



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 2020/058

Région de la capitale nationale

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

C. Mimeault¹, O. Nekouei¹, K.A. Garver², S.R.M. Jones², S. Johnson²,
K. Holt³, P. Aubry⁴, L. Weber¹, I.J. Burgetz¹, et G.J. Parsons¹

¹Pêches 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

²Pêches et Océans Canada
Station biologique du Pacifique
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

³Pêches et Océans Canada
Institut des sciences de la mer
9860, chemin West Saanich
Sidney (Colombie-Britannique) V8L 6B2

⁴Agence canadienne d'inspection des aliments
Division des sciences de la santé animale
1400, chemin Merivale
Ottawa (Ontario) K1A 0Y9

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, 2020
ISSN 2292-4272

La présente publication doit être citée comme suit :

Mimeault, C., Nekouei, O., Garver, K.A., Jones, S.R.M., Johnson, S., Holt, K., Aubry, P., Weber, L., Burgetz, I.J. et Parsons, G.J. 2020. Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *Moritella viscosa* 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. 2020/058. viii + 34 p.

Also available in English :

Mimeault, C., Nekouei, O., Garver, K.A., Jones, S.R.M., Johnson, S., Holt, K., Aubry, P., Weber, L., Burgetz, I.J. and Parsons, G.J. 2020. Assessment of the risk to Fraser River Sockeye Salmon due to *Moritella viscosa* transfer from Atlantic Salmon farms in the Discovery Islands area, British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2020/058. vii + 31 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 FORMULATION DU PROBLÈME.....	2
2.2.1 Identification des dangers.....	2
2.2.2 Caractérisation du danger.....	2
2.2.3 Portée.....	3
2.2.4 Question sur le risque.....	5
2.2.5 Méthodologie.....	5
2.3 SOURCES DES DONNÉES SUR LA SANTÉ DU POISSON.....	11
2.3.1 Industrie.....	11
2.3.2 Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons.....	11
2.3.3 Événements liés à la santé des poissons.....	12
2.3.4 Épisodes de mortalité.....	12
2.4 EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES.....	12
2.4.1 Délivrance de permis et biosécurité.....	12
2.4.2 Comité des introductions et des transferts.....	13
2.5 PRATIQUES DE L'INDUSTRIE.....	14
2.5.1 Pratiques de gestion de la santé du poisson.....	14
2.5.2 Surveillance et analyses.....	15
2.5.3 Pratiques d'empoisonnement dans la région des îles Discovery.....	15
3 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ.....	15
3.1 ÉVALUATION DE L'INFECTION À LA FERME.....	15
3.1.1 Question.....	15
3.1.2 Facteurs à prendre en considération.....	15
3.1.3 Hypothèses.....	18
3.1.4 Probabilité d'infection à la ferme.....	18
3.2 ÉVALUATION DE LA DISSÉMINATION.....	19
3.2.1 Question.....	19
3.2.2 Facteurs à prendre en considération.....	19
3.2.3 Hypothèses.....	20
3.2.4 Probabilité de dissémination.....	20
3.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION.....	21
3.3.1 Question.....	21

3.3.2	Facteurs à prendre en considération.....	21
3.3.3	Hypothèses.....	26
3.3.4	Probabilité d'exposition.....	26
3.4	ÉVALUATION DE L'INFECTION.....	28
3.4.1	Vulnérabilité du saumon rouge.....	28
3.4.2	Probabilité d'infection.....	28
3.5	ÉVALUATION GLOBALE DE LA PROBABILITÉ.....	28
4	ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES.....	29
5	ESTIMATION DU RISQUE.....	29
5.1	ABONDANCE.....	30
5.2	DIVERSITÉ.....	30
6	SOURCES D'INCERTITUDE.....	30
7	CONCLUSIONS.....	30
8	RÉFÉRENCES CITÉES.....	31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des 18 fermes d'élevage de saumon atlantique incluses dans l'évaluation du risque.....	5
Tableau 2. Catégories et définitions utilisées pour décrire la probabilité d'un événement sur une période d'un an.	7
Tableau 3. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser.....	7
Tableau 4. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.	7
Tableau 5. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé aux données et à l'information.	8
Tableau 6. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé à la gestion de la santé du poisson.....	9
Tableau 7. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery ayant des preuves de la détection de <i>Moritella viscosa</i> ou du diagnostic d'ulcère d'hiver, résumé par année.....	17
Tableau 8. Facteurs contributifs et limitatifs associés à la probabilité de la présence de saumons atlantiques d'élevage infectés par <i>Moritella viscosa</i> dans au moins une ferme de la région des îles Discovery, une année donnée, selon les pratiques de gestion actuelles des fermes.	19
Tableau 9. Facteurs contributifs et limitatifs associés à la probabilité de dissémination de <i>Moritella viscosa</i> dans un environnement accessible au saumon rouge du fleuve Fraser à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée dans la région des îles Discovery compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.	20
Tableau 10. Récapitulatif du chevauchement entre la période où le saumon rouge du fleuve Fraser est présent dans la région des îles Discovery et la période où la présence de la bactérie <i>Moritella viscosa</i> , de la dermatite ulcéreuse ou de l'ulcère d'hiver a été démontrée dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de cette région.....	23
Tableau 11. Facteurs contributifs et limitatifs associés à la probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé à <i>Moritella viscosa</i> disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.	27
Tableau 12. Sommaire des classements de probabilité et d'incertitude pour l'évaluation de la probabilité dans le cadre de l'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de <i>Moritella viscosa</i> à partir des fermes de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.	29

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.	4
Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au présence de <i>Moritella viscosa</i> provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique.....	6
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.	10
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.	11
Figure 5. Sections transversales des chenaux aux fermes d'élevage (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.	24
Figure 6. Distribution des températures (°C) enregistrées dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery des profondeurs de <1 et 10 mètres, entre 2014 et 2018 (cinq ans).	26

GLOSSAIRE

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

Maladie : état dans lequel la fonction ou la structure normale d'une partie du corps ou une fonction corporelle est altérée.

Unité épidémiologique : groupe d'animaux qui partagent à peu près le même risque d'exposition à un agent pathogène à un endroit défini.

Événement lié à la santé des poissons : éclosion de maladie soupçonnée ou déclarée, dans une installation d'aquaculture, qui nécessite l'intervention d'un vétérinaire et la prise de mesures d'atténuation pour réduire les impacts ou les risques associés à l'événement. Les interventions et mesures d'atténuation peuvent comprendre des traitements, des échantillonnages ciblés, la mise en quarantaine du site, le renforcement de la biosécurité ou l'abattage pour contrôler la maladie soupçonnée ou confirmée.

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

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

Période d'incubation : délai entre l'infection de l'hôte par un organisme pathogène et l'apparition des premiers signes de la maladie.

Infection : croissance de microorganismes pathogènes dans le corps, que la fonction corporelle soit altérée ou non.

Épisode de mortalité : mortalité de poissons équivalant à 4 000 kg ou plus, ou pertes atteignant 2 % de l'inventaire actuel en 24 heures; ou mortalité de poissons équivalant à 10 000 kg ou plus, ou pertes atteignant 5 % de l'inventaire actuel, en cinq jours.

Éclosion : épisode inattendu de mortalité ou de maladie.

Prévalence : nombre d'hôtes infectés par un agent pathogène (*prévalence de l'infection*) ou touchés par une maladie (*prévalence de la maladie*), exprimé en pourcentage du nombre total d'hôtes chez lesquels on a procédé à un dépistage de cet agent pathogène (ou de cette maladie) dans une population à un moment donné.

Espèce vulnérable : espèce chez laquelle l'infection a été démontrée par l'occurrence de cas dans le milieu naturel ou par une exposition expérimentale à l'agent pathogène qui imite les voies de transmission dans le milieu naturel.

Vecteur : organisme vivant capable de transmettre une maladie, directement ou indirectement, d'un animal ou de ses excréments à un autre animal.

RÉSUMÉ

Pêches et Océans Canada (MPO), dans le cadre de l'Initiative des sciences de l'aquaculture pour l'évaluation des risques environnementaux, mène une série d'évaluations pour déterminer les risques pour le saumon rouge du fleuve Fraser (*Oncorhynchus nerka*) attribuables au transfert d'agents pathogènes à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique (*Salmo salar*) situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique.

Le présent document présente l'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *Moritella viscosa* à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique, selon les pratiques d'élevage actuelles. Cette évaluation a été effectuée en trois étapes principales : premièrement, une évaluation de la probabilité, qui est le résultat de quatre étapes d'évaluation consécutives (infection à la ferme, dissémination de l'agent pathogène, exposition du saumon rouge du fleuve Fraser et infection du saumon rouge du fleuve Fraser); deuxièmement, une évaluation des conséquences; et troisièmement, une estimation du risque.

La bactérie *M. viscosa* et l'ulcère d'hiver ont été signalés dans des fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique. D'après les détections ou les diagnostics d'ulcère d'hiver signalés depuis 2012, il est très probable, avec une certitude raisonnable, que des saumons atlantiques d'élevage infectés par *M. viscosa* seront présents dans au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery une année donnée. Les taux d'excrétion du saumon atlantique infecté par *M. viscosa* n'ont pas encore été quantifiés, mais la bactérie a été isolée à partir de lésions cutanées. Il est ainsi extrêmement probable, avec une certitude raisonnable, que la bactérie *M. viscosa* soit rejetée par une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée. Les détections de *M. viscosa* ou les diagnostics d'ulcère d'hiver ont été signalés dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de décembre à février, alors que la migration du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery a lieu de mai à octobre. Étant donné l'absence de chevauchement temporel entre la présence de *M. viscosa* et la migration du saumon rouge du fleuve Fraser, il est extrêmement improbable, avec une certitude raisonnable, qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser juvénile ou adulte soit exposé à la bactérie *M. viscosa* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery au cours d'une année donnée. On n'a pas effectué d'évaluation de l'infection compte tenu des résultats de l'évaluation de l'exposition.

L'évaluation de la probabilité a permis de conclure qu'il est extrêmement improbable qu'une infection à *M. viscosa* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery se produise chez le saumon rouge du fleuve Fraser. Étant donné, l'absence de chevauchement temporel ayant mené à la conclusion qu'il est extrêmement improbable que le saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par la bactérie *M. viscosa* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, l'évaluation des conséquences n'a pas été effectuée.

Dans l'ensemble, l'évaluation a permis de conclure que la bactérie *M. viscosa* présente dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de 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 d'élevage actuelles. Il conviendra de réviser les conclusions de cette évaluation du risque si des ulcères d'hiver survenaient dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery entre mai et octobre.

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, qui est une priorité de la ministre des Pêches, des Océans et de la Garde côtière canadienne.

Il est reconnu qu'il existe des interactions entre les activités d'aquaculture et l'environnement (Grant et Jones, 2010; Foreman *et al.*, 2015). L'une de ces interactions est le risque pour les populations de saumon sauvage attribuable à la propagation potentielle de maladies infectieuses à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique (*Salmo salar*) en Colombie-Britannique (Cohen, 2012).

La Division de la gestion de l'aquaculture du MPO a demandé des avis scientifiques officiels sur le risque de transfert d'agents pathogènes des fermes d'élevage de saumon atlantique aux populations de poissons sauvages en Colombie-Britannique. Compte tenu de la complexité des interactions entre les agents pathogènes, les hôtes et l'environnement, le MPO formule ces avis scientifiques sous la forme d'une série d'évaluations des risques propres aux agents pathogènes.

Le présent document présente l'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser (*Oncorhynchus nerka*) attribuable à *Moritella viscosa*, l'agent causal de l'ulcère d'hiver, à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Le choix de cet agent pathogène pour une évaluation officielle du risque de transfert découle du fait que l'ulcère d'hiver a été déclaré dans des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Le risque posé pour d'autres populations de poissons sauvages par d'autres agents pathogènes à partir d'autres fermes piscicoles dans d'autres régions de la Colombie-Britannique sera déterminé lors d'analyses ultérieures et ne sera donc pas inclus dans le présent document.

2 CONTEXTE

Cette évaluation du risque a été menée dans le cadre de l'Initiative des sciences de l'aquaculture pour l'évaluation des risques environnementaux du MPO (ci-après appelée « l'Initiative »), mise en œuvre en tant qu'approche structurée pour fournir des avis scientifiques sur les risques et ainsi mieux appuyer le développement durable de l'aquaculture au Canada. De plus, afin d'assurer l'uniformité entre les évaluations des risques réalisées dans le cadre de l'Initiative, le Cadre d'évaluation des risques environnementaux dans le domaine de l'aquaculture (ci-après appelé « le Cadre ») décrit le processus et les composantes de chaque évaluation.

Le Cadre assure la réalisation d'évaluations des risques systématiques, structurées, transparentes et exhaustives. Il est conforme aux cadres internationaux et nationaux d'évaluation des risques (GESAMP, 2008; ISO, 2009) et a été validé au moyen de processus d'examen par les pairs (Mimeault *et al.*, 2017; Mimeault *et al.*, 2019). Le Cadre comprend la détermination des objectifs de gestion et de protection, la formulation du problème, une évaluation du risque et la production d'un avis scientifique. Les objectifs de gestion et de protection et les problèmes ont été respectivement déterminés et formulés 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 comprend également la communication des risques et un examen scientifique par les pairs par l'entremise du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) du MPO, qui est composé d'experts scientifiques du Ministère et de l'extérieur. Des renseignements détaillés au sujet de l'Initiative et du Cadre sont disponibles sur la [page Web de l'Initiative des sciences de l'aquaculture pour l'évaluation des risques environnementaux du MPO](#). Les évaluations des risques menées dans le cadre de cette initiative ne tiennent pas compte des considérations socio-économiques et ne sont pas des analyses coûts-avantages ou risques-avantages.

2.1 OBJECTIFS DE GESTION ET DE PROTECTION

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

2.2 FORMULATION DU PROBLÈME

2.2.1 Identification des dangers

Dans la présente évaluation du risque, le danger est la bactérie *M. viscosa* présente dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

2.2.2 Caractérisation du danger

Moritella viscosa, anciennement *Vibrio viscosus* (Benediktsdóttir *et al.*, 2000), est le principal agent étiologique de l'ulcère d'hiver (Løvoll *et al.*, 2009; Tunsjø *et al.*, 2009; Björnsson *et al.*, 2011; Karlsen *et al.*, 2017a; Karlsen *et al.*, 2017b). Bien que les espèces *Moritella* aient été isolées à partir d'échantillons d'eau de mer, de sédiments ou de blocs de bois (Urakawa *et al.*, 1998; Urakawa *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2008), à ce jour, aucune référence n'a pu être trouvée mentionnant l'isolement de *M. viscosa* à partir de sources environnementales autres que les poissons. Toutefois, des études menées dans des conditions expérimentales ont démontré que *M. viscosa* peut survivre et proliférer dans un environnement oligotrophe et froid (Benediktsdóttir et Heidarsdóttir, 2007; Tunsjø *et al.*, 2007), ce qui est compatible avec la survie de la bactérie dans l'eau de mer.

Les ulcères d'hiver se manifestent sous forme de lésions cutanées superficielles qui peuvent se transformer en ulcères cutanés sur les parties écaillées de la surface corporelle (Benediktsdóttir *et al.*, 1998; Tunsjø *et al.*, 2009; Tunsjø *et al.*, 2011). La pourriture des nageoires, la pâleur des branchies et une pathologie interne grave peuvent également être présentes (Björnisdóttir *et al.*, 2004; Grove *et al.*, 2008; Tunsjø *et al.*, 2009). Des hémorragies diffuses ou pétéchiales dans les tissus internes peuvent se produire (Jansson et Vennerström, 2014). Bien que les taux de mortalité puissent être faibles, les ulcères ouverts facilitent l'entrée d'autres agents pathogènes (Jansson et Vennerström, 2014).

Bien que *M. viscosa* soit considérée comme l'agent causal de l'ulcère d'hiver, en Norvège, la présence d'autres bactéries peut contribuer aux éclosions d'ulcères d'hiver (Jansson et Vennerström, 2014; Karlsen *et al.*, 2014).

Wade et Weber (2020) ont résumé les caractéristiques pertinentes de *M. viscosa* et de l'ulcère d'hiver et ont relevé des lacunes dans les connaissances utiles à la présente évaluation du risque. Wade et Weber (2020) ont également inclus un examen de la présence d'ulcères d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique. Des renseignements supplémentaires, y compris des données probantes sur *M. viscosa* propres aux fermes

d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, sont inclus dans la présente évaluation du risque.

2.2.3 Portée

La présente évaluation vise à déterminer le risque en fonction des pratiques actuelles des fermes, 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 3-2 de surveillance de la santé du poisson) et à proximité (trois fermes dans la zone 3-3 au nord-ouest de la zone 3-2) [voir Figure 1 et Tableau 1] et porte sur les mêmes 18 fermes que celles traitées dans Mimeault *et al.* (2017). D'autres fermes d'élevage de saumon atlantique situées le long des routes migratoires du saumon rouge du fleuve Fraser, comme celles qui sont exploitées dans l'archipel Broughton, sont exclues de la présente évaluation.

Bien que 18 fermes soient incluses, il convient de noter que de décembre 2010 à février 2016, le nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique empoissonnées a varié entre trois et 18, avec une moyenne de huit fermes un mois donné (Mimeault *et al.*, 2017).

La présente évaluation du risque est axée sur les effets directs potentiels de la présence de *M. viscosa* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

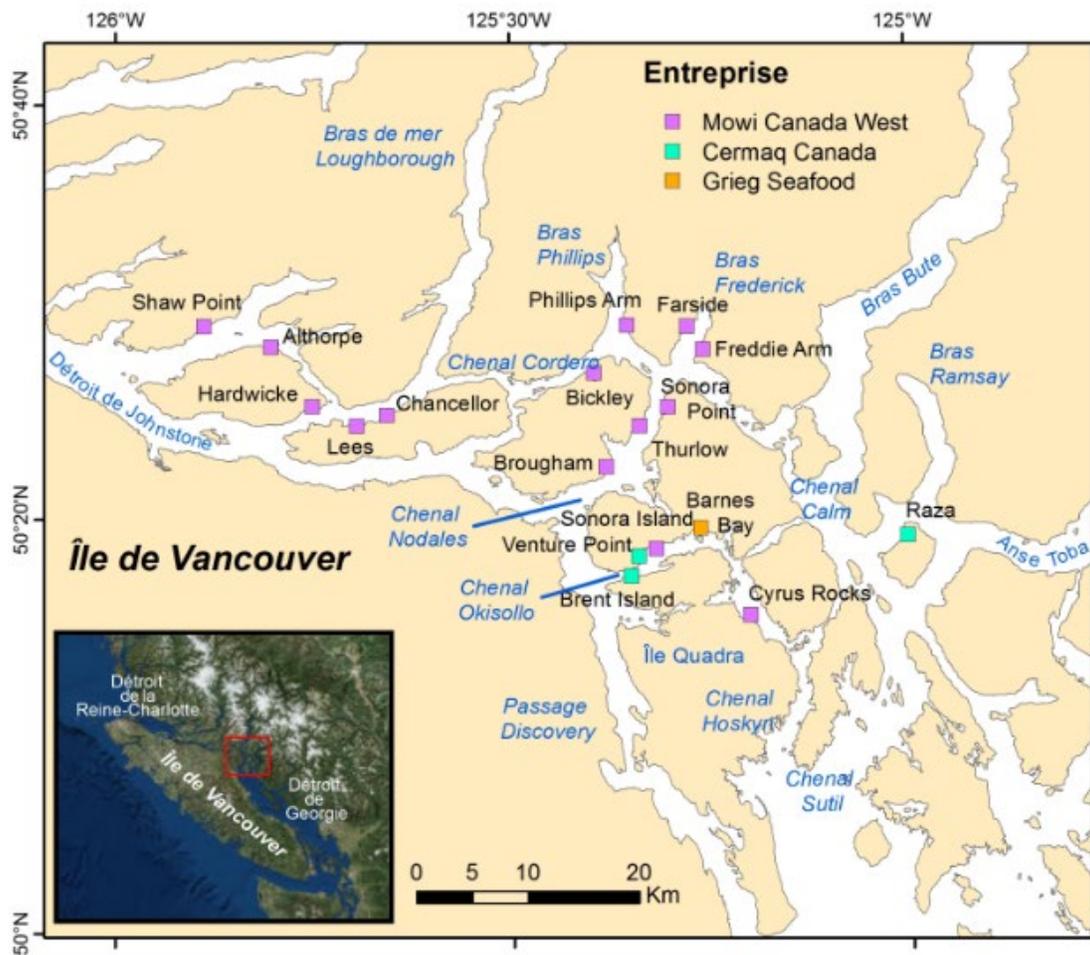


Figure 1. Emplacement des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (zone 3-2 et trois fermes dans la zone 3-3) incluses dans la présente évaluation des risques. La taille des symboles pour les exploitations aquacoles n'est pas à l'échelle. Les couleurs représentent les 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 du risque. Il convient de noter que les fermes d'Althorpe, de Hardwicke et de la pointe Shaw sont officiellement titulaires d'un permis dans la zone 3.3 de surveillance de la santé du poisson, mais qu'elles sont regroupées avec les fermes de la zone 3.2 aux fins de la présente évaluation et conformément aux pratiques de production de rapports sur la gestion de l'aquaculture.

Entreprise	Ferme	Zone de surveillance de la santé du poisson visée par le permis
Cermaq Canada	Brent Island	3-2
	Raza Island	3-2
	Venture	3-2
Grieg Seafood	Barnes Bay	3-2
Mowi Canada West (anciennement Marine Harvest Canada)	Althorpe	3-3
	Bickley	3-2
	Brougham Point	3-2
	Chancellor Channel	3-2
	Cyrus Rocks	3-2
	Farside	3-2
	Frederick Arm	3-2
	Hardwicke	3-3
	Lees Bay	3-2
	Phillips Arm	3-2
	Shaw Point	3-3
	Sonora Point	3-2
	Okisollo	3-2
Thurlow	3-2	

2.2.4 Question sur le risque

Quel est le risque pour l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *M. viscosa* à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery dans le cadre des pratiques d'élevage actuelles?

2.2.5 Méthodologie

La méthodologie est fondée sur celle décrite dans Mimeault *et al.* (2017), qui a été adaptée des lignes directrices du MPO sur l'évaluation du risque biologique posé par les espèces aquatiques envahissantes au Canada (Mandrak *et al.*, 2012), l'analyse des risques liés à l'importation (OIE, 2010) publiée par l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE), des recommandations pour l'évaluation du risque dans l'aquaculture côtière (GESAMP, 2008) et des lignes directrices de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture sur la compréhension et l'application de l'analyse des risques dans l'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 potentielle de ses conséquences sont combinées dans une matrice de risque prédéfinie pour estimer le risque.

La probabilité est évaluée en quatre étapes consécutives : une évaluation de l'infection à la ferme, une évaluation de la dissémination, une évaluation de l'exposition et une évaluation de

l'infection. L'évaluation des conséquences permet de déterminer l'ampleur potentielle des impacts de l'infection à *M. viscosa* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ

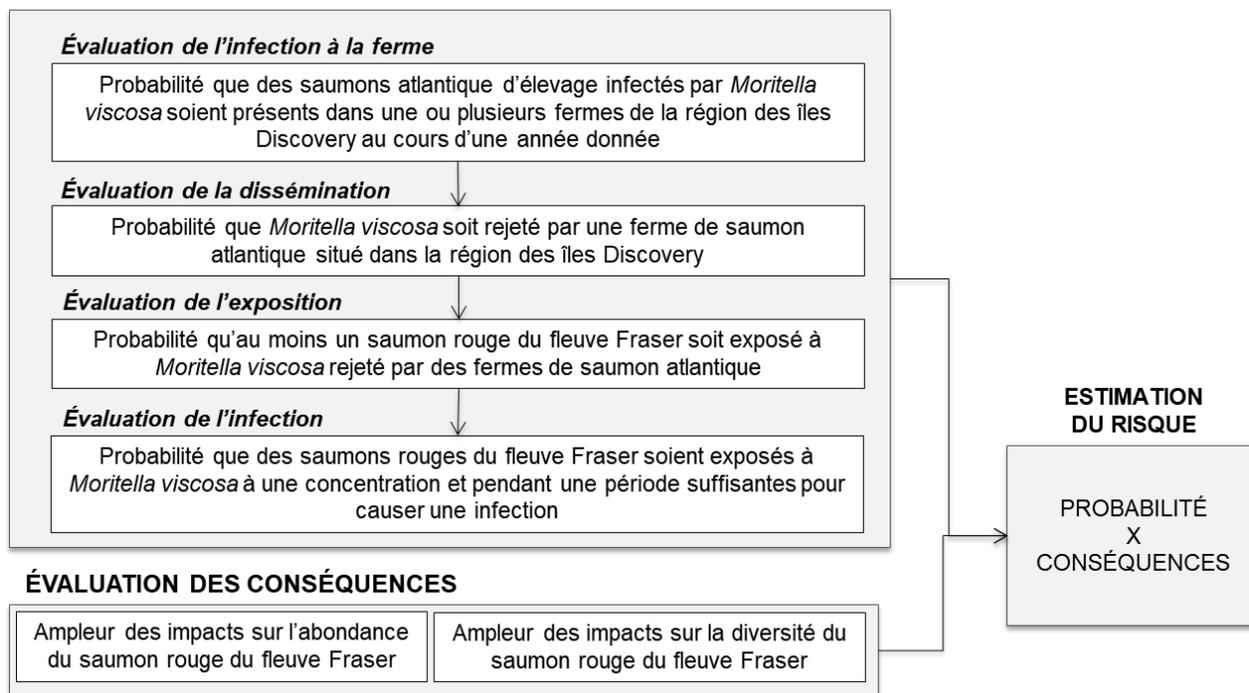


Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au présence de *Moritella viscosa* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Adapté de Mimeault et al. (2017).

2.2.5.2 Terminologie

Les catégories et les définitions utilisées pour classer la probabilité (Tableau 2), les conséquences sur l'abondance (Tableau 3), les conséquences sur la diversité (Tableau 4), l'incertitude associée aux données et à l'information (Tableau 5) et l'incertitude associée à la gestion de la santé du poisson (Tableau 6) ont été tirées ou adaptées de Mimeault *et al.* (2017) et de Mimeault *et al.* (2019).

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 élevée. Extrait de Mimeault et al. (2019).

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

Tableau 3. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser. Extrait de Mimeault et al. (2019).

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. Extrait de Mimeault et al. (2019).

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 sur 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 sur une génération
Modérée	Réduction de >1 à 10 % de l'abondance dans la plupart des UC qui n'entraînerait pas la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser sur 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 sur 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 sur une génération
Grave	Réduction de l'abondance qui entraînerait la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser sur une génération
Extrême	Réduction de l'abondance qui entraînerait la perte de plus d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser sur une génération

Tableau 5. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé aux données et à l'information. Adapté de Mimeault et al. (2019).

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 • Il n'y a pas de consensus dans les ouvrages scientifiques
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 mises en garde importantes • Variabilité intrinsèque importante • Les ouvrages scientifiques ou les modèles arrivent à des conclusions différentes
Certitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> • Les données disponibles sont abondantes, mais pas exhaustives • Les données disponibles sont solides • Faible variabilité intrinsèque • Les ouvrages scientifiques ou les modèles concordent généralement
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 ouvrages scientifiques ou les modèles concordent

Tableau 6. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé à la gestion de la santé du poisson. Les termes « quelques » et « la plupart » sont respectivement définis comme étant moins et plus de 50 % des données pertinentes. Adapté de Mimeault et al. (2019).

Catégories	Définitions
Incertitude élevée	<ul style="list-style-type: none"> Aucune information recueillie dans le cadre des pratiques de gestion des fermes, précisée dans les plans de gestion de la santé des salmonidés, n'est disponible Écart entre l'information/les données obtenues des fermes et les vérifications des fermes pour toutes les fermes Pratiques volontaires dans les fermes Les opinions des professionnels de la santé du poisson varient considérablement
Incertitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> Quelques renseignements recueillis dans le cadre des pratiques de gestion des fermes, précisés dans les plans de gestion de la santé des salmonidés, sont disponibles Écart entre l'information/les données obtenues des fermes et les vérifications des fermes pour la plupart des fermes Pratique(s) volontaire(s) de l'entreprise Les professionnels de la santé du poisson arrivent à des conclusions différentes
Certitude raisonnable	<ul style="list-style-type: none"> La plupart des renseignements recueillis dans le cadre des pratiques de gestion des fermes, précisés dans les plans de gestion de la santé des salmonidés, sont disponibles Corroboration entre l'information/les données obtenues des fermes et les vérifications des fermes pour la plupart des fermes Pratique(s) volontaire(s) à l'échelle de l'industrie convenue(s) dans le cadre d'un protocole d'entente ou d'une certification par un tiers reconnu Les professionnels de la santé du poisson sont pour la plupart d'accord
Certitude élevée	<ul style="list-style-type: none"> Tous les renseignements recueillis dans le cadre des pratiques de gestion des fermes, précisés dans les plans de gestion de la santé des salmonidés, sont disponibles. Corroboration entre l'information/les données obtenues des fermes et les vérifications des fermes pour toutes les fermes Pratique(s) obligatoire(s) en vertu de la loi et certification par un tiers reconnu Les professionnels de la santé du poisson sont d'accord

2.2.5.3 Attribution des classements

L'attribution des classements s'est faite en plusieurs étapes et selon une approche structurée. Tout d'abord, le document « Caractérisation de la bactérie *Moritella viscosus* et de l'ulcère d'hiver pour informer les évaluations des risques de transfert d'agents pathogènes en Colombie-Britannique » et la présente évaluation du risque (sans attribution de classement) ont été transmis aux auteurs de l'évaluation du risque. Chaque auteur a classé individuellement chaque étape de l'évaluation du risque et attribué un niveau d'incertitude dans le cadre d'un sondage. Les résultats du classement et les justifications ont été discutés lors d'une réunion en personne et d'appels ultérieurs en vue de dégager le consensus inclus dans la présente évaluation du risque.

2.2.5.4 Règles de combinaison

Comme il est décrit dans Mimeault *et al.* (2017), la combinaison des probabilités diffère si les événements sont dépendants ou indépendants : « Un événement dépend du moment où son résultat est touché par 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 le résultat de l'un n'a pas d'incidence sur le résultat des autres; par

exemple, un agent pathogène peut être rejeté dans l’environnement par différentes voies de dissémination non reliées. » Les probabilités sont combinées selon les méthodologies acceptées dans les évaluations qualitatives des risques en adoptant la valeur la plus faible (p. ex. faible) pour les événements dépendants et la valeur la plus élevée (p. ex. élevée) pour les événements indépendants (Cox, 2008; Gale *et al.*, 2010; Cudmore *et al.*, 2012).

Le niveau d’incertitude doit être indiqué à chaque étape de l’évaluation du risque. Plusieurs approches ont été utilisées pour combiner les classements de l’incertitude qualitative dans les évaluations du risque. Certains auteurs mentionnent le niveau d’incertitude associé à chaque étape sans les combiner (Peeler et Thrush, 2009; Jones *et al.*, 2015), d’autres adoptent le plus haut niveau d’incertitude (Mandrak *et al.*, 2012), et d’autres encore utilisent le plus haut niveau d’incertitude associé à la plus faible probabilité pour les événements dépendants (Cudmore *et al.*, 2012). Dans la présente évaluation du risque, les niveaux d’incertitude ne sont pas combinés dans les évaluations de la probabilité globale et des conséquences en vue de maintenir l’accent sur l’incertitude associée à chaque étape.

2.2.5.5 Estimation du risque

Comme il est décrit dans Mimeault *et al.* (2017), deux matrices de risque ont été élaborées en collaboration avec les Secteurs des 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 les échelles pertinentes des conséquences pour la gestion des pêches et les objectifs stratégiques, les politiques existantes et la tolérance au risque de la gestion actuelle pertinente pour les évaluations du risque.

Probabilité	Extrêmement probable						
	Très probable						
	Probable						
	Improbable						
	Très improbable						
	Extrêmement improbable						
		Négligeables	Mineures	Modérées	Majeures	Graves	Extrêmes
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. Extrait de Mimeault *et al.* (2017).

Probabilité	Extrêmement probable						
	Très probable						
	Probable						
	Improbable						
	Très improbable						
	Extrêmement improbable						
		Négligeables	Mineures	Modérées	Majeures	Graves	Extrêmes
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. Extrait de Mimeault et al. (2017).

2.3 SOURCES DES DONNÉES SUR LA SANTÉ DU POISSON

La présente évaluation du risque repose sur l'état actuel des connaissances relatives à *M. viscosa*, telles qu'elles sont résumées dans Wade et Weber (2020). Les données sur la santé du poisson dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery utilisées pour guider la présente évaluation proviennent de quatre sources différentes, résumées ci-après. Se reporter à la section 3 pour consulter les sommaires des détections de *M. viscosa* et des diagnostics d'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

Dans le présent document, la « détection » de *M. viscosa* fait référence à l'identification de la bactérie par visualisation (p. ex. en histopathologie avec des lésions de dermatite ulcéreuse), la culture ou l'isolement bactérien ou tout résultat positif à un test de dépistage ou de diagnostic (p. ex. réaction en chaîne de la polymérase [PCR]) réalisé sur des échantillons prélevés sur des poissons durant des examens de routine, des programmes réglementaires et de surveillance, des événements liés à la santé des poissons ou de toute autre analyse diagnostique effectuée dans les fermes.

2.3.1 Industrie

L'industrie a fourni les observations formulées par le personnel chargé de la santé du poisson lors de visites sur place pour des vérifications de santé de routine, des enquêtes sur des taux de mortalité élevés, des événements liés à la santé des poissons et des projets menés dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery entre 2011 et 2018 afin de guider la présente évaluation du risque relatif au transfert d'agents pathogènes.

2.3.2 Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons

On prélève des échantillons de poissons morts récemment dans le cadre du Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP) afin de vérifier la surveillance de routine et la déclaration des maladies par les fermes (Wade, 2017). Le MPO vise à vérifier 30 fermes choisies au hasard par trimestre ou 120 fermes par année (Wade, 2017). Au cours d'une vérification, un maximum de 30 poissons frais sont sélectionnés pour les analyses histopathologiques et bactériologiques et le diagnostic ou la virologie moléculaire, bien que dans la plupart des cas, l'échantillon soit composé de huit poissons frais (Wade, 2017). Les vétérinaires du MPO fournissent des diagnostics à l'échelle de la ferme en fonction d'une combinaison des antécédents d'élevage, des antécédents de traitement, des facteurs environnementaux, des dossiers de mortalité, des présentations cliniques à la ferme et des résultats des procédures de diagnostic effectuées sur différents poissons (MPO, 2019c).

Les données des vérifications ont été compilées à partir des données du ministère de l'Agriculture et des Terres de la Colombie-Britannique (2002-2010) et des données du MPO (2011-2018) disponibles sur le site Web Données ouvertes (MPO, 2019c). Le téléchargement a été effectué le 29 mai 2019.

2.3.3 Événements liés à la santé des poissons

L'industrie déclare les événements liés à la santé des poissons au MPO. Le document MPO (2015) définit un événement lié à la santé des poissons comme une « éclosion de maladie, soupçonnée ou déclarée, dans une installation d'aquaculture, qui nécessite l'intervention d'un vétérinaire et tout mesures d'atténuation pour réduire l'incidence et le risque associé à l'événement. » Lorsqu'un événement lié à la santé des poissons se produit, le titulaire de permis doit en aviser le Ministère dans les sept jours suivant le début des mesures d'atténuation, prendre des mesures immédiates pour gérer l'événement, prendre des mesures de suivi pour évaluer l'événement et l'efficacité des mesures d'atténuation prises et présenter les mesures de traitement thérapeutique au Ministère (MPO, 2015).

La déclaration des événements liés à la santé des poissons est obligatoire depuis l'automne 2002, sauf en 2013, 2014 et durant les trois premiers trimestres de 2015, au cours desquels les mortalités devaient être déclarées par cause (Wade, 2017). Au cours de cette période, les entreprises déclaraient volontairement les événements liés à la santé des poissons à la BC Salmon Farmers Association (BCSFA), même si la déclaration de cette information au MPO n'était pas obligatoire. La BCSFA a déclaré les événements liés à la santé des poissons qui se sont produits dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery durant cette période afin de guider cette évaluation.

Les données sur les événements liés à la santé des poissons de 2002 à 2010 sont disponibles sur le site Web de la [BC Salmon Farmers Association](#) (BCSFA); les données de 2011 et 2012 ont été fournies par la Division de la gestion de l'aquaculture; les données de 2013 à 2015 pour les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery ont été fournies par la BCSFA, car l'industrie n'était pas tenue de les déclarer entre 2013 et le premier trimestre de 2015 (Wade, 2017); les données de 2016 à 2018 sont disponibles sur le site Web Données ouvertes (MPO, 2019b). Le téléchargement a été effectué le 6 juin 2019.

2.3.4 Épisodes de mortalité

Le document MPO (2015) définit un épisode de mortalité comme étant : « a) une mortalité de poissons équivalant à 4 000 kg ou plus, ou des pertes atteignant 2 % de l'inventaire actuel dans une installation d'aquaculture en 24 heures; ou b) une mortalité de poissons équivalant à 10 000 kg ou plus, ou des pertes atteignant 5 %, en cinq jours. » Selon les conditions de permis, tout épisode de mortalité doit être signalé au MPO au plus tard 24 heures après la découverte, avec les détails précisés dans le permis (MPO, 2015).

La déclaration des événements de mortalité était obligatoire entre 2002 et 2010, mais les renseignements et les rapports connexes ne sont pas disponibles; les données de 2011 à 2018 sont disponibles sur le site Web Données ouvertes (MPO, 2019a). Le téléchargement a été effectué le 29 mai 2019.

2.4 EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

2.4.1 Délivrance de permis et biosécurité

Le MPO est le principal responsable de la réglementation et de la gestion de l'aquaculture en Colombie-Britannique depuis décembre 2010, aux termes du *Règlement du Pacifique sur*

l'aquaculture (RPA) pris en vertu de la *Loi sur les pêches*. Il est donc responsable de la délivrance des permis d'aquaculture pour les poissons de mer, les mollusques et crustacés et les poissons d'eau douce en Colombie-Britannique.

Chaque ferme d'élevage en Colombie-Britannique doit détenir un permis d'aquaculture de poissons à nageoires en vertu du RPA, qui comprend l'exigence d'un plan de gestion de la santé des salmonidés (PGSS) et des procédures opérationnelles normalisées (PON) exclusives correspondantes (MPO, 2015). Le PGSS décrit les concepts sanitaires et les éléments requis associés à un permis d'aquaculture de poissons à nageoires, tandis que les PON connexes décrivent en détail les procédures à suivre pour aborder les différents concepts du PGSS, y compris la surveillance de la santé et des maladies des poissons (MPO, 2015; Wade, 2017).

Le PGSS comprend des exigences liées à « l'exclusion des agents pathogènes » (article 2.5 du PGSS), notamment la nécessité de prendre des précautions particulières pour éviter le stress indu du poisson et la transmission des agents pathogènes, et exige également un permis du Comité des introductions et des transferts avant tout transfert de poisson (MPO, 2015).

2.4.2 Comité des introductions et des transferts

C'est le MPO qui accorde les 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 évalue les effets sur la santé, la génétique et l'écologie que pourrait avoir le transfert de poissons vers 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 tous les déplacements de saumon entre des installations d'aquaculture agréées (DFO, 2018).

En ce qui concerne l'industrie aquacole, le comité évalue la santé des poissons à transférer, ce qui comprend les maladies et les agents causaux préoccupants à l'échelle régionale, nationale ou internationale énumérés à l'annexe III¹ du permis d'aquaculture de poissons marins délivré en vertu de la *Loi sur les pêches*, en plus de toute autre maladie ou indication de mauvais état de santé déterminée par les spécialistes de la santé des poissons qui siègent au Comité des introductions et des transferts, notamment l'ulcération cutanée provenant de diverses étiologies, y compris l'ulcère d'hiver.

Pour chaque demande de transfert liée à l'aquaculture de poissons marins, les rapports sur la santé du poisson 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 maladie sont observés ou s'il y a d'autres préoccupations, le comité peut demander des éclaircissements, d'autres diagnostics ou des renseignements supplémentaires au demandeur, exiger des mesures d'atténuation pour répondre aux préoccupations ou recommander que le permis de transfert ne soit pas délivré. Dans le cas de l'ulcère d'hiver, le Comité des introductions et des transferts peut recommander que la ferme en question traite la maladie à l'installation d'origine ou de

¹ En 2018, les maladies préoccupantes à l'échelle régionale, nationale ou internationale énumérées dans le permis d'aquaculture de poissons marins 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* (MVO) et le virus de l'*Oncorhynchus masou*; la maladie du tournis et *Myxobolus cerebralis*; la vibriose en eau froide et *Vibrio salmonicida*; et tout agent de réplification filtrable susceptible de causer des effets cytopathologiques dans les cultures cellulaires du poisson indiquées par le ministre ou qui est un facteur de causalité de maladies cliniques identifiables chez le poisson.

destination, fasse l'objet d'une surveillance et d'une déclaration renforcées ou recommander que le transfert soit reporté jusqu'à ce que l'infection se résolve.

2.5 PRATIQUES DE L'INDUSTRIE

À la fin de 2019, les entreprises qui élèvent du saumon atlantique sur des sites marins dans la région des îles Discovery sont Cermaq Canada, Grieg Seafood et Mowi Canada West (anciennement Marine Harvest Canada).

2.5.1 Pratiques de gestion de la santé du poisson

Wade (2017) a passé en revue toutes les pratiques communes de gestion de la santé dans les fermes de saumon atlantique de la Colombie-Britannique. Une brève description des pratiques les plus pertinentes pour notre évaluation du risque est présentée dans cette section.

Comme il est indiqué dans la section 2.4.1, le PGSS exige des procédures pour la collecte, la catégorisation, la consignation, l'entreposage et l'élimination des carcasses de poisson (MPO, 2015). Plus précisément, des procédures doivent être en place concernant l'enlèvement régulier des carcasses en vue de les entreposer dans des conteneurs prévus à cet effet; la déclaration de la mortalité, par catégorie, au MPO; l'entreposage des carcasses dans un endroit sûr jusqu'à leur transfert vers des installations terrestres en vue d'empêcher des fuites du contenu dans les eaux réceptrices; le transfert sécuritaire des carcasses entreposées vers des installations terrestres; des méthodes de désinfection des contenants d'entreposage, de l'équipement et des autres installations ou navires utilisés pour la manipulation (MPO, 2015). Le PGSS exige également une procédure opérationnelle normalisée (PON) pour les éclosions de maladies du poisson ou les situations d'urgence, une éclosion étant définie comme un « épisode inattendu de mortalité ou de maladie » (MPO, 2015).

À part d'indiquer si une PON est requise, le MPO ne prescrit pas comment les éléments du PGSS devraient être réalisés. Il revient donc à l'entreprise d'aborder les concepts à la satisfaction de l'ichtyopathologiste du MPO (Wade, 2017) et les procédures peuvent varier d'une entreprise à l'autre. Par conséquent, on suppose que, pour les entreprises qui ont un permis d'aquaculture de poissons à nageoires valide, les PON présentées sont conformes aux conditions du permis et approuvées par l'ichtyopathologiste du MPO (Wade, 2017).

Des protocoles sont en place concernant la manipulation et l'entreposage des poissons morts; l'étiquetage, le nettoyage, la désinfection et l'entreposage des engins utilisés pour manipuler les poissons morts; la restriction des visiteurs, qui doivent obtenir une autorisation avant d'arriver sur le site; le contrôle des visiteurs sur place au moyen de panneaux, de bains de pieds et de vêtements de protection propres au site; les procédures de lavage des filets, le fait de ne pas partager l'équipement lorsque c'est possible, le nettoyage et la désinfection de l'équipement après utilisation et l'entreposage à sec dans un endroit approprié; le nettoyage, la désinfection et le transfert entre site de tout gros équipement submergé; les mesures de biosécurité pour contrôler le déplacement des navires (Wade, 2017).

La conformité aux éléments ci-dessus est déterminée dans le cadre du PVSSP. En moyenne, moins d'un manquement a été relevé par vérification dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique entre 2011 et 2017 (Wade, 2017; Mimeault *et al.*, 2019). La plupart des manquements signalés au cours de cette période étaient liés aux protocoles et dossiers relatifs au pou du poisson, à l'amélioration nécessaire du protocole de récupération des carcasses ou de la tenue de dossiers, à l'amélioration nécessaire de la signalisation d'amarrage et aux dossiers de transfert qui n'étaient pas complets.

2.5.2 Surveillance et analyses

Chaque site de production marine empoissonné est surveillé quotidiennement par du personnel formé sur place pour la surveillance syndromique au cours de laquelle les poissons morts sont retirés et classés. Le personnel est tenu d'aviser le vétérinaire de l'entreprise s'il y a des préoccupations. De plus, toutes les entreprises procèdent régulièrement à des vérifications de santé de routine au cours desquelles on examine les cas de mortalité récents en vue de déceler des signes de maladie ou de condition anormale et on prélève des échantillons pour dépister des agents pathogènes, au besoin, en fonction de la surveillance syndromique, de l'historique du site, des conditions environnementales et du jugement professionnel du vétérinaire et de l'équipe chargée de la santé du poisson.

Les diagnostics d'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery sont principalement fondés sur des signes cliniques; les tests de dépistage de *M. viscosa* ne font pas partie des examens de routine pratiqués par l'industrie.

2.5.3 Pratiques d'empoissonnement dans la région des îles Discovery

Dans la région des îles Discovery, les saumoneaux ne sont pas transférés directement des écloséries en eau douce aux sites marins en raison du risque d'infection par *Kudoa* sp., un parasite des poissons marins (Wade, 2017), sauf à l'île Raza, où *Kudoa* sp. n'a pas été un problème (D. New, Cermaq Canada, comm. pers., 2018).

3 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ

L'évaluation de la probabilité permet de déterminer la probabilité globale, une année donnée, qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par *M. viscosa* en raison des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery. On mène chaque étape de l'évaluation de la probabilité en supposant que les pratiques de gestion actuelles des fermes d'élevage de saumon atlantique sont suivies et qu'elles seront maintenues.

3.1 ÉVALUATION DE L'INFECTION À LA FERME

3.1.1 Question

Quelle est la probabilité que des saumons atlantiques d'élevage infectés par *M. viscosa* soient présents dans une ou plusieurs fermes de la région des îles Discovery une année donnée?

3.1.2 Facteurs à prendre en considération

Les facteurs à prendre en considération sont la preuve de la présence de *M. viscosa* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, ainsi que les pratiques de l'industrie visant à prévenir et à contrôler l'ulcère d'hiver.

3.1.2.1 *Moritella viscosa* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery

Les détections de *M. viscosa* et les diagnostics d'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery ont été compilés à partir des sources énumérées à la section 2.3.

Bien que la détection de *M. viscosa* chez un poisson n'équivaille pas nécessairement à la maladie clinique chez ce poisson ou au niveau de la population, elle peut indiquer la présence d'une infection à *M. viscosa* dans la ferme d'élevage de saumon atlantique en question.

3.1.2.1.1 Industrie

Entre 2011 et 2018, *M. viscosa* a été détectée par PCR dans deux fermes différentes (Tableau 7). Il est à noter que les tests de dépistage de *M. viscosa* ne font pas partie des examens de routine pratiqués par l'industrie.

3.1.2.1.2 Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons

Conformément au PVSSP, « l'ulcère d'hiver est diagnostiqué dans une population de saumon atlantique d'élevage lorsqu'un site subit un traitement pour la maladie, ou encore s'il y a un cas de mortalité au niveau de la population attribuable à la maladie, que les poissons présentent des lésions (ulcères) durant la saison caractéristique (hiver) et à l'emplacement type (triangle formé par les nageoires dorsale, anale et pelvienne) et que l'une des situations suivantes se produit : a) culture positive de *M. viscosa* à partir de la marge d'un ulcère cutané ou d'un rein; b) PCR positive pour *M. viscosa* à partir d'un ulcère cutané caractéristique ou de façon systémique; c) bâtonnets intra-lésionnels visualisés en histopathologie à partir d'une lésion caractéristique » [voir Wade et Weber (2020)].

Il convient de noter que le PVSSP n'incluait pas le dépistage de *M. viscosa* avant 2012 (H. Manchester, Pêches et Océans Canada, comm. pers., 2019).

Entre 2012 et 2018, dans la région des îles Discovery (Tableau 7) :

- *Moritella viscosa* ou *Moritella* sp. ont été isolées par culture chez un petit nombre de poissons (entre cinq et dix) durant cinq vérifications menées dans quatre fermes d'élevage différentes, quatre années différentes;
- la dermatite ulcéreuse a été diagnostiquée par histologie lors de deux vérifications lorsque *M. viscosa* a été isolée dans une ferme d'élevage, deux années différentes;
- l'ulcère d'hiver a été diagnostiqué au niveau de la ferme dans une seule ferme d'élevage, une seule année.

3.1.2.1.3 Événements liés à la santé des poissons

Aucun événement lié à la santé des poissons n'a été attribué à l'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery entre 2002 et 2011. Un événement lié à la santé des poissons attribué à l'ulcère d'hiver a été déclaré dans une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery entre 2012 et 2018 (Tableau 7).

3.1.2.1.4 Épisodes de mortalité

Aucun épisode de mortalité attribuable à l'ulcère d'hiver ou à une autre maladie infectieuse n'a été signalé dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery entre 2011 et 2018 (MPO, 2019b).

3.1.2.1.5 Sommaire

Le Tableau 7 présente toutes les preuves de détection de *M. viscosa* et de diagnostic d'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, par année, à compter de 2012, lorsque le dépistage de la présence de *M. viscosa* a débuté dans le cadre du PVSSP.

Entre 2012 et 2018, *M. viscosa* a été détectée par PCR, isolée par culture, identifiée par histologie ou diagnostiquée au niveau de la ferme six des sept années.

Tableau 7. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery ayant des preuves de la détection de *Moritella viscosa* ou du diagnostic d'ulcère d'hiver, résumé par année. Les données comprennent les résultats des observations faites par le personnel chargé de la santé des poissons dans l'industrie et des tests de diagnostic (2012-2018), les résultats du Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP) [2012-2018], les événements liés à la santé des poissons (ESP) [2012-2018] et les épisodes de mortalité (2012-2018) signalés par l'industrie à Pêches et Océans Canada (MPO). Les résultats histologiques incluent les diagnostics de dermatite ulcéreuse lorsque *M. viscosa* a été isolée par culture. Les mois pour lesquels il existe des preuves de la présence de *M. viscosa* ou d'ulcère d'hiver sont ombrés et en caractères gras pour plus de clarté.

Année	Fermes actives	Données de l'industrie	Données du PVSSP			Déclaration au MPO par l'industrie	
		Nombre de fermes où <i>M. viscosa</i> a été identifiée par réaction en chaîne de la polymérase (PCR)	Nombre de fermes où <i>M. viscosa</i> ou <i>Moritella sp.</i> ont été isolées par culture/nombre total de fermes vérifiées	Nombre de fermes où la dermatite ulcéreuse a été identifiée par histologie/nombre total de fermes vérifiées	Nombre de fermes où un diagnostic d'ulcère d'hiver a été posé au niveau de la ferme	Nombre de fermes où des événements liés à la santé des poissons ont été attribués à l'ulcère d'hiver	Nombre de fermes où des épisodes de mortalité ont été attribués à l'ulcère d'hiver
2012	13	Aucun test	0/12	0/12	0/12	1	0
2013	8	Aucun test	0/7	0/7	0/7	0	0
2014	10	Aucun test	1/8	1/8	1/8	0	0
2015	10	Aucun test	1/9	1/9	0/9	0	0
2016	11	2	0/11	0/11	0/11	0	0
2017	12	1	2/9	0/9	0/9	0	0
2018	10	0	1/3	0/3	0/3	0	0

3.1.2.2 Mesures de prévention et de contrôle

En plus des pratiques de l'industrie décrites à la section 2.5, les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery mettent en œuvre la vaccination contre *M. viscosa* et le traitement des cas cliniques d'ulcère d'hiver.

3.1.2.2.1 Vaccination

Bien qu'elle ne soit pas exigée pour obtenir un permis, la vaccination contre *M. viscosa* est récemment devenue une pratique courante de l'industrie en Colombie-Britannique. Depuis octobre 2018, l'entreprise Mowi Canada West vaccine, à l'aide de « ALPHA JECT® 5-3 », tous ses poissons (30-50 g) contre *M. viscosa* avant leur entrée dans l'eau de mer en Colombie-Britannique (B. Boyce, Mowi Canada West, comm. pers., 2019). L'entreprise Grieg Seafood suit également des protocoles de vaccination semblables contre *M. viscosa* (T. Hewison et P. Whittaker, Grieg Seafood, comm. pers., 2019). L'entreprise Cermaq Canada vaccine aussi ses saumons atlantiques d'élevage contre *M. viscosa* lorsqu'elle prévoit qu'ils passeront deux hivers dans les parcs en filet marins (K. Frisch, Cermaq Canada, comm. pers., 2019).

Jusqu'à présent, il n'y a pas de données publiées sur l'efficacité de la vaccination du saumon atlantique contre *M. viscosa* en Colombie-Britannique.

3.1.2.2.2 Traitement

L'industrie traite les cas cliniques d'ulcère d'hiver à l'aide d'antibiotiques appropriés. Le traitement est habituellement appliqué au niveau de la ferme pendant une éclosion d'ulcère d'hiver et considéré comme efficace pour réduire les nouveaux cas de la maladie et les mortalités connexes (B. Boyce, Mowi Canada West, comm. pers., 2019).

3.1.3 Hypothèses

- La détection de *M. viscosa* est la preuve d'une infection véritable.
- Les détections de *Moritella* sp. lors de vérifications sont équivalentes à la détection de *M. viscosa*.
- Tous les diagnostics d'ulcère d'hiver (et de dermatite ulcéreuse lorsque *M. viscosa* a été isolée par culture) sont dus à une infection par *M. viscosa*.

3.1.4 Probabilité d'infection à la ferme

Le Tableau 8 présente les principaux facteurs contributifs et limitatifs associés à la probabilité d'une infection à *M. viscosa* dans une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Ces facteurs ont été utilisés pour déterminer le classement de la probabilité et de l'incertitude en fonction des définitions données dans les Tableau 2, Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 8. Facteurs contributifs et limitatifs associés à la probabilité de la présence de saumons atlantiques d'élevage infectés par *Moritella viscosa* dans au moins une ferme de la région des îles Discovery, une année donnée, selon les pratiques de gestion actuelles des fermes.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> Entre 2012 et 2018, au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique a déclaré la présence de <i>M. viscosa</i> ou de l'ulcère d'hiver six années sur sept. 	<ul style="list-style-type: none"> Le Plan de gestion de la santé des salmonidés comprend des exigences visant à réduire au minimum le stress pendant le transfert, la manipulation et la récolte (MPO, 2015). Des mesures de prévention (c.-à-d. la vaccination) propres à l'ulcère d'hiver sont en place.

On a conclu qu'une année donnée, il est **très probable** que des saumons atlantiques d'élevage infectés par *M. viscosa* soient présents dans au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery compte tenu des pratiques actuelles des fermes, puisque *M. viscosa* était présente dans au moins une ferme six années sur sept (2012-2018). Cette conclusion a été tirée avec une **certitude raisonnable** étant donné que les preuves d'infection sont fondées sur les résultats du PVSSP et les rapports d'événements liés à la santé des poissons (données abondantes et solides) et que les données présentent une faible variabilité intrinsèque.

3.2 ÉVALUATION DE LA DISSÉMINATION

3.2.1 Question

En supposant que des saumons atlantiques infectés par *M. viscosa* soient présents, quelle est la probabilité que *M. viscosa* soit disséminée dans un environnement accessible au saumon rouge du fleuve Fraser à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique située dans la région des îles Discovery?

3.2.2 Facteurs à prendre en considération

Deux voies ont été prises en compte dans l'évaluation de la dissémination : 1) les saumons atlantiques d'élevage infectés et 2) les vecteurs mécaniques et les vecteurs passifs. Cette dernière voie comprend les organismes vivants (p. ex. poux du saumon, méduses) et les objets inanimés (p. ex. filet contaminé) qui peuvent abriter, transmettre et rejeter la bactérie des fermes dans la colonne d'eau environnante.

Les facteurs à prendre en considération sont la méthode d'élevage du saumon atlantique dans la région des îles Discovery, la transmission et l'excrétion de *M. viscosa* par les poissons infectés et les pratiques de gestion de la santé du poisson (voir la section 2.5.1).

3.2.2.1 Méthode d'élevage du saumon atlantique

Le saumon atlantique élevé sur des sites marins dans la région des îles Discovery se trouve dans des parcs en filet. L'eau circule librement dans les parcs et il n'y a aucun obstacle aux échanges d'agents pathogènes entre les parcs en filet et l'environnement (Johansen *et al.*, 2011).

3.2.2.2 Transmission et excrétion de *Moritella viscosa*

Il existe peu d'études sur la transmission de *M. viscosa* (Lunder *et al.*, 1995; MacKinnon *et al.*, 2020). Bien que sa transmission horizontale n'ait pas été démontrée (Wade et Weber, 2020), la bactérie a été isolée à partir d'ulcères cutanés (Lunder *et al.*, 1995; MacKinnon *et al.*, 2020). Il n'existe aucune donnée sur le moment et le taux d'excrétion de *M. viscosa* pendant l'infection.

3.2.3 Hypothèses

- Des saumons atlantiques infectés par *M. viscosa* sont présents dans au moins une ferme.
- Les mesures générales de biosécurité et de bioconfinement mises en œuvre par l'industrie sont efficaces contre *M. viscosa*.

3.2.4 Probabilité de dissémination

Le Tableau 9 présente les principaux facteurs contributifs et limitatifs associés à la probabilité de dissémination de *M. viscosa* par une ferme d'élevage de saumon atlantique infecté dans la région des îles Discovery. Ces facteurs ont été utilisés pour déterminer le classement de la probabilité et de l'incertitude en fonction des définitions données dans les Tableau 2, Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 9. Facteurs contributifs et limitatifs associés à la probabilité de dissémination de *Moritella viscosa* dans un environnement accessible au saumon rouge du fleuve Fraser à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée dans la région des îles Discovery compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
Saumons atlantiques d'élevage infectés	
<ul style="list-style-type: none">• Dans la région des îles Discovery, le saumon atlantique est élevé dans des parcs en filet, ce qui permet aux agents pathogènes, y compris <i>M. viscosa</i>, de se disséminer dans le milieu environnant à partir des fermes.	<ul style="list-style-type: none">• Retrait des poissons moribonds et morts des cages/fermes touchées.• Des mesures de contrôle (p. ex. traitement) propres à l'ulcère d'hiver sont en place.
Vecteurs mécaniques et vecteurs passifs	
<ul style="list-style-type: none">• Les mécanismes d'adhérence des souches norvégiennes de <i>M. viscosa</i> ont été démontrés en laboratoire.• Les animaux sauvages, les engins et l'équipement peuvent agir comme vecteurs mécaniques/vecteurs passifs.	<ul style="list-style-type: none">• Des protocoles de biosécurité et de bioconfinement sont en place pour réduire au minimum les agents pathogènes chez les vecteurs mécaniques et les vecteurs passifs infectés.• Le Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP) a déterminé que le niveau des manquements opérationnels (susceptibles d'avoir une incidence sur la santé des poissons) était faible dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

3.2.4.1 Dissémination par les saumons atlantiques d'élevage infectés

Malgré les preuves limitées d'excrétion et de transmission horizontale (c.-à-d. propagation de poisson à poisson) de *M. viscosa* dans des conditions expérimentales, on a conclu que la dissémination de *M. viscosa* dans un environnement accessible au saumon rouge du fleuve Fraser par des saumons atlantique d'élevage infectés dans la région des îles Discovery est **extrêmement probable** compte tenu des pratiques d'élevage actuelles, d'après les connaissances générales sur les maladies infectieuses et l'isolement de la bactérie à partir de lésions cutanées. Cette conclusion s'assortit d'une **certitude raisonnable** fondée sur des données probantes tirées d'études expérimentales.

3.2.4.2 Dissémination par des vecteurs et des vecteurs passifs

On a conclu que la dissémination de *M. viscosa* dans un environnement accessible aux populations de poissons sauvages par des vecteurs ou des vecteurs passifs à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique située dans la région des îles Discovery est **improbable** compte tenu des pratiques d'élevage actuelles, étant donné que des mesures efficaces de biosécurité et de bioconfinement sont en place et que les niveaux de manquements opérationnels susceptibles d'avoir une incidence sur la santé des poissons dans les fermes d'élevage de saumon atlantique sont faibles. Cette conclusion s'assortit d'une **certitude raisonnable** étant donné que des pratiques pertinentes de biosécurité et de bioconfinement font partie du PGSS et, par conséquent, des exigences relatives aux permis.

3.2.4.3 Probabilité globale de dissémination

On a déterminé la probabilité globale de dissémination en adoptant les voies de dissémination les plus probables. Il est ainsi **extrêmement probable** que la bactérie *M. viscosa* soit disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée.

3.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

3.3.1 Question

En supposant que *M. viscosa* a été disséminée à partir d'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 à *M. viscosa* une année donnée?

3.3.2 Facteurs à prendre en considération

L'évaluation de l'exposition consiste à déterminer la concordance spatiale et temporelle de l'agent pathogène disséminé et de l'espèce vulnérable (Taranger *et al.*, 2015).

Les facteurs à prendre en considération sont le moment de la migration du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery, le moment de la présence de *M. viscosa* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique, la présence simultanée de *M. viscosa* et du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery, la taille et le volume relatifs des fermes d'élevage de saumon atlantique, la survie de *M. viscosa* dans le milieu marin ainsi que les conditions océanographiques et environnementales.

3.3.2.1 Période où le saumon rouge du fleuve Fraser est présent dans la région des îles Discovery

3.3.2.1.1 Juvéniles en dévalaison

Les saumons rouges du fleuve Fraser juvéniles de type lacustre se trouvent dans la région des îles Discovery pendant leur migration chaque année de la mi-mai à la mi-juillet, avec un pic migratoire en juin (Neville *et al.*, 2016; Freshwater *et al.*, 2019) [revu par Grant *et al.* (2018)]. On ne connaît pas le nombre total de juvéniles qui dévalent le fleuve Fraser (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 dénombrés à une barrière de dénombrement située à la sortie du lac. Entre 1953 et 2007, les estimations annuelles variaient entre 1,6 et 77 millions, avec une moyenne de 20 millions (Grant *et al.*, 2018).

À ce jour, on ne connaît pas bien la répartition exacte du saumon rouge dans la région des îles Discovery.

3.3.2.1.2 Adultes en montaison

Le saumon rouge revient dans le fleuve Fraser par la route du nord (détroit de Johnstone) ou la route du sud (détroit de Juan de Fuca) [revu par Grant *et al.* (2018)]. Entre 1980 et 2014, le nombre total de saumons rouges du fleuve Fraser adultes en montaison a varié de 2 à 28 millions, avec une moyenne annuelle de 9,6 millions (Grant *et al.*, 2018).

3.3.2.2 Période où *Moritella viscosa* est présente dans les fermes d'élevage de saumon atlantique.

Entre 2012 et 2018, *M. viscosa* a été détectée par PCR ou isolée par culture dans au moins une ferme d'élevage au cours des mois de décembre, janvier et février. La dermatite ulcéreuse et l'isolement de *M. viscosa* ont été identifiés par histologie au mois de janvier. L'ulcère d'hiver a été diagnostiqué au niveau de la ferme au mois de janvier. Et l'ulcère d'hiver a été attribué à un événement lié à la santé des poissons une fois en janvier.

Dans l'ensemble, entre 2012 et 2018, *M. viscosa* ou l'ulcère d'hiver ont été signalés dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery au cours des mois de décembre, janvier et février (Tableau 10).

3.3.2.3 Présence simultanée du saumon rouge du fleuve Fraser et de *Moritella viscosa*

Le Tableau 10 récapitule les preuves de la présence de saumons rouges du fleuve Fraser ainsi que de *M. viscosa* et de l'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, par mois. Le saumon rouge du fleuve Fraser (juvéniles et adultes) est normalement présent dans la région des îles Discovery entre mai et octobre, tandis que *M. viscosa* a été signalée dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery pendant les mois de décembre, janvier et février entre 2012 et 2018. Sur la base de ces sept années de données (de 2012 à 2018), il n'y a donc aucune preuve de présence simultanée du saumon rouge du fleuve Fraser et de *M. viscosa* dans la région des îles Discovery.

Tableau 10. Récapitulatif du chevauchement entre la période où le saumon rouge du fleuve Fraser est présent dans la région des îles Discovery et la période où la présence de la bactérie *Moritella viscosa*, de la dermatite ulcéreuse ou de l'ulcère d'hiver a été démontrée dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de cette région. Les données comprennent les résultats des observations faites par le personnel chargé de la santé des poissons dans l'industrie et des tests de diagnostic (2012-2018), les résultats du Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP) [2012-2018], les événements liés à la santé des poissons (ESP) [2012-2018] et les épisodes de mortalité (2012-2018) signalés par l'industrie au MPO. Les résultats histologiques incluent les diagnostics de dermatite ulcéreuse lorsque *M. viscosa* a été isolée par culture. Le « X » indique des preuves de la présence de saumons rouges du fleuve Fraser un mois donné. Les mois pour lesquels il existe des preuves de la présence de *M. viscosa* ou d'ulcère d'hiver sont ombrés et en caractères gras pour plus de clarté.

Présence du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Juvéniles de type lacustre					X	X	X					
Adultes en montaison						X	X	X	X	X		
Présence démontrée de <i>M. viscosa</i> dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de fermes avec détection positive de <i>M. viscosa</i> (industrie)	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nombre de fermes avec isolement par culture de <i>M. viscosa</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre de fermes où la dermatite ulcéreuse a été identifiée par histologie	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Présence démontrée de l'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Nombre de fermes où un diagnostic d'ulcère d'hiver a été posé au niveau de la ferme	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre de fermes où des événements liés à la santé des poissons ont été attribués à l'ulcère d'hiver	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre de fermes où des épisodes de mortalité ont été attribués à l'ulcère d'hiver	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3.2.4 Taille et volume relatifs des fermes d'élevage de saumon atlantique

La probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser croise des fermes d'élevage de saumon atlantique durant sa migration devrait tenir compte de la taille et du volume relatifs des fermes dans la région et dans les chenaux.

La superficie (0,007 %) et le volume (0,0008 %) des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery sont extrêmement petits par rapport à l'ensemble de la région (Mimeault *et al.*, 2017). Toutefois, compte tenu du fait que dans cette région, la largeur des chenaux varie entre 850 et 3 200 mètres (Mimeault *et al.*, 2017), une ferme de 100 m de longueur sur 100 m de largeur sur 20 m de profondeur s'étendrait sur environ 3 à 12 % de la largeur du chenal (Figure 5) dans les 20 mètres supérieurs.

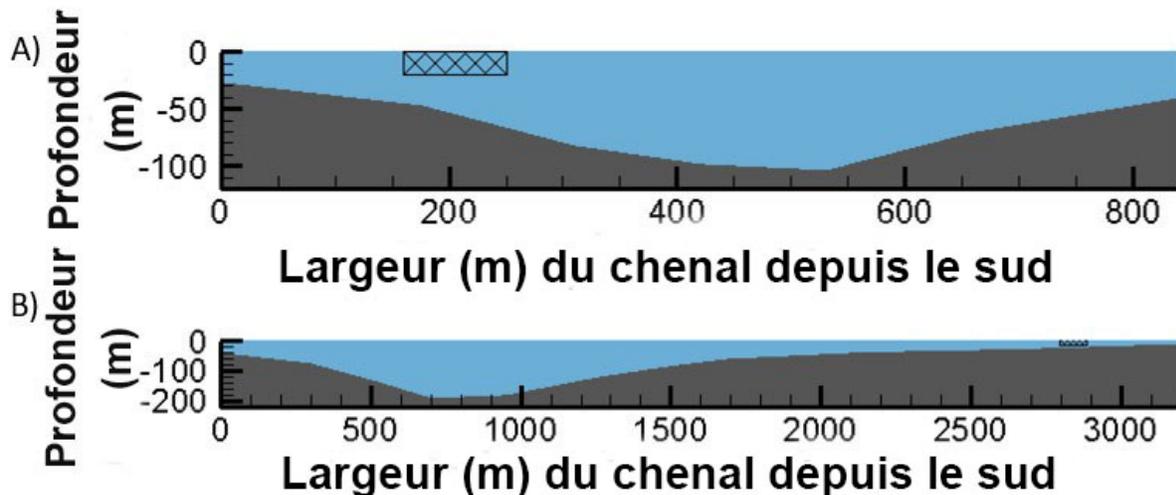


Figure 5. Sections transversales des chenaux aux fermes d'élevage (A) Brent et (B) Shaw situées respectivement dans le chenal le plus étroit et le plus large où des fermes d'élevage de saumon atlantique sont situées dans la région des îles Discovery. Les boîtes hachurées illustrent la projection inter-canaux 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).

3.3.2.5 Survie de *Moritella viscosa* en milieu marin

Wade et Weber (2020) ont examiné l'état des connaissances sur la survie de *M. viscosa* à l'extérieur de l'hôte, qui se limite à deux études utilisant un milieu artificiel complété par du NaCl (Benediktsdóttir et Heidarsdóttir, 2007; Tunsjø *et al.*, 2007). Les deux études ont abouti à des conclusions semblables, selon lesquelles les souches norvégiennes de *M. viscosa* sont privilégiées à basse température (4 °C comparativement à 10 ou 15 °C). Selon Tunsjø *et al.* (2007), la stabilité médiocre de *M. viscosa* à 15 °C peut expliquer pourquoi les infections ne sont pas observées à des températures plus élevées. Benediktsdóttir et Heidarsdóttir (2007) ont conclu que l'instabilité de la bactérie à des températures supérieures à 10 °C pourrait contribuer à son incapacité d'infecter les poissons à des températures plus élevées. Tunsjø *et al.* (2007) ont également montré que le rendement cellulaire était le plus élevé lorsque la culture était réalisée à des salinités semblables à celles de l'eau de mer (3 à 4 %, ce qui équivaut à 30 à 40 ppm).

Selon les renseignements examinés dans Wade et Weber (2020), à ce jour, aucune étude n'a été menée pour déterminer le taux de survie ou de décomposition de *M. viscosa* isolée chez les poissons malades en Colombie-Britannique.

3.3.2.6 Conditions océanographiques et environnementales

Les températures de l'eau dans la région des îles Discovery varient à la fois de façon saisonnière et régionale, les températures enregistrées variant entre 3 et 24 °C (Chandler *et al.*, 2017). Entre 2005 et 2015, la température mensuelle de l'eau dans les 15 premiers mètres aux emplacements des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery variait de $7,6 \pm 2,3$ °C à $11,5 \pm 3,3$ °C (moyenne \pm écart-type) (Chandler *et al.*, 2017).

Les distributions mensuelles de la température (°C) enregistrées dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery sur une période de cinq ans (2014-2018) sont présentées sur la Figure 6.

Tous les cas de *M. viscosa* et d'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery se sont produits pendant les mois d'hiver (de décembre à février), lorsque la température médiane de l'eau dans les fermes variait entre 7,9 et 8,7 °C (Figure 6).

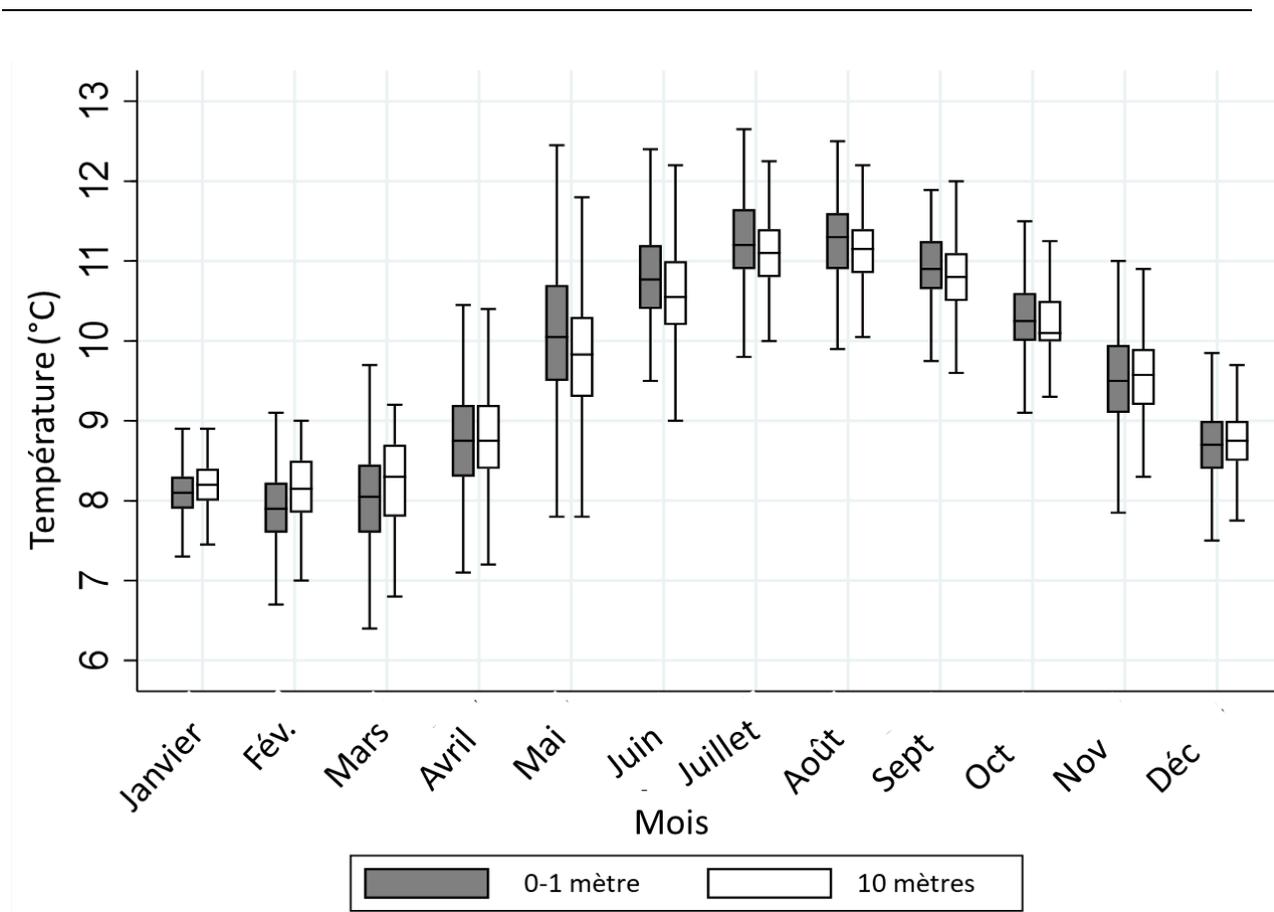


Figure 6. Distribution des températures (°C) enregistrées dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery des profondeurs de <1 et 10 mètres, entre 2014 et 2018 (cinq ans). Chaque case représente l'intervalle interquartile (IQR = Q3 - Q1), y compris la ligne médiane. Les moustaches indiquent les valeurs supérieures (Q3 + [1,5 × IQR]) et inférieures (Q1 - [1,5 × IQR]) adjacentes. Les valeurs aberrantes, définies comme des valeurs/observations en dehors de la plage entre les valeurs adjacentes supérieures et inférieures, ne sont pas indiquées pour des raisons de clarté de la visualisation. Source des données : BC Salmon Farmers Association, 2019.

3.3.3 Hypothèses

- *Moritella viscosa* a été disséminée à partir d'au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée dans la région des îles Discovery.
- L'excrétion par les poissons d'élevage infectés est limitée au(x) mois où il existe des preuves de l'infection ou de la maladie dans les fermes.
- On suppose que la répartition et les déplacements du saumon rouge sont aléatoires dans tous les chenaux de la région des îles Discovery chaque mois pendant sa migration.
- Le saumon rouge sauvage et le saumon rouge d'écloserie 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 contributifs et limitatifs associés à la probabilité que des saumons rouges du fleuve Fraser soient exposés à *M. viscosa* en raison des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Ces facteurs ont été utilisés

pour déterminer le classement de la probabilité et de l'incertitude en fonction des définitions données dans les Tableau 2, Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 11. Facteurs contributifs et limitatifs associés à la probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé à *Moritella viscosa* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique infectée dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Le saumon rouge du fleuve Fraser traverse chaque année la région des îles Discovery pendant sa migration. • <i>Moritella viscosa</i> peut survivre dans l'eau salée dans des conditions de laboratoire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il n'y a pas de chevauchement temporel entre la période de migration du saumon rouge du fleuve Fraser (de mai à octobre) et la présence démontrée de <i>M. viscosa</i> dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, qui est limitée aux mois d'hiver (de décembre à février). • 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 représentent une superficie et un volume extrêmement petits de la région des îles Discovery et occupent de 3 à 12 % de la largeur des chenaux, ce qui limite la probabilité que des saumons rouges du fleuve Fraser croisent une ferme (infectée ou non) dans cette région.

On a conclu qu'il est **extrêmement improbable** qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser (juvénile ou adulte) soit exposé en milieu aqueux à *M. viscosa* en raison des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques d'élevage actuelles, étant donné l'absence de chevauchement temporel entre la migration du saumon rouge du fleuve Fraser et la présence démontrée de *M. viscosa* dans les fermes de cette région. Cette conclusion s'assortit d'une **certitude raisonnable**, compte tenu des données solides disponibles sur les moments de la migration du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery et des données sur les occurrences de *M. viscosa* et de l'ulcère d'hiver dans les fermes.

3.4 ÉVALUATION DE L'INFECTION

3.4.1 Vulnérabilité du saumon rouge

L'Organisation mondiale de la santé animale (OIE) considère qu'une espèce d'animaux aquatiques est vulnérable à l'infection par un agent pathogène lorsque la présence d'un agent pathogène multiplicateur ou en développement a été démontrée par l'occurrence de cas en milieu naturel ou par une exposition expérimentale qui imite les voies de transmission en milieu naturel (OIE, 2019).

À la fin de 2019, l'ulcère d'hiver n'avait pas été diagnostiqué chez le saumon du Pacifique d'élevage en Colombie-Britannique (MPO, 2019a, b, c) et aucune information n'a pu être trouvée décrivant l'isolement bactérien de *M. viscosa* ou l'ulcère d'hiver chez les espèces de saumon du Pacifique (Wade et Weber, 2020). *M. viscosa* a été décelée chez deux des 2 006 saumons rouges juvéniles échantillonnés sur leur route de dévalaison au printemps et à l'été en 2012 et 2013, par PCR quantitative à haut débit en microfluidique (Nekouei *et al.*, 2018). Aucune maladie n'a été signalée chez ces poissons (O. Nekouei, Pêches et Océans Canada, comm. pers., 2019). Comme la présence d'agents infectieux a été évaluée à l'aide d'échantillons combinés de plusieurs tissus d'ADN/ADNc, dont des tissus des branchies (Nekouei *et al.*, 2018), une contamination externe ne peut être exclue.

La vulnérabilité du saumon rouge à l'infection à *M. viscosa* est donc inconnue.

3.4.2 Probabilité d'infection

Étant donné que l'infection dépend de l'exposition, aucune évaluation de l'infection n'a été effectuée, car il est extrêmement improbable que le saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé à *M. viscosa* en raison des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Sans exposition, il n'y a pas de risque d'infection (ce qui correspond à la définition d'une probabilité extrêmement improbable, c.-à-d. qu'il y a peu ou pas de risque qu'une infection se produise; voir le Tableau 2).

La conclusion de l'évaluation du risque en raison du manque d'exposition au danger est une pratique acceptée dans ce domaine. Par exemple, l'OIE recommande de conclure les analyses des risques liés à l'importation pour les animaux et les produits d'origine animale si la probabilité d'exposition est jugée négligeable (OIE, 2010).

3.5 ÉVALUATION GLOBALE DE LA PROBABILITÉ

Les probabilités estimées ont été combinées conformément aux règles de combinaison décrites dans la section sur la méthodologie (2.2.5.4). On a déterminé la probabilité combinée de l'évaluation de la dissémination en adoptant le classement le plus élevé de la probabilité entre les voies de dissémination. On a déterminé la probabilité combinée pour chaque groupe exposé en adoptant le classement le plus bas parmi les évaluations de l'infection à la ferme, de la dissémination et de l'exposition, car l'évaluation de l'infection n'a pas été effectuée.

Le Tableau 12 résume l'évaluation de la probabilité. Dans l'ensemble, on a conclu qu'il est **extrêmement improbable** qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser, juvénile ou adulte, soit infecté par la bactérie *M. viscosa* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Cette conclusion découle de la probabilité d'exposition, qui a été jugée extrêmement improbable (avec une certitude raisonnable) compte tenu de l'absence de chevauchement temporel entre la présence du saumon rouge du fleuve Fraser et les cas d'infection à *M. viscosa* ou d'ulcère d'hiver dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

Tableau 12. Sommaire des classements de probabilité et d'incertitude pour l'évaluation de la probabilité dans le cadre de l'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de *Moritella viscosa* à partir des fermes de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Les incertitudes ne sont pas combinées.

Étape		Classement	
Évaluation de l'infection à la ferme	Probabilité (incertitude)	Très probable (certitude raisonnable)	
Évaluation de la dissémination	Voies de dissémination	Saumon atlantique d'élevage	Vecteurs mécaniques et vecteurs passifs
	Probabilité (incertitude)	Extrêmement probable (certitude raisonnable)	Improbable (certitude raisonnable)
	Probabilité combinée	Extrêmement probable	
Évaluation de l'exposition	Groupes d'exposition	Saumon rouge du fleuve Fraser (juvéniles et adultes)	
	Probabilité (incertitude)	Extrêmement improbable (certitude raisonnable)	
Évaluation de l'infection	Probabilité (incertitude)	Non effectuée	
Probabilité globale pour chaque groupe d'exposition (combinaison des quatre étapes)		Extrêmement improbable	

4 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES

L'évaluation des conséquences vise à déterminer l'ampleur potentielle des impacts de l'infection à *M. viscosa* en raison des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

L'évaluation de la probabilité a permis de déterminer qu'il est extrêmement improbable qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté par *M. viscosa* disséminée par des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery en raison de l'absence de chevauchement temporel entre la présence du saumon rouge du fleuve Fraser et les cas d'infection à *M. viscosa* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de cette région. Il n'y a donc aucune conséquence sur l'abondance (réduction de 0 % du nombre de saumons rouges du fleuve Fraser en montaison, ce qui correspond à la définition des conséquences négligeables sur l'abondance dans le Tableau 3) et la diversité (aucune perte de saumon rouge du fleuve Fraser, ce qui correspond à la définition des conséquences négligeables sur la diversité dans le Tableau 4) du saumon rouge du fleuve Fraser attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.

5 ESTIMATION DU RISQUE

Dans d'autres évaluations du risque lié au transfert d'agents pathogènes dans la région des îles Discovery (Mimeault *et al.*, 2017; Mimeault *et al.*, 2019), le risque posé pour le saumon rouge du fleuve Fraser par des agents pathogènes en provenance des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery a été estimé à l'aide de matrices de risque combinant

les résultats de l'évaluation de la probabilité et les résultats de l'évaluation des conséquences sur l'abondance (Figure 3) et la diversité (Figure 4).

Toutefois, compte tenu de l'absence de chevauchement temporel entre la présence du saumon rouge du fleuve Fraser et les cas d'infection à *M. viscosa* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, on a conclu que le saumon rouge du fleuve Fraser ne serait pas exposé. En conséquence, on n'a pas effectué l'évaluation de l'infection, car il serait extrêmement improbable que le saumon rouge du fleuve Fraser soit infecté. De même, on n'a pas effectué l'évaluation des conséquences, car sans infection, il n'y aurait pas de conséquences. Ainsi, l'estimation du risque a été classée au niveau le plus bas prédéterminé, qui est le niveau minime dans ce cas. Cette approche est conforme à l'étape de décision de l'estimation du risque dans le cadre des évaluations du risque lié à l'importation (OIE, 2010).

5.1 ABONDANCE

Dans l'ensemble, la conclusion est que compte tenu des pratiques d'élevage actuelles, le risque posé pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser par une infection à *M. viscosa* attribuable à des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery est **minime**.

5.2 DIVERSITÉ

Dans l'ensemble, la conclusion est que compte tenu des pratiques d'élevage actuelles, le risque posé pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser par une infection à *M. viscosa* attribuable à des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery est **minime**.

6 SOURCES D'INCERTITUDE

Dans l'ensemble, l'incertitude comprend à la fois la variabilité, qui est une fonction du système non réductible par d'autres mesures, et le manque de connaissances, qui peut être réduit par l'obtention de données supplémentaires ou d'avis d'experts (Vose, 2008).

Les incertitudes liées à cette évaluation du risque sont peu nombreuses et se limitent à ce qui suit : (i) la variabilité des voies de migration précises du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery et les lacunes dans les connaissances à ce sujet; (ii) les lacunes dans les connaissances au sujet de la transmission horizontale et des taux d'excrétion du saumon atlantique infecté par *M. viscosa*; (iii) les lacunes dans les connaissances sur la vulnérabilité du saumon rouge à l'infection par *M. viscosa*; (iv) la virulence de *M. viscosa* chez le saumon rouge.

Les estimations du risque dans cette évaluation ne sont toutefois pas sensibles à ces incertitudes étant donné l'absence de chevauchement temporel entre les cas d'infection à *M. viscosa* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique et la présence du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery.

7 CONCLUSIONS

L'évaluation a permis de conclure que la bactérie *M. viscosa* en provenance 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 d'élevage actuelles.

La conclusion de risque minime a été principalement influencée par l'exposition extrêmement improbable du saumon rouge du fleuve Fraser à *M. viscosa* en provenance des fermes

d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery en raison de l'absence de chevauchement temporel. Toutefois, si des éclosions d'ulcère d'hiver devaient être signalées entre mai et octobre dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, il conviendrait de recommencer la présente évaluation du risque.

8 RÉFÉRENCES CITÉES

- Benediktsdóttir, E. and Heidarsdóttir, K. J. 2007. Growth and lysis of the fish pathogen *Moritella viscosa*. Lett. Appl. Microbiol. 45(2): 115-120.
- Benediktsdóttir, E., Helgason, S. and Sigurjonsdóttir, H. 1998. *Vibrio* spp. isolated from salmonids with shallow skin lesions and reared at low temperature. J. Fish Dis. 21(1): 19-28.
- Benediktsdóttir, E., Verdonck, L., Sproer, C., Helgason, S. and Swings, J. 2000. Characterization of *Vibrio viscosus* and *Vibrio wodanis* isolated at different geographical locations: a proposal for reclassification of *Vibrio viscosus* as *Moritella viscosa* comb. nov. Int. J. Syst. Evol. Micr. 50: 479-488.
- Björnsdóttir, B., Gudmundsdóttir, S., Bambir, S. H., Magnadóttir, B. and Gudmundsdóttir, B. K. 2004. Experimental infection of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), by *Moritella viscosa*, vaccination effort and vaccine-induced side-effects. J. Fish Dis. 27: 645-655.
- Björnsson, H., Marteinson, V., Friethjonsson, O. H., Linke, D. and Benediktsdóttir, E. 2011. Isolation and characterization of an antigen from the fish pathogen *Moritella viscosa*. J. Appl. Microbiol. 111(1): 17-25.
- 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. 2012. 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.
- 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. vi + 57 p.
- DFO. 2018. [Licences for introductions and transfers. Licensing requirements specific to BC](#). Aquaculture Management Division.
- FAO. 2008. Understanding and applying risk analysis in aquaculture. In FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 519. Rome, Italy. 304 p.
- Foreman, M. G. G., Chandler, P. C., Stucchi, D. J., Garver, K. A., Guo, M., Morrison, J. and Tuele, D. 2015. [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.
- Freshwater, C., Trudel, M., Beacham, T. D., Gauthier, S., Johnson, S. C., Neville, C. E. and Juanes, F. 2019. Individual variation, population-specific behaviours and stochastic processes shape marine migration phenologies. J. Anim. Ecol. 88(1): 67-78.

-
- 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.
- 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.
- Grove, S., Reitan, L. J., Lunder, T. and Colquhoun, D. 2008. Real-time PCR detection of *Moritella viscosa*, the likely causal agent of winter-ulcer in Atlantic salmon *Salmo salar* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Dis. Aquat. Org.* 82(2): 105-109.
- ISO. 2009. Risk management - Risk assessment techniques. *In International Standard*. IEC/FDIS 31010. 90 p.
- Jansson, E. and Vennerström, P. 2014. Infectious diseases of coldwater fish in marine and brackish waters. Wallingford, Oxon, UK. CABI. 1-63 p.
- 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.
- Karlsen, C., Hjerde, E., Klemetsen, T. and Willassen, N. P. 2017a. Pan genome and CRISPR analyses of the bacterial fish pathogen *Moritella viscosa*. *BMC Genomics* 18(1): 1-13.
- Karlsen, C., Thorarinnsson, R., Wallace, C., Saloni, K. and Midtlyng, P. J. 2017b. Atlantic salmon winter-ulcer disease: Combining mortality and skin ulcer development as clinical efficacy criteria against *Moritella viscosa* infection. *Aquaculture* 473: 538-544.
- Karlsen, C., Vanberg, C., Mikkelsen, H. and Sorum, H. 2014. Co-infection of Atlantic salmon (*Salmo salar*), by *Moritella viscosa* and *Aliivibrio wodanis*, development of disease and host colonization. *Vet. Microbiol.* 171(1-2): 112-121.
- Kim, H. J., Park, S., Lee, J. M., Park, S., Jung, W., Kang, J. S., Joo, H. M., Seo, K. W. and Kang, S. H. 2008. *Moritella dasanensis* sp. nov., a psychrophilic bacterium isolated from the Arctic ocean. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 58(Pt 4): 817-820.
- Løvoll, M., Wiik-Nielsen, C. R., Tunsjo, H. S., Colquhoun, D., Lunder, T., Sorum, H. and Grove, S. 2009. Atlantic salmon bath challenged with *Moritella viscosa*--pathogen invasion and host response. *Fish Shellfish Immunol.* 26(6): 877-884.
- Lunder, T., Evensen, O., Holstad, G. and Hastein, T. 1995. 'Winter ulcer' in the Atlantic salmon *Salmo salar*. Pathological and bacteriological investigations and transmission experiments. *Dis. Aquat. Org.* 23: 39-49.
-

-
- MacKinnon, B., Groman, D., Fast, M., Manning, A., Jones, P., MacKinnon, A. and St-Hilaire, S. 2020. Transmission experiment in Atlantic salmon (*Salmo salar*) with an Atlantic Canadian isolate of *Moritella viscosa*. *Aquaculture* 516: 1-21.
- 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.
- 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.
- 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.
- MPO. 2015. [Permis d'aquaculture de poissons marins en vertu de la Loi sur les pêches](#). Division de la gestion de l'aquaculture.
- MPO. 2019a. [Épisodes de mortalité dans des sites de piscicultures marine de la Colombie-Britannique 2011 et en cours](#).
- MPO. 2019b. [Événements liés à la santé du poisson signalés sur des sites de pisciculture marine de la Colombie-Britannique 2016 et en cours](#).
- MPO. 2019c. [Résultats des vérifications de la santé du poisson effectuées par le MPO pour chaque installation des sites d'aquaculture de poissons marins de la C.-B. 2011 et en cours](#).
- 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: 1-16.
- Neville, C. M., Johnson, S. C., Beacham, T. D., Whitehouse, T., Tadey, J. and Trudel, M. 2016. Initial estimates from an integrated study examining the residence period and migration timing of juvenile sockeye salmon from the Fraser River through coastal waters of British Columbia. *NPAFC Bull.* 6: 45-60.
- 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.
- OIE. 2019. [Criteria for listing species as susceptible to infection with a specific pathogen. Aquatic Animal Health Code](#). p. 1-4.
- 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.
- 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. 2015. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES J. Mar. Sci.* 72(3): 997-1021.

-
- Tunnsjø, H. S., Paulsen, S. M., Berg, K., Sorum, H. and L'Abée-Lund, T. M. 2009. The winter ulcer bacterium *Moritella viscosa* demonstrates adhesion and cytotoxicity in a fish cell model. *Microb. Pathog.* 47(3): 134-142.
- Tunnsjø, H. S., Paulsen, S. M., Mikkelsen, H., L'Abée-Lund, T. M., Skjerve, E. and Sorum, H. 2007. Adaptive response to environmental changes in the fish pathogen *Moritella viscosa*. *Res. Microbiol.* 158(3): 244-250.
- Tunnsjø, H. S., Wiik-Nielsen, C. R., Grove, S., Skjerve, E., Sorum, H. and L'Abée-Lund, T. M. 2011. Putative virulence genes in *Moritella viscosa*: activity during in vitro inoculation and in vivo infection. *Microb. Pathog.* 50(6): 286-292.
- Urakawa, H., Kita-Tsukamoto, K. and Ohwada, K. 1999. Restriction fragment length polymorphism analysis of psychrophilic and psychrotrophic *Vibrio* and *Photobacterium* from the north-western Pacific Ocean and Otsuchi Bay, Japan. *Canadian Journal of Microbiology* 45: 67-76.
- Urakawa, H., Kita-Tsukamoto, K., Steven, S. E., Ohwada, K. and Colwell, R. R. 1998. A proposal to transfer *Vibrio marinus* (Russell 1891) to a new genus *Moritella* gen. nov. as *Moritella marina* comb. nov. *FEMS Microbiology Letters* 165(2): 373-378.
- 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.
- Wade, J. et Weber, L. 2020. [Caractérisation de la bactérie *Moritella viscosa* et de l'ulcère d'hiver pour informer les évaluations des risques de transfert d'agents pathogènes en Colombie-Britannique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2020/060. vi + 27 p.