{MD}

Contexte

La *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999) [LCPE], mise en application par Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) et Santé Canada (SC), est le principal mécanisme qui autorise le gouvernement du Canada à veiller à ce que toutes les nouvelles substances, y compris les organismes vivants, fassent l'objet d'une évaluation pour en déterminer les dommages potentiels pour l'environnement et la santé humaine. Le *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles (organismes)* [RRSN(O)], pris en vertu de la LCPE, énonce les renseignements qui doivent être fournis à ECCC avant d'importer ou de fabriquer au Canada un nouvel organisme vivant animé issu de la biotechnologie, y compris les produits du poisson issus de la biotechnologie. Pêches et Océans Canada (MPO), ECCC et SC ont signé un protocole d'entente concernant la mise en œuvre du RRSN(O) pour les nouveaux produits du poisson vivants issus de la biotechnologie, en vertu duquel le MPO fournit un avis scientifique à ECCC et à SC pour appuyer leurs processus de prise de décision et d'évaluation des risques en vertu de la LCPE.

Le 27 juillet 2018, AquaBounty Canada Limited a soumis un dossier réglementaire à ECCC pour la fabrication et la production (grossissement) du saumon AquAdvantage^{MD}, un saumon de l'Atlantique génétiquement modifié (*Salmo salar*) à croissance rapide, dans une installation aquacole terrestre près de Rollo Bay (Î.-P.-É). En ce qui concerne l'alinéa 5a) de l'annexe 5 du RRSN(O) (*données d'un essai réalisé pour déterminer la pathogénicité, la toxicité ou le caractère envahissant*), le déclarant a fourni des renseignements et des données tirés de la documentation scientifique. Les fonctionnaires du MPO ont évalué ces renseignements afin de déterminer s'ils répondent aux exigences du RRSN(O) en matière d'information.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 2 novembre 2018 sur l'Évaluation de l'acceptation des données soumises en vertu du Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement pour déterminer le caractère envahissant du saumon AquAdvantage^{MD}.

Renseignements de base

Le document suivant présente l'analyse par le MPO de l'information soumise en vertu de l'alinéa 5a) de l'annexe 5 du RRSN(O) *Les données d'un essai réalisé pour déterminer la*

pathogénicité, la toxicité ou le caractère envahissant de la déclaration DSN 19702 – Saumon AquAdvantage^{MD} (EO-1α saumon) et fait état des conseils à l'intention d'ECCC et de SC en ce qui a trait à l'acceptation des données soumises comme satisfaisant aux exigences établies. Le document a fait l'objet d'un examen par des pairs, soit des représentants du MPO, d'ECCC, de SC et des examinateurs externes, dans le cadre d'une réunion visant à élaborer une réponse spéciale du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) qui a eu lieu le 2 novembre 2018. Le document présente le contenu approuvé par l'ensemble des examinateurs. Pour satisfaire aux exigences de l'alinéa 5a), le déclarant a fourni des données examinées par des pairs tirées de la documentation scientifique pour aborder la pathogénicité, la toxicité et le caractère envahissant de l'organisme déclaré; toutefois, le caractère envahissant est discuté ici en tant que voie la plus pertinente en ce qui concerne les effets écologiques de l'organisme.

Les exigences en matière d'information sur les essais relatifs au caractère envahissant des organismes autres que les microorganismes se trouvent à la section 4.3.5.1. des [Directives pour la déclaration et les essais de substances nouvelles : organismes](#). Les tests précis ne sont pas décrits, mais il est plutôt indiqué : « Un large éventail de types d'organismes peuvent être déclarés en vertu de cette annexe du Règlement et, par conséquent, un large éventail de types d'essais peuvent être effectués ». Toutefois, il est stipulé que : « Si on soupçonne un caractère envahissant, l'essai doit durer suffisamment longtemps pour permettre une colonisation et une manifestation des effets dans le système d'essai ».

Analyse et réponse

Dans le cas du saumon EO-1α, le cycle biologique complexe de l'organisme annule la possibilité qu'un seul test permette de déterminer le potentiel de l'organisme à s'établir dans les écosystèmes canadiens et à leur nuire (c.-à-d. être envahissant). Le déclarant a fourni un résumé de la documentation scientifique disponible sur le succès reproducteur et les effets potentiels de l'organisme, sur ses proches (c.-à-d. différentes lignées de saumon de l'Atlantique contenant la même construction transgénique) et sur certains modèles de poissons transgéniques avec hormone de croissance provenant de saumons autres que le saumon de l'Atlantique, afin de satisfaire aux exigences en matière de données relatives au test lié au caractère envahissant en vertu de l'alinéa 5a) de l'annexe 5 du Règlement sur le RRSN(O). Toutefois, il y avait d'importantes lacunes dans les données; ainsi, le potentiel d'envahissement du saumon EO-1α en vertu de la déclaration de DSN 19702 ne peut être évalué systématiquement. L'évaluation du potentiel d'envahissement du saumon par EO-1α devrait être fondée sur trois points clés : 1) la possibilité que le saumon EO-1α survive dans les milieux naturels à tous les stades de sa vie; 2) la possibilité que le saumon EO-1α se reproduise dans les milieux naturels ou s'hybride avec des populations indigènes; et 3) la possibilité que le saumon EO-1α naturalisé nuise aux écosystèmes canadiens. Les renseignements fournis par le déclarant ne sont pas suffisants pour évaluer le potentiel d'envahissement du saumon EO-1α. En détail :

1. Survie

Les données sur la survie dans des conditions naturelles simulées ne sont fournies que pour le saumon EO-1α au premier stade d'alimentation et, dans ces conditions, les alevins EO-1α présentaient un taux de survie similaire à celui des alevins non transgéniques (Moreau *et al.* 2011a). D'autres tests de survie ont révélé que le saumon EO-1α avait un taux de survie

semblable à celui des poissons non transgéniques dans des conditions d'élevage de plus de six mois nourris avec un régime expérimental (Tibbetts *et al.* 2013) et auxquels on a injecté le virus infectieux de l'anémie du saumon (DSN-19702). Les données fournies par l'auteur de la déclaration ne permettent pas de tirer de conclusion sur la survie potentielle du saumon EO-1 α dans des conditions naturelles au cours d'un cycle de vie complet et dans les divers milieux où il peut vivre.

Le déclarant a laissé entendre que le saumon EO-1 α aurait une condition physique et/ou un taux de survie amoindris par rapport à ceux du saumon sauvage puisque le saumon EO-1 α (Deitch *et al.* 2006; Polymeropoulos *et al.* 2014), ou encore les lignées transgéniques de saumon de l'Atlantique avec hormone de croissance (Stevens *et al.* 1998; Abrahams et Sutterlin 1999; Cook *et al.* 2000a, 2000b), ont une capacité métabolique et de nage modifiées, une réponse au stress modifiée (saumon EO-1 α , Cnaani *et al.* 2013) et un comportement d'évitement des prédateurs amoindri (saumon de l'Atlantique transgénique avec hormone de croissance, Abrahams et Sutterlin 1999) dans les conditions de culture. On n'a toutefois pas tenté de déterminer si ces modifications physiologiques seraient présentes chez des salmonidés élevés dans divers milieux naturels ou si elles entraîneraient un désavantage en matière de survie dans des conditions naturelles.

Le déclarant a également fourni des données selon lesquelles l'élevage en écloserie ou en pisciculture peut réduire considérablement la condition physique des salmonidés dans la nature (p. ex. Muir 2004; Hansen 2006; Olsen et Skilbrei 2010; Milot *et al.* 2013). Bien que l'élevage en culture, la domestication et la culture en laboratoire diminuent la condition physique du saumon de l'Atlantique, cela n'empêche pas l'établissement ou l'introggression de populations sauvages, dont les répercussions ne sont pas entièrement comprises (voir Glover *et al.* 2017 pour l'étude la plus récente). De plus, le taux de survie et de productivité des saumons nés dans la nature, en cas de naturalisation (c.-à-d. en l'absence d'effets de la culture), n'a pas été évalué.

Enfin, le déclarant a indiqué que tout présaumoneau EO-1 α qui se serait échappé ne survivrait pas au passage de l'eau douce à l'eau de mer. Cependant, il n'a pas fourni de preuves indiquant que des salmonidés au stade de présaumoneau ne pourraient persister dans les bassins versants locaux ou les estuaires jusqu'à ce qu'ils soient prêts à migrer. Par conséquent, il est impossible de présumer que la survie des présaumoneaux n'est pas possible s'ils s'échappent de l'installation.

2. La reproduction

La majorité des saumons EO-1 α à l'installation proposée sera des saumons triploïdes stériles entièrement femelles AquAdvantage^{MD}. Cependant, le stock de génitrices fertiles EO-1 α sera présent en plus petit nombre. De plus, comme la triploïdie n'est pas efficace à 100 % dans la stérilisation du saumon, il peut y avoir des poissons diploïdes fertiles dans la population AquAdvantage^{MD} (on s'attend à en trouver $\leq 1,5$ % de la population AquAdvantage^{MD} selon le succès moyen déclaré de l'induction de la triploïdie, DSN-19702). Le stock de géniteurs domestiques fertiles du fleuve Saint-Jean sera également présent à l'emplacement proposé. En conséquence, si les femelles diploïdes EO-1 α s'échappent de l'installation, elles ont la possibilité de se reproduire avec les poissons domestiques du fleuve Saint-Jean, ou avec les populations sauvages qu'elles peuvent rencontrer. Toutefois, aucune donnée n'a été fournie sur le succès de reproduction et la capacité de frai des saumons femelles EO-1 α d'élevage ou provenant de la nature ou d'environnements semblables à la nature.

Outre le stock de génitrices EO-1 α , un stock de géniteurs néomâles EO-1 α (femelles génétiques recevant un traitement d'hormones pour être phénotypiquement mâles) sera présent. Bien que l'on s'attende à ce que ces poissons manquent de canaux spermatiques et qu'ils soient fonctionnellement stériles, on ne sait pas s'ils parviendront à maturité et participeront à la concurrence pour le frai. Cette information est requise pour le point 3 ci-dessous (possibilité de causer des dommages), car les néomâles qui se reproduisent avec succès avec des femelles sauvages laisseraient des œufs non fécondés et non viables, ce qui pourrait réduire la productivité des populations sauvages. Le déclarant a fourni des données démontrant que la réussite du frai des saumons anadromes mâles élevés en pisciculture (OE-1 α) est inférieure à celle des mâles sauvages élevés en milieu naturel (Moreau *et al.* 2011b). Cependant, l'effet de la culture n'a pas été examiné et on ne sait pas si le faible succès des mâles EO-1 α est dû à la présence du transgène ou aux antécédents d'élevage (comme cela a été observé chez d'autres salmonidés transgéniques avec hormones de croissance, Bessey *et al.* 2004; Leggatt *et al.* 2014). Dans d'autres modèles de salmonidés à croissance rapide (saumon coho transgénique avec hormone de croissance, Leggatt *et al.* 2014; saumon de l'Atlantique d'élevage, Glover *et al.* 2017), l'introgression dans une population sauvage est beaucoup plus probable chez les poissons femelles que mâles. En l'absence de données démontrant le potentiel de reproduction du saumon femelle EO-1 α , le potentiel d'établissement du saumon EO-1 α dans les systèmes naturels, ou de reproduction avec des populations sauvages, ne peut être évalué de façon définitive.

3. Potentiel de causer des dommages

Le déclarant a indiqué dans la déclaration DSN 19702 : « Les données et les comparaisons fournies dans la déclaration DSN 16528 ont clairement documenté que, outre la présence du transgène EO-1 α et du phénotype à croissance rapide résultant de la modification génétique, il n'existait aucune différence significative entre le saumon de l'Atlantique transgénique et non transgénique en ce qui concerne les facteurs qui pourraient avoir des effets écologiques négatifs. »

Dans d'autres modèles de poissons transgéniques avec hormone de croissance, des modifications importantes des gènes de contrôle de l'appétit ont été signalées (carpe, saumon coho, poisson-zèbre, Zhong *et al.* 2013; Dalmolin *et al.* 2015; Kim *et al.* 2015), ainsi que des modifications du comportement (motivation alimentaire accrue, diminution de l'évitement des prédateurs). Il a été démontré que, dans certaines circonstances, les alevins transgéniques de saumon coho avec hormone de croissance élevés dans des cours d'eau semi-naturels ont un avantage de croissance ou de survie par rapport aux alevins sauvages qui cohabitent avec eux (p. ex., Sundström et Devlin 2011; Sundström *et al.* 2014; Leggatt *et al.* 2016; Leggatt *et al.* 2017). De plus, il a été démontré que l'interaction entre le génotype et l'environnement influe sur les phénotypes (taille corporelle et comportement) des poissons transgéniques avec hormone de croissance et sauvages de façon non parallèle, et qu'elle peut avoir des conséquences différentes sur les populations expérimentales (c.-à-d. biomasse, nombre d'individus) entre génotypes (Devlin *et al.* 2004; Sundstrom *et al.* 2007; Vandersteen *et al.*, sous presse). De plus, la modélisation par ordinateur et l'analyse des loci de caractères quantitatifs chez le saumon coho transgénique avec hormone de croissance de l'Atlantique ont révélé que l'introgression du transgène pourrait modifier les phénotypes des populations sauvages par rapport aux valeurs optimales sélectionnées naturellement (Ahrens et Devlin 2011) et pourrait entraîner des changements évolutifs chez les populations sauvages (Kodama *et al.* 2018). Les données actuelles provenant d'autres modèles (voir ci-dessus) laissent entendre que la présence d'un transgène avec hormone de croissance ou ses effets phénotypiques peuvent

causer des dommages aux composantes de l'écosystème (p. ex. populations sauvages) dans certaines conditions. Cependant, des interactions des génotypes selon l'environnement (voir Devlin *et al.* 2015; Vandersteen *et al.*, sous presse), différents effets sur différentes lignées de poissons transgéniques de la même souche et de la même espèce (Leggatt *et al.* 2017) et différents effets de la transgénèse chez différentes souches et espèces (Devlin *et al.* 2001) ont été démontrés. Par conséquent, les études d'autres modèles ne devraient pas être utilisées comme preuve directe de l'existence du saumon EO-1 α , mais plutôt pour tirer des conclusions générales, identifier les zones d'incertitude ou cerner les zones à étudier concernant le potentiel d'invasion des poissons transgéniques avec hormone de croissance. Le déclarant a fourni des données démontrant que les alevins en sevrage EO-1 α n'avaient pas d'avantage ou de désavantage concurrentiel par rapport aux alevins sauvages et qu'ils avaient une croissance et une survie semblables dans des microcosmes de cours d'eau à faible et forte densité (Moreau *et al.* 2011a). De plus, les hybrides de saumon EO-1 α et de truite brune ont éliminé la croissance des populations d'alevins EO-1 α et sauvages dans les cours d'eau simulés (Oke *et al.* 2013), bien que la question de savoir si cela était dû à l'hybridation, au transgène ou à une combinaison des deux n'ait pas été examinée. Les effets potentiels du transgène EO-1 α sur les populations sauvages de saumon de l'Atlantique à d'autres stades de développement ou dans d'autres conditions naturalisées n'ont pas été signalés, pas plus que les effets potentiels de l'introgression du transgène EO-1 α sur les populations sauvages de saumon de l'Atlantique ou la possibilité que les néomâles diminuent la productivité du saumon sauvage par interférence avec la reproduction. Par conséquent, la possibilité que le saumon EO-1 α puisse causer des dommages, dans le cadre du caractère envahissant, ne peut être évaluée de façon définitive.

Discussion, conclusions et recommandations

Les données limitées ou manquantes sur la survie tout au long du cycle de vie et le potentiel reproducteur des saumons femelles EO-1 α dans diverses conditions naturelles pertinentes, ainsi que les données limitées sur la possibilité que le saumon EO-1 α cause des dommages aux écosystèmes naturels, ne permettent pas d'effectuer une évaluation systématique du caractère envahissant du saumon EO-1 α dans ce contexte. Au cours de la discussion, il a été souligné qu'il existait des renseignements supplémentaires dans la documentation sur des organismes semblables que l'entreprise n'a pas abordés. Bien que certaines données pour chaque section (survie, reproduction, possibilité de causer des dommages) aient été fournies, elles ont été jugées insuffisantes pour tirer des conclusions significatives quant au caractère envahissant. Tous s'entendent pour dire que, compte tenu de l'information manquante sur le saumon EO-1 α (c.-à-d. l'information provenant du domaine public et des recherches du gouvernement du Canada) et de la difficulté d'extrapoler l'information provenant d'autres organismes, les données fournies ne sont pas assez solides pour appuyer toute conclusion sur le caractère envahissant. Parmi les autres questions à aborder, mentionnons les effets potentiels en aval de l'élevage, les effets multigénérationnels (y compris épigénétiques) du saumon EO-1 α dans des conditions naturalisées et les réactions du saumon EO-1 α à diverses conditions environnementales pertinentes dans le contexte du caractère envahissant. Les participants à la réunion du 2 novembre 2018 ont conclu consensuellement que l'information et les données fournies dans la déclaration DSN 19702 pour répondre aux exigences de l'alinéa 5a) de l'annexe 5 du RRSN(O) sur le caractère envahissant n'étaient pas suffisantes pour effectuer une évaluation systématique du caractère envahissant du saumon EO-1 α . La recommandation consensuelle était de ne pas accepter l'information comme étant complète pour l'alinéa 5a). Une demande d'exemption a donc été présentée pour cette exigence, accompagnée d'une justification précisant que les mesures de confinement qui seront mises en

place à l'installation de Rollo Bay empêcheront efficacement le rejet de l'organisme dans l'environnement et, ce faisant, atténueront tout risque potentiel d'invasion pour l'environnement. Cet élément a été examiné dans l'évaluation des risques environnementaux.

Collaborateurs

Nom	Organisme d'appartenance
Gilles Olivier	Président, Pêches et Océans Canada
Jay Parsons	Pêches et Océans Canada
Sherry Walker	Pêches et Océans Canada
Colin McGowan	Pêches et Océans Canada
Rosalind Leggatt (coauteure)	Pêches et Océans Canada
Sophie Foster	Pêches et Océans Canada
Lily Weber	Pêches et Océans Canada
Marten Koops	Pêches et Océans Canada
Robert Devlin	Pêches et Océans Canada
George Arvanitakis	Santé Canada
Stephen Dugan	Santé Canada
Jim Louter	Environnement et Changement climatique Canada
Arash Shahsavarani	Environnement et Changement climatique Canada
Zeina Saikali	Environnement et Changement climatique Canada
Michel Lortie	Environnement et Changement climatique Canada
Ian Siboo	Environnement et Changement climatique Canada
Ian Fleming	Université Memorial
Jonathan Carr	Fédération du saumon Atlantique
Jeff Hard	National Oceanic and Atmospheric Administration (États-Unis)

Approuvé par

Wayne Moore
Directeur général, Direction des sciences stratégiques et réglementaires
Pêches et Océans Canada

Date : Novembre 2018

Sources de renseignements

Ahrens, R.N., and Devlin, R.H. 2011. Standing genetic variation and compensatory evolution in transgenic organisms: a growth-enhanced salmon simulation. *Transgen. Res.* 20(3): 583-597. doi: 10.1007/s11248-010-9443-0.

- Abrahams, M.V., and Sutterlin, A. 1999. The foraging and anti-predator behaviour of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon. *Anim. Behav.* 58: 933-942. doi: 10.1006/anbe.1999.1229.
- Bessey, C., Devlin, R.H., Liley, N.R., and Biagi, C.A. 2004. Reproductive performance of growth-enhanced transgenic coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 133: 1205-1220. doi: 10.1577/T04-010.1.
- Cnaani, A., McLean, E., and Hallerman, E.M. 2013. Effects of growth hormone transgene expression and triploidy on acute stress indicators in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 412: 107-116. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.06.029.
- Cook, J.T., McNiven, M.A., and Sutterlin, A.M. 2000a. Metabolic rate of pre-smolt growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 188: 33-45. doi: doi:10.1016/S0044-8486(00)00332-X.
- Cook, J.T., Sutterlin, A.M., and McNiven, M.A. 2000b. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 188: 47-63. doi: 10.1016/S0044-8486(00)00333-1
- Dalmolin, C., Almeida, D.V., Figueiredo, M.A., and Marins, L.F. 2015. Food intake and appetite control in a GH-transgenic zebrafish. *Fish Physiol. Biochem.* 41(5): 1131-1141. doi: 10.1007/s10695-015-0074-5.
- Deitch, E.J., Fletcher, G.L., Petersen, L.H., Costa, I.A.S.F., Shears, M.A., Driedzic, W.R., and Gamperl, A.K. 2006. Cardiorespiratory modifications, and limitations, in post-smolt growth hormone transgenic Atlantic salmon *Salmo salar*. *J. Exp. Biol.* 209(7): 1310-1325. doi: 10.1242/jeb.02105.
- Devlin, R.H., Biagi, C.A., Yesaki, T.Y., Smailus, D.E., and Byatt, J.C. 2001. Growth of domesticated transgenic fish. *Nature* 409: 781-782. doi: 10.1038/35057314.
- Devlin, R.H., D'Andrade, M., Uh, M., and Biagi, C.A. 2004. Population effects of growth hormone transgenic coho salmon depend on food availability and genotype by environment interactions. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 101(25): 9303-9308. doi: 10.1073/pnas.0400023101.
- 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: 890-927. doi: 10.1111/faf.12214
- Hansen, L.P. 2006. Migration and survival of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released from two Norwegian fish farms. *ICES J. Mar. Sci.* 63: 1211-1217. doi: 10.1016/j.icesjms.2006.04.022.
- Kim, J.H., Leggatt, R.A., Chan, M., Volkoff, H., and Devlin, R.H. 2015. Effects of chronic growth hormone overexpression on appetite-regulating brain gene expression in coho salmon. *Mol. Cell. Endocrinol.* 413(C): 178-188. doi: 10.1016/j.mce.2015.06.024.
- Kodama, M., Naish, K.A., and Devlin, R.H. in press. Influence of a growth hormone transgene on the genetic architecture of growth-related traits: a comparative analysis between transgenic and wild-type coho salmon. *Evol. Appl.* doi: 10.1111/eva.12692.
- Leggatt, R.A., Hollo, T., Vandersteen, W.E., McFarlane, K., Goh, B., Prevost, J., and Devlin, R.H. 2014. Rearing in seawater mesocosms improves the spawning performance of growth

- hormone transgenic and wild-type coho salmon. PLoS ONE 9(8): e105377. doi:10.1371/journal.pone.0105377.
- Leggatt, R.A., Sundstrom, L.F., Vandersteen, W.E., and Devlin, R.H. 2016. Alternate directed anthropogenic shifts in genotype result in different ecological outcomes in coho salmon *Oncorhynchus kisutch* fry. PLoS ONE 11(2). doi: 10.1371/journal.pone.0148687.
- Leggatt, R.A., Sundström, L.F., Woodward, K., and Devlin, R.H. 2017. Growth-enhanced transgenic coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) strains have varied success in simulated streams: implications for risk assessment. PLoS ONE 12(1). doi: 10.1371/journal.pone.0169991.
- Milot, E., Perrier, C., Papillon, L., Dodson, J.J., and Bernatchez, L. 2013. Reduced fitness of Atlantic salmon released in the wild after one generation of captive breeding. *Evol. Appl.* 6(3): 472-485. doi:10.1111/eva.12028
- Moreau, D.T.R., Fleming, I.A., Fletcher, G.L., and Brown, J.A. 2011a. Growth hormone transgenesis does not influence territorial dominance or growth and survival of first-feeding Atlantic salmon *Salmo salar* in food-limited stream microcosms. *J. Fish Biol.* 78: 726-740. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02888.x.
- Moreau, D.T.R., Conway, C., and Fleming, I.A. 2011b. Reproductive performance of alternative male phenotypes of growth hormone transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Evol. Appl.* 4(6): 736-748. doi: 10.1111/j.1752-4571.2011.00196.x.
- Muir, W.M. (2004). The threats and benefits of GM fish. *EMBO Rep.* 5(7): 654-659. doi:10.1038/sj.embor.7400197
- Olsen, R.E., and Skilbrei, O.T. 2010. Feeding preference of recaptured Atlantic salmon *Salmo salar* following simulated escape from fish pens during autumn. *Aquac. Environ. Interact.* 1(2): 167-174. doi: 10.3354/aei00015.
- Polymeropoulos, E.T., Plouffe, D., LeBlanc, S., Elliott, N.G., Currie, S., and Frappell, P.B. 2014. Growth hormone transgenesis and polyploidy increase metabolic rate, alter the cardiorespiratory response and influence HSP expression in response to acute hypoxia in Atlantic salmon (*Salmo salar*) yolk-sac alevins. *J. Exp. Biol.* 217(13): 2268-2276. doi:10.1242/jeb.098913.
- Stevens, E.D., Sutterlin, A., and Cook, T. 1998. Respiratory metabolism and swimming performance in growth hormone transgenic Atlantic salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 2028-2065. doi: 10.1139/f98-078.
- Sundström, L.F., and Devlin, R.H. 2011. Increased intrinsic growth rate is advantageous even under ecologically stressful conditions in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Evol. Ecol.* 25(2): 447-460. doi: 10.1007/s10682-010-9406-1.
- Sundström, L.F., Löhmus, M., Tymchuk, W.E., and Devlin, R.H. 2007. Gene-environment interactions influence ecological consequences of transgenic animals. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104(10): 3889-3894. doi: 10.1073/pnas.0608767104.
- Sundström, L.F., Vandersteen, W.E., Löhmus, M., and Devlin, R.H. 2014. Growth-enhanced coho salmon invading other salmon species populations: effects on early survival and growth. *J. Appl. Ecol.* 51: 82-89. doi: 10.1111/1365-2664.12185.
- Tibbetts, S.M., Wall, C.L., Barbosa-Solomieu, V., Bryenton, M.D., Plouffe, D.A., Buchanan, J.T., and Lall, S.P. 2013. Effects of combined 'all-fish' growth hormone transgenics and triploidy

on growth and nutrient utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed a practical grower diet of known composition. *Aquaculture* 406: 141-152. doi: 10.1016/j.aquaculture.2013.05.005.

Vandersteen, W.E., Leggatt, R.A., Sundström, L.F., and Devlin, R.H. in press. Importance of experimental environmental conditions in estimating risks and associated uncertainty of novel organisms prior to entry into nature. *Sci. Rep.* 21pp.

Zhong, C.R., Song, Y.L., Wang, Y.P., Zhang, T.L., Duan, M., Li, Y.M., Liao, L.J., Zhu, Z.Y., and Hu, W. 2013. Increased food intake in growth hormone-transgenic common carp (*Cyprinus carpio* L.) may be mediated by upregulating Agouti-related protein (AgRP). *Gen. Comp. Endocrinol.* 192: 81-88. doi: 10.1007/s10682-010-9406-1.

Le présent rapport est disponible auprès du :

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

Téléphone : 613-990-0293

Courriel : CSAS-SCCS@dfo-mpo.gc.ca

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

ISSN 1919-3815

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2019. Évaluation de l'acceptation des données soumises en vertu du *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement* pour déterminer le caractère envahissant du saumon AquAdvantage^{MD}. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2019/003.

Also available in English:

DFO. 2019. *Assessment of the acceptance of data submitted under the Canadian Environmental Protection Act New Substances Notification Regulations (Organisms) to determine invasiveness of the AquAdvantage[®] salmon. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2019/003.*