



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2019/036

Région de la capitale nationale

Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de l'orthoréovirus pisciaire (RVP) à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery (Colombie-Britannique)

C. Mimeault¹, M. Polinski², K.A. Garver², S.R.M. Jones², S. Johnson², F. Boily¹, G. Malcolm¹, K. Holt³, I.J. Burgetz¹, et G.J. Parsons¹

¹ Pêches et Océans Canada

Division des sciences de l'aquaculture de la biotechnologie et de la santé des animaux
aquatiques

200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6

² Pêches et Océans Canada

Station biologique du Pacifique

3190, chemin Hammond Bay

Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

³ Pêches et Océans Canada

Institut des sciences de la mer

9860, chemin West Saanich

Sidney (Colombie-Britannique) V8L 6B2

Avant-propos

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Publié par :

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

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



© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2019
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Mimeault, C., Polinski, M., Garver, K.A., Jones, S.R.M., Johnson, S., Boily, F., Malcolm, G., Holt, K., Burgetz, I.J. et Parsons, G.J. 2019. Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de l'orthoréovirus pisciaire (RVP) à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery (Colombie-Britannique). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/036. viii + 50 p.

Also available in English :

Mimeault, C., Polinski, M., Garver, K.A., Jones, S.R.M., Johnson, S., Boily, F., Malcolm, G., Holt, K., Burgetz, I.J. and Parsons, G.J. 2019. Assessment of the risk to Fraser River Sockeye Salmon due to piscine orthoreovirus (PRV) transfer from Atlantic Salmon farms in the Discovery Islands area, British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/036. viii + 45 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES FIGURES.....	VI
GLOSSAIRE	VII
RÉSUMÉ	VIII
1 INTRODUCTION.....	1
2 CONTEXTE.....	1
2.1 OBJECTIFS DE GESTION ET DE PROTECTION.....	2
2.2 DÉFINITION DU PROBLÈME.....	2
2.2.1 Identification des dangers	2
2.2.2 Caractérisation des dangers	2
2.2.3 Portée.....	2
2.2.4 Question sur le risque	4
2.2.5 Méthodologie	4
3 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ	10
3.1 ÉVALUATION DE L'INFECTION À LA FERME D'ÉLEVAGE.....	10
3.1.1 Question	10
3.1.2 Éléments à prendre en compte	10
3.1.3 Hypothèses.....	15
3.1.4 Probabilité d'infection à la ferme d'élevage	16
3.2 ÉVALUATION DE LA DISSÉMINATION	17
3.2.1 Question	17
3.2.2 Éléments à prendre en compte	17
3.2.3 Hypothèses.....	18
3.2.4 Probabilité de dissémination	18
3.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION.....	20
3.3.1 Question	20
3.3.2 Éléments à prendre en compte	20
3.3.3 Hypothèses.....	23
3.3.4 Probabilité d'exposition	23
3.4 ÉVALUATION DE L'INFECTION	25
3.4.1 Question	25
3.4.2 Éléments à prendre en compte	25
3.4.3 Hypothèses.....	28
3.4.4 Probabilité d'infection.....	28
3.5 ÉVALUATION GLOBALE DE LA PROBABILITÉ	30
4 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES	31
4.1 QUESTION.....	31
4.2 ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE.....	31

4.2.1	Pathogénicité et virulence du RVP.....	31
4.2.2	Prévalence du RVP chez le saumon rouge.....	33
4.2.3	Proportion de saumons rouges du fleuve Fraser exposés à des fermes d'élevages infectées.....	36
4.3	HYPOTHÈSES	36
4.4	AMPLEUR DES CONSÉQUENCES	36
4.4.1	Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser.....	37
4.4.2	Saumon rouge adulte du fleuve Fraser	37
5	ESTIMATION DU RISQUE.....	39
5.1	ABONDANCE	39
5.2	DIVERSITÉ.....	39
6	SOURCES D'INCERTITUDE	40
6.1	ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ.....	40
6.2	ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES.....	40
7	CONCLUSIONS.....	40
8	RÉFÉRENCES CITÉES.....	41
9	ANNEXES.....	47
9.1	ANNEXE A : CYCLES DE PRODUCTION DU SAUMON ATLANTIQUE DANS LA RÉGION DES ÎLES DISCOVERY	47
9.2	ANNEXE B : DÉFAUTS RELEVÉS PENDANT LES VÉRIFICATIONS DU MPO	50

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des 18 fermes d'élevage de saumon atlantique incluses dans l'évaluation des risques.	4
Tableau 2. Catégories et définitions utilisées pour décrire la probabilité d'un événement sur une période d'un an.	6
Tableau 3. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser.....	6
Tableau 4. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.	6
Tableau 5. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé aux données et aux informations.	7
Tableau 6. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé à la gestion de la santé des poissons.	8
Tableau 7. Dépistage du RVP effectué entre 2013 et 2018 dans des éclosiers de saumon atlantique avant les transferts destinés à des sites marins dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique.....	14
Tableau 8. Facteurs contribuant à la probabilité que des saumons atlantique d'élevage infectés par l'orthoréovirus pisciaire-1 soient présents dans une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery selon les pratiques actuelles, et limitant cette probabilité.	16
Tableau 9. Facteurs contribuant à la probabilité que l'orthoréovirus pisciaire-1 soit rejeté d'une ferme d'élevage de saumon atlantique, située dans la région des îles Discovery, dans un environnement accessible au saumon rouge sauvage du fleuve Fraser, selon les pratiques actuelles, et limitant cette probabilité.....	19
Tableau 10. Sommaire des preuves de chevauchement temporel entre le saumon rouge du fleuve Fraser et l'orthoréovirus pisciaire des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.	23
Tableau 11. Facteurs contribuant à la probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé à l'orthoréovirus pisciaire-1 (RVP-1) rejeté par des fermes d'élevage de saumon atlantique infectées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles, et limitant cette probabilité.	24
Tableau 12. Facteurs contribuant à la probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par l'orthoréovirus pisciaire-1 (RVP-1) rejeté par des fermes d'élevage de saumon atlantique infectées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles, et limitant cette probabilité.	29
Tableau 13. Sommaire des cotes de probabilité et des niveaux d'incertitude pour l'évaluation de la probabilité de l'évaluation du risque que représente l'orthoréovirus pisciaire-1.....	30
Tableau 14. Pourcentage de détections positives du RVP chez le saumon rouge, présenté par stade biologique et milieu d'échantillonnage.	33
Tableau 15. Distribution de la détection du RVP dans les stocks de saumon rouge du fleuve Fraser et dans les 24 unités de conservation de la Politique concernant le saumon sauvage. ...	34

Tableau 16. Estimation du risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de l'orthoréovirus pisciaire provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles.	39
Tableau 17. Estimation du risque pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de l'orthoréovirus pisciaire provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles.	40
Table 18. Nombre de défauts relevés au cours des vérifications effectuées par Pêches et Océans Canada dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de 2011 à 2017 en Colombie-Britannique.....	50

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Emplacement des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (zone 3-2 et trois fermes dans la zone 3-3) incluses dans la présente évaluation des risques.	3
Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation des risques pour le saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de l'orthoréovirus pisciaire-1 (RVP-1) provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique.	5
Figure 3. Matrice des risques pour combiner les résultats de l'évaluation de la probabilité et des conséquences sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser. Les couleurs vert, jaune et rouge, respectivement, représentent un risque minime, modéré et élevé.	9
Figure 4. Matrice des risques pour combiner les résultats de l'évaluation de la probabilité et des conséquences sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser. Les couleurs vert, jaune et rouge, respectivement, représentent un risque minime, modéré et élevé.	10
Figure 5. Sections transversales des chenaux aux fermes d'élevages (A) Brent et (B) Shaw situées respectivement dans le chenal le plus étroit et le plus large où des fermes d'élevage de saumon atlantique sont situées dans la région des îles Discovery.	21
Figure 6. Cycles de production entamés entre janvier 2013 et décembre 2017 dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.....	48
Figure 7. Transferts de saumons atlantique à des sites de grossissement en mer dans la région des îles Discovery entre janvier 2013 et juin 2018.	49

GLOSSAIRE

Cardiomyopathie : trouble ou maladie du muscle cardiaque.

Clinique : apparence extérieure d'une maladie dans un organisme vivant.

De type IMSC : maladie cardiaque inflammatoire caractérisée pour l'IMSC, mais dont l'étiologie est discutable.

Épidémie : apparition d'un ou de plusieurs cas d'une maladie au-delà de ce à quoi l'on s'attendrait normalement dans une unité épidémiologique au cours d'une période donnée.

Épisode de mortalité : mortalité des poissons équivalente à 4 000 kg ou plus ou pertes atteignant 2 % de l'inventaire actuel de l'installation au cours d'une période de 24 heures; ou mortalité des poissons équivalente à 10 000 kg ou plus ou pertes atteignant 5 % sur une période de 5 jours.

Espèce sensible : espèce chez laquelle l'infection a été démontrée par l'apparition de cas naturels ou par une exposition expérimentale à l'agent pathogène qui imite les voies naturelles de transmission.

Événement lié à la santé des poissons (ESP) : éclosion de maladie, soupçonnée ou déclarée, dans une installation d'aquaculture, qui nécessite l'intervention d'un vétérinaire et toutes les mesures visant à réduire ou à atténuer l'incidence et le risque associés à l'événement.

Génogroupe : groupe phylogénétiquement distinct.

Infection : croissance de micro-organismes pathogènes dans le corps, avec ou sans altération des fonctions corporelles.

Inflammation des muscles squelettiques et cardiaques (IMSC) : maladie inflammatoire des muscles squelettiques et cardiaques chez le saumon atlantique d'élevage, caractérisée par une épocardite cellulaire, une inflammation modérée à grave et une nécrose (surtout dans le ventricule où l'inflammation prédomine) où l'inflammation du muscle squelettique rouge est un facteur favorable; et où il est prouvé que le RVP est un facteur étiologique majeur.

Pression d'infection : concentration d'agents pathogènes infectieux dans l'environnement des hôtes sensibles.

Prévalence : nombre d'hôtes infectés par un agent pathogène (*prévalence de l'infection*) ou affectés par une maladie (*prévalence de la maladie*), exprimé en pourcentage du nombre total d'hôtes examinés pour cet agent pathogène (ou cette maladie) dans une population à un moment donné.

Subclinique : signes insuffisants pour causer une maladie classique identifiable.

Subléta : insuffisant pour causer la mort.

Transmission horizontale : transfert d'un agent pathogène d'un poisson à l'autre.

Unité épidémiologique : groupe d'animaux partageant approximativement le même risque d'exposition à un agent pathogène à un endroit défini.

Vecteur passif : objet inanimé capable de transmettre une maladie (p. ex. filet ou bateau contaminé).

Vecteur : organisme vivant susceptible de transmettre une maladie, directement ou indirectement, d'un animal ou de ses excréments à un autre animal (p. ex. personnel, faune, etc.).

RÉSUMÉ

Dans le cadre de l'Initiative d'évaluation du risque environnemental des sciences aquacoles, Pêches et Océans Canada (MPO) réalise une série d'évaluations en vue de déterminer les risques que posent pour le saumon rouge du fleuve Fraser les agents pathogènes présents dans les élevages marins de saumon atlantique situés dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique.

Le présent document est l'évaluation du risque que présente pour le saumon rouge du fleuve Fraser l'orthoréovirus pisciaire (RVP) provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique des îles Discovery en Colombie-Britannique selon les pratiques actuelles. L'évaluation a été effectuée en trois étapes principales : premièrement, une évaluation de la probabilité, qui est le résultat de quatre étapes successives (une évaluation de l'infection des fermes d'élevage de saumon atlantique; une évaluation de la dissémination; une évaluation de l'exposition et une évaluation globale de l'infection); deuxièmement, une évaluation des conséquences et enfin une estimation du risque.

Le RVP, dont seul le génogroupe RVP-1 est présent dans le Pacifique Est, est endémique en Colombie-Britannique, où il a été détecté chez le saumon sauvage et d'élevage. Les infections par le RVP sont omniprésentes, très répandues et persistantes dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique; il est donc fort probable que des saumons atlantique d'élevage infectés par le RVP soient présents dans une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery au cours d'une année donnée. Les taux d'excrétion du saumon atlantique infecté par le RVP n'ont pas encore été quantifiés, mais des études en laboratoire ont démontré que les saumons atlantique infectés peuvent transmettre le virus. Il est donc fort probable, avec une grande certitude, que le RVP puisse être rejeté d'une ferme d'élevage de saumon atlantique par des poissons infectés. La stabilité du RVP dans l'eau de mer n'a pas été caractérisée; toutefois, compte tenu du chevauchement temporel entre le RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique et la période de migration du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery, il est extrêmement probable, avec une certitude raisonnable, qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser juvénile et un adulte soient exposés à un RVP rejeté par les fermes d'élevage de saumon atlantique au cours d'une année donnée. Enfin, dans le cadre d'une telle exposition, compte tenu des preuves d'infection dans les études de cohabitation, il a été conclu qu'il serait très probable, avec une grande incertitude, qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté. Dans l'ensemble, on a conclu qu'il est très probable qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par le RVP rejeté par les fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery selon les pratiques actuelles.

L'ampleur des répercussions potentielles sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser a donc été jugée négligeable puisque les données actuelles ne permettent pas de conclure que le RVP-1 cause la maladie ou la mortalité chez le saumon rouge. Cette conclusion a été formulée avec une certitude et une incertitude raisonnables quant aux conséquences potentielles de l'infection des juvéniles et des adultes, respectivement.

Dans l'ensemble, l'évaluation a permis de conclure que le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery pose un risque minime pour l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser compte tenu des pratiques actuelles d'élevage des poissons. Les conclusions ont été tirées à partir d'une série de cotes estimées à l'aide d'une série d'incertitudes. Il conviendrait par conséquent de revoir les conclusions à mesure que les résultats de nouvelles recherches viendront combler les lacunes dans les connaissances.

1 INTRODUCTION

Pêches et Océans Canada (MPO) assume le rôle réglementaire d'assurer la protection de l'environnement tout en créant les conditions de développement d'un secteur de l'aquaculture durable sur les plans économique, social et environnemental. Dans le cadre de cet objectif global, le but du MPO concernant l'aquaculture est de protéger le poisson et son habitat à l'aide d'approches d'évitement, d'atténuation, de surveillance et de conformité qui sont adaptées au risque potentiel pour l'environnement.

Il est reconnu qu'il existe des interactions entre les activités aquacoles et l'environnement (Grant et Jones, 2010; Foreman et al., 2015b). L'une de ces interactions est le risque de propagation possible, au saumon sauvage, de maladies infectieuses en provenance de fermes d'élevage de saumon atlantique (*Salmo salar*) situés en Colombie-Britannique (Cohen, 2012a).

La Division de la gestion de l'aquaculture du MPO a demandé un avis scientifique officiel sur le risque de transfert d'agents pathogènes des fermes d'élevage de saumon atlantique aux populations de poissons sauvages en Colombie-Britannique. Étant donné la complexité des interactions entre les agents pathogènes, les hôtes et l'environnement, le MPO publie cet avis scientifique, qui sera suivi d'une synthèse, dans le cadre d'une série d'évaluations des risques d'agents pathogènes.

Le présent document évalue le risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser que représente l'orthoréovirus pisciaire (RVP) provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Les risques posés à d'autres populations de poissons sauvages et liés à d'autres élevages, agents pathogènes et régions de la Colombie-Britannique seront déterminés au moyen d'analyses ultérieures et ne sont donc pas inclus dans le présent document.

2 CONTEXTE

Cette évaluation du risque est menée dans le cadre de l'Initiative d'évaluation du risque environnemental des sciences aquacoles du MPO (ci-après appelé l'Initiative), mise en œuvre en tant qu'approche structurée pour fournir un avis scientifique axé sur les risques et ainsi mieux appuyer l'aquaculture durable au Canada. De plus, pour assurer l'uniformité des évaluations des risques effectuées dans le cadre de l'Initiative, le Cadre d'évaluation du risque environnemental des sciences aquacoles (ci-après appelé le Cadre) décrit le processus et les composantes de chaque évaluation.

Ce Cadre permettra de réaliser des évaluations du risque systématiques, structurées, transparentes et exhaustives. Il est conforme aux cadres (GESAMP, 2008; ISO, 2009) internationaux et nationaux d'évaluation des risques et a été validé au moyen de multiples processus d'examen par les pairs (Mimeault et al., 2017; Mimeault et al., 2019a; Mimeault et al., 2019b; Mimeault et al., 2019c; Mimeault et al., 2019d). Le Cadre comprend la définition des objectifs de gestion et de protection, une définition du problème, une évaluation du risque et la production d'avis scientifiques. Les objectifs de gestion et de protection et la définition du problème ont été élaborés en collaboration avec les secteurs des Sciences des écosystèmes et des océans et de la Gestion des écosystèmes et des pêches du MPO et approuvés par la Division de la gestion de l'aquaculture.

Le Cadre comporte également la communication de risque et un examen scientifique par les pairs par l'entremise du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) du MPO, composé d'experts scientifiques internes et externes au MPO. Des renseignements détaillés au

sujet de l'Initiative et du Cadre sont disponibles sur la page Web de l'[Initiative d'évaluation du risque environnemental des sciences aquacoles du MPO](#).

Les évaluations du risque effectuées dans le cadre de l'Initiative ne tiennent pas compte des considérations socio-économiques et ne constituent pas des analyses coûts-avantages ou des analyses risques-avantages.

2.1 OBJECTIFS DE GESTION ET DE PROTECTION

Conformément aux recommandations relatives à l'aquaculture et à la santé du poisson formulées dans le rapport final de 2012 de la Commission d'enquête sur le déclin du saumon rouge du fleuve Fraser (Cohen, 2012a), le saumon rouge du fleuve Fraser est la composante valorisée de l'écosystème dans cette évaluation du risque, et les objectifs de gestion et de protection visent à préserver son abondance et sa diversité.

2.2 DÉFINITION DU PROBLÈME

2.2.1 Identification des dangers

Dans la présente évaluation du risque, le danger est l'orthoréovirus pisciaire (RVP) provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Puisque le RVP-1 est le seul génogroupe détecté en Amérique du Nord à ce jour (Polinski et Garver, 2019), c'est le seul qui a été pris en compte dans cette évaluation du risque. De plus, compte tenu des différences dans la virulence du RVP-1 en Norvège par rapport au Pacifique canadien [examiné dans Polinski et Garver (2019)], la présente évaluation du risque porte sur le RVP-1 trouvé dans le Pacifique canadien. Par conséquent, toutes les mentions du RVP dans le présent document font référence au RVP-1 que l'on trouve dans le Pacifique canadien, sauf indication contraire.

2.2.2 Caractérisation des dangers

Polinski et Garver (2019) ont résumé les caractéristiques pertinentes du RVP et des pathologies associées présumées et ont identifié des lacunes dans les connaissances relatives à cette évaluation du risque.

Polinski et Garver (2019) ont également examiné l'occurrence du RVP et des maladies connexes dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique. La présente évaluation du risque donne d'autres détails propres aux piscicultures de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.

2.2.3 Portée

Cette évaluation vise à déterminer le risque associé aux pratiques d'élevage actuelles, y compris les exigences réglementaires et les pratiques volontaires décrites dans Wade (2017). Elle met l'accent sur le risque attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (zone de surveillance de la santé des poissons 3-2) et aux environs immédiats (trois fermes d'élevage dans la zone 3-3 au nord-ouest de la zone 3-2) (voir la Figure 1 et le Tableau 1) et inclut les mêmes 18 fermes d'élevage que dans Mimeault et al. (2017).

Bien que 18 fermes d'élevage soient visées, il convient de noter que, de décembre 2010 à février 2016, le nombre de fermes stockées d'élevage du saumon atlantique a varié entre 3 et 18, avec une moyenne de huit fermes d'élevage par mois (Mimeault et al., 2017). D'autres fermes d'élevage de saumon atlantique situées le long des voies migratoires du saumon rouge

du fleuve Fraser, comme ceux de l'archipel Broughton, ne sont pas visés par la présente évaluation du risque.

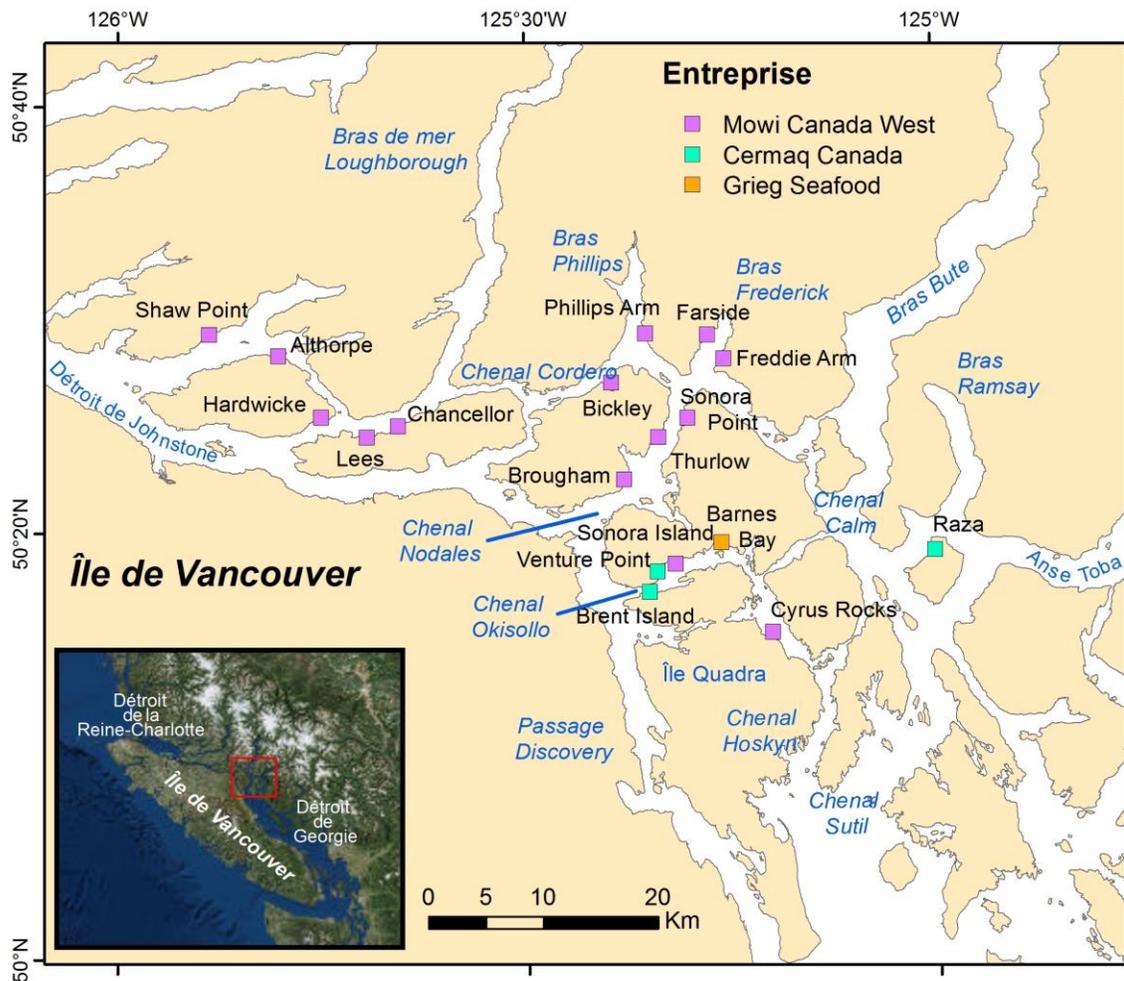


Figure 1. Emplacement des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (zone 3-2 et trois fermes dans la zone 3-3) incluses dans la présente évaluation des risques. La taille des symboles pour les exploitations aquacoles n'est pas à l'échelle. Les couleurs représentent les différentes entreprises qui exploitent les fermes d'élevage, telles qu'identifiées dans la légende. L'encart illustre l'emplacement de la région des îles Discovery en Colombie-Britannique. Adapté de Mimeault et al. (2017).

Tableau 1. Liste des 18 fermes d'élevage de saumon atlantique incluses dans l'évaluation des risques.

Entreprise	Exploitation aquacole	Zone de surveillance de la santé des poissons
Cermaq Canada	Brent Island	3-2
	Raza	3-2
	Venture	3-2
Grieg Seafood	Barnes	3-2
Mowi Canada West (anciennement Marine Harvest Canada)	Althorpe	3-3
	Bickley	3-2
	Brougham	3-2
	Chancellor	3-2
	Cyrus Rocks	3-2
	Farside	3-2
	Freddie Arm	3-2
	Hardwicke	3-3
	Lees	3-2
	Phillips Arm	3-2
	Shaw Point	3-3
	Sonora Point	3-2
	Sonora/Okisollo	3-2
	Thurlow	3-2

La présente évaluation du risque porte sur les effets directs potentiels du RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser. Les conséquences indirectes potentielles sur le saumon rouge du fleuve Fraser au moyen de processus écosystémiques complexes résultant de l'infection d'autres espèces sensibles de saumon du Pacifique ne sont pas pris en compte.

2.2.4 Question sur le risque

Quel risque pose, pour l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser, le transfert du RVP des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery selon les pratiques actuelles?

2.2.5 Méthodologie

La méthodologie s'inspire de Mimeault et al. (2017), qui a été adaptée des Lignes directrices du MPO pour l'évaluation du risque biologique posé par les espèces aquatiques envahissantes au Canada (Mandrak et al., 2012), de l'Analyse des (OIE, 2010) risques à l'importation de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) (OIE, 2010), des recommandations pour l'évaluation des risques en aquaculture côtière (GESAMP, 2008) et des lignes directrices de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture sur la compréhension et l'application des analyses des risques en aquaculture (FAO, 2008).

2.2.5.1 Modèle conceptuel

Le modèle conceptuel (Figure 2) est adapté de celui de Mimeault et al. (2017), dans lequel la probabilité qu'un événement se produise et l'ampleur des répercussions potentielles sont combinées dans une matrice des risques prédéfinie pour estimer le risque. La probabilité qu'un

éventuellement se produire est évaluée en quatre étapes consécutives, à savoir : une évaluation de l'infection à la ferme d'élevage; une évaluation de la dissémination; une évaluation de l'exposition; une évaluation de l'infection. L'évaluation des conséquences détermine l'ampleur potentielle des conséquences de l'infection par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ

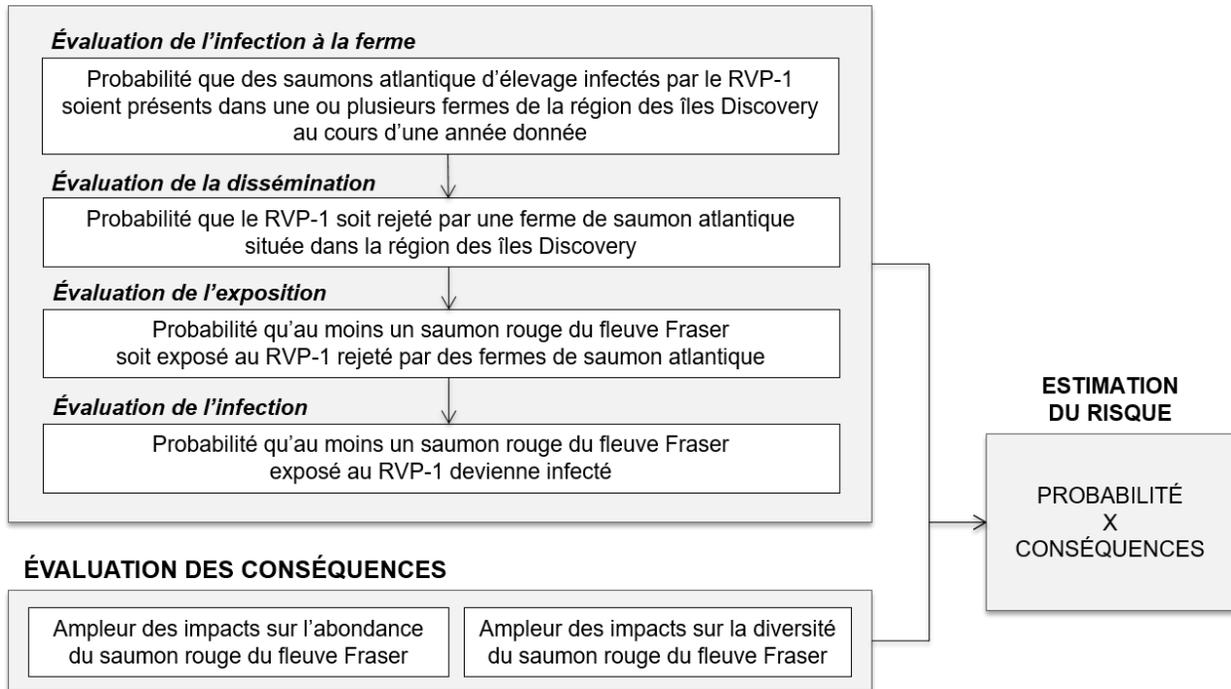


Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation des risques pour le saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de l'orthoréovirus pisciaire-1 (RVP-1) provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Adapté de Mimeault et al. (2017).

2.2.5.2 Terminologie

Les catégories et définitions utilisées pour classer la probabilité (Tableau 2), les conséquences sur l'abondance (Tableau 3), les conséquences sur la diversité (Tableau 4), l'incertitude des données et de l'information (Tableau 5) et l'incertitude de la gestion de la santé des poissons (Tableau 6) ont été adaptées de Mimeault et al. (2017).

Tableau 2. Catégories et définitions utilisées pour décrire la probabilité d'un événement sur une période d'un an. « Extrêmement improbable » est la probabilité la plus faible et « extrêmement probable », la probabilité la plus forte. Adapté de Mimeault et al. (2017).

Catégories	Définitions
Extrêmement improbable	L'événement a peu ou pas de chance de se produire
Très improbable	L'événement pourrait se produire rarement
Peu probable	L'événement pourrait se produire à l'occasion
Probable	L'événement se produira couramment
Très probable	L'événement se produira dans la plupart des cas
Extrêmement probable	L'événement se produira/devrait se produire

Tableau 3. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser. Adapté de Mimeault et al. (2017).

Catégories	Définitions
Négligeable	Réduction de 0 à 1 % du nombre de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui reviennent frayer
Mineure	Réduction de >1 à 5 % du nombre de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui reviennent frayer
Modérée	Réduction de >5 à 10 % du nombre de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui reviennent frayer
Majeure	Réduction de >10 à 25 % du nombre de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui reviennent frayer
Grave	Réduction de >25 à 50 % du nombre de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui reviennent frayer
Extrême	Réduction de >50 % du nombre de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui reviennent frayer

Tableau 4. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser. UC : Unité de conservation. Adapté de Mimeault et al. (2017).

Catégories	Définitions
Négligeable	Variation de 0 à 1 % de l'abondance sur une génération et aucune perte d'UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération
Mineure	Réduction de >1 à 10 % de l'abondance dans certaines UC qui n'entraînerait pas la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération
Modérée	Réduction de 1 à 10 % de l'abondance dans la plupart des unités de conservation qui n'entraînerait pas la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération; OU Réduction de >10 à 25 % de l'abondance dans une ou plusieurs UC qui n'entraînerait pas la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération
Majeure	Réduction de >25 % de l'abondance dans une ou plusieurs UC qui n'entraînerait pas la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération
Grave	Réduction de l'abondance qui entraînerait la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération
Extrême	Réduction de l'abondance qui entraînerait la perte de plus d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération

Tableau 5. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé aux données et aux informations. Adapté de Mimeault et al. (2017).

Catégories	Définitions
Incertitude élevée	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune donnée ou données insuffisantes • Les données disponibles sont de mauvaise qualité • Très grande variabilité intrinsèque • Les conclusions des experts varient considérablement
Incertitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> • Les données disponibles sont limitées, incomplètes ou seulement des données de substitution • Les données disponibles ne peuvent être présentées qu'avec des réserves importantes • Variabilité intrinsèque importante • Les experts ou les modèles arrivent à des conclusions différentes
Certitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> • Les données disponibles sont abondantes, mais non exhaustives • Les données disponibles sont solides • Faible variabilité intrinsèque • Les experts ou les modèles sont généralement d'accord
Certitude élevée	<ul style="list-style-type: none"> • Les données disponibles sont abondantes et exhaustives • Les données disponibles sont solides, examinées par des pairs et publiées • Très faible variabilité intrinsèque • Les experts ou les modèles sont d'accord

Tableau 6. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé à la gestion de la santé des poissons. « Quelques » et « la plupart » sont respectivement définis comme étant moins et plus de 50 % des données pertinentes. Adapté de Mimeault et al. (2017).

Catégories	Définitions
Incertitude élevée	<ul style="list-style-type: none"> • Aucune des informations recueillies dans le cadre des pratiques de gestion des fermes d'élevage de saumon atlantique, telles que précisées dans les plans de gestion de la santé des salmonidés, n'est disponible • Divergence entre l'information et les données obtenues auprès des fermes d'élevage et les vérifications effectuées dans les fermes d'élevage, pour toutes les fermes • Pratiques volontaires dans les fermes d'élevage • L'opinion des experts varie considérablement
Incertitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> • Quelques des informations recueillies dans le cadre des pratiques de gestion des fermes d'élevage de saumon atlantique, telles que précisées dans les plans de gestion de la santé des salmonidés, sont disponibles • Divergence entre l'information et les données obtenues auprès des fermes d'élevage et les vérifications effectuées dans les fermes d'élevage, pour la plupart des fermes • Pratiques volontaires des entreprises • Les experts arrivent à des conclusions différentes
Certitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> • La plupart des informations recueillies dans le cadre des pratiques de gestion des fermes d'élevage de saumon atlantique, telles que précisées dans les plans de gestion de la santé des salmonidés, sont disponibles • Corroboration entre l'information et les données obtenues auprès des fermes d'élevage et les vérifications effectuées dans les fermes d'élevage, pour la plupart des fermes • Pratique(s) volontaire(s) à l'échelle de l'industrie, convenue(s) au moyen d'un protocole d'entente ou d'une certification par une tierce partie reconnue • Les experts sont généralement d'accord
Certitude élevée	<ul style="list-style-type: none"> • Toutes les informations recueillies dans le cadre des pratiques de gestion des fermes d'élevage de saumon atlantique, telles que précisées dans les plans de gestion de la santé des salmonidés, sont disponibles • Corroboration entre l'information et les données obtenues auprès des fermes d'élevage et les vérifications effectuées dans les fermes d'élevage, pour toutes les fermes • Pratique(s) obligatoire(s) exigée(s) par la loi et certification par une tierce partie reconnue • Les experts sont d'accord

2.2.5.3 Règles de combinaison

Comme le décrivent Mimeault et al. (2017), la combinaison des probabilités diffère si les événements sont dépendants ou indépendants : « Un événement est dépendant si son issue dépend d'un autre événement. Par exemple, l'infection ne peut se produire que si l'exposition a eu lieu; par conséquent l'infection dépend de l'exposition. Les événements sont indépendants lorsque l'issue de l'un événement n'a pas d'incidence sur celle des autres événements; par exemple, un agent pathogène peut être rejeté dans l'environnement par différentes voies non reliées. » Les probabilités sont combinées selon les méthodologies acceptées dans les évaluations qualitatives du risque en adoptant la valeur la plus basse (p. ex. faible) pour les événements dépendants et la valeur la plus forte (p. ex. élevée) pour les événements indépendants (Cox, 2008; Gale et al., 2010; Cudmore et al., 2012).

Les incertitudes sont présentées à chaque étape de l'évaluation du risque. Plusieurs approches ont été utilisées pour combiner les classements qualitatifs de l'incertitude dans les évaluations du risque. Certains auteurs rapportent une incertitude pour chaque étape sans combinaison (Peeler et Thrush, 2009; Jones et al., 2015), d'autres adoptent l'incertitude la plus élevée (Mandrak et al., 2012), tandis que d'autres encore adoptent l'incertitude la plus élevée associée à la probabilité la plus faible pour les événements dépendants (Cudmore et al., 2012). Dans la présente évaluation du risque, les incertitudes ne sont pas combinées dans les évaluations globales de la probabilité et des conséquences afin de conserver l'accent sur l'incertitude associée à chaque étape.

2.2.5.4 Estimation du risque

Comme le décrivent Mimeault et al. (2017), deux matrices des risques ont été élaborées en collaboration avec les Secteurs sciences des écosystèmes et des océans et de la Gestion des écosystèmes et des pêches du MPO afin de catégoriser les estimations du risque pour l'abondance (Figure 3) et la diversité (Figure 4) du saumon rouge du fleuve Fraser. Elles sont alignées sur l'échelle pertinente des conséquences pour la gestion des pêches et les objectifs stratégiques, sur les politiques existantes et sur la tolérance actuelle au risque lié à la gestion en ce qui concerne les évaluations des risques.

Probabilité	Extrêmement probable						
	Très probable						
	Probable						
	Peu probable						
	Très improbable						
	Extrêmement improbable						
		Négligeable	Mineure	Modérée	Majeure	Grave	Extrême
Conséquences sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser							

Figure 3. Matrice des risques pour combiner les résultats de l'évaluation de la probabilité et des conséquences sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser. Les couleurs vert, jaune et rouge, respectivement, représentent un risque minime, modéré et élevé.

Probabilité	Extrêmement probable						
	Très probable						
	Probable						
	Peu probable						
	Très improbable						
	Extrêmement improbable						
		Négligeable	Mineure	Modérée	Majeure	Grave	Extrême
Conséquences sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser							

Figure 4. Matrice des risques pour combiner les résultats de l'évaluation de la probabilité et des conséquences sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser. Les couleurs vert, jaune et rouge, respectivement, représentent un risque minime, modéré et élevé.

3 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ

L'évaluation de la probabilité consiste à déterminer la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par l'orthoréovirus pisciaire (RVP) provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situés dans la région des îles Discovery.

Chaque étape de l'évaluation de la probabilité suppose que les pratiques de gestion actuelles des fermes d'élevage de saumon atlantique sont suivies et seront maintenues.

3.1 ÉVALUATION DE L'INFECTION À LA FERME D'ÉLEVAGE

3.1.1 Question

Au cours d'une année donnée, quelle est la probabilité que des saumons atlantique d'élevage infectés par le RVP soient présents dans une ou plusieurs fermes d'élevage de la région des îles Discovery?

3.1.2 Éléments à prendre en compte

Les éléments à prendre en compte sont la sensibilité du saumon atlantique au RVP, les exigences réglementaires, les pratiques de l'industrie, la prévalence du RVP dans les écloséries et le RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

3.1.2.1 Sensibilité du saumon atlantique à l'infection par le RVP

Du matériel génétique RVP a été détecté dans le saumon atlantique dans plusieurs pays (Palacios et al., 2010; Kibenge et al., 2013; Marty et al., 2015; Adamek et al., 2018; Gunnarsdóttir et al., 2018; Markussen et al., 2018; Warheit, 2018).

Plus précisément, l'infection du saumon atlantique par le type génétique RVP-1 du Pacifique canadien a été démontrée par une étude de cohabitation (Garver et al., 2016a), et le RVP a été signalé dans des fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique (Marty et al., 2015; Di Cicco et al., 2017; Laurin et al., 2019) démontrant la sensibilité du saumon atlantique à l'infection par le RVP.

3.1.2.2 Exigences réglementaires

3.1.2.2.1 Délivrance de permis et biosécurité

Depuis décembre 2010, le MPO est le principal responsable de la réglementation et de la gestion de l'aquaculture en Colombie-Britannique en vertu du *Règlement du Pacifique sur l'aquaculture* (RPA) pris aux termes de la *Loi sur les pêches*. Le MPO est ainsi responsable de l'octroi des permis d'aquaculture pour les activités de pisciculture en milieu marin, les activités de conchyliculture ainsi que les activités en eau douce en Colombie-Britannique.

Chaque ferme d'élevage exploitée en Colombie-Britannique doit détenir un permis de pisciculture en vertu du RPA, qui exige notamment un plan de gestion de la santé des salmonidés (PGSS) et des procédures opérationnelles normalisées (PON) internes connexes (MPO, 2015). Le PGSS décrit les concepts sanitaires et les éléments requis associés à un permis de pisciculture, tandis que les PON qui l'accompagnent présentent en détail les procédures à suivre pour appliquer les concepts du PGSS, notamment la surveillance de la santé et des maladies des poissons (MPO, 2015; Wade, 2017).

Le PGSS comprend les exigences relatives à l'exclusion des agents pathogènes (section 2.5 du PGSS) (MPO, 2015), y compris la nécessité de prendre des précautions particulières pour éviter un stress indu des poissons et la transmission d'agents pathogènes; il exige également d'obtenir un permis du Comité des introductions et des transferts avant tout transfert de poissons (MPO, 2015).

3.1.2.2.2 Programme de vérification et de surveillance de la santé du poisson

Des échantillons sont prélevés sur des poissons morts récemment dans le cadre du Programme de vérification et de surveillance de la santé du poisson (ci-après le Programme de vérification) afin de vérifier la surveillance et la déclaration régulières des maladies par les fermes d'élevage (Wade, 2017). Les poissons moribonds peuvent aussi être échantillonnés (I. Keith, MPO, 103-2435, promenade Mansfield, Courtenay, Colombie-Britannique V9N 2M2, comm. pers. 2018). Le MPO a pour objectif de vérifier 30 fermes d'élevage choisies au hasard par trimestre ou 120 fermes d'élevage par année (Wade, 2017).

Au cours d'une vérification, 30 poissons frais au maximum sont sélectionnés pour des analyses d'histopathologie, de bactériologie et de diagnostic moléculaire/virologie, mais dans la plupart des cas, les échantillonnages portent sur huit poissons frais (Wade, 2017). Les vétérinaires du MPO fournissent des diagnostics à l'échelle de l'exploitation en fonction d'une combinaison des antécédents de la ferme d'élevage, des antécédents de traitement, des facteurs environnementaux, des dossiers de mortalité, des présentations cliniques à la ferme d'élevage et des résultats des procédures de diagnostic effectuées sur les différents poissons (MPO, 2018c).

Le RVP n'est pas inclus dans les diagnostics moléculaires effectués sur les échantillons de vérification.

3.1.2.2.3 Événements liés à la santé des poissons

Les événements liés à la santé des poissons (ESP) sont signalés au MPO par l'industrie. Le MPO (2015) définit un ESP comme suit : « une éclosion de maladie, soupçonnée ou déclarée, dans une installation d'aquaculture qui nécessite l'intervention d'un vétérinaire et toutes les mesures visant à réduire ou à atténuer l'incidence et le risque associés à l'événement ». Lorsqu'un ESP se produit, le titulaire de permis doit prendre des mesures pour gérer l'événement, évaluer les mesures d'atténuation et soumettre un avis d'ESP et les mesures de gestion thérapeutiques au Ministère (MPO, 2015).

La déclaration des ESP est obligatoire depuis l'automne 2002, à l'exception de 2013, 2014 et des trois premiers trimestres de 2015, au cours desquels les décès devaient être déclarés par cause (Wade, 2017). Pendant ce temps, les ESP étaient encore signalés à la BC Salmon Farmers Association (BCSFA), mais leur déclaration au MPO n'était pas exigée dans les conditions de permis. La BCSFA a fourni les ESP manquants concernant les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery à l'appui de cette évaluation.

Aucun ESP attribué à une infection par le RVP n'a jamais été signalé dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

3.1.2.2.4 *Épisodes de mortalité*

MPO (2015) définit un épisode de mortalité comme « a) la mortalité des poissons équivalente à 4 000 kg ou plus ou pertes atteignant 2 % de l'inventaire actuel de l'installation au cours d'une période de 24 heures; b) la mortalité des poissons équivalente à 10 000 kg ou plus ou pertes atteignant 5 % au cours d'une période de 5 jours. » Les conditions de permis exigent de déclarer tout épisode de mortalité au MPO au plus tard 24 heures après sa découverte, avec les détails suivants : nom de l'installation, poissons élevés, nombre de poissons morts, proportion touchée présumée, biomasse présumée des carcasses, cause probable et mesures prises (MPO, 2015).

Jusqu'à présent, aucun épisode de mortalité attribuable à une infection par le RVP ou à une maladie infectieuse n'a même été signalé dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

3.1.2.2.5 *Comité des introductions et des transferts*

Le MPO accorde des permis d'introduction et de transfert en vertu de l'article 56 du *Règlement de pêche (dispositions générales)*. Le Comité des introductions et des transferts (CIT) évalue les répercussions sur la santé, ainsi que les répercussions génétiques et écologiques qui pourraient découler du transfert de poissons dans la province et à l'intérieur de celle-ci. Un permis d'introduction et de transfert en vertu de l'article 56 est exigé pour tout transport de saumon entre des installations aquacoles détentrices d'un permis (MPO, 2018b). Dans le cas de l'industrie aquacole, le Comité évalue la santé des poissons à transférer, y compris les maladies et les agents responsables préoccupants à l'échelle régionale, nationale ou internationale énumérés à l'annexe III¹ des [permis de pisciculture marine délivrés en vertu de la Loi sur les pêches](#), ainsi que toute autre préoccupation qui pourrait être soulevée pendant l'évaluation.

Pour chaque demande de transfert liée à l'aquaculture, les rapports sur la santé des poissons et les dossiers d'élevage sont examinés par le personnel de la Division de la gestion de l'aquaculture avant le transfert. Si des signes cliniques de maladies sont observés ou s'il y a d'autres préoccupations, le Comité peut soit recommander que le transfert n'ait pas lieu, soit collaborer avec le demandeur pour s'assurer que le transfert est effectué de façon sécuritaire. À l'heure actuelle, il n'y a aucune exigence de détection du RVP avant le transfert des poissons

¹ En 2018, les maladies préoccupantes à l'échelle régionale, nationale ou internationale énumérées dans le permis de pisciculture marine délivré en vertu de la *Loi sur les pêches* sont la nécrose hématopoïétique infectieuse (NHI) et le virus de la nécrose hématopoïétique infectieuse; la nécrose pancréatique infectieuse (NPI) et le virus de la nécrose pancréatique infectieuse; la septicémie hémorragique virale (SHV) et le virus de la septicémie hémorragique virale; l'anémie infectieuse du saumon (AIS) et le virus de l'anémie infectieuse du saumon; l'herpès-virose de l'*Oncorhynchus masou* (HOM) et le virus de l'*Oncorhynchus masou*; le tournis et *Myxobolus cerebralis*; la vibriose en eau froide et *Vibrio salmonicida*; tout autre agent de réplification filtrable causant des effets cytopathogènes sur les lignées cellulaires précisées par le ministre ou provoquant une maladie clinique identifiable chez le poisson.

dans des parcs en filets marins ou entre sites (M. Higgins, Pêches et Océans Canada, comm. pers. 2018).

3.1.2.3 Pratiques de l'industrie

Les entreprises qui élèvent du saumon atlantique dans les sites marins des îles Discovery sont Cermaq Canada, Grieg Seafood et Mowi Canada West (autrefois appelé Marine Harvest Canada). Voir l'aperçu des pratiques en matière de gestion de la santé dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique dans Wade (2017).

3.1.2.3.1 Déplacement de poissons vivants

Entre janvier 2013 et décembre 2017, des saumons atlantique ont été présents dans les fermes d'élevage de la région des îles Discovery tout au long de l'année (Annexe A, Figure 6). La durée des cycles de production du saumon atlantique d'élevage dans la région des îles Discovery au cours de la même période variait entre 12 et 23 mois (moyenne = 17 mois, n = 27 cycles) entre le début de l'ensemencement et la fin des périodes de récolte.

Dans la région des îles Discovery, les saumoneaux ne sont pas transférés directement des écloséries d'eau douce aux sites marins en raison du risque d'infection par *Kudoa* sp., un parasite des poissons marins (Wade, 2017), sauf à Raza, où *Kudoa* sp. n'est pas un problème (Danielle New, Cermaq Canada, 203-919 route Island, Campbell River, C.B. V9W 2C2, comm. pers. 2018).

Des transferts de poissons vers des sites de grossissement en mer dans la région des îles Discovery ont eu lieu tous les mois de l'année (Annexe A, Figure 7). Les poissons élevés dans cette zone peuvent auparavant passer de 2 à 14 mois (moyenne = 7 mois, n = 23 cycles) dans une autre ferme en mer avant d'être transférés à un site de grossissement.

3.1.2.3.2 Surveillance et analyses

Chaque site de production marineensemencé est surveillé quotidiennement par le personnel formé sur place pour assurer la surveillance syndromique au cours de laquelle les poissons morts sont retirés et classés. Le personnel prévient le vétérinaire s'il relève des éléments préoccupants. En outre, toutes les entreprises procèdent régulièrement à des contrôles sanitaires de routine, au cours desquels on examine les mortalités fraîches ou les poissons morts récemment pour rechercher des signes de maladies ou de conditions anormales et on les échantillonne en vue de dépister des agents pathogènes au besoin sur la base de la surveillance syndromique, des antécédents du site, des conditions environnementales et du jugement professionnel du vétérinaire et de l'équipe responsable de la santé du poisson. La fréquence des contrôles sanitaires de routine et de l'échantillonnage pour le dépistage des agents pathogènes varie d'une entreprise à l'autre, comme il est décrit ci-après.

En plus de la surveillance quotidienne, chaque site de production marineensemencé de Cermaq Canada reçoit une visite du personnel de la santé du poisson ou du vétérinaire au moins une fois toutes les deux semaines pour confirmer la classification de la mortalité sur place et pour échantillonner jusqu'à cinq poissons moribonds ou morts récemment sans cause évidente de décès (p. ex. non performants, algues, manipulation, faible teneur en oxygène, matures, malformations) (B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers. 2018).

En plus de la surveillance quotidienne, chaque site de production marineensemencé de Grieg Seafood reçoit une visite du personnel de la santé du poisson ou du vétérinaire au moins une fois par trimestre, qui prélève au moins cinq poissons morts récemment pour des tests bactériologiques, histologiques et des dépistages par PCR (P. Whittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, comm. pers. 2018).

En plus de la surveillance quotidienne, chaque site de productionensemencé de Mowi Canada West reçoit une visite du personnel de la santé du poisson ou du vétérinaire au moins une fois par mois et du vétérinaire au moins une fois par trimestre. Des échantillons de mortalités fraîches ou de poissons morts récemment peuvent être prélevés pour le dépistage d'agents pathogènes sur la base de la surveillance syndromique, des antécédents du site, des conditions environnementales et du jugement professionnel du vétérinaire et de l'équipe responsable de la santé du poisson (D. Morrison, Mowi Canada West, comm. pers. 2018).

3.1.2.3.3 Vaccination et traitement

Il n'existe pas de vaccin commercial contre le RVP, ni de traitement pour les saumons atlantique infectés par le RVP. Aucune donnée n'indique que le RVP a un effet négatif sur la production salmonicole en Colombie-Britannique (Polinski et Garver, 2019).

3.1.2.4 Détections du RVP dans les écloseries de saumon atlantique

Le saumon atlantique en écloserie fait l'objet d'un dépistage du RVP dans le cadre de la recherche menée par l'industrie sur la prévalence du RVP dans son poisson (R. Salmon, BCSFA, 201-911, route Island, Campbell River, Colombie-Britannique V9W 2C2, comm. pers. 2019). Les poissons dépistés sont un mélange d'individus moribonds et en bonne santé. Le Tableau 7 résume les résultats du dépistage du RVP chez les poissons échantillonnés avant le transfert en eau de mer et l'élevage dans la zone des îles Discovery, qui représente une proportion de l'ensemble du dépistage du RVP en écloserie effectué par l'industrie.

Entre 2013 et 2018, le RVP a été détecté dans certaines écloseries, avec un résultat positif pour le RVP chez 0,2 à 72,5 % des poissons échantillonnés. Les tendances montrent une augmentation du nombre d'échantillons prélevés au cours de cette période et une diminution du pourcentage de résultats positifs chez les poissons échantillonnés. Avant 2016, les outils de dépistage du RVP n'étaient pas largement disponibles, et l'industrie ne se concentrait pas sur ce virus, ce qui se reflète dans le faible nombre de poissons ayant fait l'objet d'un dépistage avant 2016 (R. Salmon, BCSFA, comm. pers. 2019).

Tableau 7. Dépistage du RVP effectué entre 2013 et 2018 dans des écloseries de saumon atlantique avant les transferts destinés à des sites marins dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Les résultats ne comprennent que les derniers échantillonnages effectués avant le transfert en milieu marin. Les poissons dépistés sont un mélange d'individus moribonds et en bonne santé. Source : Données fournies par l'industrie en janvier 2019.

Année	Nombre de poissons* (écloseries) soumis à un dépistage du RVP	Nombre de résultats positifs au RVP chez les poissons (écloseries)	Pourcentage de résultats positifs au RVP chez les poissons
2013	48 (2)	20 (1)	41,7
2014	40 (2)	29 (2)	72,5
2015	110 (2)	29 (1)	26,4
2016	189 (5)	21 (2)	11,1
2017	370 (8)	3 (1)	0,8
2018	584 (8)	1 (1)	0,2

* Le nombre de poissons était indéterminé pour trois événements d'échantillonnage (deux en 2015 et un en 2016), sur un total de 42 (2013-2018), pour lesquels on a supposé que 25 poissons ont été échantillonnés.

3.1.2.5 Détection du RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique

Plusieurs études ont fait état de RVP dans des fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique (Marty et al., 2015; Di Cicco et al., 2017; Laurin et al., 2019).

Marty et al. (2015) ont indiqué que 95 % (35/37) des échantillons archivés de saumon atlantique d'élevage prélevés entre 2000 et 2008 dans les zones de gestion 7, 12, 13 et 18 du MPO (respectivement les îles Prince et Hunter, le nord du détroit de Johnstone, les îles Quadra et Cortes et l'île Mayne, Saanich) et que 100 % (20/20) des saumons atlantique prélevés en 2013 dans un site d'élevage en mer dans le nord du détroit de Johnstone environ un mois après le transfert d'une éclosérie, ont donné des résultats positifs au RVP. Les échantillons prélevés en 2013 provenaient de la population vivante, et les auteurs n'ont fourni aucun détail sur les échantillons des archives de 2000 à 2008.

Di Cicco et al. (2017) ont échantillonné des saumons atlantique vivants, moribonds et récemment morts dans une ferme d'élevage en Colombie-Britannique. Trois à quatre mois après le transfert en eau de mer (en août et septembre 2013), la prévalence du RVP chez les poissons échantillonnés se situait entre 15 et 19 %. Elle augmentait à environ 88 % après cinq mois dans l'eau de mer (octobre 2013) pour atteindre 100 % après six mois (novembre 2013) et restait à 100 % après presque huit mois (janvier 2013) en milieu marin. Consulter Di Cicco et al. (2017) pour plus de détails sur la taille de l'échantillon.

Laurin et al. (2019) ont signalé que 67 % (448/668) de tous les saumons atlantique récemment morts et moribonds échantillonnés dans le cadre du programme de vérification qui s'est déroulé entre avril 2011 et décembre 2013 dans les fermes d'élevage de la Colombie-Britannique étaient positifs pour le RVP, une proportion qui variait approximativement de 40% à presque 90 % entre les différentes zones sanitaires des poissons de la province. Le temps passé en mer était un facteur prédictif important de la détection du RVP chez le saumon atlantique, la plus forte probabilité de détection du virus se situant 12 à 18 mois après le transfert en eau de mer (Laurin et al., 2019).

Dans le cadre de recherches en cours sur la prévalence du RVP chez les saumons atlantique vivants, moribonds ou récemment morts dans 13 fermes d'élevage de la Colombie-Britannique, y compris dans la région des îles Discovery, tous les sites sont devenus positifs au RVP avec un début général entre environ 100 et 200 jours après l'entrée en mer et 100 % des échantillons (132/132) recueillis sur des poissons en mer pendant plus de 296 jours étaient également positifs [Polinski et Garver, données inédites présentées dans Polinski et Garver (2019)].

Les résultats du dépistage du RVP fournis par l'industrie à l'appui de la présente évaluation du risque indiquent également que la plupart des poissons sont infectés par le virus à un moment donné pendant la phase de grossissement en mer.

Quelles que soient la méthodologie utilisée et les caractéristiques de rendement des tests, dans l'ensemble, d'après les études et l'information susmentionnées, les données probantes démontrent que le RVP est omniprésent, très répandu et persistant dans les fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique.

3.1.3 Hypothèses

- La détection positive de l'agent pathogène est une preuve d'infection.
- Les résultats des études de recherche dans toutes les zones sont représentatifs de la région des îles Discovery.

3.1.4 Probabilité d'infection à la ferme d'élevage

Le Tableau 8 présente les principaux facteurs contribuant à la probabilité qu'une infection par le RVP se produise dans une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, et limitant cette probabilité. Ces facteurs ont été utilisés pour déterminer les cotes de probabilité et d'incertitude selon les définitions des tableaux 2, 5 et 6.

Tableau 8. Facteurs contribuant à la probabilité que des saumons atlantique d'élevage infectés par l'orthoréovirus pisciaire-1 soient présents dans une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery selon les pratiques actuelles, et limitant cette probabilité.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Le saumon atlantique est sensible à l'infection par le RVP; • On s'attend à ce que toutes les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery soient infectées par le RVP dans les 100 à 200 jours suivant le transfert en eau de mer; • Indépendamment de l'emplacement des fermes d'élevage ou de la saison du transfert en eau de mer, les fermes d'élevage de saumon atlantique deviennent infectées par le RVP et la prévalence peut atteindre 100 %; • Dans la région des îles Discovery, à l'exception d'un site, les saumoneaux sont transférés à partir d'autres sites d'élevage en mer; • Les saumoneaux peuvent être séjournent de 2 à 14 mois dans des sites d'alevinage avant d'être transférés dans la région des îles Discovery; • Les exigences réglementaires actuelles pour un permis d'introduction et de transfert lié à l'aquaculture en Colombie-Britannique sont associées aux signes cliniques de maladie ou à la détection des agents responsables énumérés à l'annexe III des permis de pisciculture marine délivrés en vertu de la <i>Loi sur les pêches</i>, qui ne comprend pas le RVP. 	<ul style="list-style-type: none"> • L'infection provenant des écloséries est atténuée par la désinfection des œufs, une exigence du PGSS et d'autres pratiques de biosécurité.

La conclusion est que, au cours d'une année donnée, la probabilité que des saumons atlantique d'élevage infectés par le RVP soient présents dans un ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery est **extrêmement probable** selon les pratiques actuelles, étant donné les preuves d'infection par le RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique après un transfert en eau de mer. Cette conclusion a été tirée avec une **certitude élevée** compte tenu de l'abondance et de la fiabilité des données démontrant l'existence d'infections par le RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique.

3.2 ÉVALUATION DE LA DISSÉMINATION

3.2.1 Question

En supposant que des saumons atlantique infectés par le RVP sont présents, quelle est la probabilité qu'un RVP soit rejeté d'une ferme d'élevage de saumon atlantique situé dans la région des îles Discovery dans un environnement auquel le saumon rouge du fleuve Fraser a accès?

3.2.2 Éléments à prendre en compte

Les éléments à prendre en compte sont les conditions d'élevage du saumon atlantique dans la région des îles Discovery, l'excrétion du RVP par les poissons infectés et les pratiques de gestion de la santé des poissons.

3.2.2.1 Méthodes d'élevage du saumon atlantique

Les saumons atlantique élevés dans des sites marins de la région des îles Discovery sont confinés dans des parcs en filets. Dans de telles conditions, l'eau traverse librement les cages, et aucun obstacle n'entrave les échanges d'agents pathogènes entre les parcs en filets et l'environnement (Johansen et al., 2011).

3.2.2.2 Excrétion du RVP chez les poissons infectés

Polinski et Garver (2019) ont passé en revue l'état des connaissances relatives à l'excrétion chez les poissons infectés par le RVP. Compte tenu des preuves de transmission horizontale au cours de l'étude de cohabitation (Garver et al., 2016a), les saumons infectés par le RVP sont considérés comme une source du virus (Polinski et Garver, 2019). Le RVP a été détecté dans le contenu fécal de saumons atlantique contaminés par des injections ou une intubation anale avec un inoculum de RVP provenant d'un foyer norvégien d'inflammation des muscles squelettiques et cardiaques (IMSC) (Hauge et al., 2016). Les études ci-dessus prouvent que les poissons infectés par le RVP peuvent rejeter le virus dans le milieu environnant.

Jusqu'à présent, le taux d'excrétion chez le saumon atlantique (ou d'autres salmonidés) infecté par le RVP n'a pas encore été quantifié (Polinski et Garver, 2019). Toutefois, d'après des études de cohabitation (Garver et al., 2016a; Polinski et al., 2019), on suppose que la transmission horizontale se produit principalement entre 3 et 15 semaines après l'infection, après quoi le risque d'excrétion naturelle diminue considérablement malgré la persistance de l'infection (Polinski et Garver, 2019).

3.2.2.3 Pratiques de gestion de la santé des poissons

Tous les titulaires de permis doivent se conformer au Plan de gestion de la santé, qui comprend des mesures de biosécurité pour maintenir la santé des poissons, prévenir l'entrée d'agents pathogènes et limiter la propagation des maladies à la ferme d'élevage (MPO, 2015).

Le Plan de gestion de la santé des salmonidés (PGSS) exige des procédures pour la collecte, la catégorisation, l'enregistrement, l'entreposage et l'élimination des carcasses de poisson (MPO, 2015). Plus précisément, des procédures doivent être en place pour le retrait régulier des poissons morts afin de les entreposer dans des contenants prévus à cet effet; la déclaration de la mortalité par catégorie au MPO; un emplacement sécurisé pour l'entreposage des poissons morts en attente d'un transfert vers les installations à terre; la prévention des fuites d'éléments dans les eaux réceptrices; le transfert sécurisé des poissons morts entreposés vers des installations à terre; et des méthodes de désinfection des contenants, du matériel et autres

installations ou bateaux utilisés pour la manutention (MPO, 2015). Le PGSS exige également une PON pour les éclosions de maladies des poissons ou les situations d'urgence, une éclosion étant définie comme un « épisode imprévu de mortalité ou de maladie » (MPO, 2015).

En plus d'indiquer si une PON est nécessaire, le MPO ne prescrit pas comment les éléments du PGSS devraient être réalisés. Il revient donc à l'entreprise d'appliquer les concepts à la satisfaction du vétérinaire du MPO chargé de la santé des poissons (Wade, 2017). Par conséquent, on présume que, dans le cas des entreprises détenant un permis de pisciculture valide, les PON présentées sont conformes aux conditions du permis et approuvées par le vétérinaire du MPO (Wade, 2017).

Des protocoles sont en place pour la manipulation et l'entreposage des poissons morts; pour l'étiquetage, le nettoyage, la désinfection et l'entreposage des engins utilisés pour manipuler les poissons morts; pour restreindre le nombre de visiteurs, qui doivent obtenir une permission avant d'arriver sur les lieux; pour contrôler les visiteurs sur place au moyen de panneaux, de pédiluves et de vêtements de protection propres au site; pour des procédures pour laver les filets, pour éviter le partage du matériel si possible, pour nettoyer et désinfecter le matériel après usage et pour le garder sec dans les endroits appropriés; pour nettoyer, désinfecter et transférer le gros équipement immergé entre sites; pour prendre des mesures de biosécurité qui contrôlent les déplacements des bateaux (Wade, 2017).

La conformité aux éléments ci-dessus est déterminée par le programme de vérification. En moyenne, moins d'un défaut a été signalé par vérification dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique entre 2011 et 2017 (Annexe B, Tableau 15). La plupart des défauts relevés pendant cette période concernaient les protocoles et les dossiers sur le pou du poisson, le protocole de récupération des carcasses ou la tenue des dossiers qui doivent être améliorés, la signalisation des amarrages qui doit être améliorée et les dossiers de transfert qui ne sont pas complets.

3.2.3 Hypothèses

- Des saumons atlantique infectés par le RVP sont présents dans au moins une ferme d'élevage.
- Les mesures de bioconfinement sont efficaces contre le RVP (p. ex. pédiluves Virkon, etc.).

3.2.4 Probabilité de dissémination

Le Tableau 9 présente les principaux facteurs contribuant à la probabilité que le RVP soit rejeté d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infecté dans la région des îles Discovery, et limitant cette probabilité. Ces facteurs ont été utilisés pour déterminer les cotes de probabilité et d'incertitude selon les définitions des tableaux 2, 5 et 6.

Tableau 9. Facteurs contribuant à la probabilité que l'orthoréovirus pisciaire-1 soit rejeté d'une ferme d'élevage de saumon atlantique, située dans la région des îles Discovery, dans un environnement accessible au saumon rouge sauvage du fleuve Fraser, selon les pratiques actuelles, et limitant cette probabilité.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Le saumon atlantique infecté par le RVP peut excréter le virus dans le milieu environnant; • Le saumon atlantique de la région des îles Discovery est élevé dans des parcs en filets, ce qui permet aux agents pathogènes, y compris le RVP, d'être rejetés dans le milieu environnant à partir des fermes d'élevages. 	<ul style="list-style-type: none"> • Des protocoles sont en place pour la manipulation et l'entreposage des poissons morts; pour l'étiquetage, le nettoyage, la désinfection et l'entreposage des engins utilisés pour manipuler les poissons morts; • Des protocoles sont en place pour restreindre le nombre de visiteurs, qui doivent obtenir une permission avant d'arriver sur place, et pour contrôler les visiteurs sur place au moyen d'affiches, de pédiluves et de vêtements de protection propres au site; • Des protocoles sont en place pour réduire au minimum l'accès des prédateurs et de la faune; • Des protocoles sont en place pour des procédures pour nettoyer les filets, pour éviter le partage du matériel si possible, pour nettoyer et désinfecter le matériel après usage et pour le garder sec dans les endroits appropriés; • Des protocoles sont en place pour nettoyer, désinfecter et transférer le gros équipement immergé entre sites; • Des mesures de biosécurité sont en place pour contrôler les déplacements des navires; • De faibles niveaux de défauts opérationnels susceptibles d'affecter la santé des poissons ont été signalés dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

Deux voies de passage ont été prises en compte dans l'évaluation de la dissémination : (1) saumons atlantique d'élevage infectés et (2) vecteurs et vecteurs passifs.

3.2.4.1 Dissémination par le saumon atlantique d'élevage infecté

La conclusion est que la probabilité que le RVP soit rejeté par des saumons atlantique infectés d'un élevage situé dans la région des îles Discovery dans un environnement auquel le saumon rouge du fleuve Fraser a accès, est **extrêmement probable** selon les pratiques actuelles, étant donné que le saumon atlantique est élevé en parcs en filets et qu'il est prouvé que le saumon atlantique infecté peut excréter le virus. Cette conclusion a été tirée avec une **certitude élevée** à partir de solides études de laboratoire publiées sur le transfert horizontal et l'infection dans le cadre d'études de cohabitation.

3.2.4.2 Dissémination par des vecteurs et des vecteurs passifs

La conclusion est que la probabilité que le RVP soit rejeté d'une ferme d'élevage de saumon atlantique située dans la région des îles Discovery dans un environnement auquel les populations de poissons sauvages ont accès, par l'intermédiaire de vecteurs ou de vecteurs passifs, est **peu probable** selon les pratiques actuelles. Cette conclusion a été tirée avec une **incertitude raisonnable** étant donné que les pratiques pertinentes en matière de biosécurité font partie des exigences de permis et compte tenu des faibles niveaux de défauts opérationnels qui pourraient nuire à la santé du poisson dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, mais aussi de l'utilisation de données indirectes et l'hypothèse que les pratiques de bioconfinement sont efficaces contre le RVP.

3.2.4.3 Probabilité globale de dissémination

La probabilité globale de dissémination a été obtenue en adoptant la probabilité la plus élevée des voies de dissémination. Il est donc **extrêmement probable** que le RVP se disséminerait à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique si celui-ci était infectée.

3.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

3.3.1 Question

En supposant que le RVP a été rejeté par au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, quelle est la probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé au RVP au cours d'une année donnée?

3.3.2 Éléments à prendre en compte

L'évaluation de l'exposition consiste à déterminer la concordance spatiale et temporelle de l'agent pathogène rejeté et de l'espèce sensible (Taranger et al., 2014).

Les éléments à prendre en compte sont la taille et le volume des fermes d'élevage de saumon atlantique; la présence du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery; le moment de la présence du RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique; la survie du RVP dans le milieu marin; et la présence simultanée du RVP et du saumon rouge du fleuve Fraser.

3.3.2.1 Taille et volume des fermes d'élevage de saumon atlantique

Pour évaluer la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser rencontre des fermes d'élevage de saumon atlantique sur sa route migratoire, il faut tenir compte de la taille et du volume relatifs des fermes d'élevage dans la région et dans les chenaux.

Dans la région des îles Discovery, les fermes d'élevage de saumon atlantique occupent une superficie (0,007 %) et un volume (0,0008 %) extrêmement faibles de l'ensemble de la région (Mimeault et al., 2017). Étant donné que la largeur du chenal dans la région des îles Discovery varie entre environ 850 et 3 200 mètres (Mimeault et al., 2017), une ferme d'élevage de 100 m sur 100 m sur 20 m de profondeur s'étendrait sur environ 3 à 12 % de la largeur du chenal (Figure 5).

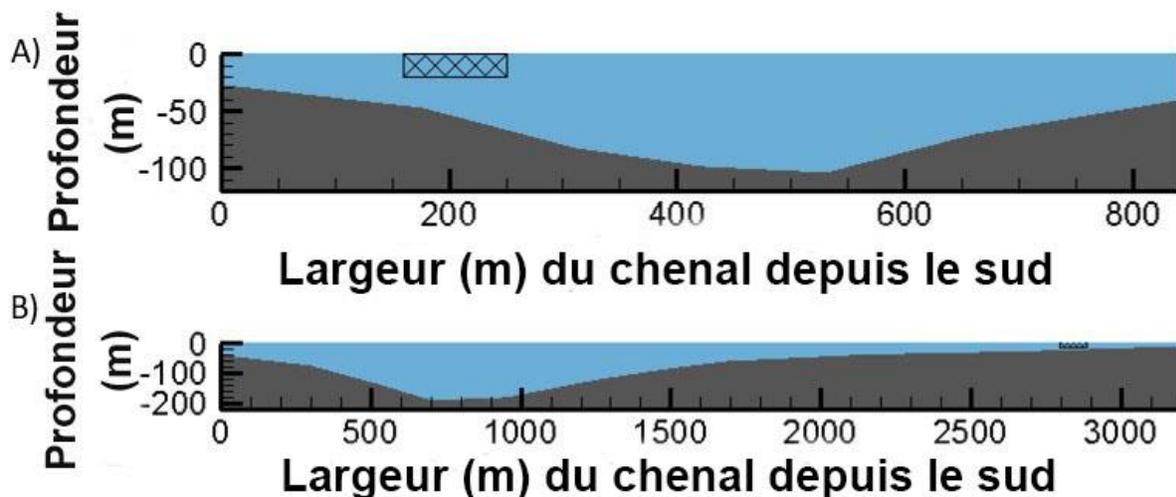


Figure 5. Sections transversales des chenaux aux fermes d'élevages (A) Brent et (B) Shaw situées respectivement dans le chenal le plus étroit et le plus large où des fermes d'élevage de saumon atlantique sont situées dans la région des îles Discovery. Les boîtes hachurées illustrent la projection inter-canaux des parcs en filets des fermes d'élevage représentées à l'échelle, c.-à-d. ce que les poissons qui nagent le long du chenal rencontreraient. Il convient de noter la différence entre les plages sur les axes pour maintenir un rapport constant (un:un) entre les axes x et y dans chaque section transversale. Adapté de Mimeault et al. (2017).

3.3.2.2 Saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery

3.3.2.2.1 Juvéniles

Les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser migrent par la région des îles Discovery chaque année de la mi-mai à la mi-juillet (reviewed in Grant et al., 2018). Le nombre total de juvéniles qui dévalent du fleuve Fraser est inconnu (Grant et al., 2018). La seule estimation de l'abondance se limite aux stocks du lac Chilko (Grant et al., 2018), d'après les saumoneaux énumérés à une barrière de dénombrement située à la sortie du lac; entre 1953 et 2007, les estimations annuelles des saumoneaux d'un an du lac Chilko variaient de 1,6 à 77 millions (moyenne : 20 millions) (Grant et al., 2018).

3.3.2.2.2 Adultes

Entre 1980 et 2014, les nombres de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui sont revenus frayer ont varié de 2 à 28 millions, avec une moyenne annuelle de 9,6 millions (Grant et al., 2018).

3.3.2.3 Période de présence du RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique

Des cas de RVP ont été signalés dans des fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique (Marty et al., 2015; Di Cicco et al., 2017; Laurin et al., 2019). Voir la section Évaluation de l'infection à la ferme d'élevage pour obtenir plus de détails sur la prévalence du RVP. Pour évaluer l'exposition, il est important de connaître le moment des détections du RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

Le RVP a été détecté dans des saumons atlantique échantillonnés au mois d'avril 2013 dans un site d'élevage marin en Colombie-Britannique (Marty et al., 2015); d'août à novembre 2013 et en janvier 2014 dans un site d'élevage marin en Colombie-Britannique (Di Cicco et al., 2017); et

entre avril 2011 et décembre 2013 par le Programme réglementaire du MPO de vérification de la santé des poissons dans les sites marins en Colombie-Britannique, notamment dans la région des îles Discovery (Laurin et al., 2019). Enfin, des études en cours sur la prévalence du RVP dans treize fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique ont permis de détecter des infections par le RVP dans des élevages de la région des îles Discovery tout au long de l'année (données inédites présentées dans Polinski et Garver (2019)).

Étant donné que les poissons sont transférés dans les sites d'élevage marins de la région des îles Discovery tout au long de l'année (Annexe A, Figure 7), les sites de cette région pourraient théoriquement devenir positifs toute l'année. Bien que les échantillons utilisés soient de petite taille, les résultats ont été uniformes dans toutes les fermes d'élevage échantillonnées en Colombie-Britannique.

Dans l'ensemble, le RVP a été signalé dans au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery tous les mois de l'année.

3.3.2.4 Survie du RVP en milieu marin

Aucune étude n'a été menée sur la survie du RVP dans l'environnement (Polinski et Garver, 2019). Cependant, étant donné que la transmission du RVP par l'eau a été démontrée dans l'eau de mer (Garver et al., 2016a; Polinski et al., 2019), on peut présumer que le RVP conserve une capacité de survie dans l'eau même si la durée de survie et l'infectiosité dans l'eau de mer sont inconnues (Polinski et Garver, 2019). De plus, étant exempt d'enveloppe, on peut s'attendre à ce que le RVP soit plus stable que, par exemple, l'enveloppe contenant le virus de la nécrose hématopoïétique infectieuse (Polinski et Garver, 2019).

3.3.2.5 Présence simultanée du saumon rouge du fleuve Fraser et du RVP

3.3.2.5.1 Spatiale

Puisqu'il est prouvé que les saumons rouges juvéniles et adultes du fleuve Fraser traversent la région des îles Discovery et que le RVP est présent dans au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique des îles Discovery, la conclusion est qu'il existe une concurrence spatiale potentielle entre le saumon rouge du fleuve Fraser et le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.

3.3.2.5.2 Temporelle

Le Tableau 10 résume les preuves de chevauchement temporel entre le saumon rouge du fleuve Fraser et le RVP des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Étant donné que (1) le saumon rouge du fleuve Fraser est présent dans la région des îles Discovery entre mai et octobre; (2) les fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery sontensemencées tout au long de l'année; (3) le RVP a été signalé toute l'année dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, la conclusion est qu'il existe une concurrence temporelle entre le saumon rouge du fleuve Fraser et le RVP provenant des élevages de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.

Tableau 10. Sommaire des preuves de chevauchement temporel entre le saumon rouge du fleuve Fraser et l'orthoréovirus pisciaire des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Le « X » indique une preuve de la présence de saumons rouges du fleuve Fraser au cours d'un mois donné; les lettres sur la première ligne du tableau représentent les mois de l'année de janvier à décembre. Source des données : Marty et al. (2015); Di Cicco et al. (2017); Grant et al. (2018); Laurin et al. (2019) et données non publiées rapportées dans Polinski et Garver (2019).

Saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Juvéniles de type lacustre					X	X	X					
Adultes						X	X	X	X	X		
Saumon atlantique d'élevage dans la région des îles Discovery	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Parcs en filetsensemencés	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Événements d'ensemencement	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Détections positives du RVP	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3.3.3 Hypothèses

- Le RVP a été rejeté d'au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.
- Les détections positives du RVP sont la preuve que l'agent pathogène est présent dans les poissons échantillonnés.
- Les poissons infectés par le RVP excrètent le virus.
- L'excrétion se produit les mois où l'on a des preuves de l'infection dans les fermes d'élevage.
- Le saumon du Pacifique peut utiliser tous les chenaux de la région des îles Discovery.
- Le saumon rouge sauvage et le saumon rouge issu de la mise en valeur ne sont pas différenciés aux fins de la présente évaluation du risque.

3.3.4 Probabilité d'exposition

Le Tableau 11 présente les principaux facteurs contribuant à la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé au RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, et limitant cette probabilité. Ces facteurs ont été utilisés pour déterminer les classements de probabilité et d'incertitude selon les définitions des tableaux 2, 5 et 6.

Tableau 11. Facteurs contribuant à la probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé à l'orthoréovirus pisciaire-1 (RVP-1) rejeté par des fermes d'élevage de saumon atlantique infectées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles, et limitant cette probabilité.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Les saumons rouges juvéniles et adultes du fleuve Fraser migrent chaque année par la région des îles Discovery. • On s'attend à ce que tous les saumons atlantique d'élevage de la région des îles Discovery soient infectés par le RVP dans les 100 à 200 jours suivant le transfert en eau de mer. • Il y a un chevauchement temporel entre la migration du saumon rouge du fleuve Fraser (de mai à octobre) et la présence du RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il n'y a pas de fermes d'élevage de saumon atlantique dans tous les chenaux de la région des îles Discovery. • Les fermes d'élevage de saumon atlantique occupent une très petite superficie et un très petit volume de la superficie et de la largeur des chenaux des îles Discovery.

Deux groupes d'exposition ont été évalués : (1) le saumon rouge juvénile du fleuve Fraser et (2) le saumon rouge adulte du fleuve Fraser. L'exposition par l'eau est considérée comme la voie d'exposition la plus pertinente pour le saumon rouge du fleuve Fraser dans le contexte de la présente évaluation du risque.

3.3.4.1 Exposition du saumon rouge juvénile du fleuve Fraser

La conclusion est que la probabilité qu'au moins un saumon rouge juvénile du fleuve Fraser soit exposé au RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery en raison d'une exposition par l'eau est **extrêmement probable** selon les pratiques d'élevage actuelles étant donné le chevauchement temporel avec les déclarations du RVP dans les fermes d'élevage. Cette conclusion a été tirée avec une **certitude raisonnable** compte tenu de l'abondance et de la fiabilité des données documentant la présence de saumons rouges juvéniles dans la région des îles Discovery, mais du manque de connaissances sur leur distribution spatiale et temporelle à proximité des fermes d'élevage et sur la survie du RVP dans le milieu marin.

3.3.4.2 Exposition du saumon rouge adulte du fleuve Fraser

La conclusion est que la probabilité qu'au moins un saumon rouge adulte du fleuve Fraser soit exposé au RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery en raison d'une exposition par l'eau est **extrêmement probable** selon les pratiques d'élevage actuelles étant donné le chevauchement temporel avec les déclarations du RVP dans les fermes d'élevage. Cette conclusion a été tirée avec une **certitude raisonnable** compte tenu de l'abondance et de la fiabilité des données documentant la présence de saumons rouges adultes dans la région des îles Discovery, mais du manque de connaissances sur leur distribution spatiale et temporelle à proximité des fermes d'élevage et sur la survie du RVP dans le milieu marin.

3.4 ÉVALUATION DE L'INFECTION

3.4.1 Question

En supposant qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser a été exposé au RVP rejeté par des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, quelle est la probabilité qu'au moins un saumon rouge soit infecté?

3.4.2 Éléments à prendre en compte

L'évaluation de l'infection consiste à déterminer la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé au RVP à une concentration et pendant une durée suffisantes pour causer une infection.

Les éléments à prendre en compte sont la sensibilité du saumon rouge à l'infection par le RVP, la dynamique de l'infection par le RVP, les conditions océanographiques et environnementales, la dose infectieuse minimale de RVP, la concentration estimée de RVP dans l'eau provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique, la dispersion hydrodynamique et la durée potentielle estimée de l'exposition.

3.4.2.1 Sensibilité du saumon rouge à l'infection par le RVP

La sensibilité du saumon rouge à l'infection par le RVP est démontrée par l'étude de cohabitation suivante et les détections signalées chez des saumons rouges échantillonnés sur le terrain.

Des saumons atlantique et des saumons rouges sentinelles négatifs pour le RVP qui ont cohabité avec des saumons atlantique donneurs positifs de l'ouest de l'Amérique du Nord ont été infectés après quatre semaines de cohabitation en eau de mer (Garver et al., 2016a), ce qui démontre la sensibilité du saumon rouge à l'infection par le RVP. D'autres études ont également rapporté des infections au RVP chez le saumon rouge, mais par injections intrapéritonéales (Garver et al., 2016b; Polinski et al., 2016) qui ne reproduisent pas les voies naturelles de transmission.

Le saumon rouge semble moins sensible aux infections par le RVP que le saumon atlantique en raison d'une prévalence et d'une charge virale plus faibles et du fait que les infections semblent prendre plus de temps à se développer (Garver et al., 2016a; Polinski et Garver, 2019). Par exemple, d'après une étude de cohabitation avec des saumons atlantique infectés par le RVP, 40 % (4/10) des saumons rouges sentinelles, contre 100 % (15/15) des saumons atlantique sentinelles, ont contracté le RVP après quatre semaines de cohabitation (Garver et al., 2016a). En outre, la charge virale du RVP a atteint son maximum en 12 semaines chez les saumons rouges sentinelles, comparativement à six semaines chez les saumons atlantique sentinelles, et les charges virales maximales sont demeurées plus basses dans le sang et les reins chez les saumons rouges sentinelles que chez les saumons atlantique sentinelles (Garver et al., 2016a). Enfin, certains saumons rouges semblaient réfractaires à l'infection par le RVP ou ont réussi à l'éliminer (Garver et al., 2016a).

Du matériel génétique du RVP a également été détecté dans des échantillons de saumon rouge du fleuve Fraser prélevés dans les eaux de la Colombie-Britannique (Jeffries et al., 2014; Miller et al., 2014; Marty et al., 2015; Furey, 2016; Morton et al., 2017; Teffer et al., 2017; Nekouei et al., 2018; Stevenson, 2018).

3.4.2.2 Dynamique de l'infection par le RVP

Polinski et Garver (2019) ont résumé la dynamique des infections par le RVP observée chez le saumon atlantique en trois grandes phases : (1) l'entrée et la dissémination précoces; (2) le pic de répllication systémique; (3) la persistance à long terme.

Durant la phase d'entrée et de dissémination précoces, qui dure généralement deux à trois semaines à 12 °C, le virus pénètre dans l'hôte, se réplique et se propage dans les cellules sanguines. Le virus ne sera probablement pas fortement excrété dans l'environnement durant cette phase (Polinski et al., 2019).

Pendant la phase de répllication systémique maximale, qui dure généralement de deux à trois semaines à 12 °C, une répllication importante du RVP a lieu dans les érythrocytes (Finstad et al., 2014; Wessel et al., 2015; Haatveit et al., 2017; Polinski et Garver, 2019), ce qui entraîne les charges sanguines systémiques les plus élevées du RVP.

Pendant la phase de persistance à long terme, la production de protéines virales diminue, mais de grandes quantités de matériel génomique du RVP restent associées à la fraction cellulaire érythrocytaire (Haatveit et al., 2017; Lund et al., 2017; Polinski et al., 2019). L'excrétion du virus est minimale durant cette phase et peut même cesser complètement avec le temps (Garver et al., 2016a).

3.4.2.3 Conditions océanographiques et environnementales

La température enregistrée de l'eau dans la région des îles Discovery varie entre 3 et 24 °C selon les saisons et les régions (Chandler et al., 2017). La température mensuelle de l'eau dans les 15 premiers mètres des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery s'échelonne de $7,6 \pm 2,3$ °C à $11,5 \pm 3,3$ °C (moyenne \pm ET) (Chandler et al., 2017).

La salinité de l'eau dans la région des îles Discovery varie considérablement, de presque zéro à 32, selon la saison (en raison du ruissellement de la fonte des neiges), la profondeur (en raison de la circulation estuarienne) et l'emplacement (le mélange vertical étant excellent dans certains chenaux étroits). La salinité mensuelle dans les 15 premiers mètres des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery s'échelonne de $28,9 \pm 7,3$ à $29,9 \pm 8,7$ (moyenne \pm ET) (Chandler et al., 2017).

On ne sait pas si la salinité ou la température influence la survie du RVP dans le milieu marin. Cependant, le fait que le RVP se transmette au saumon atlantique dans la région des îles Discovery démontre que les conditions océanographiques et environnementales sont propices à la transmission.

3.4.2.4 Dose infectieuse minimale du RVP

Aucune étude n'a tenté de déterminer la dose minimale requise pour infecter le saumon rouge par le RVP.

Chez le saumon atlantique, les données préliminaires tirées de l'utilisation du RVP dans le Pacifique canadien permettent de penser que $\leq 10^3$ particules du RVP sont suffisantes pour déclencher l'infection par injection intrapéritonéale (Polinski, données inédites présentées dans Polinski et Garver (2019)). Cependant, les injections ne sont pas représentatives de l'exposition naturelle et, par conséquent, la quantité de RVP connue pour causer l'infection par injection ne peut être extrapolée à une voie d'exposition plus pertinente pour l'environnement.

Chez le saumon rose (*O. gorbuscha*), l'exposition dans un bain à 1 000 particules purifiées de RVP par mL pendant une heure n'a pas réussi à infecter 1 g de poisson ($n = 20$) dans l'eau de mer jusqu'à six semaines après l'exposition [Richard, Polinski et Garver, données inédites

présentées dans Polinski et Garver (2019)], ce qui donne une meilleure représentation de la voie naturelle d'exposition.

La dose minimale requise pour induire l'infection par le RVP par immersion ou ingestion chez le saumon rouge demeure inconnue, mais elle dépend probablement de la voie d'exposition au virus, de l'état de l'hôte, du stock et de l'espèce (Polinski et Garver, 2019).

3.4.2.5 Concentration estimée du RVP dans l'eau provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique

Pour quantifier la pression d'infection d'une exploitation infectée, il faut estimer le nombre de poissons infectés dans l'exploitation, le taux d'excrétion des poissons infectés et le volume de l'exploitation.

Bien que le volume moyen des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery ait été estimé à environ 195 000 m³ (Mimeault et al., 2017) et que la prévalence du RVP dans un élevage infecté puisse atteindre 100 % à un moment donné du cycle de production (voir Évaluation de l'exposition), on ne dispose d'aucune donnée sur le taux d'excrétion virale du saumon atlantique (ou autres salmonidés) infecté par le RVP (Polinski et Garver, 2019). Il n'est donc pas possible d'estimer la pression d'infection d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée par le RVP dans la région des îles Discovery.

3.4.2.6 Dispersion hydrodynamique

La modélisation de la dispersion hydrodynamique d'un agent pathogène dans le milieu marin nécessite un modèle océanique et de circulation, la pression d'infection attribuable à la source et des informations sur la survie de l'agent pathogène dans le milieu marin.

Il existe un modèle océanique et de circulation pour la région des îles Discovery (Foreman et al., 2012) qui a été utilisé pour modéliser la dispersion hydrodynamique du virus de la nécrose hématopoïétique infectieuse (VNHI) entre les fermes d'élevage (Foreman et al., 2015a) et la dispersion du VNHI (Mimeault et al., 2017) et de la bactérie *Aeromonas salmonicida* (Mimeault et al., 2019a) dans la région des îles Discovery.

Néanmoins, il n'a pas été possible de modéliser la dispersion du RVP à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique infectées dans la région des îles Discovery pour cette évaluation du risque étant donné qu'il n'est pas possible d'estimer la pression d'infection virale attribuable à un élevage infecté (voir la section sur la concentration estimée du RVP dans l'eau provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique) et que l'on ne possède aucune donnée sur la survie (ou sur le taux de décroissance) du RVP dans le milieu marin (Polinski et Garver, 2019).

3.4.2.7 Durée estimée de l'exposition

La durée potentielle de l'exposition du saumon rouge du fleuve Fraser au RVP rejeté par une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery dépend du temps que le saumon rouge du fleuve Fraser passe dans la région des îles Discovery à proximité des élevages infectés et de la période durant laquelle l'élevage infecté demeure infectieux.

3.4.2.7.1 Durée des infections par le RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique

Une fois le poisson infecté, la persistance continue des infections par le RVP chez le saumon atlantique a été démontrée pendant 59 semaines dans des conditions expérimentales (Garver et al., 2016a) et pendant cinq mois sur le terrain (Di Cicco et al., 2017). On a émis l'hypothèse que la transmission horizontale du RVP se produirait principalement entre 3 et 15 semaines

après l'infection, après quoi le risque d'excrétion naturelle serait considérablement réduit (Polinski et Garver, 2019).

3.4.2.7.2 Temps de résidence du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery

Grant et al. (2018) ont estimé le temps de résidence des saumons rouges juvéniles et adultes dans la zone des îles Discovery, à partir duquel Mimeault et al. (2017) ont estimé, en supposant une vitesse de migration constante et des déplacements unidirectionnels, que les juvéniles pouvaient rencontrer des fermes d'élevage pendant trois à huit jours alors que les adultes en montaison pouvaient en rencontrer pendant deux jours durant leur migration dans cette zone.

3.4.2.7.3 Saumon rouge du fleuve Fraser à proximité de fermes d'élevage de saumon atlantique

Dans une récente étude de télémétrie, le temps de déplacement médian des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser dans les chenaux Hoskyn et Okisollo était d'environ 30 heures et le temps de déplacement de l'est à l'ouest du chenal Okisollo, d'environ six heures (taille de l'échantillon non précisée) (Rechisky et al., 2018).

Dans la même étude, le temps médian que les saumons rouges juvéniles ont passé près de deux fermes d'élevage de saumon atlantique en jachère était d'environ 4,5 minutes, ce qui suggère un temps d'exposition court aux fermes d'élevages en jachère (Rechisky et al., 2018).

3.4.3 Hypothèses

- Au moins un saumon rouge du fleuve Fraser a été exposé au RVP rejeté par des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.
- On présume que tous les saumons rouges du fleuve Fraser sont également sensibles au RVP, quel que soit leur stade biologique ou leur stock d'origine.
- Les saumons rouges juvéniles et adultes du fleuve Fraser sont considérés comme naïfs au RVP lorsqu'ils migrent dans la région des îles Discovery.
- Le RVP est dispersé dans toute la région des îles Discovery à partir des fermes d'élevages de saumons atlantique infectées.

3.4.4 Probabilité d'infection

Le Tableau 12 présente les principaux facteurs contribuant à la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par le RVP rejeté par les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, et limitant cette probabilité. Ces facteurs ont été utilisés pour déterminer les cotes de probabilité et d'incertitude selon les définitions des tableaux 2, 5 et 6.

Tableau 12. Facteurs contribuant à la probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par l'orthoréovirus pisciaire-1 (RVP-1) rejeté par des fermes d'élevage de saumon atlantique infectées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles, et limitant cette probabilité.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Le saumon rouge est sensible à l'infection par le RVP. • D'après la vitesse et la distance de nage des juvéniles, on estime que les saumons rouges juvéniles pourraient rencontrer des fermes d'élevage de saumon atlantique pendant trois à huit jours durant leur migration dans la région des îles Discovery. • On estime que les saumons rouges adultes qui reviennent frayer pourraient rencontrer des fermes d'élevage de saumon atlantique pendant plus de deux jours durant leur migration dans la région des îles Discovery. • On s'attend à ce que tous les saumons atlantique d'élevage de la région des îles Discovery soient infectés par le RVP dans les 100 à 200 jours suivant le transfert en eau de mer. • La prévalence du RVP chez le saumon atlantique d'élevage en milieu marin devrait atteindre 100 % environ 200 à 300 jours après le transfert en eau de mer. 	<ul style="list-style-type: none"> • D'après une étude de suivi télémétrique, les saumons rouges juvéniles passent peu de temps (quelques minutes) à proximité des élevages en jachère. • Le temps de déplacement médian des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser du chenal Hoskyn au chenal Okisollo (25 km) a été estimé à environ 30 heures; le temps de déplacement de l'extrémité est à l'extrémité ouest du chenal Okisollo (4 km) était d'environ 6 heures. • D'après des études de laboratoire, le saumon atlantique infecté par le RVP semble être le plus contagieux entre 3 et 15 semaines après l'infection, après quoi le risque de transmission horizontale est considérablement réduit. • Le saumon rouge semble moins sensible aux infections par le RVP que le saumon atlantique en raison d'une prévalence et d'une charge virale plus faibles et du fait que les infections semblent prendre plus de temps à se développer.

La probabilité d'infection a été prise en compte pour deux groupes d'exposition : (1) le saumon rouge juvénile du fleuve Fraser; (2) le saumon rouge adulte du fleuve Fraser.

La conclusion est que la probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser, juvénile ou adulte, soit infecté par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery à la suite d'une exposition par l'eau selon les pratiques d'élevage actuelles, est **très probable** étant donné que le saumon rouge est sensible au RVP et qu'il a été démontré qu'il a été infecté lors d'études en cohabitation. Cette conclusion a été tirée avec une **incertitude élevée** puisque les données étaient incomplètes et que les opinions des auteurs de la présente évaluation du risque variaient. On ne sait pas si l'exposition au RVP à des concentrations pertinentes pour l'environnement à proximité des fermes d'élevage de saumon atlantique et pendant la période de migration du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery où se trouvent les fermes d'élevages (trois à huit jours pour les juvéniles, deux jours pour les adultes) entraînera une infection chez le saumon rouge. Cette cote repose sur une hypothèse irréaliste d'un niveau élevé et constant d'excrétion du RVP dans les fermes d'élevages infectées et représente donc le pire scénario (Garver et al., 2016a; Polinski et al., 2019).

3.5 ÉVALUATION GLOBALE DE LA PROBABILITÉ

Les probabilités estimées ont été combinées selon les règles de combinaison décrites dans la section sur la méthodologie. La probabilité combinée de l'évaluation de la dissémination a été déterminée en adoptant la cote de probabilité la plus élevée parmi les voies de dissémination. La probabilité combinée pour chaque groupe d'exposition a été déterminée en adoptant la cote la plus basse parmi les évaluations de l'infection, de la dissémination, de l'exposition et de l'infection à la ferme d'élevage.

Le Tableau 13 résume l'évaluation de la probabilité. Dans l'ensemble, la conclusion est qu'il est **très probable**, pour les deux groupes d'exposition, qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par le RVP rejeté par les fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Cette conclusion a été motivée par la probabilité d'infection, qui est très incertaine compte tenu du manque de données sur les taux d'excrétion du RVP du saumon atlantique infecté, des taux de décroissance du RVP dans le milieu marin et de la dose minimale de RVP requise pour infecter le saumon rouge.

Tableau 13. Sommaire des cotes de probabilité et des niveaux d'incertitude pour l'évaluation de la probabilité de l'évaluation du risque que représente l'orthoréovirus pisciaire-1. Les incertitudes sont décrites à chaque étape de l'évaluation de la probabilité; elles ne sont pas combinées. Les estimations sont indiquées dans les cellules blanches, et les résultats combinés concernant la probabilité sont présentés dans les cellules ombragées de la colonne « Cote ».

Étape		Cote	
Évaluation de l'infection à la ferme d'élevage	Probabilité d'infection à la ferme d'élevage	Extrêmement probable (certitude élevée)	
Évaluation de la dissémination	Voies de dissémination	Saumon atlantique d'élevage	Vecteurs et vecteurs passifs
	Probabilité de dissémination	Extrêmement probable (certitude élevée)	Peu probable (incertitude raisonnable)
	Probabilités combinées de dissémination	Extrêmement probable	
Évaluations de l'exposition et de l'infection	Groupes d'exposition	Au moins un saumon rouge juvénile du fleuve Fraser	Au moins un saumon rouge adulte du fleuve Fraser
	Probabilité d'exposition	Extrêmement probable (certitude raisonnable)	Extrêmement probable (certitude raisonnable)
	Probabilité d'infection	Très probable (incertitude élevée)	
Probabilités combinées d'exposition et d'infection pour chaque groupe d'exposition		Très probable	Très probable
Probabilités combinées (infection à la ferme d'élevage, dissémination, exposition et infection) pour chaque groupe d'exposition		Très probable	Très probable

4 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES

L'évaluation des conséquences a pour objectif de déterminer l'ampleur potentielle des conséquences de l'infection par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

D'après l'évaluation de la probabilité, il a été déterminé qu'il est très probable qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser sera infecté par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, étant donné que toutes les fermes d'élevages pourraient être infectées par le RVP après le transfert des saumons atlantique dans l'eau de mer, que les infections par le RVP peuvent survenir pendant tout le cycle annuel et qu'elles peuvent persister, et compte tenu de la sensibilité du saumon rouge au RVP.

En supposant qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser aura été infecté par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique infectées, l'évaluation des conséquences explore l'ampleur potentielle des conséquences sur le nombre d'adultes en montaison et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

4.1 QUESTION

En supposant qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser sensible a été infecté par le RVP rejeté par des saumons atlantique infectés, quelle est l'ampleur potentielle des conséquences sur le nombre d'adultes en montaison et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser?

4.2 ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE

Les éléments à prendre en compte sont la pathogénicité et la virulence du RVP, la prévalence du RVP chez le saumon rouge et la proportion de saumons rouges du fleuve Fraser exposés à des fermes d'élevages infectées dans la région des îles Discovery.

4.2.1 Pathogénicité et virulence du RVP

À ce jour, le RVP-1 est le seul génogroupe détecté en Amérique du Nord (Polinski et Garver, 2019), d'où l'importance de la présente évaluation du risque. Voir le résumé de l'état des connaissances sur la pathogénicité d'autres génogroupes du RVP chez différentes espèces de salmonidés et dans diverses régions dans Polinski et Garver (2019).

En bref, il a été démontré que le RVP-1 est une composante étiologique de l'inflammation des muscles squelettiques et cardiaques (IMSC) chez le saumon atlantique d'élevage en Norvège (Wessel et al., 2017) et un facteur contributif possible de la cardiomyopathie grave chez le saumon atlantique d'élevage dans le Pacifique canadien (Di Cicco et al., 2017; Di Cicco et al., 2018). On a également suggéré que le RVP-1 est un facteur contributif de la jaunisse ou de l'anémie chez le saumon quinnat d'élevage (*O. tshawytscha*) dans le Pacifique canadien (Di Cicco et al., 2018).

Cependant, dans des conditions expérimentales avec le saumon atlantique, le RVP du Pacifique canadien était hautement infectieux mais n'a pas causé l'IMSC (Garver et al., 2016a), ni de troubles respiratoires (Zhang et al., 2019) et affichait une virulence faible, ne provoquant qu'une inflammation cardiaque focale mineure sans induction importante par transcription des gènes immunitaires (Polinski et al., 2019).

4.2.1.1 Saumon atlantique d'élevage

En Norvège, la plupart des saumons atlantique d'élevage deviennent RVP positifs, mais seuls quelques-uns développent la maladie (Polinski et Garver, 2019). Bien que le IMSE soit fréquent chez le saumon atlantique d'élevage en Norvège (Kongtorp et al., 2004a; Kongtorp et al., 2004b; Kongtorp et al., 2006; Palacios et al., 2010), il n'est pas clair pourquoi certains subissent des pertes élevées et d'autres pas (Polinski et Garver, 2019).

En revanche, bien que la plupart des saumons atlantique d'élevage dans le Pacifique canadien deviennent également positifs au RVP, des éclosions cliniques de l'IMSC comme en Norvège n'ont pas été signalées (Polinski et Garver, 2019), mais des cas subcliniques de maladies semblables à l'IMSC dans la ferme d'élevage ont été suggérés pour lesquels le RVP pourrait être un agent responsable (Di Cicco et al., 2017; Di Cicco et al., 2018; Polinski et al., 2019).

On n'a attribué à l'IMHS aucun événement lié à la santé ou à la mortalité des poissons dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique.

4.2.1.2 Saumon rouge

Les conséquences de l'infection par le RVP chez le saumon rouge sont les plus pertinentes pour la présente évaluation du risque. Jusqu'à présent, rien ne prouve que le RVP entraîne une maladie chez le saumon rouge malgré une infection réussie par le virus dans des conditions expérimentales (Garver et al., 2016a; Garver et al., 2016b; Polinski et al., 2016).

Des postsaumoneaux rouges (40 g) ayant subi des injections intrapéritonéales d'un inoculum de RVP préparé à partir de saumons atlantique infectieux ont développé des charges considérables de RVP dans le sang et les reins, mais aucune perte de poids, morbidité ou pathologie n'a pu être attribuée au virus dans les 62 jours suivant la provocation (Polinski et al., 2016). Malgré des charges virales élevées, le RVP n'a induit qu'une faible réponse dans les surrénales de l'hôte dans les trois à quatre premières semaines d'infection et la présence du RVP n'a pas modifié la réponse de l'hôte à une surinfection par le virus de la nécrose hématopoïétique infectieuse (Polinski et al., 2016).

Dans une autre étude de laboratoire, des saumons atlantique et des saumons rouges (sentinelles) négatifs au RVP ont cohabité dans de l'eau de mer avec des saumons atlantique (75 g) (donneurs) positifs ayant reçu une injection d'un inoculum préparé à partir de saumon atlantique hautement infectieux au RVP. Malgré la forte prévalence et la persistance du RVP dans le sang et les reins des deux espèces sentinelles pendant 59 semaines, aucune lésion microscopique, maladie ou mortalité n'a pu être attribuée au virus (Garver et al., 2016a).

Le saumon quinnat, le saumon rouge et le saumon atlantique qui ont reçu des injections intrapéritonéales d'un inoculum de RVP préparé à partir de saumon quinnat atteint de la jaunisse n'ont pas présenté de la jaunisse clinique malgré un test positif pour le RVP cinq mois après la provocation (Garver et al., 2016b).

Enfin, les données préliminaires indiquent que les infections par le RVP n'ont aucune incidence sur la fonction respiratoire du saumon rouge (Polinski et Garver (2019)).

Les résultats des études de laboratoire ci-dessus suggèrent que le RVP en provenance du Pacifique canadien est infectieux mais de faible virulence pour le saumon rouge (Garver et al., 2016a; Polinski et al., 2016; Polinski et Garver, 2019). De plus, la présence du RVP sur ou dans les branchies n'a eu aucun effet important sur la probabilité que les saumons rouges adultes du fleuve Fraser provenant des stocks du lac Chilko ou du lac Shuswap atteignent leurs frayères (Miller et al., 2014). Dans l'ensemble, les données actuelles ne permettent pas de conclure que le RVP-1 de la Colombie-Britannique cause la maladie ou la mortalité chez le saumon rouge.

4.2.2 Prévalence du RVP chez le saumon rouge

Polinski et Garver (2019) ont récapitulé les résultats du dépistage du RVP chez les saumons du Pacifique échantillonnés en Alaska, en Colombie-Britannique et dans l'État de Washington, à partir desquels ils ont estimé la prévalence globale du RVP à 1,4 % chez le saumon rouge d'après les résultats de 12 études indépendantes. La prévalence du RVP a été estimée à partir des résultats cumulatifs à la valeur médiane pour les détections positives et négatives, étant entendu qu'aucune caractéristique de rendement de test n'est présentée pour les diverses études et que ces caractéristiques diffèrent selon les protocoles d'échantillonnage, les techniques analytiques et les contraintes de contrôle de qualité (Polinski et Garver, 2019).

Le Tableau 14 résume le dépistage du RVP et la détection positive chez le saumon rouge par stade biologique et par environnement. Sur les 6 693 saumons rouges soumis à un dépistage du RVP, 4 725 venaient du fleuve Fraser. Avec un total de 86 détections positives, la prévalence globale du RVP chez le saumon rouge du fleuve Fraser est estimée à 1,8 %. La plupart des détections positives ont été signalées chez des adultes en montaison (83/86), la prévalence respective du RVP étant de 0,1 % chez les juvéniles et de 4,2 % chez les adultes.

La prévalence du RVP chez les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser est semblable dans l'eau douce (0,1 %) et l'eau de mer (0,2 %), mais plus faible en eau douce (1,3 %) que dans l'eau de mer (12,1 %) chez les adultes en montaison (Tableau 14). Cependant, 98 % (63/64) des détections positives chez les adultes en montaison échantillonnés dans l'eau de mer provenaient de biopsies des branchies et pourraient ne pas toutes être révélatrices d'infection systémique puisque les échantillons de foie prélevés au moment des biopsies des branchies, ainsi que par la suite dans le fleuve Fraser, étaient négatifs (Polinski et Garver, 2019).

Tableau 14. Pourcentage de détections positives du RVP chez le saumon rouge, présenté par stade biologique et milieu d'échantillonnage. Panneau A inclut les résultats de tous les saumons rouges soumis à un dépistage du RVP, incluant le saumon rouge du fleuve Fraser, alors que panneau B inclut seulement les résultats pour le saumon rouge du fleuve Fraser. Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de poissons dont le test de dépistage du RVP s'est révélé positif par rapport au nombre de poissons soumis à un dépistage. Adapté à partir Polinski et Garver (2019) duquel sont inclus les résultats agrégés/résumés des résultats du RVP à leur valeur nominale pour une détection positive et négative sans comparaison entre les études suivantes : Jeffries et al. (2014); Miller et al. (2014); Marty et al. (2015); Furey (2016); Morton et al. (2017); Teffer et al. (2017); Nekouei et al. (2018); Purcell et al. (2018); Stevenson (2018); Thakur et al. (2019); Hrushowy (2018); et Johnson (non publié).

(A) Saumon rouge de l'Alaska, de la Colombie-Britannique (y compris du fleuve Fraser) et de l'État de Washington

Alevins	Juvéniles		Adultes		Total
	Eau douce	Eau de mer	Eau de mer	Eau douce	
3,4 % (3/89)	0,1 % (1/1 879)	0,4 % (8/1 943)	11,4 % (64/560)	0,9 % (21/2 222)	1,4 % (97/6 693)
3,4 % (3/89)	0,2 % (9/3 822)		2,9 % (85/2 912)		

(B) Saumon rouge du fleuve Fraser seulement

Juvéniles		Adultes		Total
Eau douce	Eau de mer	Eau de mer	Eau douce	
0,1 % (1/1 505)	0,2 % (2/1 258)	12,1 % (64/531)	1,3 % (19/1 431)	1,8 % (86/4 725)
0,1 % (3/2 763)		4,2 % (83/1 962)		

Polinski et Garver (2019) résumant également les résultats du dépistage du RVP pour les stocks de saumon rouge du fleuve Fraser. Jusqu'à présent, 4 337 des 4 725 saumons rouges du fleuve Fraser soumis à un dépistage du RVP ont été génétiquement attribués à des stocks précis du fleuve Fraser, dont 22 des 24 unités de conservation (UC) du saumon rouge du fleuve Fraser (Tableau 15).

Des détections positives ont été signalées dans six stocks de saumon rouge du fleuve Fraser (Adams, lac Chilko, lac Cultus, rivière Nadina, lac Stuart et lac Shuswap) représentant cinq à sept des 24 unités de conservation. Compte tenu de la petite taille de l'échantillon de poissons soumis à un dépistage du RVP dans certains stocks et de l'absence de dépistage dans d'autres stocks, le RVP pourrait également être présent dans d'autres stocks et unités de conservation.

Il faut faire preuve de prudence lors de la comparaison de la proportion de saumons rouges du fleuve Fraser positifs au RVP dans les UC et de la déduction des différences de sensibilité, car les résultats du dépistage du RVP ont été regroupés sans comparaison entre les études. De plus, la plupart (63/64) des détections positives signalées chez des saumons rouges adultes du fleuve Fraser échantillonnés dans l'eau de mer provenaient de biopsies des branchies (Miller et al., 2014), alors que les échantillons de foie prélevés en même temps que les biopsies des branchies et par la suite dans le fleuve Fraser étaient négatifs, ce qui laisse supposer que le RVP sur ou dans les tissus branchiaux de ces poissons ne représentait pas une infection systémique et que les infections systémiques ne se sont probablement pas développées avant que les poissons parviennent à leur frayère (Polinski et Garver, 2019).

*Tableau 15. Distribution de la détection du RVP dans les stocks de saumon rouge du fleuve Fraser et dans les 24 unités de conservation de la Politique concernant le saumon sauvage. Sources : 2017 statut biologique intégré selon MPO (2018a). Résultats du dépistage du RVP selon; Jeffries et al. (2014); Miller et al. (2014); Marty et al. (2015); Furey (2016); Morton et al. (2017); Teffer et al. (2017); Nekouei et al. (2018); Stevenson (2018). PStu : Montaison précoce de la rivière Stuart; DE : début de l'été; E : été; T : montaison tardive; S.O. : sans objet; -- : pas de test; * : détection positive douteuse dans Marty et al. (2015), ^{BB} inclut les biopsies des branchies.*

État en 2017		Unité de conservation - Zone de gestion	Stock ayant subi un dépistage du RVP	Résultats du dépistage du RVP	
				Juvéniles	Adultes
Rouge		Bowron-DE	Bowron	0/9	--
Rouge		Cultus-T	Cultus	1/62	--
Rouge		Taseko-DE	--	--	--
Rouge		Widgeon - Rivière	--	--	--
Rouge		Harrison (amont/E) -T	Weaver	0/8	--
Rouge		Seton-T	Portage	0/35	--
Rouge		Takla-Trembleur-PStu	Montaison précoce de la rivière Stuart, montaison tardive de la rivière Stuart et divers ¹	0/4	1/191
Rouge	Jaune	Takla-Trembleur-Stuart-E			

État en 2017		Unité de conservation - Zone de gestion	Stock ayant subi un dépistage du RVP	Résultats du dépistage du RVP	
				Juveniles	Adultes
Rouge	Jaune	Quesnel-E	Quesnel	0/22	0/297
			Horsefly	0/148	--
			Mitchell	0/119	--
			Blue Lead	0/1	--
			Wasko-Roaring	0/16	--
Jaune		Nahatlatch-DE	Rivière Nahatlatch	0/16	--
Jaune		North-Barriere-DE	Fennell	0/1	--
Jaune		Kamloops-DE	Thompson	0/75	--
			Raft	0/18	--
			Upper Barrier	0/3	--
Jaune		Lillooet-Harrison-T	Birkenhead	0/77	0/11
Jaune		Shuswap-DE	Scotch ²	0/72	0/8
			Seymour ²	0/134	--
Jaune	Vert	Réseau Shuswap-T	Adams	1/370	0/2
			Shuswap ³	0/398	49 ^{BB} /304
			Eagle	0/6	--
			Little	0/5	--
Jaune	Vert	Nadina-François-DE	Nadina	0/60	1 ⁴ /60
Jaune	Vert	Chilliwack-DE	Dolly Varden	0/86	--
			Lac Chilliwack	0/34	--
Jaune	Vert	François-Fraser-E	Stellako	0/137	0/10
Jaune	Vert	Anderson-Seton-DE	Gates	0/65	0/19
Jaune	Vert	Harrison (aval/E)-T	Big Silver	0/4	--
Vert		Pitt-DE	Pitt	0/79	--
Vert		Rivière Harrison (type rivière)	Harrison ⁵	--	0/103
Vert		Chilko-E et Chilko-DE	Chilko ⁶	0/1 018	15 ^{BB} /250
DD		Chilko-DE			
Sous-total par stade biologique				2/3 082 (0,1 %)	66/1 255 (5,3 %)
Total				68/4 337 (1,6 %)	

¹ Nous ne pouvons pas distinguer si les échantillons identifiés comme appartenant au stock de la rivière Stuart font partie de l'UC « Takla-Trembleur-PStu » ou de l'UC « Takla-Trembleur-Stuart-E ». Nous incluons également les poissons juvéniles échantillonnés dans les ruisseaux Sandpoint et Five Mile, la rivière Middle et le ruisseau Dist-Sinta ($n = 1$ par stock) dans cette UC combinée TTPStu ou TTS.

² Nous avons supposé que les échantillons identifiés comme appartenant au ruisseau Scotch et à la rivière Seymour proviennent de l'UC « Shuswap-DE » du début de l'été; cependant, nous remarquons que ces deux cours d'eau produisent également une plus petite montaison tardive qui fait partie de l'UC « Réseau Shuswap-T ».

³ Nous avons inclus les stocks du cours moyen de la rivière Shuswap ($n=53$) dans cette catégorisation, bien qu'il soit possible que certains de ces poissons viennent de l'UC Shuswap-DE.

⁴ Détection positive de l'acide nucléique du RVP dans une seule des deux répétitions techniques, ce que les auteurs ont jugé non concluant (Mary et al. 2015).

⁵ Nous avons supposé que les échantillons adultes identifiés comme appartenant au stock de la rivière Harrison font partie de l'UC « rivière Harrison (type rivière) ».

⁶ Nous ne pouvons pas distinguer si les échantillons identifiés comme appartenant au stock du lac Chilko font partie de l'UC « Chilko-E » ou de l'UC « Chilko-DE ».

4.2.3 Proportion de saumons rouges du fleuve Fraser exposés à des fermes d'élevages infectées

Cette section explore la proportion de la population de saumon rouge du fleuve Fraser qui pourrait être exposée au RVP provenant d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée dans la région des îles Discovery. Ces estimations sont fondées sur la période de la migration du saumon rouge du fleuve Fraser et sur les preuves d'infection dans les fermes d'élevage de la région.

Tant pour les juvéniles que pour les adultes, malgré les preuves de détections du RVP dans les élevages chaque mois, il faut noter qu'il n'y a pas de fermes d'élevage de saumon atlantique dans tous les chenaux et qu'ils n'occupent pas un grand volume de la région des îles Discovery (Mimeault et al. 2017) et qu'il est donc raisonnable de supposer que tous les saumons rouges du fleuve Fraser ne rencontreront pas un élevage infecté et ne seront pas exposés aux agents pathogènes disséminés par les fermes d'élevages contaminées.

4.2.3.1 Juvéniles

Les connaissances sur les voies de dévalaison en mer empruntées par les juvéniles dans la région des îles Discovery et leurs interactions avec les fermes d'élevage de saumon atlantique sont limitées. Par conséquent, il n'est pas possible d'estimer la proportion de la population qui pourrait nager à proximité d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée par le RVP. On a donc supposé que tous les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser en dévalaison pourraient être exposés au RVP provenant des élevages infectés pendant leur migration dans la région des îles Discovery. Cette hypothèse devra être revue à mesure que nous connaissons mieux les voies migratoires du saumon rouge du fleuve Fraser.

4.2.3.2 Adultes

Le saumon rouge remonte dans le fleuve Fraser soit par la route nord (détroit de Johnstone), soit par la route sud (détroit de Juan de Fuca) [examiné dans Grant et al. (2018)]. Les taux de déviation par le Nord sont très variables, variant de 10 % à 96 % par année entre 1980 et 2015 [données de la Commission du saumon du Pacifique présentées dans Grant et al. (2018)]. En supposant que tous les saumons rouges qui remontent par la route nord migreraient par la région des îles Discovery, entre 10 et 96 % des adultes du fleuve Fraser en montaison pourraient être exposés à une ferme d'élevage de saumon atlantique pendant leur migration.

4.3 HYPOTHÈSES

- Les résultats des études en laboratoire sur les conséquences de l'infection par le RVP chez le saumon rouge peuvent révéler ce qui se passe dans le milieu marin.
- La prévalence du RVP dans les échantillons est représentative de la prévalence dans l'ensemble du stock pour toutes les années.
- On présume que les saumons rouges juvéniles et adultes du fleuve Fraser sont également sensibles au RVP.
- Tous les stocks de saumon rouge du fleuve Fraser ont la même sensibilité.

4.4 AMPLEUR DES CONSÉQUENCES

L'évaluation des conséquences explore l'ampleur potentielle des conséquences sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de l'infection des saumons rouges juvéniles et adultes du fleuve Fraser par le RVP rejeté par les saumons atlantique de toutes les fermes d'élevage situées dans la région des îles Discovery. Les effets,

le cas échéant, seraient limités aux poissons infectés par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans cette région.

L'ampleur des répercussions potentielles sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de l'infection par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery a été déterminée pour le saumon rouge juvénile et adulte du fleuve Fraser. Les cotes ont été déterminées en fonction des définitions des conséquences sur l'abondance (Tableau 3), des conséquences sur la diversité (Tableau 4) et de l'incertitude (Tableau 5).

4.4.1 Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser

Les saumons rouges juvéniles de type lacustre du fleuve Fraser migrent par la région des îles Discovery pendant leur dévalaison vers l'océan. Étant donné la nature omniprésente du RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique et sa prévalence et persistance élevées dans les fermes infectées, on a conclu qu'il est très probable qu'au moins un saumon rouge juvénile du fleuve Fraser sera infecté pendant sa dévalaison. Toutefois, il n'est pas possible de déterminer la proportion de juvéniles qui pourraient être infectés, ni la possibilité qu'une infection acquise dans la région des îles Discovery se propage à d'autres saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser pendant leur dévalaison.

Cependant, bien que la proportion de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser infectés par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique ne soit pas connue, seules deux détections positives du RVP ont été signalées chez des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser échantillonnés dans l'eau de mer sur un total de 1 258 (0,2 %) (Polinski et Garver, 2019) (Tableau 14). On ne sait pas si cette faible prévalence chez les juvéniles échantillonnés en mer est un artefact de la courte période qui s'écoule entre l'infection potentielle et le dépistage, mais c'est une possibilité, car Garver et al. (2016a) ont démontré que plusieurs semaines après l'exposition sont nécessaires pour détecter le virus chez le saumon atlantique et chez le saumon rouge dans des conditions expérimentales. Quelle que soit la proportion infectées, le RVP en provenance du Pacifique canadien semble être infectieux, mais de faible virulence dans des conditions de laboratoire (Garver et al., 2016a; Garver et al., 2016b; Polinski et al., 2016; Polinski et Garver, 2019).

Dans l'ensemble, la faible virulence du RVP et l'absence d'incidences sur la fonction respiratoire chez les saumons rouges juvéniles suggèrent un impact limité du RVP sur la survie du saumon rouge du fleuve Fraser. Il a donc été conclu que l'ampleur des répercussions potentielles sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser serait **négligeable**. Cette conclusion a été tirée avec une **certitude raisonnable** compte tenu de l'abondance et de la fiabilité des données sur la faible prévalence et la virulence du RVP chez le saumon rouge.

Les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser provenant de 22 unités de conservation ont fait l'objet d'un dépistage du RVP. Deux cas positifs ont été signalés : l'un dans l'UC Cultus-T et l'autre dans les unités de conservation du réseau Shuswap-T. Toutefois, étant donné la faible virulence du virus chez les saumons rouges juvéniles, on a conclu que l'ampleur des répercussions potentielles sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser serait **négligeable** sur deux générations (huit ans). Cette conclusion a été tirée avec une **certitude raisonnable** compte tenu de l'abondance et de la fiabilité des données sur la faible prévalence et la virulence du RVP chez le saumon rouge.

4.4.2 Saumon rouge adulte du fleuve Fraser

Au cours d'une année donnée, entre 10 et 96 % des saumons rouges adultes du fleuve Fraser en montaison migrent par la voie de dérivation du Nord (Grant et al., 2018) et pourraient donc

être exposés à une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Étant donné la nature omniprésente du RVP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique et sa prévalence et persistance élevées dans les fermes infectées, on a conclu qu'il est très probable qu'au moins un saumon rouge adulte du fleuve Fraser sera infecté pendant sa montaison en traversant la région des îles Discovery. Toutefois, il n'est pas possible de déterminer la proportion d'adultes qui pourraient être infectés à cause des fermes d'élevage de saumon atlantique dans cette région.

Dans l'ensemble, la prévalence moyenne du RVP chez le saumon rouge du fleuve Fraser adulte est de 4,2 %, avec un maximum de 12,1 % dans l'eau de mer. Cependant, la plupart (63/64) des détections positives signalées chez des saumons rouges adultes du fleuve Fraser échantillonnés dans l'eau de mer provenaient de biopsies des branchies (Miller et al., 2014). Les échantillons de foie prélevés en même temps que les biopsies des branchies et, par la suite, dans le fleuve Fraser, étaient négatifs au RVP, ce qui donne à penser que le RVP sur ou dans les tissus branchiaux de ces poissons ne représentait pas une infection systémique et que des infections systémiques ne se sont probablement pas développées avant que les poissons en montaison n'atteignent leurs frayères (Polinski et Garver, 2019).

Le saumon rouge du fleuve Fraser en montaison peut parcourir la distance entre la limite sud-est de la zone des îles Discovery et Mission en trois ou quatre jours environ (Grant et al., 2018). La distance entre les frayères du saumon rouge du fleuve Fraser et l'océan varie considérablement, allant de 40 km pour la population de Widgeon Slough à 1 200 km pour la population de la Stuart à montaison précoce (Cohen, 2012b). Il a fallu jusqu'à un mois au saumon rouge de la Stuart en montaison précoce pour atteindre ses frayères à partir de l'embouchure du fleuve Fraser (Stoddard, 1993). Par conséquent, selon les stocks, les adultes en montaison peuvent mettre jusqu'à 35 jours pour atteindre leurs frayères à partir de la zone des îles Discovery.

Étant donné que, dans des conditions expérimentales, il fallait quatre semaines au saumon rouge pour développer des infections au RVP décelables par cohabitation avec des saumons atlantique donneurs (Garver et al., 2016a), que la transmission du RVP prend probablement plus de trois semaines après l'infection (Polinski et Garver, 2019), et que la prévalence chez les saumons rouges adultes du fleuve Fraser échantillonnés en eau douce est de 1,3 %, aucune propagation importante de l'infection chez les adultes en montaison n'est prévue avant le frai.

Les infections par le RVP n'ont eu aucun effet important sur la probabilité que les saumons rouges adultes du fleuve Fraser en montaison provenant de deux stocks différents atteignent leurs frayères (Miller et al., 2014). En l'absence de données supplémentaires propres aux infections par le RVP chez le saumon rouge adulte, des données de substitution fondées sur différentes espèces ou différents stades biologiques ont également été examinées :

- Bien que les réactions au RVP varient d'une espèce de saumon à l'autre, il n'y a que de rares cas de maladies associées au RVP chez le saumon atlantique d'élevage en Colombie-Britannique, malgré la nature omniprésente et la forte prévalence du virus.
- D'après les études de laboratoire menées sur des saumons rouges juvéniles, le RVP du Pacifique canadien semble infectieux, mais peu virulent dans des conditions de laboratoire (Garver et al., 2016a; Garver et al., 2016b; Polinski et al., 2016; Polinski et Garver, 2019), et le RVP devrait également être peu virulent chez les adultes.

Dans l'ensemble, quelle que soit la proportion de saumons rouges adultes du fleuve Fraser infectés par le RVP, la faible virulence et l'absence d'incidence importante sur la probabilité que les saumons rouges infectés atteignent les frayères suggèrent un impact limité du RVP sur la survie du saumon rouge du fleuve Fraser. Il a donc été conclu que l'ampleur des répercussions

potentielles sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser serait **négligeable**. Cette conclusion a été tirée avec une **incertitude raisonnable** compte tenu de l'abondance et de la fiabilité des données sur la faible virulence du RVP chez le saumon rouge, mais en se fiant à des données de substitution pour déterminer les conséquences potentielles.

Les saumons rouges adultes du fleuve Fraser provenant de neuf unités de conservation ont fait l'objet d'un dépistage du RVP. Des détections positives ont été signalées dans quatre stocks représentant quatre à six des 24 unités de conservation du saumon rouge du fleuve Fraser. Toutefois, étant donné qu'on ne s'attend pas à une propagation importante de l'infection chez les adultes en montaison avant le frai et compte tenu de la faible virulence du virus chez le saumon rouge, on a conclu que l'ampleur des répercussions potentielles sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser serait **négligeable** sur deux générations (huit années). Cette conclusion a été tirée avec une **incertitude raisonnable** compte tenu de l'abondance et de la fiabilité des données sur la faible virulence du RVP chez le saumon rouge, mais en se fiant à des données de substitution pour déterminer les conséquences potentielles.

5 ESTIMATION DU RISQUE

5.1 ABONDANCE

Le risque posé pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser par les infections au RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (Tableau 16) a été estimé à l'aide de la matrice des risques combinant les résultats de l'évaluation de la probabilité et les résultats de l'évaluation des conséquences pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser (Figure 3).

Tableau 16. Estimation du risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de l'orthoréovirus pisciaire provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles.

Groupe d'exposition	Évaluation de la probabilité	Évaluation des conséquences	Risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser
Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser	Très probable	Négligeable	Minime
Saumon rouge adulte du fleuve Fraser	Très probable	Négligeable	Minime

Dans l'ensemble, la conclusion est que, selon les pratiques actuelles, le risque posé pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser par une infection au RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery est **minime**.

5.2 DIVERSITÉ

Le risque posé pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser par les infections au RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (Tableau 17) a été estimé à l'aide de la matrice des risques combinant les résultats de l'évaluation de la probabilité et les résultats de l'évaluation des conséquences pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser (Figure 4).

Tableau 17. Estimation du risque pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de l'orthoréovirus pisciaire provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles.

Groupe d'exposition	Évaluation de la probabilité	Évaluation des conséquences	Risque pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser
Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser	Très probable	Négligeable	Minime
Saumon rouge adulte du fleuve Fraser	Très probable	Négligeable	Minime

Dans l'ensemble, la conclusion est que, selon les pratiques actuelles, le risque posé pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser par une infection au RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery est **minime**.

6 SOURCES D'INCERTITUDE

L'incertitude totale comprend à la fois la variabilité, qui est une fonction du système qui n'est pas réductible par d'autres mesures, et le manque de connaissances qui peut être réduit par la fourniture de données supplémentaires ou d'avis d'experts (Vose, 2008). Des incertitudes sont associées aux évaluations de la probabilité et des conséquences.

6.1 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ

Les principales incertitudes liées à l'évaluation de la probabilité sont les suivantes :

- on ne connaît pas les sources ni la survie du RVP dans le milieu marin;
- la variabilité et les lacunes dans les connaissances sur les voies de migration précises du saumon rouge du fleuve Fraser de type lacustre dans la région des îles Discovery;
- on ne connaît pas les taux d'excrétion du saumon atlantique infecté par le RVP;
- on ne connaît pas les doses infectieuses minimales du RVP chez le saumon rouge.

6.2 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES

Les principales incertitudes dans les évaluations des conséquences pour l'abondance et la diversité résultaient des éléments suivants :

- on ne connaît pas la persistance de l'infection au RVP chez le saumon rouge;
- le manque de compréhension du mode de propagation du RVP dans les populations de poissons migrateurs;
- les informations minimales sur la prévalence et les conséquences du RVP sur les différentes unités de conservation du saumon rouge du fleuve Fraser.

7 CONCLUSIONS

L'évaluation a permis de conclure que le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery pose un risque minime pour l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser compte tenu des pratiques actuelles des fermes d'élevages des poissons.

L'attribution du risque minimale a été principalement influencée par l'ampleur des répercussions potentielles pour le saumon rouge du fleuve Fraser. Même s'il est très probable qu'un saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, les conséquences de ces infections sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser devraient être négligeables.

Il existe des sources importantes d'incertitude associées à la détermination du risque posé pour le saumon rouge du fleuve Fraser par le RVP provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans les îles Discovery. Les principales incertitudes sont liées au taux d'excrétion chez le saumon atlantique infecté, à la survie du RVP en milieu marin et aux doses infectieuses minimales de RVP nécessaires pour infecter le saumon rouge. De plus, les connaissances sont insuffisantes sur la persistance des infections au RVP chez le saumon rouge du fleuve Fraser, la propagation des infections chez le saumon rouge du fleuve Fraser en migration et les conséquences sur différentes unités de conservation du saumon rouge du fleuve Fraser. Il conviendrait de revoir les conclusions de cette évaluation du risque à mesure que les résultats de nouvelles recherches viendront combler les lacunes dans les connaissances.

8 RÉFÉRENCES CITÉES

- Adamek, M., Hellmann, J., Flamm, A., Teitge, F., Vendramin, N., Fey, D., Riße, K., Blakey, F., Rimstad, E. and Steinhagen, D. 2018. Detection of piscine orthoreoviruses (PRV-1 and PRV-3) in Atlantic salmon and rainbow trout farmed in Germany. *Transbound Emerg. Dis.* 66: 14-21.
- Chandler, P. C., Foreman, M. G. G., Ouellet, M., Mimeault, C. and Wade, J. 2017. Oceanographic and environmental conditions in the Discovery Islands, British Columbia. *DFO Can. Sci. Adv. Sec. Res. Doc.* 2017/071. viii + 51 p.
- Cohen, B. I. 2012a. Recommendations, summary, process. *In* The uncertain future of Fraser River Sockeye. Minister of Public Works and Government Services Canada. Publishing and Depository Services, Ottawa, ON. Vol 3: 211 p.
- Cohen, B. I. 2012b. The sockeye fishery. *The Uncertain Future of Fraser River Sockeye*. Vol. 1. Minister of Public Works and Government Services Canada, Publishing and Depository Services, Ottawa, ON. 687 p.
- Cox, L. A. T. J. 2008. What's wrong with risk matrices? *Risk. Anal.* 28(2): 497-512.
- Cudmore, B., Mandrak, N. E., Dettmers, J., Chapman, D. C. and Kolar, C. S. 2012. Binational ecological risk assessment of bigheaded carps (*Hypophthalmichthys* spp.) for the Great Lakes basin. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2011/114. 57 p.
- Di Cicco, E., Ferguson, H. W., Kaukinen, K., Schulze, A. D., Li, S., Tabata, A., Gunther, O. P., Mordecai, G., Suttle, C. A. and Miller, K. M. 2018. The same strain of Piscine orthoreovirus (PRV-1) is involved with the development of different, but related, diseases in Atlantic and Pacific salmon in British Columbia. *FACETS* 3: 599-641.
- Di Cicco, E., Ferguson, H. W., Schulze, A. D., Kaukinen, K. H., Li, S., Vanderstichel, R., Wessel, O., Rimstad, E., Gardner, I. A., Hammell, K. L. and Miller, K. M. 2017. Heart and skeletal muscle inflammation (HSMI) disease diagnosed on a British Columbia salmon farm through a longitudinal farm study. *PLoS One* 12(2): 1-31.
- FAO. 2008. Understanding and applying risk analysis in aquaculture. *In* *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* 519. Rome, Italy. 304 p.

-
- Finstad, Ø. W., Dahle, M. K., Lindholm, T. H., Nyman, I. B., Løvoll, M., Wallace, C., Olsen, C. M., Storset, A. K. and Rimstad, E. 2014. Piscine orthoreovirus (PRV) infects Atlantic salmon erythrocytes. *Vet. Res.* 45(35): 1-13.
- Foreman, M., Guo, M., Garver, K. A., Stucchi, D., Chandler, P., Wan, D., Morrison, J. and Tuele, D. 2015a. Modelling infectious hematopoietic necrosis virus dispersion from marine salmon farms in the Discovery Islands, British Columbia, Canada. *PLoS One* 10(6): e0130951.
- Foreman, M. G. G., Chandler, P. C., Stucchi, D. J., Garver, K. A., Guo, M., Morrison, J. and Tuele, D. 2015b. The ability of hydrodynamic models to inform decisions on the siting and management of aquaculture facilities in British Columbia. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2015/005. vii + 49 p.
- Foreman, M. G. G., Stucchi, D. J., Garver, K. A., Tuele, D., Isaac, J., Grime, T., Guo, M. and Morrison, J. 2012. A circulation model for the Discovery Islands, British Columbia. *Atmos. Ocean* 50(3): 301-316.
- Furey, N. B. 2016. Migration ecology of juvenile Pacific salmon smolts : the role of fish condition and behaviour across landscapes. Thesis (Doctor of Philosophy) Forestry, University of British Columbia. Vancouver. 201 p.
- Gale, P., Brouwer, A., Ramnial, V., Kelly, L., Kosmider, R., Fooks, A. R. and Snary, E. L. 2010. Assessing the impact of climate change on vector-borne viruses in the EU through the elicitation of expert opinion. *Epidemiol. Infect.* 138(2): 214-225.
- Garver, K. A., Johnson, S. C., Polinski, M. P., Bradshaw, J. C., Marty, G. D., Snyman, H. N., Morrison, D. B. and Richard, J. 2016a. Piscine orthoreovirus from western North America is transmissible to Atlantic Salmon and Sockeye Salmon but fails to cause heart and skeletal muscle inflammation. *PLoS One.* 11(1): e0146229.
- Garver, K. A., Marty, G. D., Cockburn, S. N., Richard, J., Hawley, L. M., Müller, A., Thompson, R. L., Purcell, M. K. and Saksida, S. 2016b. Piscine reovirus, but not jaundice syndrome, was transmissible to Chinook Salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum), Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka* (Walbaum), and Atlantic Salmon, *Salmo salar* L. *J. Fish Dis.* 39(2): 117-128.
- GESAMP. 2008. Assessment and communication of environmental risks in coastal aquaculture. *In Reports and Studies GESAMP.* Rome, Italy. FAO 76: 198 p.
- Grant, A. A. M. and Jones, S. R. M. 2010. Pathways of effects between wild and farmed finfish and shellfish in Canada: potential factors and interactions impacting the bi-directional transmission of pathogens. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2010/018. vi + 58 p.
- Grant, S. C. H., Holt, C., Wade, J., Mimeault, C., Burgetz, I. J., Johnson, S. and Trudel, M. 2018. Summary of Fraser River Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) ecology to inform pathogen transfer risk assessments in the Discovery Islands, British Columbia. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2017/074. v + 30 p.
- Gunnarsdóttir, H. M., Sigurðardóttir, H., Bragason, B. Þ. and Guðmundsdótti, S. 2018. A survey of three viruses in wild and cultured salmon in Iceland. *In 8th International Symposium on Aquatic Animal Health.* Charlottetown. American Fisheries Society Fish Health Section. pp 405.
- Haatveit, H. M., Wessel, O., Markussen, T., Lund, M., Thiede, B., Nyman, I. B., Braaen, S., Dahle, M. K. and Rimstad, E. 2017. Viral protein kinetics of piscine orthoreovirus infection in Atlantic salmon blood cells. *Viruses.* 9(3): 49.
-

-
- Hauge, H., Dahle, M., Moldal, T., Thoen, E., Gjevre, A. G., Weli, S., Alarcon, M. and Grove, S. 2016. Piscine orthoreovirus can infect and shed through the intestine in experimentally challenged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Vet. Res.* 47(1): 57.
- Hrushowy, S. 2018. A molecular investigation of the dynamics of piscine orthoreovirus in a wild sockeye salmon community on the central coast of British Columbia. Thesis (Master of Science) Biological Sciences, Simon Fraser University. Vancouver. 137 p.
- ISO. 2009. Risk management - Risk assessment techniques. *In* International Standard. International Standard. IEC/FDIS 31010. 90 p.
- Jeffries, K. M., Hinch, S. G., Gale, M. K., Clark, T. D., Lotto, A. G., Casselman, M. T., Li, S. R., Rechisky, E. L., Porter, A. D., Welch, D. W. and Miller, K. M. 2014. Immune response genes and pathogen presence predict migration survival in wild salmon smolts. *Mol. Ecol.* 23(23): 5803-5815.
- Johansen, L. H., Jensen, I., Mikkelsen, H., Bjørn, P. A., Jansen, P. A. and Bergh, Ø. 2011. Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture* 315: 167-186.
- Jones, S. R. M., Bruno, D. W., Madsen, L. and Peeler, E. J. 2015. Disease management mitigates risk of pathogen transmission from maricultured salmonids. *Aquac. Environ. Interact.* 6: 119-134.
- Kibenge, M. J., Iwamoto, T., Wang, Y., Morton, A., Godoy, M. G. and Kibenge, F. S. 2013. Whole-genome analysis of piscine reovirus (PRV) shows PRV represents a new genus in family Reoviridae and its genome segment S1 sequences group it into two separate sub-genotypes. *Virology* 10(230): 1-20.
- Kongtorp, R., Taksdal, T. and Lyngøy, A. 2004a. Pathology of heart and skeletal muscle inflammation (HSMI) in farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Dis. Aquat. Org.* 59(3): 217-224.
- Kongtorp, R. T., Halse, M., Taksdal, T. and Falk, K. 2006. Longitudinal study of a natural outbreak of heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J. Fish Dis.* 29(4): 233-244.
- Kongtorp, R. T., Kjerstad, A., Taksdal, T., Guttvik, A. and Falk, K. 2004b. Heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: a new infectious disease. *J. Fish Dis.* 27(6): 351-358.
- Laurin, E., Jaramillo, D., Vanderstichel, R., Ferguson, H., Kaukinen, K., Schulze, A. D., Keith, I., Gardner, I. and Miller, K. M. 2019. Histopathological and novel high-throughput molecular monitoring data from farmed salmon (*Salmo salar* and *Oncorhynchus* spp.) in British Columbia, Canada, from 2011-2013. *Aquaculture* 499: 220-234.
- Lund, M., Krudtaa Dahle, M., Timmerhaus, G., Alarcon, M., Powell, M., Aspehaug, V., Rimstad, E. and Jorgensen, S. M. 2017. Hypoxia tolerance and responses to hypoxic stress during heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *PLoS One* 12(7): e0181109.
- 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.
- Markussen, T., Tengs, T., Dharmotharan, K., Nyman, I. B., Wessel, Ø., Dahle, M. K. and Rimstad, E. 2018. Analyses of genome sequences and protein structure of strains of piscine orthoreovirus (PRV1) with putative different virulence in Atlantic salmon (*Salmo salar*). 8th

-
- International Symposium on Aquatic Animal Health. Charlottetown, PEI. September 2-6. 405 p.
- Marty, G. D., Morrison, D. B., Bidulka, J., Joseph, T. and Siah, A. 2015. Piscine reovirus in wild and farmed salmonids in British Columbia, Canada: 1974–2013. *J. Fish Dis.* 38(8): 713-728.
- Miller, K. M., Teffer, A., Tucker, S., Li, S. R., Schulze, A. D., Trudel, M., Juanes, F., Tabata, A., Kaukinen, K. H., Ginther, N. G., Ming, T. J., Cooke, S. J., Hipfner, J. M., Patterson, D. A. and Hinch, S. G. 2014. Infectious disease, shifting climates, and opportunistic predators: cumulative factors potentially impacting wild salmon declines. *Evol. Appl.* 7(7): 812-855.
- Mimeault, C., Aubry, P., Wan, D., Wade, J., Boily, F., Jones, S. R. M., Johnson, S., Foreman, M. G. G., Chandler, P., Garver, K. A., Holt, C., Burgetz, I. J. et Parsons, G. J. 2019a. Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *Aeromonas salmonicida* à partir des fermes de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery (Colombie-Britannique). *Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2019/017. Sous presse.
- Mimeault, C., Jones, S. R. M., Wade, J., Aubry, P., Johnson, S., Foreman, M. G. G., Garver, K. A., Holt, C., Boily, F., Burgetz, I. J. et Parsons, G. J. 2019b. Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *Piscirickettsia salmonis* à partir des fermes de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery (Colombie-Britannique). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2019/021. Sous presse.
- Mimeault, C., Wade, J., Boily, F., Johnson, S., Jones, S. R. M., Aubry, P., Foreman, M. G. G., Garver, K. A., Holt, C., Burgetz, I. J. et Parsons, G. J. 2019c. Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *Yersinia ruckeri* à partir des fermes de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery (Colombie-Britannique). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2019/023. Sous presse.
- Mimeault, C., Wade, J., Boily, F., Johnson, S., Jones, S. R. M., Aubry, P., Malcolm, G., Foreman, M. G. G., Chandler, P. C., Wan, D., Garver, K. A., Holt, C., Burgetz, I. J. et Parsons, G. J. 2019d. Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *Renibacterium salmoninarum* à partir des fermes de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery (Colombie-Britannique). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2019/019. Sous presse.
- Mimeault, C., Wade, J., Foreman, M. G. G., Chandler, P. C., Aubry, P., Garver, K. A., Grant, S. C. H., Holt, C., Jones, S., Johnson, S., Trudel, M., Burgetz, I. J. and Parsons, G. J. 2017. Assessment of the risk to Fraser River Sockeye Salmon due to infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) transfer from Atlantic Salmon farms in the Discovery Islands, British Columbia. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.* 2017/075. vii + 75 p.
- Morton, A., Routledge, R., Hrushowy, S., Kibenge, M. and Kibenge, F. 2017. The effect of exposure to farmed salmon on piscine orthoreovirus infection and fitness in wild Pacific salmon in British Columbia, Canada. *PLoS One* 0188793: 1-18.
- MPO. 2015. [Permis d'aquaculture de poissons marins en vertu de la Loi sur les pêches](#). Division de la gestion de l'aquaculture.
- MPO. 2018a. Nouvelle évaluation de 2017 de l'état biologique intégré du saumon rouge du fleuve Fraser (*Oncorhynchus Nerka*) selon la Politique concernant le saumon sauvage. *Secr.can. de consult. sci. Avis sci.* 2018/017. 17 p.
-

-
- MPO. 2018b. Permis pour les introductions et les transferts. [Exigences propres à la Colombie-Britannique en matière de délivrance de permis](#). Division de la gestion de l'aquaculture.
- MPO. 2018c. Résultats des vérifications de la santé du poisson effectuées par le MPO pour chaque installation des sites d'aquaculture de poissons marins de la Colombie-Britannique. Pêches et Océans Canada Pêches et Océans Canada.
- Nekouei, O., Vanderstichel, R., Ming, T., Kaukinen, K. H., Thakur, K., Tabata, A., Laurin, E., Tucker, S., Beacham, T. D. and Miller, K. M. 2018. Detection and assessment of the distribution of infectious agents in juvenile Fraser River Sockeye Salmon, Canada, in 2012 and 2013. *Front. Microbiol.* 9: 3221.
- OIE. 2010. Handbook on import risk analysis for animal and animal products. Introduction to qualitative risk analysis. Introduction and qualitative risk analysis. 2nd ed. Vol. 1. The World Organisation for Animal Health, Paris, France. 100 p.
- Palacios, G., Løvoll, M., Tengs, T., Hornig, M., Hutchison, S., Hui, J., Kongtorp, R.-T., Savji, N., Bussetti, A. V., Solovyov, A., Kristoffersen, A. B., Celone, C., Street, C., Trifonov, V., Hirschberg, D. L., Rabadan, R., Egholm, M., Rimstad, E. and Lipkin, W. I. 2010. Heart and skeletal muscle inflammation of farmed salmon is associated with infection with a novel reovirus. *PLoS One* 5(7): e11487.
- Peeler, E. J. and Thrush, M. A. 2009. Assessment of exotic fish disease introduction and establishment in the United Kingdom via live fish transporters. *Dis. Aquat. Org.* 83: 85-95.
- Polinski, M. P., Bradshaw, J. C., Inkpen, S. M., Richard, J., Fritsvold, C., Poppe, T. T., Rise, M. L., Garver, K. A. and Johnson, S. C. 2016. *De novo* assembly of Sockeye salmon kidney transcriptomes reveal a limited early response to piscine reovirus with or without infectious hematopoietic necrosis virus superinfection. *BMC Genom.* 17(1): 848.
- Polinski, M. P. et Garver, K. A. 2019. Caractérisation de l'orthoréovirus pisciaire (RVP) et des maladies connexes pour informer les évaluations des risques de transfert d'agents pathogènes en Colombie-Britannique. *Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech.* 2019/035. Sous presse.
- Polinski, M. P., Marty, G. D., Snyman, H. N. and Garver, K. A. 2019. Piscine orthoreovirus demonstrates high infectivity but low virulence in Atlantic salmon of Pacific Canada. *Sci. Rep.* 40025: doi: 10.1038/s41598-41019-40025-41597.
- Purcell, M., Powers, R., Evered, J., Kerwin, J., Meyers, T. R., Stewart, B. and Winton, J. 2018. Molecular testing of adult Pacific salmon and trout (*Oncorhynchus* spp.) for several RNA viruses demonstrates widespread distribution of piscine orthoreovirus in Alaska and Washington. *J. Fish Dis.* 41(2): 347-355.
- Rechisky, E. L., Stevenson, C., Porter, A. D., Welch, D. W., Furey, N. B., Healy, S., Johnston, S. and Hinch, S. G. 2018. Telemetry-based estimates of early marine survival and residence time of juvenile sockeye salmon in the Strait of Georgia and Queen Charlotte Strait, 2017. *In* State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2017. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3266. viii + 245 p.
- Stevenson, C. F. 2018. The influence of smolt age and physiological condition on survival and behaviour of wild migrating juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in British Columbia. Thesis (Masters of Science) Forestry, Simon Fraser University. Vancouver, BC. 121 p.
-

-
- Stoddard, E. M. 1993. Fraser River sockeye health study 1993 field collection, and bacteriological, virological and histological analysis of data collected: final report. EMS Aquatic Services, Vancouver, B.C. 23 p.
- Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjorn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C. and Svasand, T. 2014. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES J. Mar. Sci.* 72(3): 997-1021.
- Teffer, A. K., Hinch, S. G., Miller, K. M., Patterson, D. A., Farrell, A. P., Cooke, S. J., Bass, A. L., Szekeres, P. and Juanes, F. 2017. Capture severity, infectious disease processes and sex influence post-release mortality of sockeye salmon bycatch. *Conserv. Physiol.* 5(1): 1-33.
- Thakur, K. K., Vanderstichel, R., Kaukinen, K., Nekouei, O., Laurin, E. and Miller, K. M. 2019. Infectious agent detections in archived Sockeye salmon (*Onchrohynchus nerka*) samples from British Columbia, Canada (1985-94). *J. Fish Dis.* 42(4): 533-547.
- Vose, D. 2008. Risk analysis: a quantitative guide. 3rd ed. Wiley, Chichester, England. 735 p.
- Wade, J. 2017. British Columbia farmed Atlantic Salmon health management practices. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/072. vi + 55 p.
- Warheit, K. 2018. [WDFW denies permit for company to place 800,000 Atlantic salmon into Puget Sound net pens](#). Washington Department of Fish and Wildlife. Olympia WA.
- Wessel, Ø., Braaen, S., Alarcon, M., Haatveit, H., Roos, N., Markussen, T., Tengs, T., Dahle, M. K. and Rimstad, E. 2017. Infection with purified piscine orthoreovirus demonstrates a causal relationship with heart and skeletal muscle inflammation in Atlantic salmon. *PLoS One* 12(8): e0183781.
- Wessel, Ø., Olsen, C. M., Rimstad, E. and Dahle, M. K. 2015. Piscine orthoreovirus (PRV) replicates in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) erythrocytes ex vivo. *Vet. Res.* 46(1): 1-11.
- Zhang, Y., Polinski, M., Morrison, P. R., Brauner, C. J., Farrell, A. P. and Garver, K. A. 2019. High-load reovirus infections do not imply physiological impairment in salmon. *Front. Physiol.* 10:114: 1-12.

9 ANNEXES

9.1 ANNEXE A : CYCLES DE PRODUCTION DU SAUMON ATLANTIQUE DANS LA RÉGION DES ÎLES DISCOVERY

Les cycles de production du saumon atlantique dans la région des îles Discovery ont été résumés en novembre 2018 en fonction des dates des transferts de poissons entre janvier 2013 et novembre 2018.

Les périodes de grossissement dans la région des îles Discovery variaient entre 12 et 23 mois (moyenne = 17 mois, n = 27 cycles) entre le début du transfert des poissons aux sites de grossissement et la fin des périodes de récolte. Les poissons peuvent être ensemencés entre 2 et 14 mois (moyenne = 7 mois, n = 23 cycles) dans des sites d'alevinage avant d'être transférés dans des installations de grossissement dans la région des îles Discovery.

Entre janvier 2013 et novembre 2018, des transferts de poissons vers des sites de grossissement dans la région des îles Discovery ont eu lieu chaque mois de l'année, pour la plupart en mai et juin (Figure 6). Au cours d'un cycle de production donné, les poissons sont habituellement transférés pendant un mois donné, mais les transferts peuvent parfois s'étendre sur quatre mois.



Figure 6. Cycles de production entamés entre janvier 2013 et décembre 2017 dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Seuls les sites de grossissement en mer ensemencés avec des poissons transférés de sites d'alevinage en milieu marin sont inclus. Les cycles de production d'une ferme d'élevage donnée sont représentés sur une seule ligne dans la mesure du possible ou sur plusieurs lorsque les périodes d'alevinage et de croissance se chevauchent (fermes d'élevage D et H). Les barres grises représentent les périodes où le poisson est ensemencé dans les aires d'alevinage en mer, tandis que les barres noires représentent les périodes de grossissement en mer dans la région des îles Discovery. Données résumées en novembre 2018, y compris les dates de récolte prévues jusqu'à la mi-2019. Source des données pour les cycles de production : Gestion de l'aquaculture, MPO.

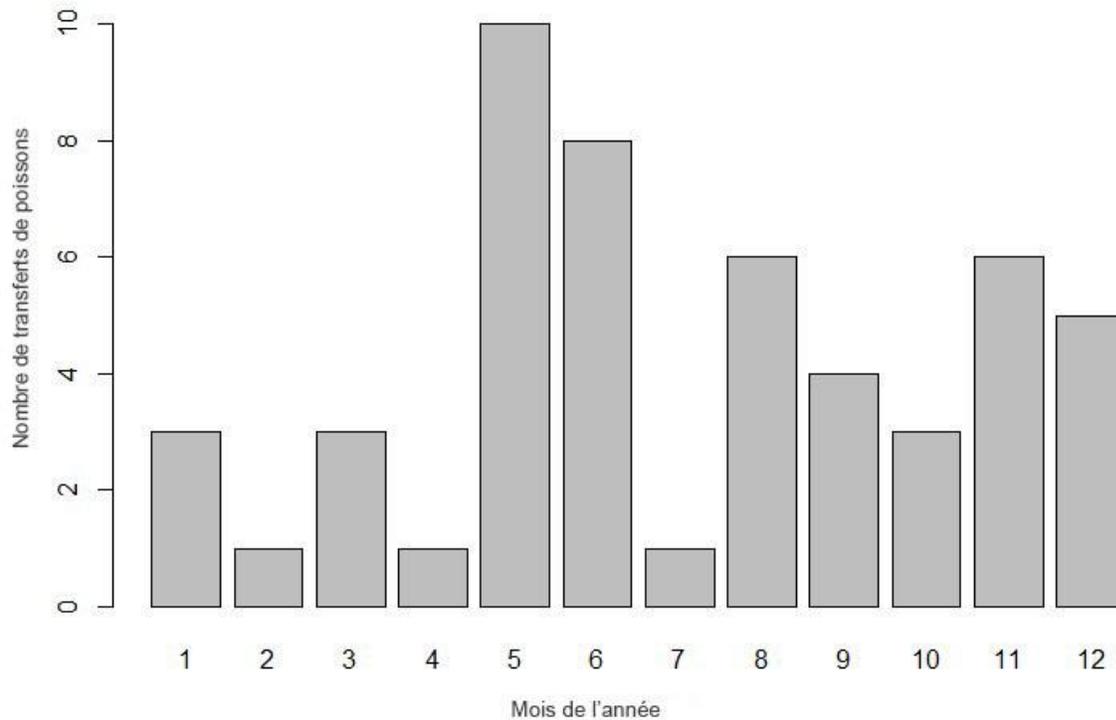


Figure 7. Transferts de saumons atlantique à des sites de grossissement en mer dans la région des îles Discovery entre janvier 2013 et juin 2018. Les données comprennent les premiers transferts sur un total de 28 cycles de production des écloséries et des sites d'alevinage en eau de mer aux sites de grossissement en mer. Données fournies par la Gestion de l'aquaculture, MPO.

9.2 ANNEXE B : DÉFAUTS RELEVÉS PENDANT LES VÉRIFICATIONS DU MPO

Table 18. Nombre de défauts relevés au cours des vérifications effectuées par Pêches et Océans Canada dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de 2011 à 2017 en Colombie-Britannique. Données fournies par la Gestion de l'aquaculture du MPO (mise à jour de Wade, 2017).

Catégories de défauts relevés pendant les vérifications du MPO	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Le protocole de récupération de carcasses ou la tenue des registres a besoin d'être amélioré	2	8	4	23	23	21	18	99
Le permis de pisciculture actuel n'est pas affiché dans l'installation	0	0	2	0	1	1	3	7
L'information ou les dossiers sur les mesures d'urgence ou sur la mortalité massive doivent être améliorés	2	1	0	0	0	9	11	23
L'euthanasie des poissons et les méthodes ne sont pas consignées	3	1	0	0	0	0	1	5
Les pédiluves ou les désinfectants ont besoin d'être améliorés	0	1	3	11	3	4	1	23
L'élevage ou la tenue des registres conformément à l'annexe VIII-A ou VIII-B des conditions des permis doivent être améliorés	2	5	4	3	6	2	3	25
Le protocole ou la tenue des registres sur le pou du poisson conformément à l'annexe VII ou VII-A des conditions des permis doivent être améliorés	21	17	15	18	19	9	26	125
La signalisation des amarrages doit être améliorée	21	6	7	6	9	6	3	58
L'évaluation ou la classification de la mortalité doivent être améliorées	0	0	0	0	0	0	0	0
Préoccupations au sujet du protocole nutritionnel ou relatif aux aliments médicamenteux	0	0	2	1	3	0	1	7
Les documents de formation ne sont pas à jour	0	4	0	3	5	0	1	13
Les registres de transfert sont incomplets ou ne sont pas à jour	25	9	9	3	3	3	6	58
La communication relative au protocole pour les visiteurs doit être améliorée	7	2	4	2	0	0	1	16
Le contrôle de la qualité de l'eau, l'équipement ou la tenue des registres doivent être améliorés	0	0	1	0	0	0	1	2
Les registres sur la mortalité des poissons sauvages doivent être clarifiés	0	1	1	0	0	2	3	7
Nombre total de défauts	83	55	52	70	72	57	79	468
Nombre total de vérifications	58	102	96	99	110	106	111	682
Nombre d'élevages présentant des défauts	40	35	31	41	45	41	29	262
Nombre moyen de défauts relevés/vérification	1,43	0,54	0,54	0,71	0,65	0,54	0,71	0,73