



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences des écosystèmes
et des océans

Ecosystems and
Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)

Document de recherche 2019/023

Région de la capitale nationale

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

C. Mimeault¹, J. Wade², F. Boily¹, S. Johnson³, S.R.M. Jones³, P. Aubry⁴, M.G.G. Foreman⁵,
K.A. Garver³, C. Holt³, 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

²Fundy Aqua Services Inc.
1859, Delanice Way
Nanoose Bay (Colombie-Britannique) V9P 9B3

³Pêches et Océans Canada
Station biologique du Pacifique
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

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

⁵Pêches et Océans Canada
Institut des sciences marines
9860, chemin West Saanich
Sidney (Colombie-Britannique) V8L 5T5

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](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., Wade, J., Boily, F., Johnson, S., Jones, S.R.M., Aubry, P., Foreman, M.G.G., Garver, K.A., Holt, C., Burgetz, I.J. et Parsons, G.J. 2020. Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *Yersinia ruckeri* 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. 2019/023. viii + 49 p.

Also available in English :

Mimeault, C., Wade, J., Boily, F., Johnson, S., Jones, S.R.M., Aubry, P., Foreman, M.G.G., Garver, K.A., Holt, C., Burgetz, I.J. and Parsons, G.J. 2020. Assessment of the risk to Fraser River Sockeye Salmon due to Yersinia ruckeri transfer from Atlantic Salmon farms in the Discovery Islands area, British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/023. viii + 44 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vi
GLOSSAIRE.....	vii
RÉSUMÉ.....	viii
1 INTRODUCTION.....	1
2 CONTEXTE.....	1
2.1 OBJECTIFS DE GESTION ET DE PROTECTION.....	2
2.2 DÉFINITION DU PROBLÈME.....	2
2.2.1 Détermination du danger.....	2
2.2.2 Caractérisation du danger.....	2
2.2.3 Portée.....	2
2.2.4 Question sur le risque.....	4
2.2.5 Méthodologie.....	4
3 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ.....	10
3.1 ÉVALUATION DE L'INFECTION À LA FERME.....	10
3.1.1 Questions.....	10
3.1.2 Considérations.....	10
3.1.3 Hypothèses.....	18
3.1.4 Probabilité d'infection à une ferme.....	18
3.2 ÉVALUATION DE LA DISSÉMINATION.....	19
3.2.1 Question.....	19
3.2.2 Considérations.....	19
3.2.3 Hypothèses.....	20
3.2.4 Probabilité de dissémination.....	20
3.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION.....	22
3.3.1 Question.....	22
3.3.2 Considérations.....	22
3.3.3 Hypothèses.....	27
3.3.4 Probabilité d'exposition.....	27
3.4 ÉVALUATION DE L'INFECTION.....	29
3.4.1 Question.....	29
3.4.2 Considérations.....	29
3.4.3 Hypothèses.....	31
3.4.4 Probabilité d'infection.....	31
3.5 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ GLOBALE.....	33
4 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES.....	34
4.1 QUESTION.....	34
4.2 CONSIDÉRATIONS.....	34

4.2.1	Dynamique de l'infection par <i>Yersinia ruckeri</i>	34
4.2.2	Estimation de la proportion potentiellement exposée à des fermes contaminées.....	35
4.2.3	Estimations de l'exposition sur deux générations.....	36
4.3	HYPOTHÈSES.....	36
4.4	AMPLEUR DES CONSÉQUENCES.....	36
5	ESTIMATION DU RISQUE.....	37
5.1	ABONDANCE.....	37
5.2	DIVERSITÉ.....	38
6	SOURCES D'INCERTITUDE.....	38
7	CONCLUSIONS.....	39
8	RÉFÉRENCES CITÉES.....	39
9	ANNEXES.....	43
9.1	ANNEXE A : PROGRAMME DE VÉRIFICATION ET DE SURVEILLANCE DE LA SANTÉ DES POISSONS.....	43
9.2	ANNEXE B : SURVEILLANCE ET DÉPISTAGE PAR L'INDUSTRIE.....	45
9.3	ANNEXE C : ESTIMATION DE LA PROPORTION DE LA POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSÉE.....	45
9.3.1	Juveniles.....	46
9.3.2	Adultes.....	47
9.4	ANNEXE D : EXPOSITION SUR DEUX GÉNÉRATIONS.....	48
9.4.1	Juveniles.....	48
9.4.2	Adultes.....	49

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Liste des 18 fermes d'élevage de saumon atlantique actives incluses dans l'évaluation du risque.	4
Tableau 2. Catégories et définitions utilisées pour décrire la probabilité d'un événement sur une période d'un an.	5
Tableau 3. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser.....	6
Tableau 4. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.	6
Tableau 5. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé aux données et aux renseignements.	7
Tableau 6. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé à la gestion de la santé des poissons.	8
Tableau 7. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery présentant des preuves d'infection par <i>Yersinia ruckeri</i> ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge, résumé par année.....	17
Tableau 8. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que des saumons atlantiques d'élevage contaminés par <i>Yersinia ruckeri</i> soient présents dans une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery selon les pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons.	18
Tableau 9. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que <i>Yersinia ruckeri</i> se dissémine à partir de fermes d'élevage contenant des saumons atlantiques contaminés ou malades dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.....	21
Tableau 10. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de <i>Yersinia ruckeri</i> ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge, résumé par mois.	26
Tableau 11. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de <i>Yersinia ruckeri</i> ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge, résumé par année et par mois.....	27
Tableau 12. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que des saumons rouges du fleuve Fraser soient exposés à la bactérie <i>Yersinia ruckeri</i> disséminée à partir de fermes renfermant des saumons atlantiques contaminés ou malades dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.	28
Tableau 13. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que des saumons rouges du fleuve Fraser soient contaminés par la bactérie <i>Yersinia ruckeri</i> disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons.	32
Tableau 14. Sommaire des cotes de probabilité et d'incertitude pour l'évaluation de la probabilité dans le cadre de l'évaluation du risque que pose <i>Yersinia ruckeri</i>	33
Tableau 15. Estimation du risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de la bactérie <i>Yersinia ruckeri</i> provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles.	38

Tableau 16. Estimation du risque pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de <i>Yersinia ruckeri</i> provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles.	38
Tableau 17. Résumé des fermes d'élevage de saumon atlantique actives, du nombre de vérifications effectuées et de diagnostics de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme, dans les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery (zone de surveillance de la santé des poissons 3-2 et trois fermes à proximité dans la zone de surveillance de la santé des poissons 3-3), entre 2002 et 2016.	43
Tableau 18. Résultats du programme vérifications de la santé des poissons (PVSSP) effectuées par la province (2002-2010) et le Pêches et Océans Canada (MPO) [2011-2016] dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery où <i>Yersinia ruckeri</i> ou la maladie bactérienne de la bouche rouge ont été détectées.....	44
Tableau 19. Résumé des résultats du dépistage par l'industrie de <i>Yersinia ruckeri</i> par culture bactériologique entre 2011 et 2017 dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.	45
Tableau 20. Estimation de la proportion de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser de type lacustre qui auraient pu être exposés à une ferme d'élevage de saumon atlantique contaminée par <i>Yersinia ruckeri</i> lors de leur migration à travers la région des îles Discovery entre 2002 et 2017.....	47
Tableau 21. Probabilité d'exposition des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser à la bactérie <i>Yersinia ruckeri</i> attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery pendant au moins quatre années consécutives sur une période représentant deux générations (huit ans).....	49

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Emplacements des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (zone 3-2 et trois fermes d'élevage dans la zone 3-3) incluses dans la présente évaluation du risque.....	3
Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de la bactérie <i>Yersinia ruckeri</i> attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique.	5
Figure 3. Matrice des risques pour combiner les résultats de l'évaluation de la probabilité et des conséquences pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser.....	9
Figure 4. Matrice des risques pour combiner les résultats de l'évaluation de la probabilité et des conséquences pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.....	9
Figure 5. Résultats potentiels de l'infection d'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser par la bactérie <i>Yersinia ruckeri</i> disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.....	37
Figure 6. Distribution de probabilité cumulative complémentaire de l'exposition potentielle des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser à des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par <i>Yersinia ruckeri</i> dans la région des îles Discovery sur une période de huit ans.	49

GLOSSAIRE

Aigu : Caractérisé par une progression courte et relativement grave.

Chronique : Maladie persistante ou de longue durée.

Clinique : Apparence externe d'une maladie dans un organisme vivant.

Écllosion : Apparition inattendue d'une maladie ou de mortalité.

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

Espèce vulnérable : Espèce chez laquelle la présence d'une infection a été démontrée par la survenue de cas spontanés ou par une exposition expérimentale à un agent pathogène simulant la voie naturelle d'infection.

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

Infection : Croissance de microorganismes pathogènes dans l'organisme, avec ou sans altération de fonction corporelle.

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

Mortalités fraîches : Poissons morts récemment.

Porteur : Animal contaminé qui excrète des organismes pathogènes, mais ne présente aucun signe de maladie.

Pression d'infection : Concentration des agents pathogènes infectieux dans l'environnement des hôtes vulnérables.

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

Subléta : Insuffisant pour causer la mort.

Unité épidémiologique : Groupe d'animaux partageant approximativement le même risque d'exposition à un agent pathogène dans un lieu défini.

Unité formant des colonies (UFC) : Unité utilisée pour estimer le nombre de cellules bactériennes viables dans un échantillon, où la viabilité est évaluée comme la capacité à se multiplier sur un milieu de croissance artificiel (p. ex. une plaque de gélose).

Vecteur : Organisme vivant qui peut transmettre une maladie, directement de l'animal ou indirectement par les excréments de l'animal, à un autre animal (p. ex. personnel, faune).

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

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 du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser (*Oncorhynchus nerka*) en raison du transfert d'agents pathogènes du saumon atlantique (*Salmo salar*) dans les fermes de la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique.

Le présent document constitue l'évaluation des risques que pose pour le saumon rouge du fleuve Fraser la bactérie *Yersinia ruckeri* présente dans les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique, selon les pratiques d'élevage actuelles. L'évaluation s'est déroulée en trois étapes principales : premièrement, une évaluation probabilistique en quatre étapes consécutives (infection à la ferme, dissémination d'agents pathogènes, exposition du saumon rouge du fleuve Fraser et infection du saumon rouge du fleuve Fraser); deuxièmement, une évaluation des conséquences; et troisièmement, une estimation des risques.

La bactérie *Y. ruckeri* est l'agent responsable de la maladie bactérienne de la bouche rouge et est endémique en Colombie-Britannique, au Canada, où elle a été détectée à la fois chez le saumon sauvage et le saumon d'élevage. Selon les preuves de l'infection et de la présence de la maladie qui ont été déclarées dans les fermes d'élevage de saumon atlantique entre 2002 et 2017, il est très improbable, avec un degré de certitude raisonnable, que les saumons atlantiques élevés dans la région des îles Discovery soient contaminés par *Y. ruckeri* au cours d'une année compte tenu des pratiques d'élevage actuelles. Bien que les taux d'excrétion chez le saumon atlantique contaminé par *Y. ruckeri* n'aient pas été quantifiés, il est extrêmement probable, avec une certitude élevée, que la bactérie sera disséminée dans l'environnement marin à partir de saumons atlantiques contaminés, étant donné les pratiques d'élevage dans les parcs en filet. Compte tenu du chevauchement temporel limité des infections par *Y. ruckeri* dans les fermes d'élevage et de la migration des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser dans la zone des îles Discovery, il est très improbable, avec une certitude raisonnable, qu'au moins un juvénile soit exposé au cours d'une année donnée. L'exposition des adultes est extrêmement improbable étant donné l'absence de chevauchement temporel entre leur période de migration et les infections dans les fermes d'élevage. Dans l'hypothèse d'une exposition, il est extrêmement improbable, avec une certitude raisonnable, que des saumons rouges du fleuve Fraser soient contaminés par la bactérie *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique étant donné que l'on considère que ces fermes représentent une pression d'infection négligeable. Dans l'ensemble, la conclusion a été qu'il est extrêmement improbable que des saumons rouges du fleuve Fraser soient contaminés par la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery selon les pratiques actuelles.

L'ampleur potentielle des conséquences sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser a été déterminée comme étant négligeable, avec une certitude élevée. Cette conclusion est assortie d'une certitude élevée étant donné que la maladie bactérienne de la bouche rouge est principalement une maladie de la truite d'eau douce.

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

1 INTRODUCTION

Pêches et Océans Canada (MPO) assume le rôle réglementaire d'assurer la protection de l'environnement tout en créant les conditions pour le développement d'un secteur de l'aquaculture durable sur les plans économique, social et environnemental, qui constitue une priorité pour la ministre des Pêches, des Océans et de la Garde côtière canadienne.

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

La Division de la gestion de l'aquaculture du MPO a demandé un avis scientifique officiel sur le risque de transfert aux populations de poissons sauvages d'agents pathogènes à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Étant donné la complexité des interactions entre les agents pathogènes, les hôtes et l'environnement, le MPO publie des avis scientifiques dans le cadre d'une série d'évaluations du risque propres aux agents pathogènes.

Le présent document évalue le risque que pose pour le saumon rouge du fleuve Fraser (*Oncorhynchus nerka*) la bactérie *Yersinia ruckeri*, l'agent responsable de la maladie bactérienne de la bouche rouge, attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Cet agent pathogène a été sélectionné pour faire l'objet d'une évaluation formelle du risque de transfert parce que la maladie bactérienne de la bouche rouge a été diagnostiquée au niveau de fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery grâce au Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP).

Les risques posés aux autres populations de poissons sauvages et liés à d'autres exploitations aquacoles, agents pathogènes et régions de la Colombie-Britannique ne sont pas inclus dans la présente évaluation du risque.

2 CONTEXTE

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

Le Cadre permettra de réaliser des évaluations du risque systématiques, structurées, transparentes et exhaustives. Il est conforme aux cadres internationaux et nationaux d'évaluation des risques (GESAMP, 2008; ISO, 2009) et comprend la définition des objectifs de protection et de gestion, la définition du problème, l'évaluation du risque et la production d'avis scientifiques. Les objectifs de gestion et de protection et la définition du problème ont été élaborés en collaboration avec le Secteur des sciences des écosystèmes et des océans et le Secteur de la gestion des écosystèmes et des pêches du MPO, et approuvés par la Division de la gestion de l'aquaculture.

Le Cadre comporte aussi la communication des risques et un examen scientifique par les pairs par l'entremise du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) du MPO, composé d'experts scientifiques internes et externes. 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](#).

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

2.1 OBJECTIFS DE GESTION ET DE PROTECTION

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

2.2 DÉFINITION DU PROBLÈME

2.2.1 Détermination du danger

Dans la présente évaluation du risque, le danger est causé par la bactérie *Y. ruckeri* provenant des fermes de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.

2.2.2 Caractérisation du danger

Wade (2019) a synthétisé les caractéristiques pertinentes de *Y. ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge (par exemple, répartition de l'agent pathogène, virulence, survie dans le milieu marin, espèces sensibles, taux d'excrétion chez le saumon atlantique, doses infectieuses chez le saumon du Pacifique) et a relevé les lacunes dans les connaissances pertinentes pour la présente évaluation du risque. Même si la bactérie *Y. ruckeri* est principalement un agent pathogène d'eau douce, elle a été isolée chez certaines espèces de salmonidés dans l'eau de mer [comme il est résumé dans Wade (2019)]. L'examen comprend un sommaire de la présence de *Y. ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique. Le présent document donne d'autres détails propres aux fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.

2.2.3 Portée

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

D'autres fermes d'élevage de saumon atlantique situées le long des voies migratoires du saumon rouge du fleuve Fraser, comme celles de l'archipel Broughton, ne sont pas visées par la présente évaluation du risque.

La présente évaluation du risque porte sur les effets directs potentiels de *Y. ruckeri* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery sur l'abondance

et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser. Les effets indirects potentiels sur le saumon rouge du fleuve Fraser par l'entremise des processus écosystémiques complexes résultant de l'infection d'autres espèces sensibles de saumon du Pacifique ne sont pas pris en compte.

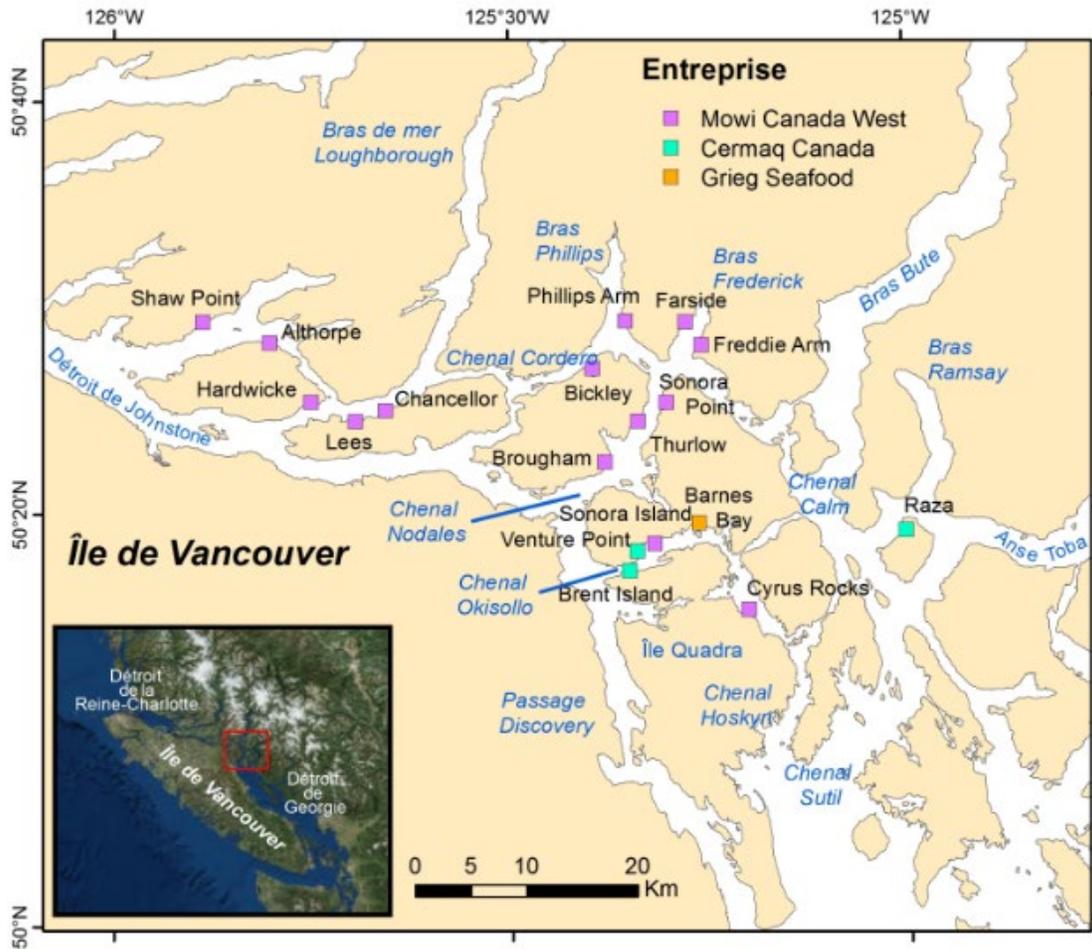


Figure 1. Emplacements des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (zone 3-2 et trois fermes d'élevage dans la zone 3-3) incluses dans la présente évaluation du risque. La taille des symboles pour les fermes piscicoles n'est pas à l'échelle. L'encart illustre l'emplacement 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 actives incluses dans l'évaluation du risque.

Entreprise	Ferme	Zone de surveillance de la santé des poissons
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 risque pose, pour l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser, le transfert de *Y. ruckeri* à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques d'élevage actuelles?

2.2.5 Méthodologie

La méthodologie est basée sur celle décrite dans Mimeault *et al.* (2017), qui a été adaptée des lignes directrices du MPO pour l'évaluation du risque biologique posé par les espèces aquatiques envahissantes au Canada (Mandrak *et al.*, 2012), sur l'analyse des risques liés à l'importation de l'Organisation mondiale de la santé animale (OIE, 2010), sur les recommandations pour les évaluations des risques en aquaculture côtière (GESAMP, 2008), et sur les directives de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture sur la compréhension et l'application de l'analyse des risques en aquaculture (FAO, 2008).

2.2.5.1 Modèle conceptuel

Le modèle conceptuel (Figure 2) est adapté de celui de Mimeault *et al.* (2017), dans lequel la probabilité qu'un événement se produise et l'ampleur des conséquences potentielles sont combinées dans une matrice des risques 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 détermine l'ampleur potentielle des effets de l'infection par *Y. ruckeri* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ

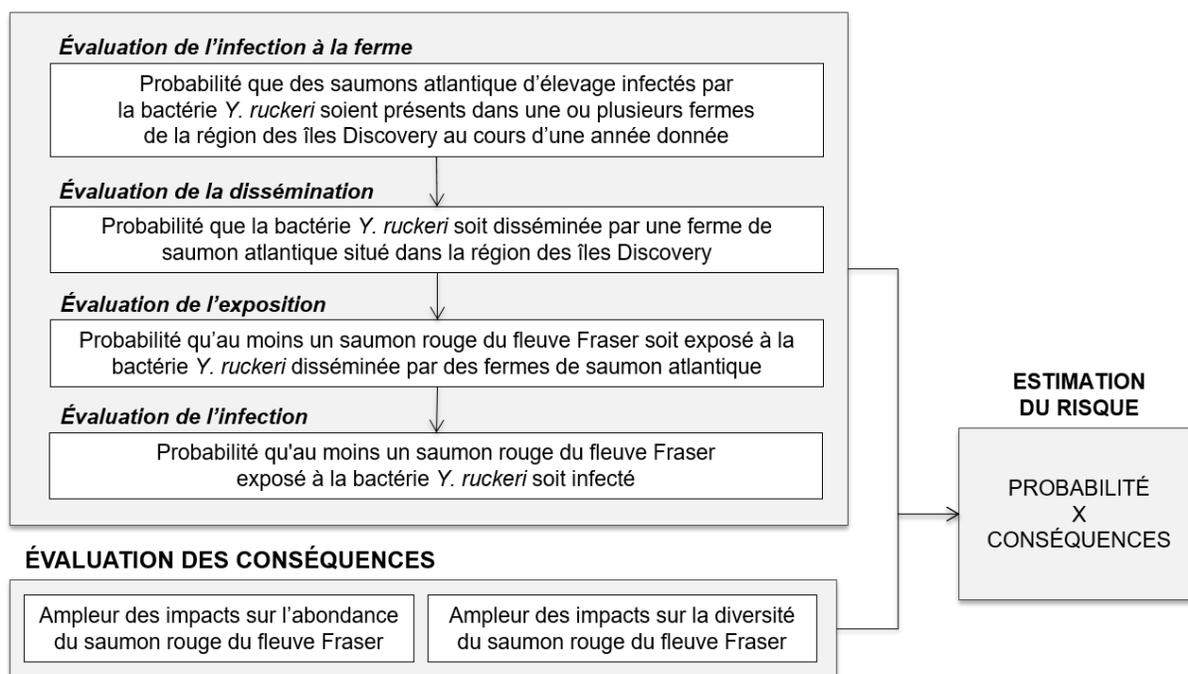


Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de la bactérie *Yersinia ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Adapté de Mimeault et al. (2017).

2.2.5.2 Terminologie

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

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

Catégories	Définitions
Extrêmement probable	On s'attend à ce que l'événement se produise; il se produira.
Très probable	Il est très probable que l'événement se produise.
Probable	Il est probable que l'événement se produise.
Improbable	Il est improbable que l'événement se produise; l'événement est peu probable, mais pourrait se produire.
Très improbable	Il est très improbable que l'événement se produise.
Extrêmement improbable	L'événement a peu ou pas de chance de se produire; insignifiant; négligeable.

Tableau 3. Catégories et définitions utilisées pour décrire les conséquences possibles sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser.

Catégories	Définitions
Négligeables	Réduction de 0 à 1 % du nombre de saumons rouges du fleuve Fraser en montaison
Mineures	Réduction de > 1 à 5 % du nombre de saumons rouges du fleuve Fraser en montaison
Modérées	Réduction de > 5 à 10 % du nombre de saumons rouges du fleuve Fraser en montaison
Majeures	Réduction de > 10 à 25 % du nombre de saumons rouges du fleuve Fraser en montaison
Graves	Réduction de > 25 à 50 % du nombre de saumons rouges du fleuve Fraser en montaison
Extrêmes	Réduction de > 50 % du nombre de saumons rouges du fleuve Fraser en montaison

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

Catégories	Définitions
Négligeables	Variation de 0 à 1 % de l'abondance sur une génération et aucune perte d'UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération.
Mineures	Réduction de > 1 à 10 % de l'abondance dans certaines UC qui n'entraînerait pas la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération.
Modérées	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 en une génération OU Réduction de > 10 à 25 % de l'abondance dans une ou de plusieurs UC qui n'entraînerait pas la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération.
Majeures	Réduction de > 25 % de l'abondance dans une ou plusieurs UC qui n'entraînerait pas la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération.
Graves	Réduction de l'abondance qui entraînerait la perte d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération.
Extrêmes	Réduction de l'abondance qui entraînerait la perte de plus d'une UC de saumon rouge du fleuve Fraser en une génération.

Tableau 5. Catégories et définitions utilisées pour décrire le niveau d'incertitude associé aux données et aux renseignements.

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

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

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

2.2.5.3 Règles de combinaison

Comme le décrivent Mimeault *et al.* (2017), la combinaison des probabilités diffère si les événements sont dépendants ou indépendants : Un événement est dépendant si son issue dépend d'un autre événement. Par exemple, l'infection ne peut se produire que si l'exposition a eu lieu; par conséquent l'infection dépend de l'exposition. Les événements sont indépendants lorsque l'issue d'un événement n'a pas d'incidence sur celle des autres événements; par exemple, un agent pathogène peut être rejeté dans l'environnement par différentes voies non reliées.

Les probabilités sont combinées selon les méthodologies acceptées dans les évaluations qualitatives du risque en adoptant la valeur la plus basse (p. ex. faible) pour les événements dépendants et la valeur la plus forte (p. ex. élevée) pour les événements indépendants (Cox, 2008; Gale *et al.*, 2010; Cudmore *et al.*, 2012). Toutefois, lorsque les événements sont indépendants mais ne s'excluent pas mutuellement, c'est-à-dire qu'ils peuvent se produire simultanément, l'adoption de la probabilité individuelle la plus élevée pourrait sous-estimer la

probabilité globale. L'incertitude est indiquée individuellement pour chaque cote, sans combinaison.

2.2.5.4 Estimation du risque

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

Probabilité	Extrêmement probable						
	Très probable						
	Probable						
	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 pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser. Les couleurs vert, jaune et rouge, respectivement, représentent un risque minime, modéré et élevé.

Probabilité	Extrêmement probable						
	Très probable						
	Probable						
	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 pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser. Les couleurs vert, jaune et rouge, respectivement, représentent un risque minime, modéré et élevé.

3 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ

L'évaluation de la probabilité consiste à déterminer la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser soit contaminé par *Y. ruckeri* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery. Chaque étape de l'évaluation de la probabilité suppose que les pratiques de gestion actuelles des fermes d'élevage de saumon atlantique sont suivies et maintenues.

3.1 ÉVALUATION DE L'INFECTION À LA FERME

3.1.1 Questions

Une année donnée, quelle est la probabilité que des saumons atlantiques d'élevage contaminés par *Y. ruckeri* soient présents dans une ou plusieurs fermes de la région des îles Discovery?

3.1.2 Considérations

Les facteurs contribuant à la détection des infections par *Y. ruckeri* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique reposent sur des exigences réglementaires et sur les pratiques de l'industrie.

3.1.2.1 Exigences réglementaires

3.1.2.1.1 Exigences relatives aux permis

Depuis décembre 2010, le MPO est le principal responsable de la réglementation et de la gestion de l'aquaculture en Colombie-Britannique en vertu du *Règlement du Pacifique sur l'aquaculture* (RPA) pris aux termes de la *Loi sur les pêches*. Le MPO est ainsi chargé de délivrer les permis d'aquaculture pour les exploitations d'élevage de mollusques et de poissons en milieu marin et en eau douce en Colombie-Britannique.

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

Le section 2.5 du PGSS comprend les exigences relatives à l'exclusion des agents pathogènes (MPO, 2015), y compris la nécessité de prendre des précautions particulières pour éviter un stress indu des poissons et la transmission d'agents pathogènes.

3.1.2.1.2 Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP).

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

Au cours d'une vérification, 30 poissons frais au maximum sont sélectionnés pour des analyses d'histopathologie, de bactériologie et de diagnostic moléculaire/virologie, mais dans la plupart

des cas, les échantillonnages portent sur huit poissons frais (Wade, 2017). Les vétérinaires du MPO fournissent des diagnostics à l'échelle de la ferme en fonction d'une combinaison des antécédents de la ferme, 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 les différents poissons (MPO, 2018c).

Dans le cadre du PVSSP, la maladie bactérienne de la bouche rouge est diagnostiquée dans une population de saumon atlantique en cas de mortalité élevée dans la population, de lésions macroscopiques et microscopiques correspondant à la maladie, et d'isolement de *Y. ruckeri* chez des poissons échantillonnés (I. Keith, MPO, comm. pers., 2018).

Wade (2019) a résumé les détections de *Y. ruckeri* fondées sur des vérifications et sur les diagnostics de la furunculose au niveau de la ferme posés entre 2002 et 2016 en Colombie-Britannique. Des détails sur les détections et les diagnostics propres aux fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery se trouvent à l'annexe A. Pour résumer :

- Il n'y a pas eu de détection de *Y. ruckeri* en 2002-2005, 2008-2010, 2012, 2013, 2015 et 2016.
- La bactérie *Y. ruckeri* a été isolée par culture chez un petit nombre de poissons (n = 1 à 4) quatre années (2006, 2007, 2011 et 2014) dans quatre fermes au total.
- Des diagnostics histologiques de la maladie bactérienne de la bouche rouge ont été signalés chez un très petit nombre de poissons (n = 2) une année (2006) dans une ferme.
- La maladie bactérienne de la bouche rouge a été diagnostiquée au niveau de la ferme une année (2011) dans une ferme.

Bien que le PVSSP du MPO ne soit pas conçu pour déterminer l'incidence ou la prévalence, les détections ci-dessus dénotent la présence de l'agent pathogène ou de la maladie chez certains poissons dans les fermes.

3.1.2.1.3 Événements liés à la santé des poissons

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

La déclaration des ESP est obligatoire depuis l'automne 2002, à l'exception de 2013, 2014 et des trois premiers trimestres de 2015, au cours desquels les mortalités devaient être déclarées par cause (Wade, 2017). À l'époque, les ESP étaient encore signalés à la BC Salmon Farmers Association, mais leur déclaration au MPO n'était pas exigée dans les conditions de permis. La BC Salmon Farmers Association et l'industrie ont fourni les ESP survenus dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery durant cette période afin de guider cette évaluation.

Aucun ESP attribué à la maladie bactérienne de la bouche rouge n'a été signalé dans les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery entre 2002 et 2017 (MPO, 2018b).

3.1.2.1.4 *Épisodes de mortalité*

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

Aucun épisode de mortalité attribué à la maladie bactérienne de la bouche rouge ou à une autre maladie infectieuse n'a été signalé dans les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery entre 2011 et 2017 (MPO, 2018a). La déclaration des épisodes de mortalité était obligatoire avant 2011, mais les détails et les rapports ne sont pas disponibles.

3.1.2.1.5 *Réglementation du déplacement des poissons vivants*

Le déplacement des animaux aquatiques vivants est réglementé par l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) et le MPO. Les mesures de contrôle des déplacements contribuent à prévenir l'introduction d'agents pathogènes dans les sites d'élevage en mer et sont donc pertinentes pour déterminer la probabilité d'une infection par *A. salmonicida* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique.

L'ACIA accorde des permis pour les déplacements d'animaux aquatiques à l'intérieur du pays afin de contenir certaines maladies à déclaration obligatoire des animaux aquatiques. La furunculose n'étant pas une maladie à déclaration obligatoire pour les poissons au Canada (CFIA, 2018), cette forme de contrôle des déplacements n'est pas considérée plus avant.

Le MPO accorde des permis d'introduction et de transfert en vertu de l'article 56 du *Règlement de pêche (dispositions générales)*. Le Comité des introductions et des transferts (CIT) évalue les effets sur la santé, ainsi que les effets génétiques et écologiques, qui pourraient découler du transfert de poissons dans la province. En ce qui concerne l'industrie aquacole, le CIT évalue la santé des poissons à transférer, ce qui comprend la présence de maladies et d'agents responsables de maladies énumérés à l'annexe III du permis d'aquaculture des poissons marins délivré en vertu de la *Loi sur les pêches* (maladies d'intérêt régional, national ou international), de pair avec toute autre préoccupation qui pourrait surgir durant l'évaluation, y compris la présence de signes cliniques de la maladie bactérienne de la bouche rouge. Pour chaque demande de transfert liée à l'aquaculture, les rapports sur la santé des poissons et les dossiers d'élevage sont examinés par le personnel de la Division de la gestion de l'aquaculture avant le transfert. Si des signes cliniques de maladies sont observés ou s'il y a d'autres préoccupations, le CIT peut soit recommander que le transfert n'ait pas lieu, soit collaborer avec le demandeur pour s'assurer que le transfert est effectué de façon sécuritaire (M. Higgins, MPO, Station biologique du Pacifique, 3190, chemin Hammond Bay, Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7, comm. pers., 2018). Un permis est requis pour chaque transfert.

Pour obtenir un permis d'aquaculture marine, les entreprises sont tenues de disposer de procédures opérationnelles normalisées pour le transfert des poissons entre les installations (MPO, 2015; Wade, 2017).

3.1.2.2 **Pratiques de l'industrie**

Trois entreprises élèvent des saumons atlantiques dans des sites marins de la région des îles Discovery : Cermaq Canada, Grieg Seafood et Mowi Canada West. Voir l'aperçu des pratiques

de gestion de la santé dans les fermes salmonicoles de la Colombie-Britannique dans Wade (2017).

3.1.2.2.1 Surveillance et analyses

Chaque site actif de production marine est surveillé quotidiennement par le personnel formé sur place pour assurer la surveillance syndromique, au cours de laquelle les poissons morts sont retirés et classés. Le personnel est tenu d'alerter le vétérinaire en cas de signes d'agents pathogènes ou de maladies en particulier (Wade, 2017). En outre, toutes les entreprises procèdent régulièrement à des contrôles sanitaires de routine, au cours desquels les animaux morts récemment sont examinés pour rechercher des signes de maladies ou de conditions anormales. Au besoin, ces animaux sont aussi échantillonnés en vue de dépister des agents pathogènes selon la surveillance syndromique, les antécédents du site, les conditions environnementales, et le jugement professionnel du vétérinaire et de l'équipe responsable de la santé du poisson. La fréquence des contrôles sanitaires de routine et de l'échantillonnage pour le dépistage des agents pathogènes varie d'une entreprise à l'autre, comme il est décrit ci-après.

En plus de la surveillance quotidienne, chaque site actif de production marine de Cermaq Canada reçoit une visite du personnel de la santé du poisson ou du vétérinaire au moins une fois toutes les deux semaines pour confirmer la classification de la mortalité sur place et pour échantillonner jusqu'à cinq poissons moribonds ou morts récemment sans cause évidente de décès (p. ex. non performants, algues, manipulation, faible teneur en oxygène, matures, malformations). En plus de l'évaluation des lésions macroscopiques de tous les principaux systèmes d'organes, on congèle tous les tissus organiques de trois de ces poissons et les tissus rénaux combinés (jusqu'à cinq poissons) en vue d'une éventuelle soumission par le vétérinaire, en fonction des tendances de la mortalité ou des observations sur place. Pendant les six premières semaines suivant le transfert dans les sites de production marine, on échantillonne six poissons morts récemment par cage, toutes les deux semaines, pour effectuer des tests bactériologiques. Enfin, au moins une fois par trimestre, on pratique un test de réaction en chaîne par polymérase (PCR) sur des tissus rénaux combinés pour détecter le virus de la nécrose hématopoïétique infectieuse (NHI), le virus de la septicémie hémorragique virale (VSHV) et *Piscirickettsia salmonis*, de même qu'un examen histologique complet sur trois poissons (B. Milligan, Cermaq Canada, 203-919, Island Highway, Campbell River (Colombie-Britannique) V9W 2C2, comm. pers., 2018).

En plus de la surveillance quotidienne, chaque site actif de production marine de Grieg Seafood reçoit une visite du personnel de la santé du poisson ou du vétérinaire au moins une fois par trimestre, qui prélève au moins cinq poissons morts récemment pour des tests bactériologiques, histologiques et des dépistages par PCR (P. Whittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, 1180, rue Ironwood, Campbell River (Colombie-Britannique) V9W 5P7, comm. pers., 2018).

En plus de la surveillance quotidienne, chaque site actif de production de Mowi Canada West reçoit une visite du personnel de la santé du poisson ou du vétérinaire au moins une fois par mois et au moins une fois par trimestre du vétérinaire. Des échantillons de mortalités fraîches ou de poissons morts récemment peuvent être prélevés pour le dépistage d'agents pathogènes selon la surveillance syndromique, les antécédents du site, les conditions environnementales, et le jugement professionnel du vétérinaire et de l'équipe responsable de la santé du poisson (D. Morrison, Mowi Canada West, 124-1334, Island Highway, Campbell River (Colombie-Britannique) V9W 8C9, comm. pers., 2018).

Le dépistage et les tests bactériologiques effectués par l'industrie ne se limitent pas à la surveillance de routine. D'autres raisons justifient les tests bactériologiques, notamment : la recherche et le développement; l'enquête sur les cas de mortalité; lorsque les cas de mortalité

récents présentent des lésions macroscopiques compatibles avec un état systémique d'étiologie inconnue; ou à la demande du vétérinaire et de l'équipe chargée de la santé des poissons. La bactériologie est effectuée en interne à l'aide de méthodes de culture pour l'isolement bactérien. L'identification des agents pathogènes se fonde sur des sous-cultures et des tests supplémentaires effectués en interne ou par un laboratoire de diagnostic externe.

3.1.2.2 Déplacements des poissons vivants

À l'exception d'une ferme d'élevage, les saumoneaux ne sont pas transférés directement de l'eau douce dans les sites marins dans la région des îles Discovery en raison du risque d'infection par *Kudoa* sp., un parasite des poissons marins (Wade, 2017). L'empoisonnement direct a lieu à Raza, où *Kudoa* sp. n'a pas été un problème (D. New, Cermaq Canada, 203-919, Island Highway, Campbell River (Colombie-Britannique) V9W 2C2, comm. pers., 2018).

En Colombie-Britannique, tout déplacement de poissons vivants dans des installations de pisciculture nécessite un permis d'introduction et de transfert en vertu de l'article 56 du *Règlement de pêche (dispositions générales)*. La décision de délivrer un permis est axée sur les recommandations du Comité des introductions et des transferts (CIT) et prend en compte les résultats des évaluations sanitaires préalables au transfert, réalisées selon les pratiques exemplaires propres à chaque entreprise :

- Six à huit semaines avant chaque transfert de poissons vivants, Cermaq Canada effectue une bactériologie (n = 30) et une PCR pour détecter le virus de la nécrose hématopoïétique infectieuse (VNHI), le virus de la septicémie hémorragique virale (VSHV) et l'orthoréovirus pisciaire (sur des groupes de cinq poissons) sur 30 poissons moribonds. Une PCR est également effectuée pour détecter le virus de la nécrose pancréatique infectieuse (VNPI), le virus de l'anémie infectieuse du saumon (VAIS), *Renibacterium salmoninarum* avant les transferts de l'eau douce dans les installations d'eau de mer, ainsi que *Piscirickettsia salmonis* avant les transferts de l'eau de mer dans les installations en eau de mer.
- Trois semaines avant les transferts de poissons vivants, Grieg Seafood effectue une nécropsie générale (n = 30), une bactériologie (n = 30) et une PCR sur 30 poissons (six groupes de cinq poissons) de la sous-population (P. Whittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, comm. pers., 2018).
- Avant tout transfert de poissons vivants, Mowi Canada West effectue des tests de bactériologie (n = 20), de virologie (quatre groupes de cinq poissons) et d'histologie (n = 5 à 10) sur 20 poissons morts récemment sélectionnés au hasard (D. Morrison, Mowi Canada West, comm. pers., 2018).

3.1.2.3 Vaccination

En Colombie-Britannique, la vaccination du saumon atlantique n'est pas une condition de permis et est donc volontaire (MPO, 2015; Wade, 2017). Ermogen® est le seul vaccin homologué au Canada pour prévenir la maladie bactérienne de la bouche rouge. Ermogen® est un vaccin bactérien de sérotype O1 administré par immersion aux poissons de 2 g ou plus. Il n'a pas été possible d'obtenir des données sur l'efficacité d'Ermogen®, car il s'agit d'une marque commerciale.

Cermaq Canada et Mowi Canada West vaccinent avec Ermogen® tous les saumons atlantiques élevés dans des écloséries alimentées en eau de surface, soit environ un tiers de la production (B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers., 2018; D. Morrison, Mowi Canada West, comm. pers., 2018). Grieg Seafood a toujours vacciné 100 % de ses saumons atlantiques contre la maladie bactérienne de la bouche rouge, et continue de le faire, et considère le vaccin comme

efficace chez les poissons d'élevage (P. Wittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, comm. pers., 2018).

3.1.2.2.4 *Traitement*

Le traitement de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les écloseries peut varier d'une entreprise aquacole à l'autre. Cermaq Canada et Grieg Seafood peuvent administrer aux poissons de l'oxytétracycline (OTC) ou du florfenicol par voie alimentaire pendant 10 jours si des signes de la maladie bactérienne de la bouche rouge sont présents chez le saumon atlantique dans une écloserie en Colombie-Britannique (B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers., 2018; P. Whittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, comm. pers., 2018). Le choix de l'antibiotique dépend de la sensibilité de l'organisme et d'autres facteurs. La durée du traitement dépend du médicament prescrit, du jugement du vétérinaire et de la taille du poisson. Les stocks contaminés peuvent également être abattus. Le traitement ou l'abattage est déterminé au cas par cas en fonction de la probabilité de propagation et de récupération (B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers., 2018). Le traitement aux antibiotiques est efficace pour réduire la mortalité liée à la maladie bactérienne de la bouche rouge.

Comme il s'agit principalement d'une maladie d'eau douce, le traitement aux antibiotiques n'est pas toujours administré sur les sites de production marine de saumon atlantique en Colombie-Britannique lorsque des signes de la maladie bactérienne de la bouche rouge sont présents. Cermaq Canada et Grieg Seafood peuvent ne pas administrer le traitement sur les sites de production marine, car les infections à la maladie bactérienne de la bouche rouge sont généralement de courte durée et se résorbent en deux à quatre semaines (B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers., 2018; P. Whittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, comm. pers., 2018). Mowi Canada West peut administrer un traitement lorsque les poissons présentent des signes de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les installations marines (D. Morrison, Mowi Canada West, comm. pers., 2018).

3.1.2.2.5 *Désinfection des œufs dans les fermes*

La désinfection des œufs après la fécondation et le durcissement des œufs est une exigence du Plan de gestion de la santé des salmonidés (MPO, 2015). La désinfection des œufs est réalisée dans l'installation du stock de géniteurs ou dans l'écloserie (MPO, 2015). Chaque entreprise décrit ses propres protocoles de désinfection des œufs dans ses procédures opérationnelles normalisées accompagnant le Plan de gestion de la santé des salmonidés. Cermaq Canada procède à une double désinfection des œufs (à la source et à l'écloserie) (B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers., 2018).

3.1.2.3 **Détections par l'industrie**

D'après les résultats des observations et des tests menés par l'industrie dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery entre 2011 et 2017, la bactérie *Y. ruckeri* a été déclarée chez au moins un poisson dans 0,5 % des visites de sites visant la détection de la bactérie. La bactérie *Y. ruckeri* a été détectée dans au moins un échantillon dans une ferme une année (2014). Voir l'annexe B pour obtenir plus de détails.

3.1.2.4 **Sommaire de la présence de la bactérie *Yersinia ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery**

Dans la présente évaluation du risque, les preuves des infections par *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge font référence aux poissons échantillonnés lors de dépistages de routine par l'industrie, de programmes réglementaires, d'événements liés à la

santé des poissons ou de tout autre test diagnostique réalisé dans les fermes avec des cultures bactériennes positives.

Le Tableau 7 résume les données relatives aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, qui apportent des preuves d'infection par *Y. ruckeri* ou de signes et de diagnostics de la maladie bactérienne de la bouche rouge, par année, entre 2002 et 2017. Les données ont été recueillies séparément des rapports réglementaires dans le cadre du PVSSP, des événements liés à la santé des poissons et des épisodes de mortalité, ainsi que des tests et des diagnostics de l'industrie. Il est donc possible qu'une infection dans la même ferme apparaisse dans plus d'une catégorie, de sorte qu'on ne peut pas se contenter d'ajouter le nombre d'exploitations entre les catégories ou les années.

On reconnaît que la présence d'un agent pathogène chez un poisson individuel n'entraîne pas toujours des signes cliniques ou la maladie dans une population.

Entre 2002 et 2017, un seul diagnostic au niveau de la ferme a été déclaré (en 2011), et aucun événement lié à la santé des poissons ou épisode de mortalité attribué à la maladie bactérienne de la bouche rouge n'a été signalé. Les données disponibles démontrent que les infections par *Y. ruckeri* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique sont rares dans la région des îles Discovery et ne provoquent pas d'augmentation de la mortalité (pas d'événement lié à la santé des poissons ni d'épisode de mortalité) dans le cadre des pratiques actuelles de gestion des fermes.

Tableau 7. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery présentant des preuves d'infection par *Yersinia ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge, résumé par année. Les données comprennent les résultats de l'industrie (2011-2017), les résultats basés sur les vérifications du Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP) [2002-2016], les événements liés à la santé des poissons (ESP) [2002-2017] et les épisodes de mortalité (2011-2017) déclarés par l'industrie à Pêches et Océans Canada (MPO). S. O. : données non disponibles; l'astérisque(*) indique un cas d'étiologie mixte dans lequel la maladie bactérienne de la bouche rouge a été diagnostiquée au niveau de la ferme et la maladie de la pourriture de la bouche a également été signalée, mais pas au niveau de la ferme. Trois semaines après la vérification, un événement lié à la santé des poissons attribué à la maladie de la pourriture de la bouche a été déclaré dans la même exploitation et les parcs ont été traités au florfenicol (MPO, 2018b). Les mois pour lesquels on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge sont ombrés et en gras.

Année	Nombre de fermes actives	Données de l'industrie	Données du PVSSP			Données déclarées par l'industrie au MPO	
		Nombre de fermes avec au moins un échantillon positif (culture, PCR) / nombre total de fermes testées	Nombre de fermes où <i>Y. ruckeri</i> a été identifiée par bactériologie / nombre total de fermes ayant fait l'objet d'une vérification	Nombre de fermes présentant un diagnostic histologique de la maladie bactérienne de la bouche rouge / nombre total de fermes ayant fait l'objet d'une vérification	Nombre de fermes dans lesquelles on a diagnostiqué la présence de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme / nombre total de fermes ayant fait l'objet d'une vérification	Nombre de fermes présentant des événements liés à la santé des poissons attribués à la maladie bactérienne de la bouche rouge	Nombre de fermes présentant des épisodes de mortalité attribués à la maladie bactérienne de la bouche rouge
2002	S. O.	S. O.	0/3	0/3	0/3	0	S. O.
2003	S. O.	S. O.	0/4	0/4	0/4	0	S. O.
2004	14	S. O.	0/9	0/9	0/9	0	S. O.
2005	15	S. O.	0/11	0/11	0/11	0	S. O.
2006	16	S. O.	1/12	1/12	0/12	0	S. O.
2007	16	S. O.	1/13	0/13	0/13	0	S. O.
2008	17	S. O.	0/15	0/15	0/15	0	S. O.
2009	18	S. O.	0/14	0/14	0/14	0	S. O.
2010	16	S. O.	0/4	0/4	0/4	0	S. O.
2011	17	0/10	1/8	0/8	1*/8	0	0
2012	13	0/6	0/12	0/12	0/12	0	0
2013	8	0/5	0/7	0/7	0/7	0	0
2014	10	1/7	1/8	0/8	0/8	0	0
2015	10	0/6	0/9	0/9	0/9	0	0
2016	11	0/11	0/11	0/11	0/11	0	0
2017	12	0/10	S. O.	S. O.	S. O.	0	0

3.1.3 Hypothèses

- La détection positive de l'agent pathogène est une preuve de l'infection;
- Il est possible de regrouper les résultats des tests diagnostiques, quelles que soient les différences entre les méthodes employées et les caractéristiques de rendement des tests, pour indiquer la présence de l'agent pathogène dans les fermes.

3.1.4 Probabilité d'infection à une ferme

Le Tableau 8. présente les principaux facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité qu'une infection par *Y. ruckeri* se produise dans une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Ces facteurs ont servi à déterminer les cotes de probabilité et d'incertitude d'après les définitions des Tableau 2, Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 8. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que des saumons atlantiques d'élevage contaminés par *Yersinia ruckeri* soient présents dans une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery selon les pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Le saumon atlantique est sensible à l'infection par <i>Y. ruckeri</i>; • Entre 2011 et 2017, l'industrie a détecté <i>Y. ruckeri</i> dans une ferme une année (2014). • Pendant les vérifications de la santé du poisson : <ul style="list-style-type: none"> ○ La bactérie <i>Y. ruckeri</i> a été détectée par culture bactériologique dans une ferme en 2006, 2007, 2011 et 2014; ○ La maladie bactérienne de la bouche rouge a été diagnostiquée par histologie dans une ferme en 2006. ○ En 2011, la maladie bactérienne de la bouche rouge a été diagnostiquée au niveau de la ferme dans une ferme. • Globalement, de 2002 à 2017, on a des preuves de la présence de <i>Y. ruckeri</i> ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge : <ul style="list-style-type: none"> ○ Au total, dans quatre fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. ○ Dans une ferme au cours de quatre années différentes (2006, 2007, 2011 et 2014). • La vaccination contre la maladie bactérienne de la bouche rouge est volontaire, n'est pas efficace à 100 % et tous les poissons ne sont pas vaccinés. 	<ul style="list-style-type: none"> • La bactérie <i>Y. ruckeri</i> est principalement un agent pathogène d'eau douce. • Les tests de dépistage de <i>Y. ruckeri</i> sont effectués avant tous les transferts de spécimens vivants dans des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. • Les saumons atlantiques provenant de fermes alimentées par des eaux de surface sont vaccinés contre la maladie bactérienne de la bouche rouge et aucun cas de la maladie n'a été signalé dans les éclosiers alimentés par des eaux souterraines. • Les poissons transférés dans la zone des îles Discovery viennent d'autres sites marins, à l'exception de Raza, et sont donc plus grands et moins sensibles au stress post-transfert. • 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).

La conclusion a été que, pendant une année donnée, il est **très improbable** que des saumons atlantiques d'élevage contaminés par *Y. ruckeri* soient présents dans une ou plusieurs fermes de la région des îles Discovery compte tenu des pratiques d'élevage actuelles, puisque l'on a des preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes au cours de quatre des 16 années (2002 à 2017). Cette conclusion est assortie d'une **certitude raisonnable**, car les données sur le dépistage et les détections dans les fermes sont abondantes et solides, proviennent de différentes sources et s'échelonnent sur seize ans.

3.2 ÉVALUATION DE LA DISSÉMINATION

3.2.1 Question

Si l'on présume que des saumons atlantiques contaminés par *Y. ruckeri* sont présents, quelle est la probabilité que *Y. ruckeri* soit disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique située dans la région des îles Discovery dans un environnement accessible aux populations de poissons sauvages?

3.2.2 Considérations

Les éléments à prendre en considération sont la méthode d'élevage du saumon atlantique, l'excrétion de *Y. ruckeri* par les poissons contaminés, et les pratiques en matière de gestion de la santé du poisson.

3.2.2.1 Méthodes d'élevage du saumon atlantique

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

3.2.2.2 Excrétion de la bactérie *Yersinia ruckeri* par les poissons contaminés

On pense que la principale source d'infection est l'excrétion, dans les fèces (Rodgers, 1992; Barnes, 2011), d'un grand nombre (non précisé) de bactéries par des poissons porteurs ou des poissons contaminés, qui sont ensuite transmises par l'eau aux poissons non contaminés (Wade, 2019). Cependant dans des conditions expérimentales, les poissons porteurs (truite arc-en-ciel [*O. mykiss*]) n'ont pas excrété suffisamment de bactéries pour provoquer une infection, sauf s'ils étaient stressés (Hunter *et al.*, 1980). Nous n'avons trouvé aucune étude permettant d'estimer les taux d'excrétion bactérienne des poissons contaminés par *Y. ruckeri* (Wade, 2019).

3.2.2.3 Pratiques de gestion de la santé des poissons

Les conditions de permis imposent à toutes les entreprises de se conformer au plan de gestion de la santé des salmonidés (PGSS), qui comprend des mesures de biosécurité pour maintenir la santé des poissons, empêcher l'entrée d'agents pathogènes et limiter la propagation des maladies dans la ferme (MPO, 2015); certaines de ces mesures influenceront sur la probabilité que des agents pathogènes soient disséminés à partir d'une exploitation contaminée.

Le PGSS exige des procédures pour la collecte, la catégorisation, l'enregistrement, l'entreposage et l'élimination des carcasses de poisson (MPO, 2015). Plus précisément, des procédures doivent être en place pour : le retrait régulier des poissons morts afin de les entreposer dans des contenants prévus à cet effet; la déclaration de la mortalité par catégorie au MPO; un emplacement sécurisé pour l'entreposage des poissons morts en attente d'un

transfert vers les installations à terre; la prévention des fuites d'éléments dans les eaux réceptrices; le transfert sécurisé des poissons morts entreposés vers des installations à terre; et des méthodes de désinfection des contenants, du matériel et des autres installations ou bateaux utilisés pour la manutention (MPO, 2015). Le PGSS exige également une PON pour les éclosions de maladies des poissons ou les situations d'urgence, une éclosion étant définie comme une « apparition inattendue d'une maladie ou de mortalité » (MPO, 2015).

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

Des protocoles sont en place pour : la manipulation et l'entreposage des poissons morts; l'étiquetage, le nettoyage, la désinfection et l'entreposage des engins utilisés pour manipuler les poissons morts; restreindre le nombre de visiteurs, qui doivent obtenir une permission avant d'arriver sur les lieux; contrôler les visiteurs sur place au moyen de panneaux, de pédiluves et de vêtements de protection propres au site; des procédures pour laver les filets sans partager le matériel si possible, nettoyer et désinfecter le matériel après usage et pour le garder sec dans les endroits appropriés; nettoyer, désinfecter et transférer le gros équipement immergé entre sites; et la mise en place de mesures de biosécurité pour contrôler les déplacements des bateaux (Wade, 2017). Toutes les entreprises utilisent Virkon® Aquatic, un désinfectant à large spectre (Wade, 2017), qui s'est révélé efficace contre la maladie bactérienne de la bouche rouge (Fraser *et al.*, 2006).

Le respect de ces éléments est déterminé dans le cadre du PVSSP. En moyenne, moins d'une lacune par vérification a été signalée entre 2011 et 2015 dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery (Wade, 2017). La plupart des lacunes signalées étaient liées aux protocoles de lutte contre le pou du poisson, au protocole de récupération des carcasses ou à la tenue incomplète des registres. Voir la ventilation détaillée des lacunes, par catégorie, dans Wade (2017).

3.2.3 Hypothèses

- Des saumons atlantiques contaminés par *Y. ruckeri* sont présents dans au moins une ferme d'élevage.
- Les mesures de biosécurité sont efficaces contre *Y. ruckeri*.

3.2.4 Probabilité de dissémination

Le Tableau 9 présente les principaux facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité de dissémination. Ces facteurs ont servi à déterminer les cotes de probabilité et d'incertitude d'après les définitions des Tableau 2, Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 9. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que *Yersinia ruckeri* se dissémine à partir de fermes d'élevage contenant des saumons atlantiques contaminés ou malades dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • La bactérie <i>Y. ruckeri</i> peut être transmise par l'eau à partir de poissons contaminés. • Le stress (c'est-à-dire le transfert dans l'eau de mer et la hausse des températures) contribue à la dissémination de l'agent pathogène (Hunter <i>et al.</i>, 1980). • Dans la région des îles Discovery, le saumon atlantique est élevé dans des parcs en filets, ce qui permet aux agents pathogènes, y compris <i>Y. ruckeri</i>, d'être rejetés dans le milieu environnant à partir des fermes. 	<ul style="list-style-type: none"> • La bactérie <i>Y. ruckeri</i> est principalement un agent pathogène d'eau douce. • Les poissons porteurs n'excrètent pas suffisamment de bactéries pour provoquer une infection, à moins qu'ils ne soient stressés (Hunter <i>et al.</i>, 1980). • Les poissons ne sont pas directement transférés dans la zone des îles Discovery afin de réduire au minimum l'exposition à <i>Kudoa</i> sp. Comme la maladie bactérienne de la bouche rouge peut être plus fréquente chez les saumons atlantiques récemment transférés dans l'eau de mer (Carson et Wilson, 2009), le stade le plus sensible du cycle biologique peut être passé avant le transfert des poissons dans la région des îles Discovery. • Des protocoles sont en place pour la manipulation et l'entreposage des poissons morts, ainsi que pour l'étiquetage, le nettoyage, la désinfection et l'entreposage des engins utilisés pour manipuler les poissons morts (Wade, 2017). • Des protocoles sont en place pour restreindre le nombre de visiteurs, qui doivent obtenir une permission avant d'arriver sur place, et pour contrôler les visiteurs sur place au moyen d'affiches, de pédiluves et de vêtements de protection propres au site (Wade, 2017). • Des protocoles sont en place pour réduire au minimum l'accès des prédateurs et de la faune (Wade, 2017). • Des protocoles sont en place pour des procédures pour laver les filets sans partager le matériel si possible, pour nettoyer et désinfecter le matériel après usage et pour le garder sec dans les endroits appropriés (Wade, 2017). • Des protocoles sont en place pour nettoyer, désinfecter et transférer le gros équipement immergé entre sites (Wade, 2017). • Des mesures de biosécurité sont en place pour contrôler le déplacement des navires (Wade, 2017). • En moyenne, moins d'une défaillance opérationnelle par vérification a été signalée entre 2011 et 2015 dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery (Wade, 2017).

Deux voies de passage ont été prises en compte dans l'évaluation de la dissémination : 1) saumons atlantiques d'élevage contaminés; et 2) vecteurs mécaniques et vecteurs passifs.

3.2.4.1 Dissémination par le saumon atlantique d'élevage contaminé

La conclusion a été qu'il est **extrêmement probable** que *Y. ruckeri* soit disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery dans un environnement accessible aux populations de poissons sauvages par des saumons atlantiques d'élevage contaminés, compte tenu des pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons, car les saumons atlantiques sont élevés dans des parcs en filet et peuvent excréter la bactérie. Cette conclusion est assortie d'une **certitude raisonnable**, car il existe d'abondantes données démontrant la transmission horizontale et l'excrétion chez les espèces de truites, mais peu d'études menées en eau de mer ou chez le saumon atlantique.

3.2.4.2 Dissémination par des vecteurs mécaniques et passifs

La conclusion a été qu'il est **improbable** que *Y. ruckeri* soit disséminée dans un environnement accessible aux populations de poissons sauvages par des vecteurs mécaniques ou des vecteurs passifs de transmission à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique située dans la région des îles Discovery compte tenu des pratiques actuelles en matière de gestion de la santé du poisson. Cette conclusion s'accompagne d'un degré de **certitude raisonnable**, car les pratiques de biosécurité pertinentes font partie des exigences des permis et, en conséquence, sont précisées dans le Plan de gestion de la santé des salmonidés et les procédures opérationnelles normalisées. De plus, les taux de lacunes opérationnelles qui sont susceptibles de toucher la santé des poissons dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery sont faibles.

3.2.4.3 Probabilité globale de dissémination

Nous avons déterminé la probabilité globale de dissémination en adoptant la plus forte probabilité parmi les voies de dissémination. Il est ainsi **extrêmement probable** que la bactérie *Y. ruckeri* se dissémine à partir d'une ferme de saumon atlantique contaminé.

3.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

3.3.1 Question

Si l'on présume que *Y. ruckeri* 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 *Y. ruckeri* une année donnée?

3.3.2 Considérations

L'évaluation de l'exposition consiste à déterminer la coïncidence spatiale et temporelle de l'agent pathogène libéré et d'espèces vulnérables (Taranger *et al.*, 2015).

Les éléments à prendre en considération sont les espèces sensibles; la taille et le volume relatifs des fermes d'élevage de saumon atlantique; la présence de saumons rouges du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery; la survie de *Y. ruckeri* dans le milieu marin; et le moment de l'infection par *Y. ruckeri* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.

3.3.2.1 Espèces sensibles

Les hôtes de *Y. ruckeri* sont à la fois des espèces de salmonidés et de non-salmonidés (Kumar *et al.*, 2015); cependant, la truite arc-en-ciel (*O. mykiss*) est l'espèce la plus sensible (Ross *et*

al., 1966; Tობბაკ *et al.*, 2007; Meyers *et al.*, 2008). Tous les stades biologiques des salmonidés sont sensibles, mais la maladie est plus aiguë chez les alevins et les fingerlings de truite arc-en-ciel (eau douce) et chez les poissons plus âgés et plus gros (c.-à-d. > 12,5 cm) elle est chronique (Austin et Austin, 2012; Kumar *et al.*, 2015).

Le seul rapport qui a pu être trouvé sur *Y. ruckeri* chez des espèces de saumon du Pacifique ne vivant pas entièrement en eau douce était celui de Arkoosh *et al.* (2004); cependant, la salinité n'a pas été précisée. (Arkoosh *et al.*, 2004) signalent l'isolement de *Y. ruckeri* chez des saumons cohos juvéniles (*O. kisutch*) et des saumons chinooks (*O. tshawytscha*) de moins d'un an dans des estuaires des États de Washington et de l'Oregon, mais aucun signe clinique de la maladie n'a été trouvé.

Bien que des isolats de *Y. ruckeri* prélevés de saumons rouges aient été utilisés dans des expériences (Busch, 1973; Bullock *et al.*, 1978), les auteurs n'ont pas indiqué s'ils provenaient de poissons en phase d'eau de mer ou d'eau douce. De même, il n'a pas été possible de confirmer la présence de la maladie bactérienne de la bouche rouge chez le saumon rouge (Wade, 2019). La morue charbonnière est la seule véritable espèce marine chez laquelle *Y. ruckeri* a été détectée (la maladie n'a pas pu être confirmée). Toutefois, il n'est pas possible de confirmer que la détection a eu lieu à partir d'un poisson en eau de mer, car il s'agissait d'une déclaration à l'ACIA de la Colombie-Britannique, où deux écloséries produisent des juvéniles, dont l'une n'élève pas les poissons entièrement dans l'eau de mer.

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

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

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

3.3.2.3.1 Juvéniles

Des saumons rouges juvéniles ont été trouvés dans la région des îles Discovery à plusieurs endroits différents, durant différentes études menées sur de nombreuses années (Levings et Kotyk, 1983; Brown *et al.*, 1984; Groot et Cooke, 1987; Neville *et al.*, 2013; Beacham *et al.*, 2014; Johnson, 2016; Neville *et al.*, 2016). D'après ces études, Grant *et al.* (2018) ont déterminé, en résumé, que les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser de type lacustre ont tendance à traverser la région des îles Discovery pendant leur migration entre la mi-mai et la mi-juillet, avec un pic de prises entre le début et le milieu du mois de juin.

Sur les quatre années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans des fermes d'élevage de saumon atlantique depuis 2002, des preuves couvrant les mois de mai à juillet existent pour une année (voir le Tableau 10 et le Tableau 11).

3.3.2.3.2 Adultes

Pendant leur montaison, des saumons rouges adultes ont été capturés dans 98 % des calées des pêches expérimentales menées par la Commission du saumon du Pacifique dans la région des îles Discovery entre 2000 et 2015 (Grant *et al.*, 2018), ce qui prouve leur présence dans cette zone de la mi-juillet à la mi-septembre. Ensuite, en combinant le moment où le premier et le dernier saumon rouge adulte en montaison passent dans le bas Fraser à Mission, en Colombie-Britannique (à 60 km en amont de la sortie du Fraser vers le sud du détroit de Georgia) et la vitesse moyenne de nage et la distance par rapport aux limites nord-ouest et sud-

ouest de la région des îles Discovery, Grant *et al.* (2018) ont estimé que pendant la montaison, les saumons rouges adultes du fleuve Fraser traversent la région des îles Discovery de juin à octobre.

Sur les quatre années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans des fermes d'élevage de saumon atlantique depuis 2002, aucune preuve de l'infection n'a été signalée pendant les mois de juin à octobre (voir le Tableau 10 et le Tableau 11).

3.3.2.4 Survie de la bactérie *Yersinia ruckeri* dans le milieu marin

Wade (2019) a fait le point sur l'état des connaissances concernant la survie de *Y. ruckeri* dans l'environnement. Les études les plus pertinentes sur la survie dans le milieu marin sont présentées ici.

Yersinia ruckeri peut survivre et rester infectieuse dans un milieu aquatique (Tobback *et al.*, 2007). Les études visant à déterminer le rôle des biofilms dans les fermes de truite arc-en-ciel en eau douce ont permis de démontrer que *Y. ruckeri* présente une surexpression des protéines flagellaires, qui lui permet d'adhérer facilement aux surfaces dures et de former facilement des biofilms (Coquet *et al.*, 2002; Tobback *et al.*, 2007). Il a été indiqué que les biofilms pourraient être une source d'infection récurrente dans les fermes de truite arc-en-ciel (Tobback *et al.*, 2007).

La survie de *Y. ruckeri* dans l'eau semble dépendre de la salinité. Dans une étude en laboratoire, des cultures de *Y. ruckeri* ont survécu à la famine dans l'eau pendant au moins quatre mois (Thorsen *et al.*, 1992). À des salinités faibles (0-20 ppm), il n'y a eu aucun changement détectable dans l'unité formant des colonies (UFC) pendant les trois premiers jours de famine et seulement une légère diminution durant les quatre mois suivants. À une salinité plus élevée (35 ppm), la survie est tombée en dessous de la limite de détection (3 UFC/mL) après 32 jours (Thorsen *et al.*, 1992). De même, la croissance optimale des souches de *Y. ruckeri* a été signalée à 5 et 15 ppm [Diler et Ekici (2003) dans Karatas *et al.* (2004)].

Une étude de la survie de *Y. ruckeri* dans différents milieux a montré qu'elle pouvait survivre plus de trois mois dans une rivière, un lac ou un estuaire (Romalde *et al.*, 1994; Austin et Austin, 2012). La persistance des cellules cultivables dans les sédiments était plus grande que dans l'eau et était également plus élevée à 6 °C qu'à 18 °C (Romalde *et al.*, 1994; Austin et Austin, 2012).

3.3.2.5 Période de la présence de la bactérie *Yersinia ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery

Le Tableau 10 résume les preuves de l'infection par *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, par mois, entre 2002 et 2017 :

- D'après les résultats de la surveillance et du dépistage dans le secteur, *Y. ruckeri* a été détectée une fois dans une ferme, et cette détection a été déclarée au mois de novembre.
- D'après les résultats des vérifications, *Y. ruckeri* a été signalée dans des fermes durant les mois de mars, mai, novembre et décembre; la seule la présence au niveau de la ferme a été déclarée en mai.
- Aucun événement lié à la santé des poissons n'a été attribué à la maladie bactérienne de la bouche rouge.

-
- Aucun épisode de mortalité (2011-2017) n'a été attribué à la maladie bactérienne de la bouche rouge.

Globalement, de 2002 à 2017, selon toutes les sources de données, la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge a été détectée dans des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery durant les mois de mars, mai, novembre et décembre. Il n'a pas été possible de mettre en évidence un profil saisonnier de l'infection ou de la maladie. Le Tableau 11 résume toutes les preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge, par année et par mois, rapportées dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

Tableau 10. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *Yersinia ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge, résumé par mois. Un « X » indique la preuve de la présence de saumons rouges au cours d'un mois donné. Les données comprennent les tests bactériologiques de l'industrie (2011-2017), les résultats des vérifications du Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP) [2002-2016], les événements liés à la santé des poissons (ESP) et les épisodes de mortalité (2002-2017) déclarés par l'industrie à Pêches et Océans Canada (MPO). Les lettres, sur la première ligne du tableau, représentent les mois de l'année, de janvier à décembre. L'astérisque (*) indique un cas d'étiologie mixte dans lequel la maladie bactérienne de la bouche rouge a été diagnostiquée au niveau de la ferme et la maladie de la pourriture de la bouche a également été déclarée, mais pas au niveau de la population. Trois semaines après la vérification, un événement lié à la santé des poissons attribué à la maladie de la pourriture de la bouche a été déclaré dans la même ferme et les parcs ont été traités au florfenicol. Les mois durant lesquels des saumons rouges du fleuve Fraser se trouvent dans la région des îles Discovery et les mois pour lesquels on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge sont ombrés et en gras.

Présence dans la région des îles Discovery	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser de type lacustre					X	X	X					
Saumon rouge adulte du fleuve Fraser en montaison						X	X	X	X	X		
Preuves de la présence de <i>Y. ruckeri</i> ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nombre de fermes ayant présenté des échantillons positifs par rapport au nombre total de fermes ayant fait l'objet de tests (données de l'industrie)	0/9	0/7	0/9	0/7	0/3	0/8	0/7	0/9	0/8	0/10	1/10	0/12
Nombre de fermes où <i>Y. ruckeri</i> a été identifiée par bactériologie par rapport au nombre total de fermes ayant fait l'objet de vérifications (données de vérification)	0/14	0/11	1/5	0/14	1/10	0/10	0/12	0/14	0/11	0/16	1/13	1/10
Nombre de fermes où la maladie bactérienne de la bouche rouge a été identifiée par histologie par rapport au nombre total de fermes ayant fait l'objet de vérifications (données de vérification)	0/14	0/11	0/5	0/14	0/10	0/10	0/12	0/14	0/11	0/16	1/13	0/10
Nombre de fermes dans lesquelles on a diagnostiqué la présence de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme par rapport au nombre total de fermes ayant fait l'objet d'une vérification (données de vérification)	0/14	0/11	0/5	0/14	1*/10	0/10	0/12	0/14	0/11	0/16	0/13	0/10
Nombre de fermes où des événements liés à la santé des poissons ont été attribués à la maladie bactérienne de la bouche rouge (déclaration par l'industrie)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nombre de fermes où des épisodes de mortalité ont été attribués à la maladie bactérienne de la bouche rouge (déclaration par l'industrie)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 11. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *Yersinia ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge, résumé par année et par mois. Les données comprennent les résultats des tests effectués par l'industrie (2011-2017) et du Programme de vérification et de surveillance de la santé des poissons (PVSSP) [2002-2016], les événements liés à la santé des poissons (ESP) [2002-2017] et les épisodes de mortalité (2002-2017). Entre 2004 et 2017, le nombre de fermes actives de saumon atlantique a varié entre 3 et 17 pour un mois donné (nombre de fermes actives non disponible pour 2002 et 2003). Les mois pour lesquels on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge sont ombrés et en gras.

Année	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2007	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.3.3 Hypothèses

- Le saumon rouge est sensible aux infections par *Y. ruckeri*.
- Les détections positives de la bactérie *Y. ruckeri* prouvent que l'agent pathogène est présent dans les poissons échantillonnés.
- La bactérie *Yersinia ruckeri* a été disséminée à partir d'au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.
- Les poissons contaminés par *Y. ruckeri* excrètent la bactérie.
- Les preuves de l'excrétion sont limitées aux mois pour lesquels on dispose de preuves de l'infection ou de la maladie dans les fermes.
- Le saumon rouge peut utiliser tous les chenaux de la région des îles Discovery.
- Le saumon rouge sauvage et le saumon rouge issu de la mise en valeur ne sont pas différenciés aux fins de la présente évaluation du risque.

3.3.4 Probabilité d'exposition

Le Tableau 12 présente les principaux facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser soit exposé à *Y. ruckeri* provenant des fermes d'élevage de

saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Ces facteurs ont servi à déterminer les cotes de probabilité et d'incertitude d'après les définitions des Tableau 2, Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 12. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que des saumons rouges du fleuve Fraser soient exposés à la bactérie Yersinia ruckeri disséminée à partir de fermes renfermant des saumons atlantiques contaminés ou malades dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Des millions de saumons rouges du fleuve Fraser, juvéniles et adultes, migrent chaque année à travers la région des îles Discovery [examen dans Grant <i>et al.</i> (2018)]. • Il n'y a pas de chevauchement temporel entre la migration des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser et les preuves de la présence de <i>Y. ruckeri</i> dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. 	<ul style="list-style-type: none"> • Il n'y a pas de fermes d'élevage de saumon atlantique dans tous les chenaux de la région des îles Discovery. • Les fermes d'élevage de saumon atlantique occupent une surface et un volume relativement faibles dans la région des îles Discovery (Mimeault <i>et al.</i>, 2017). • Il n'y a pas de chevauchement temporel entre la migration des saumons rouges adultes du fleuve Fraser et les preuves de la présence de <i>Y. ruckeri</i> dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. • La survie de <i>Y. ruckeri</i> dans l'eau dépend de la salinité. La bactérie peut survivre dans l'eau douce ou saumâtre pendant au moins quatre mois, mais sa survie est fortement réduite dans l'eau à 35 ppm (Barnes, 2011).

Deux groupes d'exposition ont été évalués : (1) le saumon rouge juvénile du fleuve Fraser; et (2) le saumon rouge adulte du fleuve Fraser.

La probabilité qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser sensible soit exposé à *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique a été calculée en divisant le nombre d'années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge pendant les périodes où le saumon rouge du fleuve Fraser est présent dans la zone, par le nombre d'années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge (quatre ans, voir le Tableau 11).

3.3.4.1 Exposition du saumon rouge juvénile du fleuve Fraser

La conclusion a été qu'il est **très improbable** qu'au moins un saumon rouge juvénile du fleuve Fraser puisse être exposé à *Y. ruckeri* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery en raison d'une exposition par l'eau, selon les pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons, étant donné le chevauchement temporel limité avec les déclarations de *Y. ruckeri* dans les fermes. Sur les quatre années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes depuis 2002, les preuves pour une année couvrent la période entre mai et juillet, qui correspond au moment où les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser devraient être présents dans la région des îles Discovery (voir le Tableau 11). Cette

conclusion s'assortit d'une **certitude raisonnable** compte tenu des données abondantes et solides documentant la présence de saumons rouges juvéniles dans la région des îles Discovery et la présence de *Y. ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans des fermes d'élevage de saumon atlantique dans cette zone.

3.3.4.2 Exposition du saumon rouge adulte du fleuve Fraser

La conclusion a été qu'il est **extrêmement improbable** qu'au moins un saumon rouge adulte du fleuve Fraser soit exposé à *Y. ruckeri* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery en raison d'une exposition par l'eau, selon les pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons, étant donné qu'il n'y a pas de chevauchement temporel avec les déclarations de *Y. ruckeri* dans les fermes. Sur les quatre années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes depuis 2002, aucune preuve de l'infection n'a été rapportée entre juin et octobre, ce qui correspond à la période où les saumons rouges adultes du fleuve Fraser devraient être présents dans la région des îles Discovery (voir le Tableau 11). Cette conclusion s'assortit d'une **certitude raisonnable** compte tenu des données abondantes et solides documentant la présence de saumons rouges adultes dans la zone des îles Discovery et la présence (ou l'absence) de *Y. ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes d'élevage de saumon atlantique dans cette zone.

3.4 ÉVALUATION DE L'INFECTION

3.4.1 Question

En supposant qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser a été exposé à *Y. ruckeri* rejetée par une ou des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, quelle est la probabilité qu'au moins un saumon rouge soit contaminé?

3.4.2 Considérations

Les considérations comprennent les conditions océanographiques et environnementales, les doses infectieuses et létales minimales, la durée estimée de l'exposition et la pression d'infection estimée des fermes.

3.4.2.1 Conditions océanographiques et environnementales

La température enregistrée de l'eau dans la région des îles Discovery varie entre 3 et 24 °C selon les saisons et les régions (Chandler *et al.*, 2017). La température mensuelle moyenne de l'eau dans les 15 premiers mètres des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery s'échelonne de $7,6 \pm 2,3$ °C à $11,5 \pm 3,3$ °C (Chandler *et al.*, 2017). *Yersinia ruckeri* est principalement un agent pathogène d'eau douce dont la survie est fortement réduite dans le milieu marin [voir plus de détails dans la section 3.3.2.4 ou Wade (2019)].

3.4.2.2 Doses infectieuses et létales minimales

À ce jour, il a été impossible de trouver une étude qui estime les concentrations minimales (infectieuses ou létales) de *Y. ruckeri* nécessaires pour provoquer des signes de la maladie bactérienne de la bouche rouge ou la mortalité chez les poissons par des voies d'exposition qui imitent les voies de transmission naturelles (Wade, 2019). Toutefois, étant donné que *Y. ruckeri* a été détectée dans des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, mais qu'aucun événement lié à la santé des poissons ou épisode de mortalité n'a été attribué à la maladie bactérienne de la bouche rouge, il est raisonnable de supposer que la concentration de *Y. ruckeri* dans l'eau est restée inférieure à celle nécessaire pour propager la maladie dans ces fermes.

3.4.2.3 Durée estimée de l'exposition

La durée potentielle d'exposition d'une espèce de poisson sensible à *Y. ruckeri* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery dépend : (i) du temps que le saumon rouge du fleuve Fraser passe dans la zone et (ii) de la durée de l'infection par *Y. ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de cette zone.

3.4.2.3.1 Temps passé par les espèces sensibles dans la région des îles Discovery

Grant *et al.* (2018) ont estimé qu'un saumon rouge juvénile passe de cinq à quatorze jours dans la région des îles Discovery et un adulte, trois jours. Les fermes d'élevage de saumon atlantique sont situées dans des chenaux d'une partie de l'ensemble de la zone. La longueur totale de la région des îles Discovery est d'environ 140 km, les fermes étant réparties sur environ 75 km. En supposant une vitesse de migration constante et des déplacements unidirectionnels, Mimeault *et al.* (2017) ont alors estimé que les juvéniles pouvaient se trouver à proximité des fermes pendant trois à huit jours et les adultes pendant deux jours lorsqu'ils traversent la région durant la montaison.

Dans une étude de télémétrie réalisée en 2017, le temps de déplacement médian des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser (essentiellement du lac Chilko) dans les chenaux Hoskyn et Okisollo (Figure 1) était d'environ 30 heures et le temps de déplacement entre l'est et l'ouest du chenal Okisollo, d'environ 6 heures (Rechisky *et al.*, 2018). Dans la même étude, des récepteurs ont également été déployés dans deux fermes de saumon en jachère pour mesurer le temps d'exposition du saumon rouge dans une région où se trouvent des fermes d'élevage de saumon. Le temps médian passé par les saumons rouges juvéniles près des différentes fermes d'élevage de saumon était d'environ 4,5 minutes, ce qui laisse supposer une courte durée d'exposition aux fermes en jachère (Rechisky *et al.*, 2018).

3.4.2.3.2 Durée de l'infection par *Yersinia ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery

L'absence d'événements liés à la santé des poissons et d'épisodes de mortalité attribués à la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, combinée au diagnostic unique au niveau de la ferme fondé sur les vérifications et au fait que *Y. ruckeri* est principalement un agent pathogène d'eau douce, permet de penser que l'excrétion par les poissons contaminés est de courte durée.

3.4.2.4 Estimation de la pression d'infection par *Yersinia ruckeri* par les fermes d'élevage de saumon atlantique

Pour pouvoir estimer la concentration potentielle de *Y. ruckeri* dans l'eau dans une ferme pendant une épidémie de maladie bactérienne de la bouche rouge, il faut estimer le nombre de poissons contaminés pendant une épidémie, le taux d'excrétion bactérienne, la durée de l'excrétion et le volume de la ferme.

Il existe des preuves d'infection dans certaines fermes d'élevage de saumon atlantique (Tableau 7 et Tableau 10), mais il n'est pas possible de déterminer la prévalence de l'infection par *Y. ruckeri* dans ces fermes. Des poissons contaminés par la bactérie *Y. ruckeri* ont été signalés dans certaines fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, mais dans tous les cas, y compris durant la vérification avec un diagnostic de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme, les détections étaient limitées à un petit nombre (\leq quatre) de carcasses de poissons (Wade, 2019).

Compte tenu de la rareté des détections, combinée à l'absence d'épisodes de mortalité ou d'événements liés à la santé des poissons, il est raisonnable de conclure que l'excrétion par les poissons contaminés dans ces fermes et la concentration potentielle de *Y. ruckeri* dans l'eau seraient négligeables.

3.4.3 Hypothèses

- Les saumons rouges du fleuve Fraser entrant dans la zone des îles Discovery sont naïfs à *Y. ruckeri*.
- Des saumons rouges du fleuve Fraser ont été exposés à *Y. ruckeri* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.

3.4.4 Probabilité d'infection

Le Tableau 13 présente les principaux facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité qu'un saumon rouge du fleuve Fraser soit contaminé par la bactérie *Y. ruckeri* rejetée par les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery. Ces facteurs ont été utilisés pour déterminer les cotes de probabilité et d'incertitude selon les définitions des Tableau 2, Tableau 5 et Tableau 6.

Tableau 13. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que des saumons rouges du fleuve Fraser soient contaminés par la bactérie *Yersinia ruckeri* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Le saumon rouge est sensible à <i>Y. ruckeri</i>, car des isolats de l'espèce ont été utilisés dans des expériences. On ne sait pas si les poissons provenaient d'eau douce ou d'eau de mer. • Les saumons rouges juvéniles peuvent passer trois à huit jours à proximité des fermes d'élevage de saumon atlantique et les adultes, deux jours durant leur migration dans la région des îles Discovery (Mimeault <i>et al.</i>, 2017). 	<ul style="list-style-type: none"> • La bactérie <i>Y. ruckeri</i> est principalement un agent pathogène de la truite d'eau douce. • Il n'a pas été possible de confirmer la présence de la maladie bactérienne de la bouche rouge chez le saumon rouge, que ce soit dans l'eau douce ou l'eau de mer. • Le saumon rouge n'est pas répertorié comme l'une des principales espèces de poissons contaminées par <i>Y. ruckeri</i> (Barnes, 2011). • D'après une étude télémétrique, les saumons rouges juvéniles passent peu de temps (quelques minutes) à proximité des fermes en jachère (Rechisky <i>et al.</i>, 2018). • Aucun événement lié à la santé des poissons ou épisode de mortalité n'a été attribué à <i>Y. ruckeri</i> dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery (2002-2017). • Un vaccin contre la maladie bactérienne de la bouche rouge est disponible, et tous les poissons élevés dans des écloséries alimentées par des eaux de surface sont vaccinés. • L'excrétion par les poissons contaminés et, par conséquent, la concentration potentielle de <i>Y. ruckeri</i> dans l'eau attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery sont négligeables.

La probabilité d'infection a été examinée séparément pour les deux groupes d'exposition et la conclusion a été la même.

La conclusion a été qu'il est **extrêmement improbable** qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser, juvénile ou adulte, soit contaminé par la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons, puisque l'on considère que les fermes d'élevage de saumon atlantique représentent une pression d'infection négligeable et qu'aucune preuve de la maladie chez le saumon rouge n'a pu être confirmée dans les publications. Cette conclusion est assortie d'une **certitude raisonnable** étant donné l'abondance de données et d'informations dans les ouvrages pour soutenir que *Y. ruckeri* est une maladie de la truite d'eau douce.

3.5 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ GLOBALE

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

Le Tableau 14 résume l'évaluation de la probabilité. La conclusion a été qu'il est **extrêmement improbable** qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser, juvénile ou adulte, soit contaminé par la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.

Tableau 14. Sommaire des cotes de probabilité et d'incertitude pour l'évaluation de la probabilité dans le cadre de l'évaluation du risque que pose *Yersinia ruckeri*. Les résultats sont indiqués dans les cellules blanches et les résultats combinés concernant la probabilité sont présentés dans les cellules ombrées de la colonne « Classement ».

Étape		Classement	
Évaluation de l'infection à la ferme	Probabilité d'infection à une ferme	Très improbable (certitude raisonnable)	
Évaluation de la dissémination	Voies de dissémination	Saumon atlantique d'élevage	Vecteurs mécaniques et vecteurs passifs
	Probabilité de dissémination	Extrêmement probable (certitude raisonnable)	Improbable (certitude raisonnable)
	Probabilités combinées de dissémination	Extrêmement probable	
Évaluations de l'exposition et de l'infection	Groupes d'exposition	Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser	Saumon rouge adulte du fleuve Fraser
	Probabilité d'exposition	Très improbable (certitude raisonnable)	Extrêmement improbable (certitude raisonnable)
	Probabilité d'infection	Extrêmement improbable (certitude raisonnable)	Extrêmement improbable (certitude raisonnable)
Probabilités combinées d'exposition et d'infection pour chaque groupe d'exposition		Extrêmement improbable	Extrêmement improbable
Probabilités combinées (infection à la ferme, dissémination, exposition et infection) pour chaque groupe d'exposition		Extrêmement improbable	Extrêmement improbable

4 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES

L'évaluation des conséquences cherche à déterminer l'ampleur potentielle des effets de l'infection par *Y. ruckeri* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

L'évaluation de l'infection à la ferme a permis de déterminer qu'il est très improbable que des saumons atlantiques contaminés par *Y. ruckeri* soient présents dans au moins une ferme de la région des îles Discovery. Les années où il n'y a pas eu d'infection par *Y. ruckeri* dans les fermes, aucune conséquence sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser ne serait attribuable à la bactérie dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Les années où l'infection par *Y. ruckeri* a été attestée dans les fermes, l'évaluation de l'exposition a permis de déterminer que les poissons contaminés étaient présents dans une ferme au maximum au cours d'un mois donné (voir le Tableau 11). L'évaluation de la probabilité globale a conclu qu'il est extrêmement improbable que des saumons rouges du fleuve Fraser soient contaminés par la bactérie *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, selon les pratiques de gestion actuelles.

Nonobstant cette conclusion et en supposant qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser aurait été contaminé par *Y. ruckeri* provenant de ces fermes, l'évaluation des conséquences explore l'ampleur potentielle des effets sur le nombre d'adultes en montaison et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

4.1 QUESTION

En supposant qu'au moins un saumon rouge sensible du fleuve Fraser a été contaminé par la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir de saumons atlantiques contaminés, quelle est l'ampleur potentielle des effets sur le nombre d'adultes en montaison et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser?

4.2 CONSIDÉRATIONS

Les éléments à prendre en considération comprennent la dynamique de l'infection, la proportion de saumons rouges du fleuve Fraser potentiellement exposés aux fermes contaminées, et l'exposition sur deux générations.

4.2.1 Dynamique de l'infection par *Yersinia ruckeri*

La maladie bactérienne de la bouche rouge est principalement une maladie de la truite d'eau douce [examen dans Wade (2019)]. Le saumon rouge ne figurait pas sur la liste des principales espèces de poissons contaminées par *Y. ruckeri* (Barnes 2011). Il n'a pas été possible de trouver des preuves de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de l'individu ou de la population, dans l'eau douce ou l'eau de mer, chez le saumon rouge (Wade, 2019).

Comme *Y. ruckeri* est principalement un agent pathogène d'eau douce et qu'aucun événement lié à la santé des poissons ou épisode de mortalité n'a été attribué à la maladie bactérienne de la bouche rouge dans les fermes d'élevage de saumon atlantique (c'est-à-dire qu'elle se propage peu dans la population de la ferme), il n'est pas raisonnable de penser qu'il serait possible d'atteindre une dose infectieuse minimale pour le saumon rouge, une espèce qui devrait être moins sensible aux infections à *Y. ruckeri* que le saumon atlantique.

4.2.2 Estimation de la proportion potentiellement exposée à des fermes contaminées

La présente section explore la proportion de la population de saumon rouge du fleuve Fraser qui se trouve dans la région des îles Discovery pendant la même période que celle où les infections par *Y. ruckeri* ou la maladie bactérienne de la bouche rouge ont été signalées dans des fermes d'élevage de saumon atlantique.

Comme il existe des voies de migration dans des zones des îles Discovery où il n'y a pas de ferme d'élevage de saumon atlantique, et que l'emplacement et le nombre des fermes contaminées simultanément seront des aspects critiques pour évaluer l'exposition réelle aux fermes contaminées, l'analyse suivante fournit une surestimation de la proportion de la population exposée à des fermes contaminées dans la zone des îles Discovery pendant les périodes où des infections à *Y. ruckeri* ou la maladie bactérienne de la bouche rouge ont été détectées dans une ou plusieurs fermes.

Il s'agit de la première étape pour déterminer la proportion de la population qui pourrait être exposée à *Y. ruckeri* attribuable à une ferme d'élevage de saumon atlantique contaminée dans la région des îles Discovery, sachant que le chevauchement simultané n'entraîne pas nécessairement une exposition et que l'exposition n'entraîne pas nécessairement une infection. Ces estimations sont fondées sur la période de la migration du saumon rouge du fleuve Fraser et sur les preuves d'infection dans les fermes de la région.

4.2.2.1 Juvéniles

Des millions de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser traversent chaque année la région des îles Discovery pendant leur migration [examen dans Grant *et al.* (2018)]. Les connaissances sur les voies de dévalaison en mer empruntées par les juvéniles dans la région des îles Discovery et les interactions de ceux-ci avec les fermes d'élevage de saumon atlantique sont limitées. Par conséquent, il n'est pas possible d'estimer, à partir des voies de migration, la proportion de la population qui pourrait nager à proximité d'une ferme d'élevage de saumon atlantique contaminé. On a donc supposé que tous les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser en dévalaison pourraient être exposés à *Y. ruckeri* provenant des fermes contaminées pendant leur migration dans la région des îles Discovery. Cette hypothèse devra être revue à mesure que nous connaissons mieux les voies migratoires du saumon rouge du fleuve Fraser.

Toutefois, comme il n'y a pas de fermes d'élevage de saumon atlantique dans tous les chenaux et qu'elles n'occupent pas un grand volume de la région des îles Discovery (voir la Figure 1 et la section 3.3.2.2), il est raisonnable de présumer que tous les poissons ne se trouveront pas dans les environs d'une ferme contaminée ou ne seront pas exposés aux agents pathogènes dispersés à partir de ces fermes. En outre, ces estimations doivent tenir compte de la présence du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région par rapport au moment de ces infections. Les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser du type lacustre traversent la région des îles Discovery chaque année de la mi-mai à la mi-juillet durant leur dévalaison (Grant *et al.*, 2018). La dévalaison n'est toutefois pas répartie uniformément sur les trois mois (Neville *et al.*, 2016; Freshwater *et al.*, 2019). D'après les données sur les prises de Freshwater *et al.* (2019), 30 %, 62 % et 8 % des juvéniles ont été capturés en mai, juin et juillet, respectivement.

Compte tenu de la distribution temporelle du saumon rouge du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery et en considérant uniquement les années avec infection (une année), 30 % des juvéniles auraient eu la possibilité d'être exposés à *Y. ruckeri* attribuable aux fermes de saumon atlantique de la région des îles Discovery durant leur dévalaison au cours d'une année avec infection (annexe C). Ces estimations supposent également que les poissons migrateurs

rencontreront une ou des fermes contaminées, c'est-à-dire que les poissons emprunteront les voies sur lesquelles celles-ci se trouvent.

4.2.2.2 Adultes

Entre 2002 et 2017, aucun adulte en montaison n'a eu la possibilité d'être exposé à *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, étant donné l'absence de chevauchement temporel avec les infections dans les fermes.

4.2.3 Estimations de l'exposition sur deux générations

Nous avons estimé l'exposition potentielle des populations de saumon rouge du fleuve Fraser à des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *Y. ruckeri* sur deux générations (huit ans pour le saumon rouge du fleuve Fraser) pour explorer les possibles effets sur la diversité.

Étant donné les deux résultats possibles de l'exposition au cours d'une année donnée pour le saumon rouge du fleuve Fraser en migration, c'est-à-dire que le saumon en migration peut être exposé compte tenu des preuves d'infection dans les fermes de la région (résultat de réussite) ou que le saumon en migration ne peut pas être exposé compte tenu du manque de preuves d'infection dans les fermes de la région (résultat d'échec), le nombre de réussites (s) sur un nombre donné d'essais (n) peut être estimé à l'aide du processus binomial (annexe F).

En moyenne, sur deux générations, les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser peuvent rencontrer des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *Y. ruckeri* dans la région des îles Discovery au cours de l'une des huit années. Cela suppose que lorsqu'une ferme est contaminée, le saumon rouge choisit les voies qui passent par les fermes contaminées. La probabilité qu'une exposition, mais pas nécessairement une infection, se produise pendant au moins quatre années consécutives sur deux générations (huit ans) est de 0,006 % (voir l'annexe D). Les adultes ne devraient pas être exposés (voir la section 4.2.2.2).

Malgré l'exposition potentielle sur deux générations, l'évaluation de la probabilité a conclu qu'il était extrêmement improbable que le saumon rouge du fleuve Fraser soit contaminé par *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques de gestion actuelles.

4.3 HYPOTHÈSES

- Il n'y a pas de corrélation entre la mortalité due à la maladie bactérienne de la bouche rouge et la mortalité marine due à d'autres sources chez le saumon rouge, c'est-à-dire que le taux de mortalité marine est le même chez les poissons contaminés et non contaminés.
- Lorsqu'une ferme est contaminée, le saumon rouge utilise les voies qui passent par les fermes infectées.

4.4 AMPLEUR DES CONSÉQUENCES

La Figure 5 illustre les résultats potentiels de la propagation et de l'établissement résultant d'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser contaminé par la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique située dans la région des îles Discovery.

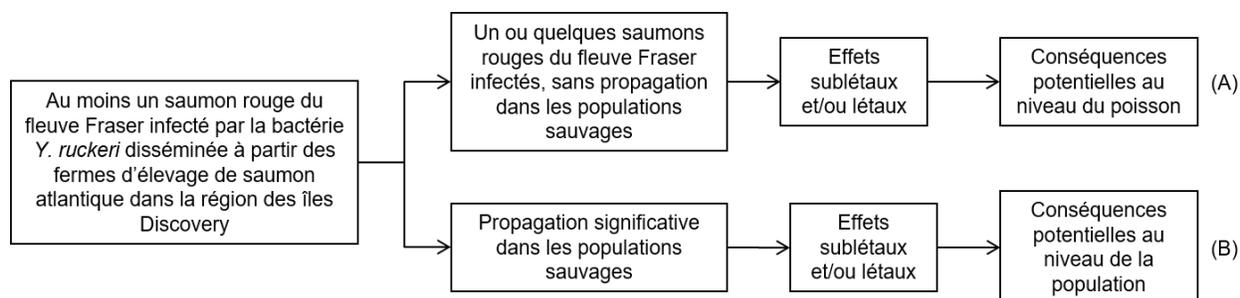


Figure 5. Résultats potentiels de l'infection d'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser par la bactérie *Yersinia ruckeri* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.

D'après les informations ci-dessus, la conclusion est qu'il serait déraisonnable de penser qu'il est possible d'atteindre une dose infectieuse minimale pour le saumon rouge attribuable aux fermes de la région des îles Discovery. Par conséquent, il n'y aurait aucun saumon rouge du fleuve Fraser contaminé, ou tout au plus très peu d'entre eux, pendant leur migration à travers la région des îles Discovery, ce qui aura des conséquences négligeables au niveau de la population. Le résultat B n'a donc pas été pris en considération. Si un ou quelques poissons sont contaminés, sans propagation dans la population, des effets sublétaux ou létaux pourraient avoir des conséquences au niveau du poisson (résultat A).

Nous avons évalué l'ampleur des conséquences potentielles de l'exposition à des saumons atlantiques contaminés par *Y. ruckeri* sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser, juvénile et adulte. Les cotes ont été déterminées en fonction des définitions des conséquences sur l'abondance (Tableau 3), des conséquences sur la diversité (Tableau 4) et de l'incertitude (Tableau 5).

La conclusion est que l'ampleur des conséquences potentielles sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser en montaison résultant d'une infection à la bactérie *Y. ruckeri* de saumons rouges du fleuve Fraser, juvéniles ou adultes, attribuable à une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery serait **négligeable** compte tenu des pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons. En effet, la maladie bactérienne de la bouche rouge est principalement une maladie de la truite d'eau douce et les infections du saumon atlantique dans les îles Discovery ne se propagent pas dans les fermes (c'est-à-dire qu'aucun événement lié à la santé des poissons et aucun épisode de mortalité n'a été signalé), et le saumon rouge du fleuve Fraser ne fait que traverser la région des îles Discovery. Cette conclusion est assortie d'une **certitude élevée** puisque la maladie bactérienne de la bouche rouge est principalement une maladie de la truite d'eau douce et étant donné l'abondance des données sur la présence de *Y. ruckeri* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique.

5 ESTIMATION DU RISQUE

5.1 ABONDANCE

Le risque posé pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser par les infections à la bactérie *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (Tableau 15) a été estimé selon la matrice combinant les résultats de l'évaluation de la probabilité et ceux de l'évaluation des conséquences pour l'abondance (Figure 3).

Tableau 15. Estimation du risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de la bactérie *Yersinia ruckeri* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles.

Groupe d'exposition	Évaluation de la probabilité	Évaluation des conséquences	Risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser
Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser	Extrêmement improbable	Négligeables	Minime
Saumon rouge adulte du fleuve Fraser	Extrêmement improbable		

La conclusion a été que selon les pratiques d'élevage actuelles, le risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser à la suite d'une infection par la bactérie *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery est **minime**.

5.2 DIVERSITÉ

Le risque posé pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser par les infections à la bactérie *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (Tableau 16) a été estimé selon la matrice de risque combinant les résultats de l'évaluation de la probabilité et ceux de l'évaluation des conséquences pour la diversité (Figure 4).

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

Groupe d'exposition	Évaluation de la probabilité	Évaluation des conséquences	Risque pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser
Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser	Extrêmement improbable	Négligeables	Minime
Saumon rouge adulte du fleuve Fraser	Extrêmement improbable		

La conclusion a été que selon les pratiques d'élevage actuelles, le risque pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser à la suite d'une infection par la bactérie *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery est **minime**.

6 SOURCES D'INCERTITUDE

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

Puisque *Y. ruckeri* est principalement un agent pathogène d'eau douce, les principales incertitudes de la présente évaluation du risque sont liées à l'évaluation de la probabilité :

- Il existe peu d'études sur la persistance, l'infectiosité et la virulence de *Y. ruckeri* dans l'eau de mer ou chez les salmonidés en phase marine.
- L'absence de taux d'excrétion chez les porteurs de *Y. ruckeri*, les poissons fortement contaminés et les saumons atlantiques malades dans l'eau de mer.
- Le manque de preuves que le saumon rouge peut développer la maladie bactérienne de la bouche rouge.

-
- Le manque d'études estimant les doses infectieuses ou létales de *Y. ruckeri* chez le saumon rouge dans l'eau douce ou l'eau de mer.

7 CONCLUSIONS

L'évaluation a permis de conclure que la bactérie *Y. ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery pose un risque minime pour l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser compte tenu des pratiques actuelles de gestion de la santé du poisson.

Deux facteurs principaux ont influencé l'attribution d'un risque minime. Tout d'abord, on a déterminé qu'il est extrêmement improbable que le saumon rouge du fleuve Fraser soit contaminé par la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique située dans la région des îles Discovery. Ensuite, même dans le cas extrêmement improbable où un saumon rouge du fleuve Fraser serait contaminé par la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, l'infection ne devrait pas se propager dans les populations sauvages, ce qui fait que l'ampleur des conséquences sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser serait négligeable.

La bactérie *Y. ruckeri* est considérée comme étant principalement un agent pathogène de la truite d'eau douce et, par conséquent, les principales sources d'incertitude de la présente évaluation des risques sont liées à son comportement dans l'eau de mer. Ces incertitudes comprennent le manque de connaissance des taux d'excrétion de *Y. ruckeri* chez le saumon atlantique sain et contaminé dans l'eau de mer, la sensibilité du saumon rouge, et les doses infectieuses ou létales de *Y. ruckeri* chez le saumon rouge dans l'eau douce ou de mer.

8 RÉFÉRENCES CITÉES

- Arkoosh, M. R., Clemons, E., Kagley, A. N., Stafford, C., Glass, A. C., Jacobson, K., Reno, P., Myers, M. S., Casillas, E., Loge, F., Johnson, L. L. and Collier, T. K. 2004. Survey of pathogens in juvenile salmon *Oncorhynchus* spp. migrating through Pacific Northwest estuaries. *J. Aquat. Anim. Health* 16(4): 186-196.
- Austin, B. and Austin, D. A. 2012. *Yersinia ruckeri*. In *Bacterial fish pathogens: disease of farmed and wild fish*. 5 ed. Springer. pp 267-278.
- Barnes, A. C. 2011. Enteric redmouth disease (ERM) (*Yersinia ruckeri*). In *Fish Diseases and Disorders*. Volume 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections. Woo, P. T. K. and Bruno, D. W. (eds.). 2nd ed., CAB International, Wallingford. 3: pp 484-511.
- Beacham, T. D., Beamish, R. J., Candy, J. R., Wallace, C., Tucker, S., Moss, J. H. and Trudel, M. 2014. Stock-specific migration pathways of juvenile sockeye salmon in British Columbia waters and in the Gulf of Alaska. *Trans. Am. Fish. Soc.* 143(6): 1386-1403.
- Brown, T. J., Kask, B. A., McAllister, C. D., Macdonald, J. S. and Levings, C. D. 1984. Salmonid catch-data from Campbell River and Discovery Passage, 1984. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* 497. iii + 79 p.
- Bullock, G. L., Stuckey, H. M. and Shotts, E. B. 1978. Enteric redmouth bacterium: comparison of isolates from different geographic areas. *J. Fish Dis.* 1(4): 351-356.
- Busch, R. A. 1973. The serological surveillance of salmonid populations for the presumptive evidence of specific disease association. Thesis University of Idaho, PhD Diss. 110 p.

-
- Carson, J. and Wilson, T. 2009. Yersiniosis in Fish. *In* Australia and New Zealand Standard Diagnostic Procedure. 1-19 p.
- CFIA. 2018. [Federally Reportable Aquatic Animal Diseases in Canada - 2018](#).
- 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.
- Coquet, L., Cosette, P., Junter, G.-A., Beucher, E., Saiter, J.-M. and Jouenne, T. 2002. Adhesion of *Yersinia ruckeri* to fish farm materials: influence of cell and material surface properties. *Colloids Surf. B. Biointerfaces* 26(4): 373-378.
- 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.
- Diler, O. and Ekici, S. 2003. The effect of variations in salinity and pH on the *in vitro* growth rate of *Yersinia ruckeri* strains. *S.D.Ü. Egirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi* (9): 63-70.
- 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.
- Fraser, D. I., Munro, P. D. and Smail, D. A. 2006. Disinfection guide version IV: practical steps to prevent the introduction and minimise transmission of diseases of fish. *In* Fisheries Research Services Internal Report No 13/06. Aberdeen, Scotland, UK. 25 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.
-

-
- Groot, C. and Cooke, K. 1987. Are the migrations of juvenile and adult Fraser River sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in near-shore waters related? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 96: 53-60.
- Hunter, V. A., Knittel, M. D. and Fryer, J. L. 1980. Stress-induced transmission of *Yersinia ruckeri* infection from carriers to recipient steelhead trout *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Dis. 3(6): 467-472.
- ISO. 2009. Risk management - Risk assessment techniques. In International Standard. IEC/FDIS 31010. 90 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.
- Johnson, B. 2016. Development and evaluation of a new method for assessing migration timing of juvenile Fraser River sockeye salmon in their early marine phase. Undergraduate Thesis. University of Northern British Columbia. 33 p.
- Karatas, S., Candan, A. and Demircan, D. 2004. Enteric redmouth disease in cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the Black Sea coast of Turkey. Isr. J. Aquac. 56(3): 226-231.
- Kumar, G., Menanteau-Ledouble, S., Saleh, M. and El-Matbouli, M. 2015. *Yersinia ruckeri*, the causative agent of enteric redmouth disease in fish. Vet. Res. 46: 103.
- Levings, C. D. and Kotyk, M. 1983. Results of two boat trawling for juvenile salmonids in Discovery Passage and nearby channels, Northern Strait of Georgia. Can. Man. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 1730. 55 p.
- 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.
- Meyers, T., Burton, T., Bentz, C. and Starkey, N. 2008. Common diseases of wild and cultured fishes in Alaska. Alaska Department of Fish and Game. Fish Pathology Laboratories. 112 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. 2018a. [Épisodes de mortalité dans des sites de piscicultures marine de la Colombie-Britannique 2011 et en cours](#). Pêches et Océans Canada.
- MPO. 2018b. [Événements liés à la santé du poisson signalés sur des sites de pisciculture marine de la Colombie-Britannique 2016 et en cours](#). Pêches et Océans Canada.
- MPO. 2018c. [Résultats des vérifications de la santé du poisson effectuées par le MPO pour chaque installation des sites d'aquaculture de poissons marins de la Colombie-Britannique](#). Pêches et Océans Canada.
-

-
- 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.
- Neville, C. M., Trudel, M., Beamish, R. J. and Johnson, S. C. 2013. The early marine distribution of juvenile sockeye salmon produced from the extreme low return in 2009 and the extreme high return in 2010. North Pacific Anadromous Fish Commission 9: 65-68.
- 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.
- Rechisky, E. L., Stevenson, C., Porter, A. D., Welch, D. W., Furey, N. B., Healy, S., Johnston, S. and Hinch, S. G. 2018. Telemetry-based estimates of early marine survival and residence time of juvenile sockeye salmon in the Strait of Georgia and Queen Charlotte Strait, 2017. *In* State of the physical, biological and selected fishery resources of Pacific Canadian marine ecosystems in 2017. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3266. viii + 245 p.
- Rodgers, C. J. 1992. Development of a selective-differential medium for the isolation of *Yersinia ruckeri* and its application in epidemiological studies. J. Fish Dis. 15(3): 243-254.
- Romalde, J. L., Magarinos, B., Pazos, F., Silva, A. and Toranzo, A. E. 1994. Incidence of *Yersinia ruckeri* in two farms in Galicia (NW Spain) during a one-year period. J. Fish Dis. 17(5): 533-539.
- Ross, A. J., Rucker, R. R. and Ewing, W. H. 1966. Description of a bacterium associated with redmouth disease of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Can. J. Microbiol. 12(4): 763-770.
- 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.
- Thorsen, B. K., Enger, O., Norland, S. and Hoff, K. A. 1992. Long-term starvation survival of *Yersinia ruckeri* at different salinities studied by microscopical and flow cytometric methods. Appl. Environ. Microbiol. 58(5): 1624-1628.
- Tobback, E., Decostere, A., Hermans, K., Haesebrouck, F. and Chiers, K. 2007. *Yersinia ruckeri* infections in salmonid fish. J. Fish Dis. 30(5): 257-268.
- 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. 2019. [Caractérisation de la bactérie *Yersinia ruckeri* et de la maladie bactérienne de la bouche rouge pour informer les évaluations des risques de transfert d'agents pathogènes en Colombie-Britannique](#). Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2019/022. v + 29. p.

9 ANNEXES

9.1 ANNEXE A : PROGRAMME DE VÉRIFICATION ET DE SURVEILLANCE DE LA SANTÉ DES POISSONS

La présente section résume les diagnostics de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme, basés sur les vérifications, dans les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, ce qui comprend toutes les fermes de la zone de surveillance de la santé des poissons 3-2 et trois de la zone 3-3 (Hardwicke, Althorpe, pointe Shaw).

Entre 2004 et 2016, 14 fermes ont été empoissonnées en moyenne par an, varient de huit en 2013 à dix-huit en 2009 (Tableau 17). Entre 2002 et 2016, 245 vérifications ont été réalisées. De 2004 à 2011, entre 25 et 88 % des fermes ont fait l'objet d'une vérification annuelle. De 2012 à 2016, la plupart des fermes actives ont fait l'objet d'une vérification chaque année (80 à 100 %).

Entre 2002 et 2016, un diagnostic de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme, basé sur une vérification, a été déclaré dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

Tableau 17. Résumé des fermes d'élevage de saumon atlantique actives, du nombre de vérifications effectuées et de diagnostics de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme, dans les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery (zone de surveillance de la santé des poissons 3-2 et trois fermes à proximité dans la zone de surveillance de la santé des poissons 3-3), entre 2002 et 2016. Le nombre de fermes est le nombre total de fermes d'élevage de saumon atlantique ayant des poissons sur place à un moment quelconque de l'année. Sources : MPO (2018c), données fournies par la Division de la gestion de l'aquaculture du MPO et la BC Salmon Farmers Association. S. O. : données non disponibles.

Année	Nombre de fermes	Nombre de vérifications	Nombre de fermes ayant fait l'objet d'une vérification	Pourcentage de fermes ayant fait l'objet d'une vérification	Nombre de vérifications ayant donné lieu à des diagnostics de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme	Nombre de fermes ayant reçu un diagnostic de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme
2002	S. O.	3	3	S. O.	0	0
2003	S. O.	10	4	S. O.	0	0
2004	14	13	9	64	0	0
2005	15	18	11	73	0	0
2006	16	19	12	75	0	0
2007	16	24	13	81	0	0
2008	17	28	15	88	0	0
2009	18	23	14	78	0	0
2010	16	4	4	25	0	0
2011	17	13	8	47	1	1
2012	13	23	12	93	0	0
2013	8	12	7	88	0	0
2014	10	16	8	80	0	0
2015	10	18	9	90	0	0
2016	11	21	11	100	0	0
Total	---	245	---	---	1	1

La détection de *Y. ruckeri* en l'absence d'autres preuves de la maladie n'est pas suffisante pour déclencher un diagnostic de la maladie bactérienne de la bouche rouge au niveau de la ferme. Par conséquent, outre les diagnostics au niveau de la ferme, de faibles niveaux de *Y. ruckeri* peuvent être présents dans les populations d'élevage et ceux-ci ne sont détectables qu'à l'aide de méthodes de diagnostic sensibles.

Les données de la province de la Colombie-Britannique et du PVSSP du MPO concernant les fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery entre 2002 et 2016, qui documentent les résultats indiquant une infection par *Y. ruckeri*, sont résumées dans le Tableau 17. Depuis 2002, un diagnostic de la maladie bactérienne de la bouche rouge a été prononcé en 2011 dans une ferme de Venture lors de sa seule vérification cette année-là (en mai). La vérification a permis de confirmer l'infection par *Y. ruckeri* à Hardwicke en 2006 (vérification de novembre; dans trois des quatorze échantillons), à Sonora/Okisollo en 2007 (vérification de mars; dans un des douze échantillons) et dans le bras Phillips en 2014 (vérification de décembre; dans le seul échantillon prélevé). Les vérifications n'ont pas permis de détecter la bactérie entre 2001 et 2005, en 2008 et en 2010, ni en 2012, 2013, 2015 et 2016.

Tableau 18. Résultats du programme vérifications de la santé des poissons (PVSSP) effectuées par la province (2002-2010) et le Pêches et Océans Canada (MPO) [2011-2016] dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery où Yersinia ruckeri ou la maladie bactérienne de la bouche rouge ont été détectées. Des tests de détection de Y. ruckeri par bactériologie et histopathologie ont été effectués sur toutes les carcasses collectées dans le cadre du PVSSP du MPO (2011-2016). Sources : MPO (2018c), données fournies par la Division de la gestion de l'aquaculture du MPO et la BC Salmon Farmers Association.

Année	Nom de la ferme	Nombre de vérifications	Nombre de carcasses évaluées	Nombre de poissons chez lesquels <i>Y. ruckeri</i> a été isolée par culture	Nombre de poissons diagnostiqués par histologie	Diagnostic au niveau de la ferme
2006	Hardwicke	1	14	3	2	Ouvert
2007	Sonora/Okisollo	3	29	1	0	Première et deuxième vérifications : pourriture de la bouche; troisième vérification : ouvert
2011	Venture	1	10	4	0	Maladie bactérienne de la bouche rouge aiguë (pourriture de la bouche également présente, mais non significative au niveau de la population)
2014	Phillips Arm	2	4	1	0	Première et deuxième vérifications : aucune maladie significative au niveau de la population

9.2 ANNEXE B : SURVEILLANCE ET DÉPISTAGE PAR L'INDUSTRIE

Les trois entreprises qui élèvent des saumons atlantiques dans des parcs en filet dans la région des îles Discovery effectuent un dépistage et des tests bactériologiques dans le cadre de leurs procédures de gestion de la santé du poisson. Toutes les entreprises utilisent des milieux de gélose trypticase – soya (TSA) pour cultiver et isoler des agents pathogènes bactériens non exigeants (notamment *Y. ruckeri*) à partir de tissus rénaux et d'autres tissus prélevés sur des poissons moribonds ou morts récemment. Des milieux de gélose au sang sont également utilisés. D'autres procédures internes (sous-cultures bactériennes, coloration de Gram et tests biochimiques) peuvent être effectuées au besoin pour une identification présomptive. L'identification définitive est fournie par un laboratoire de référence qui utilise des tests biochimiques ou moléculaires (PCR) supplémentaires.

Le Tableau 19. résume le dépistage et les détections de *Y. ruckeri* dans des échantillons prélevés par l'industrie lors de contrôles sanitaires de routine, de dépistage des géniteurs élevés dans des parcs en filet marins, d'enquêtes sur les taux de mortalité élevés, et dans le cadre d'évaluations de la santé des poissons pour des projets de recherche et développement. Une seule ferme a reçu une détection positive pour *Y. ruckeri* entre 2011 et 2017 dans la région des îles Discovery. Le diagnostic présumé de *Y. ruckeri* est basé sur des cultures bactériologiques de reins (avec ou sans tissus supplémentaires) dans des milieux TSA, suivies d'un isolement bactérien et d'essais (coloration de Gram [-], cytochrome oxydase [-]). L'identification définitive de l'agent pathogène est effectuée par un laboratoire de référence.

Tableau 19. Résumé des résultats du dépistage par l'industrie de *Yersinia ruckeri* par culture bactériologique entre 2011 et 2017 dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

Année	Nombre de visites de sites avec		Nombre de fermes avec	
	au moins un échantillon positif pour <i>Y. ruckeri</i>	des tests de dépistage de <i>Y. ruckeri</i>	au moins un échantillon positif pour <i>Y. ruckeri</i>	des tests de dépistage de <i>Y. ruckeri</i>
2011	0	16	0	10
2012	0	14	0	6
2013	0	6	0	5
2014	1	29	1	7
2015	0	9	0	6
2016	0	64	0	11
2017	0	44	0	10

9.3 ANNEXE C : ESTIMATION DE LA PROPORTION DE LA POPULATION POTENTIELLEMENT EXPOSÉE

La présente annexe détaille l'estimation de la proportion de la population de saumon rouge juvénile du fleuve Fraser qui pourrait se trouver dans la région des îles Discovery pendant la même période que celle où les infections à *Y. ruckeri* ont été signalées dans des fermes d'élevage de saumon atlantique.

Ces estimations supposent que les poissons migrateurs rencontreront une ou des fermes contaminées, c'est-à-dire que les poissons emprunteront les voies sur lesquelles celles-ci se trouvent. Cependant, étant donné qu'il existe des itinéraires à travers la région des îles Discovery où il n'y a pas de ferme d'élevage de saumon atlantique, et que l'emplacement et le nombre des fermes contaminées simultanément seront des aspects critiques pour évaluer

l'exposition réelle aux fermes contaminées, l'analyse suivante fournit une surestimation de la proportion de la population exposée pendant les périodes où des infections à *Y. ruckeri* ou la maladie bactérienne de la bouche rouge ont été détectées dans une ou plusieurs fermes.

9.3.1 Juvéniles

La proportion de saumons rouges juvéniles qui pourraient être exposés à des fermes contaminées par *Y. ruckeri* dans la région des îles Discovery pendant leur migration a été estimée en fonction des éléments suivants :

- La période de la dévalaison des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser.
- Le nombre pondéré de mois pour lesquels on dispose de preuves de l'infection par *Y. ruckeri* et pendant lesquels les juvéniles pourraient se trouver dans les environs des fermes contaminées, chaque année, entre 2002 et 2017.

Les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser de type lacustre ont tendance à migrer par les îles Discovery de la mi-mai à la mi-juillet, avec un pic de prises entre le début et le milieu du mois de juin (Grant *et al.*, 2018). Nous avons utilisé les données brutes d'une étude sur trois ans (2014-2016) de la dévalaison du saumon rouge du fleuve Fraser, menée par Freshwater *et al.* (2019) de la mi-mai à la mi-juillet, pour calculer la distribution temporelle des juvéniles capturés autour de la région des îles Discovery. Selon cet ensemble de données, 30 %, 62 % et 8 % des juvéniles ont été capturés en mai, juin et juillet, respectivement, ce qui concorde avec d'autres études indiquant que le pic de migration du saumon rouge du fleuve Fraser se produit en juin dans la région des îles Discovery (Neville *et al.*, 2016; Grant *et al.*, 2018).

Ces trois pourcentages ont ensuite été appliqués comme pondérations de la fréquence (c'est-à-dire multipliés par) à chaque état d'infection mensuel correspondant au cours d'une année donnée, entre 2002 et 2017 (Tableau 20). Par exemple, en 2011, comme des fermes étaient contaminées en mai, la pondération respective était de 30 %, mais il n'y a pas eu d'infection en juin et en juillet (zéro). La somme des trois mois pondérés a donc donné une estimation de 30 % en ce qui concerne la proportion de jeunes qui auraient pu être exposés cette année-là.

Tableau 20. Estimation de la proportion de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser de type lacustre qui auraient pu être exposés à une ferme d'élevage de saumon atlantique contaminée par *Yersinia ruckeri* lors de leur migration à travers la région des îles Discovery entre 2002 et 2017. La présence (1) ou l'absence (0) d'infection dans les fermes sont la représentation binaire des données du Tableau 11. La présence/absence pondérée est la présence/absence multipliée par la distribution temporelle estimée des juvéniles dans la zone des îles Discovery (30 % pour mai, 62 % pour juin et 8 % pour juillet). La proportion de juvéniles potentiellement exposés est la somme des présences/absences pondérées (de mai à juillet).

Année	Présence (1)/absence (0)			Présence/absence pondérée			Proportion de juvéniles potentiellement exposés
	Mai	Juin	Juillet	Mai	Juin	Juillet	
2002	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2003	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2005	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2007	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2009	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2010	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2011	1	0	0	0,30	0,00	0,00	0,30
2012	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2013	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2015	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2016	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2017	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Compte tenu des preuves de la présence de *Y. ruckeri* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery et de la distribution de fréquence pondérée fondée sur la période de la migration, la proportion de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser qui aurait pu se trouver dans la région des îles Discovery lorsque la bactérie *Y. ruckeri* était disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique entre 2002 et 2017 dans cette région variait entre 0 et 30 % (médiane = 0 % et moyenne = 2 %) [Tableau 20].

Toutefois, dans l'évaluation des conséquences, il faut omettre les années sans preuve de l'infection (15 ans au total) étant donné l'hypothèse selon laquelle au moins un poisson migrateur a été contaminé par la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir d'une ou plusieurs fermes contaminées. Il n'y a qu'une seule année où l'on dispose de preuves de l'infection par *Y. ruckeri* pendant la dévalaison des juvéniles dans la région entre 2002 et 2017. Pendant cette période, la proportion de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser qui auraient pu se trouver dans la région des îles Discovery lorsque la bactérie *Y. ruckeri* était disséminée par les fermes d'élevage de saumon atlantique était de 30 %. Cette estimation repose sur les preuves de la présence de *Y. ruckeri* résumées dans le Tableau 11.

9.3.2 Adultes

Étant donné l'absence de chevauchement temporel historique la montaison des adultes et les preuves de la présence de *Y. ruckeri* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery, la proportion des adultes migrateurs pouvant être exposés est nulle.

9.4 ANNEXE D : EXPOSITION SUR DEUX GÉNÉRATIONS

Nous avons estimé l'exposition potentielle des populations de saumon rouge du fleuve Fraser à des fermes de saumon atlantique contaminées par *Y. ruckeri* sur deux générations (huit ans pour le saumon rouge du fleuve Fraser) pour explorer les possibles effets sur la diversité.

Il y a deux résultats d'exposition possibles au cours d'une année donnée pour le saumon rouge du fleuve Fraser pendant sa migration : le saumon migrateur peut être exposé (résultat de réussite) ou non (résultat d'échec). Compte tenu de ces deux résultats possibles, le nombre de réussites (s) sur un nombre donné d'essais (n) peut être estimé à l'aide du processus binomial.

L'évaluation de l'exposition a permis de déterminer qu'entre 2002 et 2017, la présence de *Y. ruckeri* ou de la maladie bactérienne de la bouche rouge a été déclarée une année (juvéniles) et aucune année (adultes) pendant les mois où des saumons rouges du fleuve Fraser devaient se trouver dans la région des îles Discovery (Tableau 11). En d'autres termes, pour une année donnée, la probabilité que des juvéniles se trouvent dans les îles Discovery en même temps qu'une ferme est contaminée par *Y. ruckeri* est, en moyenne, de 6,25 % (1/16). De même, pour une année donnée, la probabilité que des adultes se trouvent dans la région des îles Discovery en même temps qu'une ferme est contaminée par *Y. ruckeri* est nulle (0/16).

En supposant que (i) la probabilité d'exposition chaque année est indépendante de la précédente et (ii) que la probabilité d'exposition est constante chaque année, une distribution binomiale a été calculée dans R avec les paramètres d'entrée suivants :

- Probabilité de réussite (P) = 0,0625 pour les juvéniles.
- Nombre d'essais (n) = 8 ans, représentant deux générations de saumon rouge du fleuve Fraser.

9.4.1 Juvéniles

La possibilité que des juvéniles se trouvent dans la région des îles Discovery en même temps qu'une infection par *Y. ruckeri* se produit dans une ferme d'élevage de saumon atlantique, d'après le processus binomial expliqué ci-dessus, est la suivante :

- En moyenne, 0,5 année sur les 8 années (moyenne = $n \times P = 8 \times (1/16) = 0,5$, avec $ET = \sqrt{n \times p \times (1 - p)} = 0,68$).
- La Figure 6 indique la distribution de probabilité binomiale cumulative complémentaire, à partir de laquelle la probabilité d'exposition au cours d'un nombre minimal d'années est illustrée. Par exemple, la probabilité que les juvéniles soient exposés au moins deux ans sur huit est de 8 %, alors que la probabilité qu'ils soient exposés au moins cinq ans sur huit est presque nulle, etc.
- Sur une génération (quatre ans), la probabilité d'exposition pendant quatre années consécutives est de 0,0015 % ($P^4 = 0,0625^4 = 0,000015$).
- Sur deux générations, la probabilité d'exposition pendant au moins quatre années consécutives sur huit est déterminée par la somme des produits des probabilités d'exposition sur au moins quatre ans et des probabilités que ces années soient consécutives. Ainsi, la probabilité que des juvéniles soient exposés à la bactérie *Y. ruckeri* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées dans la région des îles Discovery pendant au moins quatre années consécutives sur deux générations est de 0,006 % (voir le Tableau 21.).

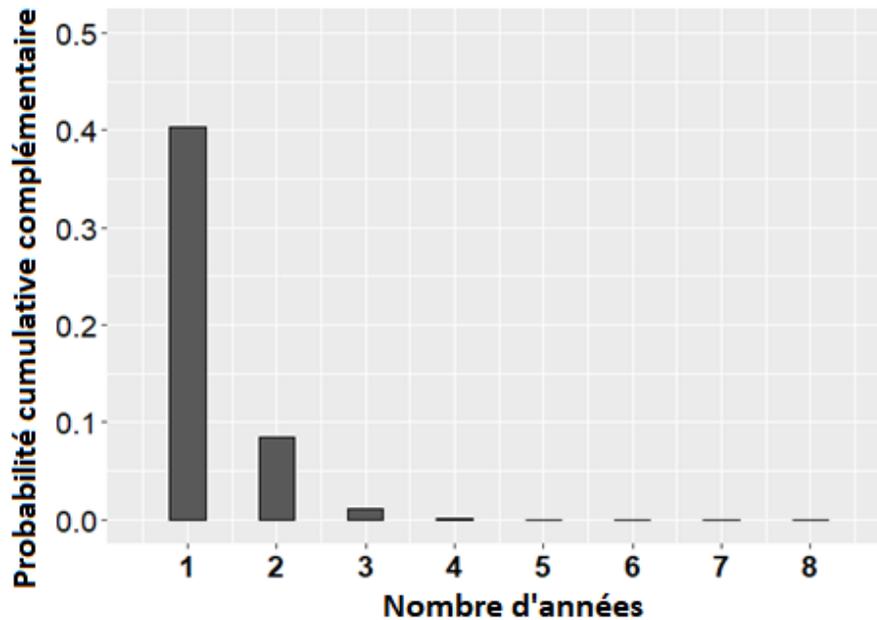


Figure 6. Distribution de probabilité cumulative complémentaire de l'exposition potentielle des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser à des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *Yersinia ruckeri* dans la région des îles Discovery sur une période de huit ans.

Tableau 21. Probabilité d'exposition des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser à la bactérie *Yersinia ruckeri* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery pendant au moins quatre années consécutives sur une période représentant deux générations (huit ans). La probabilité d'exposition repose sur un processus binomial qui suppose que la probabilité de réussite (P) d'un essai individuel (année) est de 0,0625 et que le nombre d'essais (n) est de huit.

(a) Nombre de réussites (x) : nombre d'années avec exposition	(b) Nombre d'essais (n) : nombre d'années pour deux générations	(c) Probabilité binomiale : $P(X = x)$ (exactement x réussites dans n essais)	(d) Nombre de combinaisons consécutives de x dans n *	(e) Nombre de combinaisons distinctes de x dans n **	(f) Probabilité d'avoir exactement x années consécutives en n années ($c \times d / e$)
4	8	$8,3 \times 10^{-4}$	5	70	$5,9 \times 10^{-5}$
5	8	$4,4 \times 10^{-5}$	4	56	$3,1 \times 10^{-6}$
6	8	$1,5 \times 10^{-6}$	3	28	$1,6 \times 10^{-7}$
7	8	$2,8 \times 10^{-8}$	2	8	$7,0 \times 10^{-9}$
8	8	$2,3 \times 10^{-10}$	1	1	$2,3 \times 10^{-10}$
Probabilité d'au moins quatre années consécutives en deux générations (huit ans)					$6,2 \times 10^{-5}$

* Par exemple, avec $x = 4$ et $n = 8$: 1-2-3-4; 2-3-4-5; 3-4-5-6; 4-5-6-7; et 5-6-7-8.

** Par exemple, avec $x = 4$ et $n = 8$: 1-2-3-4; 1-2-3-5; 2-4-6-7; 4-5-7-8; ...; pour un total de 70 combinaisons.

9.4.2 Adultes

Comme il est démontré ci-dessus, la probabilité que des adultes se trouvent dans la région des îles Discovery en même temps qu'une infection à *Y. ruckeri* se produit dans une ferme d'élevage de saumon atlantique, et donc qu'ils puissent être exposés à une ferme contaminée par *Y. ruckeri*, est nulle (0/16).