



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 2019/019

Région de la capitale nationale

Évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser attribuable au transfert de la bactérie *Renibacterium salmoninarum* 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, G. Malcolm¹, M.G.G. Foreman⁵, P.C. Chandler⁵, D. Wan⁵, K.A. Garver³, C. Holt³, I.J. Burgetz¹ et G.J. Parsons¹

¹ Pêches et Océans Canada
Division des sciences de l'aquaculture, de la biotechnologie
et de la santé des animaux aquatiques
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

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

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

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

⁵ Pêches 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., Malcolm, G., Foreman, M.G.G., Chandler, P.C., Wan, D., 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 *Renibacterium salmoninarum* 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. 2019/019. x + 72 p.

Also available in English :

Mimeault, C., Wade, J., Boily, F., Johnson, S., Jones, S.R.M., Aubry, P., Malcolm, G., Foreman, M.G.G., Chandler, P.C., Wan, D., Garver, K.A., Holt, C., Burgetz, I.J. and Parsons, G.J. 2020. Assessment of the risk to Fraser River Sockeye Salmon due to Renibacterium salmoninarum transfer from Atlantic Salmon farms in the Discovery Islands area, British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2019/019. ix + 63 p.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX.....	v
LISTE DES FIGURES.....	vii
GLOSSAIRE.....	viii
RÉSUMÉ.....	x
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 Question.....	10
3.1.2 Considérations.....	10
3.1.3 Hypothèses.....	19
3.1.4 Probabilité d'infection à une ferme.....	19
3.2 ÉVALUATION DE LA DISSÉMINATION.....	20
3.2.1 Question.....	20
3.2.2 Considérations.....	20
3.2.3 Hypothèses.....	22
3.2.4 Probabilité de dissémination.....	22
3.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION.....	23
3.3.1 Question.....	23
3.3.2 Considérations.....	23
3.3.3 Hypothèses.....	29
3.3.4 Probabilité d'exposition.....	29
3.4 ÉVALUATION DE L'INFECTION.....	31
3.4.1 Question.....	31
3.4.2 Considérations.....	32
3.4.3 Hypothèses.....	37
3.4.4 Probabilité d'infection.....	37
3.5 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ GLOBALE.....	38
4 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES.....	39
4.1 QUESTION.....	40
4.2 CONSIDÉRATIONS.....	40

4.2.1	Dynamique de l'infection par <i>Renibacterium salmoninarum</i>	40
4.2.2	Prévalence de l'infection dans les populations de salmonidés sauvages du Pacifique	40
4.2.3	Mortalité liée à la maladie bactérienne du rein chez le saumon rouge sauvage ...	41
4.2.4	Infections subcliniques à <i>Renibacterium salmoninarum</i>	42
4.2.5	Estimation de la densité du saumon rouge du fleuve Fraser	42
4.2.6	Estimation de la proportion potentiellement exposée à des fermes contaminées ..	43
4.2.7	Estimations de l'exposition sur deux générations	45
4.3	HYPOTHÈSES	45
4.4	AMPLEUR DES CONSÉQUENCES	45
4.4.1	Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser	46
4.4.2	Saumon rouge adulte du fleuve Fraser	47
4.4.3	Autres espèces sensibles de saumon du Pacifique	48
5	ESTIMATION DU RISQUE	48
5.1	ABONDANCE	48
5.2	DIVERSITÉ	49
6	SOURCES D'INCERTITUDE	49
6.1	ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ	50
6.2	ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES	50
7	CONCLUSIONS	50
8	RÉFÉRENCES CITÉES	51
9	ANNEXES	57
9.1	ANNEXE A : PROGRAMME DE VÉRIFICATION ET DE SURVEILLANCE DE LA SANTÉ DU POISSON	57
9.2	ANNEXE B : ÉVÉNEMENTS LIÉS À LA SANTÉ DES POISSONS	62
9.3	ANNEXE C : SURVEILLANCE ET DÉTECTIONS PAR L'INDUSTRIE	63
9.4	ANNEXE D : PROPORTION DE LA POPULATION	64
9.4.1	Juveniles	64
9.4.2	Adultes	67
9.5	ANNEXE E : EXPOSITION SUR DEUX GÉNÉRATIONS	69
9.5.1	Approche du processus binomial	69
9.5.2	Méthode de simulation	72

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 dans lesquelles on a trouvé des preuves d'infection par <i>Renibacterium salmoninarum</i> ou de maladie bactérienne du rein (MBR), résumé par année.	18
Tableau 8. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que des saumons atlantiques d'élevage contaminés par <i>Renibacterium salmoninarum</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.	19
Tableau 9. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que <i>Renibacterium salmoninarum</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.	22
Tableau 10. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery dans lesquelles on a trouvé des preuves de <i>Renibacterium salmoninarum</i> ou de maladie bactérienne du rein (MBR), résumé par mois.	28
Tableau 11. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery dans lesquelles on a trouvé des preuves de <i>Renibacterium salmoninarum</i> ou de maladie bactérienne du rein (MBR), résumé par année.	29
Tableau 12. Facteurs contributifs ou limitatifs de la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser et les autres espèces sensibles de saumons du Pacifique soient exposés à la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</i> disséminée à partir de fermes contenant des saumons atlantiques contaminés ou malades dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques d'élevage actuelles.	30
Tableau 13. Facteurs contributifs et limitatifs de la probabilité que des saumons rouges du fleuve Fraser et d'autres espèces sensibles de saumon du Pacifique soient contaminés par la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</i> disséminée à partir des fermes d'élevage contenant des saumons atlantiques contaminés dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques actuelles en matière de gestion de la santé du poisson.	37
Tableau 14. Résumé des cotes de probabilité et d'incertitude dans le cadre de l'évaluation du risque posé par <i>Renibacterium salmoninarum</i>	39
Tableau 15. Estimation du risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</i> provenant des fermes d'élevage de	

saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles de gestion des fermes.....	49
Tableau 16. Estimation du risque pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</i> provenant des fermes de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles de gestion des fermes.	49
Tableau 17. Résumé des fermes d'élevage de saumon atlantique actives, du nombre de vérifications effectuées et de diagnostics de maladie bactérienne du rein (MBR) au niveau de la ferme fondés sur des vérifications dans les fermes 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.	57
Tableau 18. Résultats du programme vérifications de la santé des poissons (PVSSP) [2002 à 2016] menées dans les fermes de saumon atlantique de la région des îles Discovery où l'on a détecté la présence de la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</i> ou de la maladie bactérienne du rein (MBR).....	60
Tableau 19. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique actives dans la région des îles Discovery et d'événements liés à la santé des poissons (ESP) attribués à la maladie bactérienne du rein (MBR) de 2002 à 2017.....	62
Tableau 20. Résumé des détections de la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</i> et des diagnostics de maladie bactérienne du rein (MBR) par l'industrie entre 2011 et 2017 dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.....	64
Tableau 21. Estimation de la proportion de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser de type lacustre qui auraient pu être exposés à une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par <i>Renibacterium salmoninarum</i> lors de leur migration à travers la région des îles Discovery entre 2002 et 2017.....	66
Tableau 22. Estimation de la proportion de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui auraient pu être exposés à une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par <i>Renibacterium salmoninarum</i> lors de leur migration à travers la région des îles Discovery entre 2002 et 2017.	68
Tableau 23. Probabilité d'exposition des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser à la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</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).	70
Tableau 24. Probabilité d'exposition des saumons rouges adultes du fleuve Fraser à la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</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).	72
Tableau 25. Comparaison des estimations de l'exposition d'après le processus binomial et la méthode bootstrap (1 000 et 10 000 itérations).....	72

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Emplacement des fermes de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (zone 3-2 et trois fermes dans la zone 3-3) inclus dans la présente évaluation des risques.	3
Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</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 sur 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 sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.	9
Figure 5. Estimation de la concentration maximale de <i>Renibacterium salmoninarum</i> dans l'eau (UFC/m ³) dans une ferme d'élevage de saumon atlantique contaminée dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique.	36
Figure 6. Résultats potentiels de l'infection d'au moins un poisson sauvage sensible par la bactérie <i>Renibacterium salmoninarum</i> disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.	46
Figure 7. 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>Renibacterium salmoninarum</i> dans la région des îles Discovery sur une période de huit ans.	70
Figure 8. Distribution de probabilité cumulative complémentaire de l'exposition potentielle des saumons rouges adultes du fleuve Fraser à des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par <i>Renibacterium salmoninarum</i> dans la région des îles Discovery sur une période de huit ans.	71

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.

Éclosion : 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) : 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.

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.

Période d'incubation : Période entre l'infection et l'apparition des signes cliniques.

Période infectieuse : Période pendant laquelle les individus sont infectieux (c'est-à-dire qu'ils excrètent des organismes viables).

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.

Subclinique : Signes insuffisants pour causer une maladie classique identifiable.

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 *Renibacterium salmoninarum* présente dans les fermes d'élevage de saumons atlantiques situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique, selon les pratiques d'élevage actuelles. L'évaluation des risques a été réalisée en trois grandes étapes : premièrement, une évaluation de la probabilité qui comporte quatre étapes d'évaluation consécutives (contamination de la ferme, dissémination des agents pathogènes, exposition des poissons sensibles et infection des poissons sensibles); deuxièmement, une évaluation des conséquences; et troisièmement, une estimation du risque qui combine les deux premières étapes.

La bactérie *R. salmoninarum*, l'agent causal de la maladie bactérienne du rein, est endémique en Colombie-Britannique, où elle a été détectée chez le saumon sauvage et d'élevage. Selon les preuves de l'infection et de la présence de la maladie dans les fermes d'élevage de saumon atlantique entre 2002 et 2017, il est très probable, avec un degré de certitude raisonnable, que les saumons atlantiques élevés dans la région des îles Discovery soient contaminés par *R. salmoninarum* au cours d'une année compte tenu des pratiques d'élevage actuelles. Bien que les taux d'excrétion des saumons atlantiques contaminés par *R. salmoninarum* n'aient pas été quantifiés, il est extrêmement probable, avec une certitude élevée, que la bactérie *R. salmoninarum* soit libérée par les saumons atlantiques contaminés, car elle est naturellement excrétée par le corps dans le milieu environnant. Compte tenu du chevauchement temporel des infections par *R. salmoninarum* dans les fermes et de la migration des saumons rouges du fleuve Fraser à travers la région des îles Discovery, il est très probable, avec une certitude raisonnable, qu'au moins un juvénile et un adulte en montaison seront exposés au cours d'une année donnée. Toutefois, dans le cadre d'une telle exposition, il est extrêmement improbable, avec une incertitude raisonnable, que des juvéniles ou des adultes soient contaminés, car la concentration estimée de *R. salmoninarum* dans l'eau des fermes d'élevage de saumon atlantique correspond à environ 1/125 de la plus faible dose reconnue comme ayant causé l'infection chez le saumon chinook (*O. tshawytscha*). Dans l'ensemble, la conclusion a été qu'il est extrêmement improbable que des saumons rouges du fleuve Fraser soient contaminés par la bactérie *R. salmoninarum* rejetée par les fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery selon les pratiques actuelles.

Avec une incertitude raisonnable, il a été déterminé que l'ampleur des répercussions potentielles sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser est négligeable pour les juvéniles et les adultes, étant donné qu'une infection acquise au stade juvénile ne devrait pas se propager et qu'une infection acquise au stade adulte ne devrait pas se développer avant d'atteindre les frayères.

Dans l'ensemble, l'évaluation a permis de conclure que la présence de la bactérie *R. salmoninarum* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery présente un risque minime pour l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser compte tenu des pratiques d'élevage actuelles. 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, 2012a).

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 *Renibacterium salmoninarum*, l'agent responsable de la maladie bactérienne du rein, 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 étant donné que la maladie bactérienne du rein a été déclarée au niveau de fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

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, 2012a), 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 *R. salmoninarum* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.

2.2.2 Caractérisation du danger

Rhodes et Mimeault (2019) ont examiné les caractéristiques pertinentes de *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein (par exemple, répartition de l'agent pathogène, virulence, survie dans l'environnement, espèces sensibles, taux d'excrétion chez le saumon atlantique, doses infectieuses chez le saumon du Pacifique) et ont relevé les lacunes dans les connaissances pertinentes pour la présente évaluation du risque. L'examen comprend un sommaire de la présence de *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique. Le présent document donne aussi d'autres détails propres aux fermes 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.

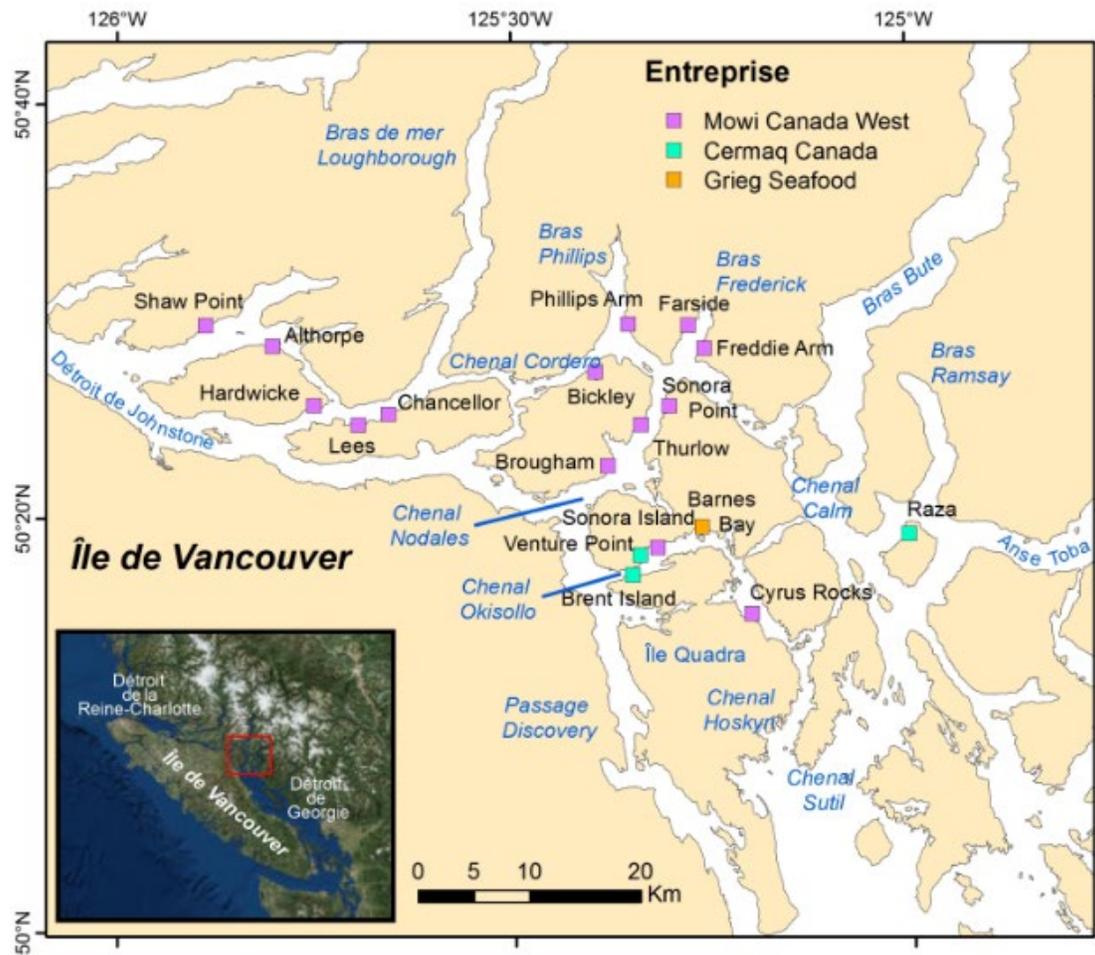


Figure 1. Emplacement des fermes de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (zone 3-2 et trois fermes dans la zone 3-3) inclus dans la présente évaluation des risques. La taille des symboles pour les fermes aquacoles n'est pas à l'échelle. L'encart illustre l'emplacement de la région des 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 *R. salmoninarum* 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 *R. salmoninarum* 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

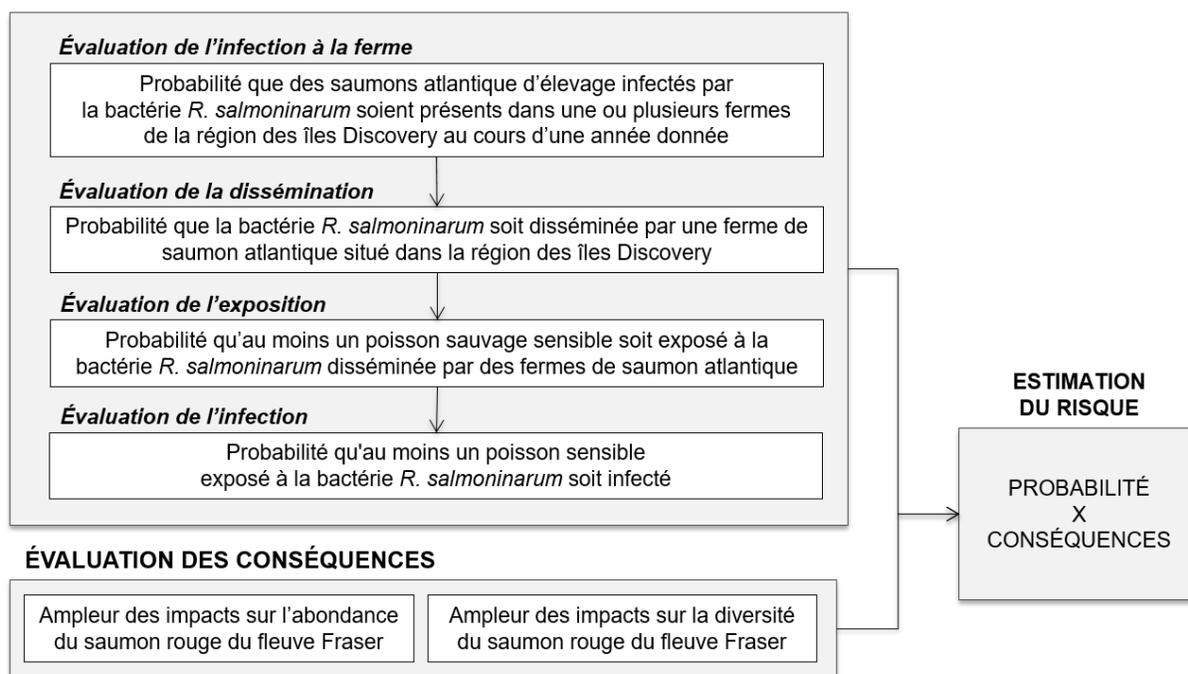


Figure 2. Modèle conceptuel d'évaluation du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser résultant de la présence de la bactérie *Renibacterium salmoninarum* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Adapté de Mimeault et 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 sur l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser. Les couleurs vert, jaune et rouge représentent respectivement un risque minimal, 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 sur la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser. Les couleurs vert, jaune et rouge représentent respectivement un risque minimal, 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 *R. salmoninarum* 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 de saumon atlantique sont suivies et maintenues.

3.1 ÉVALUATION DE L'INFECTION À LA FERME

3.1.1 Question

Une année donnée, quelle est la probabilité que des saumons atlantiques d'élevage contaminés par *R. salmoninarum* 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 *R. salmoninarum* 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

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 furonculose est diagnostiquée dans une population de saumon atlantique lorsque le site est en traitement pour la maladie ou lorsque les poissons échantillonnés présentent une septicémie avec des lésions histologiques caractéristiques, avec isolement ou identification de la bactérie causale dans les tissus et pertes au niveau de la population en raison de la maladie (I. Keith, MPO, comm. pers., 2018).

Rhodes et Mimeault (2019) ont résumé les détections de *R. salmoninarum* fondées sur des vérifications et sur les diagnostics de la maladie bactérienne du rein 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 :

- De 2002 à 2016, la bactérie *R. salmoninarum* a été détectée lors de vérifications chaque année, sauf en 2010 et 2015.
- La maladie bactérienne du rein et la présence d'une bactérie de type *Renibacterium* ont été diagnostiquées grâce à l'examen histologique d'un faible nombre de poissons (n = 1 à 20) durant 12 années (2002 à 2009, 2011 à 2014, puis 2016) dans 16 fermes au total.
- La maladie bactérienne du rein a été diagnostiquée au niveau de la ferme durant six ans (2002, 2004 à 2007, 2009) dans six fermes au total.

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. Ces données fournissent la preuve que de faibles niveaux de *R. salmoninarum* peuvent être présents chez les populations d'élevage, et qu'on ne peut peut-être les détecter qu'au moyen de méthodes diagnostiques sensibles.

Dans le cadre d'un projet de recherche, on a constaté des preuves moléculaires de la présence d'ADN génomique de la bactérie *R. salmoninarum* dans des échantillons prélevés à des fins de vérification, entre avril 2011 et décembre 2013, dans des fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique, y compris des fermes situées dans les zones de santé des poissons 3.2 et 3.3 (Laurin *et al.*, 2019).

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.

Au total, 10 ESP attribués à la maladie bactérienne du rein ont été signalés dans un total de sept fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery entre 2002 et 2017 (annexe B) (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 du rein 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 du rein. 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).

Les procédures de diagnostic pour la détection de la bactérie et de la maladie bactérienne du rein diffèrent d'une entreprise à l'autre et dépendent du contexte. En plus des contrôles sanitaires de routine, les entreprises effectuent également une surveillance active et passive de *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein lors d'enquêtes sur les maladies et de projets spéciaux. Les observations de lésions macroscopiques indiquant la présence de maladie bactérienne du rein chez les poissons lors des visites de vérification de la santé des poissons peuvent également être enregistrées. En se fondant sur les antécédents de la ferme, des signes cliniques et des lésions macroscopiques dans le rein du poisson, un cas présumé de maladie bactérienne du rein peut être décelé par des membres formés du personnel responsable de la santé des poissons, et les analyses de confirmation ne sont pas toujours effectuées. Les tests diagnostiques comprennent l'histologie et les empreintes de tissus, tandis que le dosage immunoenzymatique (ELISA) et les tests moléculaires peuvent être utilisés à la fois comme tests de confirmation et de dépistage et sont effectués par un laboratoire de diagnostic externe.

3.1.2.2.2 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'empoissonnement 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), *R. 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).

3.1.2.2.3 Vaccination

En Colombie-Britannique, la vaccination du saumon atlantique n'est pas une condition de permis et est donc volontaire (MPO, 2015; Wade, 2017). L'utilisation des vaccins pour la prévention de la maladie bactérienne du rein varie selon les entreprises. Renogen® est le seul vaccin commercial contre la maladie bactérienne du rein offert au Canada.

Cermaq Canada vaccinait les poissons contre la maladie bactérienne du rein par le passé, mais ne le fait plus depuis 2016 (B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers., 2018). Grieg Seafood ne vaccine pas systématiquement les poissons contre la maladie bactérienne du rein, mais a mené des essais avec le vaccin pour déterminer son pouvoir protecteur contre la septicémie rickettsienne des salmonidés (P. Whittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, comm. pers., 2018). Depuis 2015, Mowi Canada West vaccine la totalité de ses saumons atlantiques avec Renogen® avant les transferts en eau salée afin de réduire au minimum la prévalence et la gravité de la maladie bactérienne du rein (D. Morrison, Mowi Canada West, comm. pers., 2018).

3.1.2.2.4 Traitement

Cermaq Canada, Grieg Seafood et Mowi Canada West peuvent administrer aux poissons de l'oxytétracycline (OTC) par voie alimentaire pendant 10 à 14 jours si la maladie bactérienne du rein ou des signes cliniques de la maladie sont présents chez le saumon atlantique dans les sites de production marine (B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers., 2018; P. Whittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, comm. pers., 2018; D. Morrison, Mowi Canada West, comm. pers., 2018). La durée du traitement dépend du jugement du vétérinaire et de la taille du poisson. Un seul traitement est souvent suffisant, mais dans de rares cas, plusieurs traitements peuvent être nécessaires (D. Morrison, Mowi Canada West, comm. pers., 2018).

Si des signes cliniques de la maladie bactérienne du rein sont observés dans les écloséries, Cermaq Canada peut traiter les poissons avec de l'OTC et, en fonction de la gravité de l'infection ou si le traitement est jugé inefficace, des poissons seront abattus. Les poissons ne sont transférés que si les tests diagnostiques donnent des résultats négatifs (D. New et B. Milligan, Cermaq Canada, 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].

La désinfection des œufs est l'une des pratiques de gestion de la santé du poisson visant à prévenir la maladie bactérienne du rein [examen dans Rhodes et Mimeault (2019)]. L'immersion dans l'iode à raison de 100 à 500 mg/L⁻¹ pendant 15 à 20 minutes peut inactiver la plupart des bactéries, bien que la nature agglutinante de *R. salmoninarum* puisse protéger plusieurs cellules et leur permettre de survivre (Bullock *et al.*, 1978; Evelyn *et al.*, 1984).

3.1.2.2.6 Sélection des reproducteurs

Le dépistage des maladies au moment du frai est une exigence du Plan de gestion de la santé des salmonidés pour atténuer le risque de transmission verticale des agents pathogènes à la descendance (MPO, 2015). Les tests effectués pour la sélection des reproducteurs sont à la discrétion du vétérinaire de l'entreprise. Depuis 2018, Cermaq Canada examine tous les géniteurs femelles afin de détecter *R. salmoninarum* par la méthode d'immunofluorescence

quantitative et à l'aide de PCR. Les œufs des femelles positives sont rejetés (D. New et B. Milligan, Cermaq Canada, comm. pers., 2018). Grieg Seafood n'a pas de reproducteurs en Colombie-Britannique (P. Whittaker et T. Hewison, Grieg Seafood, comm. pers., 2018). Mowi Canada West examine tous les géniteurs femelles avec ELISA pour détecter *R. salmoninarum*. Tous les œufs des femelles positives sont rejetés (D. Morrison, Mowi Canada West, comm. pers., 2018).

La bactérie *R. salmoninarum* peut être transmise du parent à la descendance (Evelyn *et al.*, 1984), d'où le recours à la sélection des reproducteurs comme pratique de gestion de la santé du poisson pour prévenir la maladie bactérienne du rein [examen dans Rhodes et Mimeault (2019)].

3.1.2.3 Détections par l'industrie

D'après les résultats des observations et des tests menés par l'industrie dans des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery entre 2011 et 2017, on a détecté *R. salmoninarum* ou la maladie bactérienne du rein chez au moins un poisson dans 19,8 % des sites ayant fait l'objet d'un examen clinique ou de tests de détection de la bactérie. Dans l'ensemble, on a constaté des lésions macroscopiques causées par la maladie bactérienne du rein ou des résultats positifs aux tests diagnostiques pour *R. salmoninarum* chez au moins un poisson dans onze fermes en 2011, puis cinq fermes en 2012, trois fermes en 2013, deux fermes en 2014, 2015 et 2016, et quatre fermes en 2017. Voir l'annexe C pour obtenir plus de détails.

3.1.2.4 Sommaire de la présence de la bactérie *Renibacterium salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery

Dans le cadre de la présente évaluation du risque, par « preuve d'infection par *R. salmoninarum* ou de maladie bactérienne du rein », on entend des poissons échantillonnés durant des dépistages de routine menés par l'industrie, l'exécution de programmes réglementaires, les événements touchant la santé des poissons et tout autre travail de diagnostic effectué dans les fermes, avec : (i) résultats positifs des tests menés en laboratoire ciblant *R. salmoninarum* (ELISA, PCR); (ii) indications de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein (histologie, empreinte des tissus); ou (iii) présence de signes cliniques et de lésions macroscopiques dus à la maladie bactérienne du rein et reconnus par du personnel qualifié avec ou sans confirmation par un test diagnostique.

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 *R. salmoninarum* ou de signes et de diagnostics de la maladie bactérienne du rein, par année, entre 2002 et 2017. Les données ont été recueillies séparément des exigences réglementaires de déclaration (résultats émanant du PVSSP; ESP et épisodes de mortalité déclarés par l'industrie au MPO) et des tests et des diagnostics effectués par 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 nécessairement des signes cliniques ou la maladie dans une population. La bactérie *R. salmoninarum* a été détectée ou signalée dans au moins une ferme au cours de toutes les années entre 2002 et 2017, a entraîné des diagnostics de maladie bactérienne du rein au niveau de la ferme au cours de six des quinze années, et a été attribuée à des ESP au cours de quatre des quinze années.

Dans l'ensemble, entre 2002 et 2017, on a trouvé des preuves d'infection par *R. salmoninarum* dans 17 des 18 fermes d'élevage de saumon atlantique actives dans la région des îles Discovery. Des diagnostics de maladie bactérienne du rein au niveau de la ferme et des ESP attribués à la maladie bactérienne du rein ont été signalés dans sept fermes au total, tous avant 2011. Bien qu'il y ait eu plusieurs détections depuis 2011, ce qui indique que la maladie bactérienne du rein pourrait être courante, la gravité de l'infection est faible, car elle n'a pas donné lieu à un ESP depuis 2011. Les données relatives aux épisodes de mortalité de 2011 à 2017 montrent également qu'aucun événement de ce type n'a eu lieu (les données antérieures à 2011 ne sont pas disponibles).

Tableau 7. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery dans lesquelles on a trouvé des preuves d'infection par *Renibacterium salmoninarum* ou de maladie bactérienne du rein (MBR), résumé par année. Les données comprennent les résultats des observations et des tests diagnostiques du personnel responsable de la santé des poissons de l'industrie [2011-2017], les résultats 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). Les résultats incluent les cas de détection chez un seul poisson. S. O. : données non disponibles. Les mois pour lesquels on dispose de preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein 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 dans lesquelles on a trouvé des preuves de la présence de <i>R. salmoninarum</i> ou de MBR / nombre total de fermes où les poissons ont été examinés	Nombre de fermes où la MBR ou une bactérie de type <i>Renibacterium</i> a été identifiée par histologie / nombre total de fermes ayant fait l'objet d'une vérification	Nombre de fermes dans lesquelles on a diagnostiqué la présence de la MBR au niveau de la ferme / nombre total de fermes ayant fait l'objet d'une vérification	Nombre de fermes présentant des ESP attribués à la MBR	Nombre de fermes présentant des épisodes de mortalité attribués à la MBR
2002	S. O.	S. O.	2/3	1/3	0	S. O.
2003	S. O.	S. O.	1/4	0/4	0	S. O.
2004	14	S. O.	3/9	1/9	0	S. O.
2005	15	S. O.	3/11	3/11	5	S. O.
2006	16	S. O.	4/12	3/12	0	S. O.
2007	16	S. O.	1/13	1/13	0	S. O.
2008	17	S. O.	6/15	0/15	1	S. O.
2009	18	S. O.	4/14	2/14	1	S. O.
2010	16	S. O.	0/4	0/4	1	S. O.
2011	17	11/14	0/8	0/8	0	0
2012	13	5/8	4/12	0/12	0	0
2013	8	3/7	1/7	0/7	0	0
2014	10	2/7	2/8	0/8	0	0
2015	10	2/7	0/9	0/9	0	0
2016	11	2/11	1/11	0/11	0	0
2017	12	4/10	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 *R. salmoninarum* 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 *Renibacterium salmoninarum* 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. MBR : maladie bactérienne du rein; ESP : événement lié à la santé des poissons; PCR : réaction en chaîne de la polymérase; PGSS : plan de gestion de la santé des salmonidés.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Le saumon atlantique est sensible à l'infection par <i>R. salmoninarum</i>. • Vérifications de la santé du poisson : <ul style="list-style-type: none"> ○ Des bactéries de type <i>Renibacterium</i> ou des cas de MBR ont été détectés par histologie dans au moins une ferme lors de 12 années entre 2002 et 2016. ○ La MBR a été diagnostiquée au niveau de la ferme dans au moins une ferme au cours de six années entre 2002 et 2009. • L'industrie a signalé des ESP attribués à la MBR en 2005, 2008, 2009 et 2010. • Dans l'ensemble, entre 2002 et 2017, on a trouvé des preuves de la présence de <i>R. salmoninarum</i> ou de la MBR : <ul style="list-style-type: none"> ○ sur un total de 17 fermes de saumon atlantique. ○ sur au moins une ferme chaque année entre 2002 et 2017. • le vaccin contre la MBR est volontaire; une seule entreprise vaccine systématiquement les poissons contre la MBR. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tous les géniteurs femelles sont testés pour détecter la présence de <i>R. salmoninarum</i> et les œufs des femelles positives sont rejetés, ce qui limite l'introduction de <i>R. salmoninarum</i> dans les fermes d'élevage de saumon atlantique. • L'infection provenant des écloséries est atténuée par la désinfection des œufs, une exigence du PGSS. • Des tests diagnostiques ont été réalisés à trois fermes en utilisant la PCR avant des transferts de poissons vivants d'eau douce à eau de mer, tandis que d'autres fermes ont effectué des tests fondés sur l'histologie, lesquels peuvent détecter la MBR active ou la présence de <i>R. salmoninarum</i> avant tout transfert de poisson vivant. • Depuis 2015, la plupart des saumons atlantiques élevés dans la région des îles Discovery (14 des 18 fermes) sont vaccinés contre la MBR. • Les PGSS comprennent 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 probable** que des saumons atlantiques d'élevage contaminés par *R. salmoninarum* soient présents dans une ou plusieurs

fermes de la région des îles Discovery compte tenu des pratiques d'élevage actuelles, puisque l'on a trouvé chaque année dans les fermes des preuves de la présence de *R. salmoninarum* de 2002 à 2016. Cette conclusion s'assortit 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 16 ans.

3.2 ÉVALUATION DE LA DISSÉMINATION

3.2.1 Question

Si l'on présume que des saumons atlantiques contaminés par *R. salmoninarum* sont présents, quelle est la probabilité que *R. salmoninarum* 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 *R. salmoninarum* 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 *Renibacterium salmoninarum* chez les poissons contaminés

Les taux d'excrétion bactérienne des saumons atlantiques malades ou contaminés par *R. salmoninarum* sont inconnus (Rhodes et Mimeault, 2019). Les taux d'excrétion d'autres espèces ont été utilisés comme substitut dans la présente évaluation du risque. Les deux seules études (McKibben et Pascho, 1999; Purcell *et al.*, 2016) faisant état de l'excrétion de *R. salmoninarum* par des poissons contaminés se limitent au saumon chinook (*O. tshawytscha*) en eau douce.

McKibben et Pascho (1999) ont exposé des saumons chinooks (27 g) par injection et consigné les concentrations de *R. salmoninarum* dans l'eau à différents moments (5 à 30 jours) après l'injection, ce qui a permis à Rhodes et Mimeault (2019) d'estimer des taux d'excrétion de $4,1 \times 10^5$ cellules par poisson par heure.

Purcell *et al.* (2016) ont exposé des saumons chinooks (5 g) à *R. salmoninarum* par injection et ont rapporté que le taux d'excrétion moyen le plus élevé était de $2,1 \times 10^5$ cellules par poisson par heure. Les valeurs calculées pour les poissons fortement contaminés, fondées sur une corrélation entre les charges bactériennes dans les reins et la quantité de bactéries excrétées rapportées par Purcell *et al.* (2016), permettent d'estimer des taux d'excrétion de $6,5 \times 10^6$ et de $3,1 \times 10^6$ cellules par poisson et par heure à 8 °C et 12 °C, respectivement (Rhodes et Mimeault, 2019).

Des saumons et des truites asymptomatiques bien qu'étant contaminés ont également été signalés comme étant porteurs de bactéries (Balfry *et al.*, 1996); cependant, les taux d'excrétion chez les poissons subcliniques n'ont pas été signalés (Rhodes et Mimeault, 2019). La

corrélation positive entre les charges bactériennes dans les reins et la quantité de bactéries excrétées à 8 et 12 °C établie par Purcell *et al.* (2016) peut laisser entendre que les poissons contaminés subcliniquement ou asymptomatiques excrètent à un taux plus lent (Rhodes et Mimeault, 2019). Dans l'eau de réservoirs contenant des saumoneaux atlantique asymptomatiques (poids moyen de 80 g), la bactérie *R. salmoninarum* a été détectée par PCR (Griffiths *et al.*, 1998).

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; la restriction du nombre de visiteurs, qui doivent obtenir une permission avant d'arriver sur les lieux; le contrôle des visiteurs sur place au moyen de panneaux, de pédiluves et de vêtements de protection propres au site; des procédures pour le nettoyage des filets sans partager le matériel si possible, le nettoyage et la désinfection du matériel après usage, et l'entreposage au sec du matériel dans les endroits appropriés; le nettoyage, la désinfection et le transfert du 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, selon Fraser *et al.* (2006), est efficace contre la maladie bactérienne du rein.

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 *R. salmoninarum* sont présents dans au moins une ferme d'élevage.
- Les mesures de biosécurité sont efficaces contre *R. salmoninarum*.

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 *Renibacterium salmoninarum* 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"> • Les saumons chinooks présentant des signes cliniques de la maladie bactérienne du rein excrètent la bactérie <i>R. salmoninarum</i> en eau douce et en milieu marin (Balfry <i>et al.</i>, 1996; McKibben et Pascho, 1999; Purcell <i>et al.</i>, 2016). • Les saumons atlantiques (Griffiths <i>et al.</i>, 1998) et les saumons chinooks (Balfry <i>et al.</i>, 1996) contaminés subcliniquement par <i>R. salmoninarum</i> excrètent la bactérie dans les fèces. • 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>R. salmoninarum</i>, d'être rejetés dans le milieu environnant à partir des fermes. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 *R. salmoninarum* 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 il est prouvé qu'ils peuvent, tout comme les saumons chinooks utilisés à titre de substitut pour l'espèce, excréter la bactérie lorsqu'ils sont contaminés. Cette conclusion s'assortit d'une **certitude élevée**, car les preuves de l'excrétion de *R. salmoninarum* par des salmonidés contaminés sont solides et abondantes, et ont fait l'objet d'un examen par des pairs.

3.2.4.2 Dissémination par vecteurs mécaniques et passifs

La conclusion a été qu'il est **improbable** que *R. salmoninarum* 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'une **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 donc **extrêmement probable** que *R. salmoninarum* se dissémine à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique contaminée.

3.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

3.3.1 Question

Si l'on présume que *R. salmoninarum* 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 poisson sensible soit exposé à *R. salmoninarum* 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 des espèces sensibles dans la région des îles Discovery; la survie de *R. salmoninarum* dans le milieu marin; et le moment de l'infection par *R. salmoninarum* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.

3.3.2.1 Espèces sensibles

En se fondant sur des études comparatives de la morbidité et de la mortalité résultant d'expériences dans lesquelles on a injecté *R. salmoninarum* à des salmonidés en eau douce, Rhodes et Mimeault (2019) ont classé la sensibilité en trois catégories principales : le saumon rouge, le saumon chinook et le saumon kéta (*O. keta*) sont les espèces les plus sensibles, le saumon coho (*O. kisutch*) et le saumon atlantique ont une sensibilité intermédiaire, et le touladi (*Salvelinus namaycush*), la truite brune (*S. trutta*), l'omble à tête plate (*S. confluentus*), la truite arc-en-ciel (*O. mykiss*) et le saumon arc-en-ciel (*O. mykiss*) sont les moins sensibles. Il convient de souligner que ces études comparatives ont été menées en utilisant une voie d'exposition qui n'est pas pertinente sur le plan environnemental; néanmoins, Rhodes et Mimeault (2019) rapportent que ces résultats ont été corroborés par les résultats obtenus en éclosion et sur le terrain.

Outre le saumon rouge, les autres espèces de saumon du Pacifique sensibles prises en compte dans la présente évaluation du risque sont le saumon chinook et le saumon kéta, car elles sont considérées comme très sensibles en eau douce [examen dans Rhodes et Mimeault (2019)]. Le saumon coho a également été examiné, car selon les éleveurs de saumon du Pacifique en Colombie-Britannique, le saumon chinook et le saumon coho sont les espèces les plus touchées par la maladie bactérienne du rein (BC Centre for Aquatic Health Sciences, 2010). Le saumon rose (*O. gorbuscha*) a également été examiné, car il est sensible à l'infection par *R. salmoninarum* et à la maladie bactérienne du rein (Bell, 1961; Banner *et al.*, 1986; Kent *et al.*, 1998).

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 16 années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein dans des fermes de saumon atlantique depuis 2002, des preuves couvrant les mois de mai à juillet existent pour 11 années (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 16 années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein dans des fermes d'élevage de saumon atlantique depuis 2002, des preuves couvrant les mois de juin à octobre existent pour 13 années (voir le Tableau 10 et le Tableau 11).

3.3.2.4 Autres espèces de saumons du Pacifique dans la région des îles Discovery

La présente section résume les renseignements disponibles sur la présence d'autres espèces de saumons du Pacifique dans la région des îles Discovery.

3.3.2.4.1 Juvéniles

Levings et Kotyk (1983) ont signalé des prises de saumons juvéniles lors de deux chalutages effectués de mars à août 1982 et en juin 1983 dans la zone des îles Discovery et les chenaux adjacents. Les prises étaient dominées par le saumon kéta; en 1982, l'abondance des saumons kétas et roses a atteint son maximum à la fin du mois de juin. Le saumon chinook et le saumon coho étaient moins abondants, et le saumon rouge et la truite arc-en-ciel (*O. mykiss*) étaient peu communs (Levings et Kotyk, 1983). Seuls deux saumons rouges ont été signalés dans ce relevé. D'après les résultats de 1982, les saumons du Pacifique juvéniles (saumons chinooks, kétas, cohos et roses) ont été principalement pêchés de la fin mai à la mi-juillet, mais certains poissons ont été capturés de la fin mars (saumon rose, n = 7) à la fin août (saumon chinook, n = 1 et saumon coho, n = 1).

Brown *et al.* (1987) ont compilé les prises de saumons du Pacifique juvéniles à la senne de plage dans plusieurs sites estuariens, de transition et marins le long du passage Discovery de mars 1982 à août 1986¹. Les captures ont varié au fil des ans, mais le saumon chinook a été principalement pêché entre mai et la mi-août (toutes les captures entre la mi-mars et le début septembre), le saumon kéta entre la mi-avril et la mi-juillet (toutes les captures entre la mi-mars et la fin août), le saumon coho entre la mi-mai et la mi-juin (toutes les captures entre la mi-avril et la fin août) et le saumon rose entre la mi-avril et le début juillet (toutes les captures entre la mi-mars et la mi-août). D'après cette étude, des saumons chinooks, kétas, cohos ou roses juvéniles ont été capturés de la mi-mars au début septembre.

Bravender *et al.* (1999) ont échantillonné les saumons juvéniles à la senne de plage et à la senne coulissante dans le passage Discovery en 1996. Les échantillons ont été prélevés du 2 mai au 17 juillet. Les saumons roses et kétas juvéniles étaient abondants dans les sennes de plage à l'extérieur de la marina pendant tout le mois de mai. Ils sont restés présents en nombre beaucoup plus faible jusqu'au début (saumon rose) et au milieu (saumon kéta) du mois de juillet (Bravender *et al.*, 1999). Les saumons chinooks juvéniles ont été recueillis du début mai à la mi-juillet, la majorité ayant été pêchés entre mai et la mi-juin. De petits nombres de saumons cohos

¹ Voir plus de détails sur les périodes d'échantillonnage dans Brown *et al.* (1987). Pour résumer, des sorties ont été effectuées au moins une fois par mois de mars à décembre en 1982, de janvier à décembre en 1983, de janvier à septembre en 1984, en janvier et de mars à août en 1985, et d'avril à août en 1986.

juvéniles ont été capturés de la fin mai à la mi-juillet. Aucun saumon rouge n'a été pêché dans le cadre de cette étude.

Des échosondeurs ont été déployés dans le chenal Okisollo de la mi-mars à la mi-septembre en 2015 et 2016 (Rousseau *et al.*, 2017). D'après les données acoustiques, en 2015, des saumons juvéniles étaient présents sur le site 1 (pointe Venture, chenal Okisollo) de la mi-mai à la mi-juillet; après cette date, peu de signaux acoustiques peuvent être associés à des saumons du Pacifique juvéniles. En 2016, le nombre de saumons du Pacifique juvéniles est resté constamment élevé de la mi-mai à la mi-juin, mais contrairement à 2015, peu de signaux ont été enregistrés de la mi-juin jusqu'à la fin du déploiement (mi-septembre). Les deux années, la plupart des saumons du Pacifique juvéniles se trouvaient dans les cinq à six premiers mètres (Rousseau *et al.*, 2017).

3.3.2.4.2 Adultes

Des saumons chinooks, kétas, cohos, roses et rouges adultes ont été capturés dans le cadre de pêches expérimentales menées par la Commission du saumon du Pacifique dans la partie inférieure du détroit de Johnstone de juillet à septembre (2000-2015) (Grant *et al.*, 2018)]. Les captures quotidiennes par unité d'effort (CPUE) [compte moyen par calée \pm ET] de saumon rouge ($7,4 \pm 8,3$ à $2\ 544,2 \pm 3\ 177,0$) et de saumon rose ($7,4 \pm 10,7$ à $1\ 416,7 \pm 1\ 665,6$) étaient supérieures à celles du saumon chinook ($0,6 \pm 0,6$ à $1,3 \pm 1,2$), du saumon kéta ($0,3 \pm 0,4$ à $5,8 \pm 12,2$) et du saumon coho ($0,2 \pm 0,2$ à $2,6 \pm 6,3$) toutes les années. Bien que des truites arc-en-ciel aient été signalées à l'occasion, les CPUE moyennes sont restées à zéro [examen dans Grant *et al.* (2018)]. Manzer (1955) a également signalé des prises de saumons roses en montaison dans le passage Discovery de juillet à septembre (et de très petits nombres en octobre).

3.3.2.4.3 Résumé

Dans l'ensemble, les espèces de saumons du Pacifique susmentionnées sont présentes dans la région des îles Discovery de la mi-mars à octobre. En outre, étant donné que le saumon chinook a tendance à résider dans les eaux côtières plus longtemps que les autres espèces (Zetterberg et Carter, 2010; Zetterberg *et al.*, 2012), il est raisonnable de supposer qu'il pourrait être présent dans la zone des îles Discovery à tout moment de l'année.

Il existe donc un chevauchement temporel entre la présence d'autres espèces de saumon du Pacifique sensibles (saumon chinook, kéta, coho et rose) et les preuves de la présence de *R. salmoninarum* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery (Tableau 10 et Tableau 11).

3.3.2.5 Survie de *Renibacterium salmoninarum* dans le milieu marin

Rhodes et Mimeault (2019) ont fait le point sur l'état des connaissances concernant la survie de *R. salmoninarum* dans l'environnement. Les études les plus pertinentes sur la survie dans le milieu marin sont présentées ici.

La survie de *R. salmoninarum* dans le milieu marin varie et dépend de la température, de la disponibilité des nutriments et de la concentration initiale (Balfry *et al.*, 1996). On a signalé que *R. salmoninarum* peut survivre dans l'eau de mer non traitée pendant 7 jours à 10 °C (Balfry *et al.*, 1996). La viabilité a été réduite à environ 40 % en 8 heures et à environ 1 % en 24 heures, et est restée supérieure à 1 % en 7 jours (Balfry *et al.*, 1996).

Étant donné sa nature agglutinante (Daly et Stevenson, 1987; Bruno, 1988; Daly et Stevenson, 1989), *R. salmoninarum* existe très vraisemblablement dans l'environnement principalement sous forme de particules, et son hydrodynamisme peut être mieux modélisé sous forme de

particules plus grosses, p. ex. 5 à 50 µm, plutôt que sous forme de corps planctoniques très petits, c'est-à-dire inférieurs à 1 µm (Rhodes et Mimeault, 2019).

3.3.2.6 Période de la présence de *Renibacterium salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery

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

- En se fondant sur les résultats de la surveillance et du dépistage effectués par l'industrie, la présence de *R. salmoninarum* a été confirmée dans des fermes au cours de chaque mois de l'année que ce soit par histologie, empreinte des tissus, ELISA, PCR, ou examen clinique.
- D'après les résultats du PVSSP, des infections par *R. salmoninarum* ou des cas de maladie bactérienne du rein ont été signalés tous les mois de l'année, tandis que des diagnostics de maladie bactérienne du rein au niveau de la ferme ont été signalés au cours de chaque mois sauf mars, novembre et décembre.
- Des ESP ont été attribués à la maladie bactérienne du rein pendant les mois de février à juin et en octobre.
- Aucun épisode de mortalité (2011-2017) n'a été attribué à la maladie bactérienne du rein.

Dans l'ensemble, si l'on se fonde sur toutes les sources de données disponibles entre 2002 et 2017, on a détecté la présence de *R. salmoninarum* dans au moins une ferme d'élevage de saumons atlantique située dans la région des îles Discovery tous les mois. Il n'a pas été possible de mettre en évidence un profil saisonnier de l'infection ou de la maladie. Le Tableau 11 résume les preuves provenant de toutes les sources, par année et par mois.

Tableau 10. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery dans lesquelles on a trouvé des preuves de *Renibacterium salmoninarum* ou de maladie bactérienne du rein (MBR), résumé par mois. « X » indique une preuve de la présence d'espèces de saumon du Pacifique au cours d'un mois donné; « SC » indique la présence présumée de saumons chinooks. Les données comprennent les résultats des observations et des tests diagnostiques du personnel responsable de la santé des poissons de l'industrie [2011-2017], les résultats 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). Les résultats incluent les cas de détection chez un seul poisson. Les lettres représentent les mois de janvier à décembre. Les mois où il y a des poissons sauvages dans la région des îles Discovery sont ombrés et les mois où il y a des preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de MBR 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		
Autres espèces de saumon du Pacifique	SC	SC	X	X	X	X	X	X	X	X	SC	SC
Preuves de la présence de <i>R. salmoninarum</i> ou de MBR	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Nombre de fermes dans lesquelles on a trouvé des preuves de la présence de <i>R. salmoninarum</i> ou de MBR par rapport au nombre total de fermes où des visites et des tests de vérification de la santé des poissons ont eu lieu	5/10	4/11	5/13	3/10	7/14	6/16	3/10	6/12	1/11	3/11	2/11	1/10
Nombre de fermes dans lesquelles on a détecté la présence de MBR ou d'une bactérie de type <i>Renibacterium</i> à l'aide de l'histologie par rapport au nombre total de fermes ayant fait l'objet d'une vérification (données du PVSSP)	6/14	3/11	1/5	5/14	4/10	1/10	6/12	3/14	3/11	2/16	2/13	1/10
Nombre de fermes dans lesquelles on a diagnostiqué la présence de la MBR au niveau de la ferme par rapport au nombre total de fermes ayant fait l'objet d'une vérification (données du PVSSP)	2/14	2/11	0/5	1/14	3/10	1/10	1/12	1/14	1/11	1/16	0/13	0/10
Nombre de fermes où des ESP ont été attribués à la MBR (déclaration par l'industrie)	0	1	1	5	1	1	0	0	0	1	0	0
Nombre de fermes où des épisodes de mortalité ont été attribués à la MBR (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 dans la région des îles Discovery dans lesquelles on a trouvé des preuves de *Renibacterium salmoninarum* ou de maladie bactérienne du rein (MBR), résumé par année. 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 *R. salmoninarum* ou de la MBR 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	1	1	0
2003	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0
2005	0	1	1	3	2	2	1	0	0	0	0	0
2006	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	1	0
2007	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	1	1	0	4	0	0	1	0	1	0	0	1
2009	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
2011	2	3	2	1	3	1	0	3	0	2	0	0
2012	1	0	0	2	4	3	2	2	0	2	0	0
2013	2	0	2	0	2	0	1	0	1	0	0	0
2014	0	1	0	1	0	1	2	1	0	0	1	0
2015	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
2017	2	0	1	1	3	0	0	1	0	1	0	1

3.3.3 Hypothèses

- La bactérie *R. salmoninarum* a été disséminée à partir d'au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.
- La détection positive de *R. salmoninarum* est une preuve que l'agent pathogène est présent dans les poissons échantillonnés; les poissons contaminés par *R. salmoninarum* 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 des saumons du Pacifique soient exposés à *R. salmoninarum* 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 ou limitatifs de la probabilité que le saumon rouge du fleuve Fraser et les autres espèces sensibles de saumons du Pacifique soient exposés à la bactérie *Renibacterium salmoninarum* disséminée à partir de fermes 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"> • 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 existe un chevauchement temporel entre la présence de saumons rouges du fleuve Fraser et d'autres espèces sensibles de saumon du Pacifique, et des preuves de la présence de <i>R. salmoninarum</i> dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery; <i>R. salmoninarum</i> peut survivre jusqu'à une semaine dans l'eau de mer à 10 °C dans des conditions de laboratoire (Balfry <i>et al.</i>, 1996). • La prévalence de la maladie bactérienne du rein chez le saumon atlantique dans les fermes d'élevage de la Colombie-Britannique a été estimée à environ 3 % (BC Centre for Aquatic Health Sciences, 2010) [voir la section 3.4.2.4]. 	<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). • L'analyse des éclosions de maladie bactérienne du rein en Écosse n'a pas permis de déterminer si la propagation hydrographique était l'une des voies de passage principales pour <i>R. salmoninarum</i>, mais cela reste une possibilité dans l'environnement marin sur une courte distance (Murray <i>et al.</i>, 2011). • Bien que les fèces soient considérées comme une source importante d'excrétion de <i>R. salmoninarum</i> (Balfry <i>et al.</i>, 1996), les grosses particules coulent et se déposent au fond, réduisant ainsi l'exposition potentielle à la bactérie libérée par les fermes contaminées.

La présente évaluation du risque a pris en compte trois groupes d'exposition (les saumons rouges du fleuve Fraser juvéniles, les saumons rouges du fleuve Fraser adultes et d'autres espèces sensibles de saumon du Pacifique) et une voie d'exposition (exposition dans le milieu aqueux).

La probabilité qu'au moins un poisson sensible soit exposé à *R. salmoninarum* rejeté à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique a été calculée en divisant le nombre d'années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein pendant la période au cours de laquelle des poissons sensibles sont présents dans la région, par le nombre d'années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein (16 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 probable** qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser juvénile soit exposé par l'eau à la bactérie *R. salmoninarum* rejetée 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, étant donné leur chevauchement temporel avec les zones de la région des îles Discovery pour lesquelles la

présence de *R. salmoninarum* dans les fermes a été signalée. Sur les 16 années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein dans des fermes depuis 2002, ces preuves ont été recueillies entre les mois de mai et de juillet pour 11 années, ce qui correspond au moment où l'on s'attend à ce que des saumons rouges du fleuve Fraser juvéniles soient présents dans la région (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 *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein dans des fermes 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 **très probable** qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser adulte soit exposé par l'eau à la bactérie *R. salmoninarum* rejetée 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, étant donné leur chevauchement temporel avec les zones de la région des îles Discovery pour lesquelles la présence de *R. salmoninarum* dans les fermes a été signalée. Sur les 16 années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein dans des fermes, ces preuves ont été recueillies entre les mois de juin et d'octobre pour 13 années, ce qui correspond au moment où l'on s'attend à ce que des saumons rouges du fleuve Fraser adultes soient présents dans la région des îles Discovery (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 *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein dans des fermes d'élevage de saumon atlantique dans cette zone.

3.3.4.3 Exposition des autres espèces sensibles de saumon du Pacifique

La conclusion a été qu'il est **extrêmement probable** qu'au moins une autre espèce sensible de saumon du Pacifique soit exposée par l'eau à la bactérie *R. salmoninarum* rejetée 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, étant donné le chevauchement temporel dans la région des îles Discovery, car il peut y avoir présence de certaines de ces espèces dans la région à tout moment de l'année. Cette conclusion s'assortit une **incertitude raisonnable**, car il manque de données pour appuyer l'hypothèse de la présence de toutes les autres espèces sensibles dans la région des îles Discovery à tout moment de l'année. Toutefois, il existe des données robustes et abondantes sur la présence de *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique.

3.4 ÉVALUATION DE L'INFECTION

3.4.1 Question

Si l'on présume qu'au moins un poisson sauvage sensible a été exposé à la bactérie *R. salmoninarum* rejetée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique située dans la région des îles Discovery, quelle est la probabilité qu'au moins un de ces poissons devienne contaminé?

3.4.2 Considérations

Les éléments à prendre en compte comprennent les conditions océanographiques et environnementales, les doses infectieuses et létales minimales, la durée estimée de l'exposition, la pression d'infection estimée des fermes, la dispersion hydrodynamique, et l'efficacité des vaccins.

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).

La salinité de l'eau dans la région des îles Discovery varie considérablement, de presque 0 à 32, selon la saison (en raison du ruissellement de la fonte des neiges), la profondeur (en raison de la circulation estuarienne) et l'emplacement (le mélange vertical étant excellent dans certains chenaux étroits). La salinité mensuelle moyenne mesurée dans les 15 premiers mètres des fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery s'échelonne de $28,9 \pm 7,3$ à $29,9 \pm 8,7$ (Chandler *et al.*, 2017).

Il existe peu de données sur la survie de *R. salmoninarum* dans l'environnement. Balfry *et al.* (1996) ont rapporté que la bactérie a survécu jusqu'à 7 jours dans de l'eau de mer non traitée (10 °C et 22 ‰) avec une viabilité réduite à environ 40 % en huit heures, 1 % en 24 heures, et est restée approximativement à 1 % pendant sept jours.

3.4.2.2 Doses infectieuses et létales minimales

La dose minimale de *R. salmoninarum* nécessaire pour provoquer une infection ou une mortalité chez le saumon rouge n'a pas été déterminée [examen dans Rhodes et Mimeault (2019)]. En l'absence de telles données, les résultats des études par immersion menées chez d'autres salmonidés ont été utilisés comme données de substitution dans la présente évaluation du risque.

La plus faible dose de *R. salmoninarum* ayant causé une infection a été observée chez le saumon chinook (poids non disponible) en eau douce lorsqu'il a été exposé à 7×10^2 cellules de *R. salmoninarum*/ml (7×10^8 cellules/m³) pendant 24 heures [Elliott et Pascho (1995), cités par McKibben et Pascho (1999)]. L'infection a été démontrée par la détection de *R. salmoninarum* dans les tissus du poisson grâce à la technique MBR-ELISA 100 jours après l'exposition.

La plus faible dose de *R. salmoninarum* ayant entraîné des mortalités a été observée chez le saumon chinook ($48,9 \pm 0,5$ g) immergé pendant 15 minutes dans de l'eau douce contenant 3×10^4 cellules de *R. salmoninarum*/ml (3×10^{10} cellules/m³), ce qui a entraîné une mortalité de 5 % 180 jours après la provocation (Murray *et al.*, 1992).

La dose infectieuse la plus faible de 700 cellules/mL pendant 24 heures et la dose létale la plus faible de 3×10^4 cellules/mL pendant 15 minutes peuvent servir de substitut pour les doses infectieuses et létales minimales, respectivement, en gardant à l'esprit qu'il s'agit d'une exposition en eau douce chez le saumon chinook (Rhodes et Mimeault, 2019).

3.4.2.3 Durée estimée de l'exposition

La durée potentielle d'exposition d'une espèce de poisson sensible à la bactérie *R. salmoninarum* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery dépend : (i) du temps que le poisson sensible passe dans la zone et

(ii) de la durée de l'infection par *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein 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).

À ce jour, on ignore le temps de séjour des autres espèces de saumons du Pacifique à proximité des fermes d'élevage de saumon de la région des îles Discovery.

3.4.2.3.2 Durée de l'infection par *Renibacterium salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery

Étant donné la présence régulière de *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique (Tableau 7, Tableau 10 et Tableau 11), une prévalence estimée de maladie bactérienne du rein de 1 à 3 % dans les fermes marines de saumon atlantique en Colombie-Britannique selon les avis d'experts (BC Centre for Aquatic Health Sciences, 2010) [voir la section suivante] et des preuves d'excrétion chez les saumons contaminés subcliniquement (Balfry *et al.*, 1996), il est raisonnable de supposer qu'il peut y avoir en tout temps une excrétion à de faibles taux dans une ferme d'élevage active de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. La durée du traitement contre la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique varie entre 10 et 14 jours.

3.4.2.4 Estimation de la pression d'infection par *Renibacterium salmoninarum* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique

Il n'existe pas d'études estimant la concentration de *R. salmoninarum* dans l'eau lors d'une éclosion de maladie bactérienne du rein dans une ferme d'élevage de saumon atlantique. Les tentatives visant à isoler et quantifier *R. salmoninarum* à partir d'échantillons d'eau prélevés dans un parc en filet contenant 14 000 saumons chinooks présentant une mortalité élevée liée à la maladie bactérienne du rein (80 % de mortalité cumulée) n'ont pu être obtenues qu'à partir d'échantillons prélevés à 1 mètre de profondeur pendant l'alimentation (Balfry *et al.*, 1996). La concentration estimée dans les plaques triples n'était pas uniforme (255 avec une erreur-type de ± 179 cellules/mL, soit $2,55 \times 10^8 \pm 1,79 \times 10^8$ cellules/m³). La raison pour laquelle la culture de *R. salmoninarum* à d'autres profondeurs n'a pas été couronnée de succès a été attribuée à la présence d'une microflore d'eau de mer à croissance plus rapide (Balfry *et al.*, 1996). Par conséquent, pour estimer la pression d'infection par *R. salmoninarum* dans les fermes

d'élevage de saumon atlantique, la concentration de la bactérie dans l'eau a été estimée en utilisant le nombre de poissons contaminés pendant une éclosion, le taux d'excrétion de la bactérie, la durée de l'excrétion et le volume de la ferme.

Une estimation précise de la prévalence de *R. salmoninarum* dans une ferme d'élevage de saumon atlantique contaminée est difficile à déterminer étant donné que les échantillons sont prélevés sur un petit nombre de poissons récemment morts, selon les besoins établis par le jugement professionnel du vétérinaire ou de l'équipe responsable de la santé des poissons. Les poissons échantillonnés ne sont donc pas représentatifs de l'ensemble de la population.

La seule estimation de la prévalence de la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique en Colombie-Britannique est fondée sur une évaluation des répercussions de la maladie bactérienne du rein sur l'industrie salmonicole canadienne (BC Centre for Aquatic Health Sciences, 2010). Dans le cadre de cette évaluation, un questionnaire a été élaboré pour recueillir des renseignements sur la prévalence, les pratiques environnementales, les pratiques d'élevage et les coûts liés à la maladie. Le questionnaire a été rempli par des professionnels de la santé des poissons représentant des intérêts commerciaux et liés à la mise en valeur au Canada. Les personnes interrogées devaient indiquer la prévalence (0 %, 1 à 3 %, 3 à 5 % ou plus de 5 % de la population) de la maladie bactérienne du rein chez les poissons au cours de la dernière génération et s'il y avait eu des changements dans la prévalence de la maladie bactérienne du rein au cours des 5 et 10 dernières années.

D'après trois répondants représentant des exploitations commerciales de saumon atlantique en Colombie-Britannique, la maladie bactérienne du rein aurait une prévalence de 1 à 3 % chez le saumon atlantique en milieu marin en Colombie-Britannique (BC Centre for Aquatic Health Sciences, 2010). Cette prévalence a été considérée comme constituant un avis d'expert et utilisée pour estimer la concentration maximale potentielle de *R. salmoninarum* dans l'eau des fermes d'élevage de saumon atlantique dans le cadre de la présente évaluation du risque.

La concentration maximale de *R. salmoninarum* dans l'eau sur 24 heures a été estimée en fonction de la prévalence de la maladie bactérienne du rein signalée dans les fermes, des taux d'excrétion bactérienne et du volume des fermes; on peut représenter ce calcul comme suit :

$$[R. salmoninarum] = \frac{\text{Prévalence de la MBR dans les fermes} \times \text{taux d'excrétion} \times \text{période}}{\text{Volume des parcs en filet des fermes}}$$

Les fermes d'élevage de saumon atlantique en activité entre janvier 2013 et juin 2018 comptaient en moyenne 514 000 poissons par élevage (maximum de 781 000) [données fournies par la Division de la gestion de l'aquaculture du MPO]. Les données antérieures à janvier 2013 ne sont pas disponibles. Le volume moyen des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery est d'environ 195 000 m³ (Mimeault *et al.*, 2017).

En se fondant sur une prévalence de la maladie bactérienne du rein de 3 % dans les fermes d'élevage de saumon atlantique (BC Centre for Aquatic Health Sciences, 2010) et sur un taux d'excrétion de 6,5 x 10⁶ cellules de *R. salmoninarum* par poisson et par heure [Rhodes et Mimeault (2019), qui se fondent sur McKibben et Pascho (1999); voir la section 3.2.2.2], la concentration dans l'eau après 24 heures d'excrétion constante a été estimée à 1,2 x 10⁷ cellules/m³. Il s'agit d'une surestimation représentant le pire des scénarios, car elle ne tient pas compte de la décomposition bactérienne et de la dispersion hydrodynamique. En appliquant un taux de décomposition calculé de 2,3 par jour pour *R. salmoninarum* dans l'eau de mer (Rhodes et Mimeault, 2019), la concentration de *R. salmoninarum* dans l'eau pendant 30 jours consécutifs atteindrait un maximum de 5,6 x 10⁶ cellules/m³ dans une ferme de taille moyenne (Figure 5). Cette estimation ne tient pas compte des poissons contaminés

subcliniquement, mais elle est néanmoins considérée comme étant une surestimation pour plusieurs raisons :

1. La prévalence de la maladie bactérienne du rein dans les fermes (3 %) est fondée sur la prévalence la plus élevée disponible pour le saumon atlantique en Colombie-Britannique.
2. Les taux d'excrétion ($6,5 \times 10^6$ cellules de *R. salmoninarum* par poisson par heure) ont été calculés avec des poissons fortement contaminés.
3. La dispersion hydrodynamique des bactéries excrétées n'est pas prise en compte et on présume donc que les particules restent dans la ferme.
4. *R. salmoninarum* est une bactérie agglutinante qui se fixe facilement aux surfaces et aux particules dures, ce qui signifie qu'une partie des bactéries est ainsi retirée de la colonne d'eau.

La concentration estimée de *R. salmoninarum* dans l'eau attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique serait idéalement comparée à la dose minimale requise pour infecter le saumon rouge. En l'absence de telles données, les résultats des études par immersion menées chez d'autres salmonidés ont été utilisés comme données de substitution dans la présente évaluation du risque [examen dans Rhodes et Mimeault (2019)].

À ce jour, la dose la plus faible (mais pas nécessairement minimale) reconnue comme ayant contaminé des salmonidés est de $700 \text{ cellules/mL}^{-1}$ ($7,0 \times 10^8 \text{ cellules/m}^3$) après une exposition de 24 heures (Elliott et Pascho, 1995), et la dose la plus faible (mais pas nécessairement minimale) reconnue comme ayant causé la mortalité est de $3 \times 10^4 \text{ cellules/mL}^{-1}$ ($3,0 \times 10^{10} \text{ cellules/m}^3$) après une exposition de 15 minutes (Murray *et al.*, 1992) chez des saumons chinooks juvéniles en eau douce. Ces doses infectieuses et létales déterminées avec une espèce de substitution en eau douce sont supérieures de deux à quatre ordres de grandeur aux concentrations estimées de *R. salmoninarum* dans les fermes d'élevage de saumon atlantique (Figure 5). Le saumon rouge et le saumon chinook sont considérés comme étant très sensibles à l'infection par *R. salmoninarum*, tandis que le saumon atlantique est considéré comme ayant une sensibilité intermédiaire (Rhodes et Mimeault, 2019).

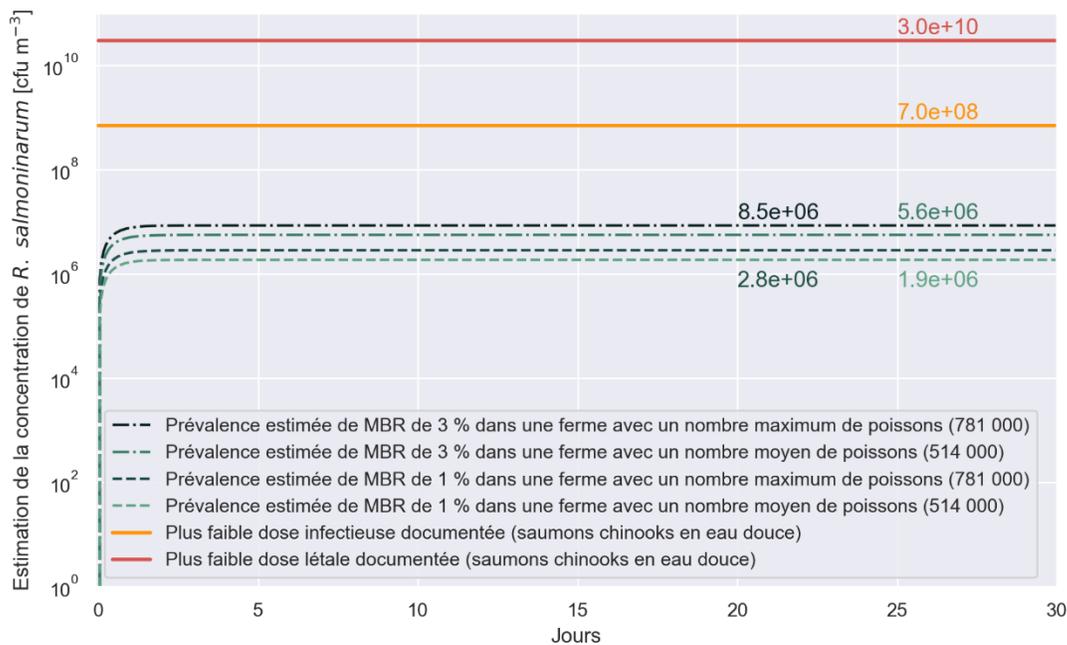


Figure 5. Estimation de la concentration maximale de *Renibacterium salmoninarum* dans l'eau (UFC/m³) dans une ferme d'élevage de saumon atlantique contaminée dans la région des îles Discovery, en Colombie-Britannique. Les lignes vertes représentent les concentrations estimées dans l'eau en supposant la présence de 514 000 ou 781 000 poissons dans la ferme, un volume de 195 000 m³, une excrétion constante provenant de la prévalence de 1 à 3 % de la maladie bactérienne du rein selon le sondage des professionnels de la santé des poissons, des taux d'excrétion ($6,5 \times 10^6$ cellules par poisson par heure) estimés pour les saumons chinooks juvéniles fortement contaminés, un taux de décomposition estimé à 2,3 par jour, et aucune dispersion hydrodynamique. En se fondant sur les hypothèses susmentionnées, la concentration dans l'eau atteint un plateau entre $1,9 \times 10^6$ et $8,5 \times 10^6$ cellules/m³.

3.4.2.5 Dispersion hydrodynamique

Dans une étude des éclosions de maladie bactérienne du rein chez les saumons atlantiques d'élevage en Écosse, on a constaté que la transmission hydrodynamique de *R. salmoninarum* dans l'eau de mer est fortement accrue lorsque la bactérie est liée à des particules (Murray *et al.*, 2011). Les résultats modélisés indiquent que la bactérie est transportée sur de nombreux kilomètres, avec une réduction de la concentration de deux à trois ordres de grandeur (Murray *et al.*, 2011).

La même étude n'a pas déterminé que la propagation hydrographique était l'une des voies de passage principales pour *R. salmoninarum*, mais elle a conclu que cela était néanmoins possible sur une courte distance lors d'une éclosion (Murray *et al.*, 2011). L'étude a conclu que toute transmission hydrodynamique est susceptible d'être localisée étant donné que *R. salmoninarum* ne survit pas longtemps dans l'eau (Murray *et al.*, 2012).

La modélisation de la dispersion hydrodynamique de la bactérie *R. salmoninarum* rejetée par les fermes de saumon atlantique dans la région des îles Discovery n'a pas été réalisée, étant donné que la concentration maximale estimée dans l'eau des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *R. salmoninarum* était inférieure d'environ deux ordres de grandeur

aux concentrations signalées comme étant infectieuses chez le saumon chinook, une espèce considérée comme étant plus sensible que le saumon atlantique.

3.4.2.6 Efficacité du vaccin

Les données permettant d'estimer l'efficacité du vaccin Renogen® se limitent à une étude de laboratoire réalisée en eau douce avec le saumon atlantique. Cette étude semble indiquer que l'efficacité du vaccin est de 72 à 91 % (Salonius *et al.*, 2005).

3.4.3 Hypothèses

- Les saumons rouges du fleuve Fraser entrant dans la zone des îles Discovery sont novices à *R. salmoninarum*.
- Les saumons rouges du fleuve Fraser et d'autres espèces sensibles de saumon du Pacifique ont été exposés à *R. salmoninarum* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique opérant 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'une espèce de salmonidé sensible soit contaminée par la bactérie *R. salmoninarum* 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 et d'autres espèces sensibles de saumon du Pacifique soient contaminés par la bactérie *Renibacterium salmoninarum* disséminée à partir des fermes d'élevage contenant des saumons atlantiques contaminés dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques actuelles en matière de gestion de la santé du poisson. MBR : Maladie bactérienne du rein.

Facteurs contributifs	Facteurs limitatifs
<ul style="list-style-type: none"> • Le saumon rouge, le saumon chinook, le saumon kéta, le saumon coho et le saumon rose sont sensibles à la MBR. • La température et la salinité de l'eau à proximité des fermes d'élevage de saumon atlantique sont favorables à la survie de <i>R. salmoninarum</i>. • Les saumons rouges juvéniles pourraient passer à proximité de fermes d'élevage de saumon atlantique pendant trois à huit jours durant leur migration dans la région des îles Discovery. • Les saumons rouges adultes pourraient se trouver à proximité des fermes d'élevage de saumon atlantique pendant deux jours durant leur migration dans la région des îles Discovery. 	<ul style="list-style-type: none"> • La concentration maximale estimée de <i>R. salmoninarum</i> dans l'eau des parcs en filet des fermes ($5,6 \times 10^6$ cellules/m³ dans une ferme de taille moyenne) correspond à environ 1/125 de la concentration infectieuse sur 24 heures (7×10^8 cellules/m³) chez le saumon chinook, qui est la plus faible dose infectieuse signalée pour un saumon du Pacifique. • 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). • Depuis 2015, la plupart des saumons atlantiques élevés dans la région des îles Discovery (14 des 18 fermes) sont vaccinés contre la MBR.

La probabilité d'infection a été examinée séparément pour les trois groupes d'exposition et la conclusion a été la même. En l'absence de données pour le saumon rouge, kéta, coho ou rose, les études menées avec le saumon chinook ont été utilisées comme substitut.

La conclusion est qu'il est **extrêmement improbable** qu'au moins un saumon rouge du fleuve Fraser ou une autre espèce sensible de saumon du Pacifique soit contaminé par la bactérie *R. salmoninarum* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery par une exposition dans l'eau selon les pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons, étant donné que la concentration estimée de *R. salmoninarum* dans l'eau des fermes d'élevage de saumon atlantique représente environ 1/125 de la plus faible concentration reconnue comme ayant causé une infection chez le saumon chinook. Cette conclusion s'assortit d'une **incertitude raisonnable** compte tenu des données incomplètes et de l'utilisation de données de substitution pour les taux d'excrétion, les doses infectieuses et les doses létales.

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'un poisson sauvage sensible soit contaminé par la bactérie *R. salmoninarum* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery et ce, pour tous les groupes exposés.

Tableau 14. Résumé des cotes de probabilité et d'incertitude dans le cadre de l'évaluation du risque posé par *Renibacterium salmoninarum*. 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 probable (certitude raisonnable)		
Évaluation de la dissémination	Voies de dissémination	Saumon atlantique d'élevage	Vecteurs mécaniques et vecteurs passifs	
	Probabilité de dissémination	Extrêmement probable (certitude élevée)	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	Autres espèces sensibles de saumon du Pacifique
	Probabilité d'exposition	Très probable (certitude raisonnable)	Très probable (certitude raisonnable)	Extrêmement probable (incertitude raisonnable)
	Probabilité d'infection	Extrêmement improbable (incertitude raisonnable)	Extrêmement improbable (incertitude raisonnable)	Extrêmement improbable (incertitude raisonnable)
Probabilités combinées d'exposition et d'infection pour chaque groupe d'exposition		Extrêmement improbable	Extrêmement improbable	Extrêmement improbable
Probabilités combinées (infection à la ferme, dissémination, exposition et infection) pour chaque groupe d'exposition		Extrêmement improbable	Extrêmement improbable	Extrêmement improbable

4 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES

L'évaluation des conséquences cherche à déterminer l'ampleur potentielle des effets de l'infection par *R. salmoninarum* 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 probable que des saumons atlantiques contaminés par *R. salmoninarum* soient présents dans au moins une ferme de la région des îles Discovery. L'évaluation de l'exposition a déterminé que des poissons contaminés ont été présents dans un nombre maximal de quatre fermes durant un mois donné (voir le Tableau 11). L'évaluation de l'infection a déterminé qu'il est extrêmement improbable que des espèces sensibles de saumon du Pacifique soient contaminées, car la concentration estimée de *R. salmoninarum* dans l'eau des fermes d'élevage de saumon atlantique équivaut à environ 1/125 de la plus faible dose reconnue comme ayant causé une infection chez le saumon chinook. Dans l'ensemble, l'évaluation de la probabilité a conclu qu'il est extrêmement improbable que des espèces sensibles de saumon du Pacifique soient

contaminées par la bactérie *R. salmoninarum* provenant des 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 poisson sauvage sensible aura été contaminé par *R. salmoninarum* 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 poisson sauvage sensible a été contaminé par la bactérie *R. salmoninarum* 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 prévalence et les répercussions sur les populations de poissons sauvages, la mortalité liée à la maladie bactérienne du rein chez les saumons rouges sauvages, les infections subcliniques, les estimations de la densité du saumon rouge du fleuve Fraser, la proportion de ces poissons qui est potentiellement exposée aux fermes où l'infection est présente, et l'exposition sur deux générations.

4.2.1 Dynamique de l'infection par *Renibacterium salmoninarum*

Pour qu'une éclosion de la maladie se déclare, il faut une combinaison de conditions qui sont défavorables pour l'hôte (p. ex. environnementales et physiologiques) et favorables pour l'agent pathogène (c.-à-d. présence d'hôtes sensibles, survie de l'agent pathogène).

R. salmoninarum est transmise à la fois horizontalement (Murray *et al.*, 1992) et verticalement (Evelyn *et al.*, 1984; Evelyn *et al.*, 1986). Pour les saumons chinooks juvéniles de la baie Puget, il existe des preuves de transmission horizontale dépendante de la densité dans les populations en liberté au cours des six premiers mois après leur entrée en eau de mer [voir Rhodes et Mimeault (2019)].

Après la transmission de la bactérie, une période d'incubation de 80 jours a entraîné des mortalités cumulées d'environ 2,5 % dans des conditions expérimentales (Murray *et al.*, 1992). Bien que ces données proviennent d'immersions en eau douce de saumons chinooks, il n'existe pas d'études d'immersion en eau salée sur lesquelles s'appuyer.

4.2.2 Prévalence de l'infection dans les populations de salmonidés sauvages du Pacifique

Les renseignements sur la prévalence et les répercussions des infections par *R. salmoninarum* et de la maladie dans la population de poissons sauvages sont rares et varient grandement.

Parmi les 334 saumons chinooks juvéniles prélevés de la côte ouest de l'île de Vancouver jusqu'au sud-est de l'Alaska dans le cadre du Programme canadien sur le saumon en haute mer du MPO de 2002 à 2007, environ 5 % étaient gravement contaminés (ELISA, densité optique > 1,00) par *R. salmoninarum* (Nance *et al.*, 2010).

Les saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser en phase marine (1 530 poissons de 45 stocks) prélevés dans le détroit de Georgia de 2010 à 2012 présentaient une prévalence d'infection de 0 % pour *R. salmoninarum* (dépistage par PCR) (Mahony *et al.*, 2017). Les auteurs

reconnaissent toutefois que cette constatation va à l'encontre de certaines données non publiées du MPO, citées dans leurs discussions, qui indiquent une présence répandue de *R. salmoninarum* chez le saumon rouge du fleuve Fraser en période de frai et une prévalence de *R. salmoninarum* allant de 1 à 89 % selon l'année et le stock (Mahony *et al.*, 2017). La bactérie *R. salmoninarum* a également été détectée chez des saumons rouges femelles en état de frai, dans le cadre du Programme de mise en valeur des salmonidés du MPO en Colombie-Britannique (Rhodes et Mimeault, 2019).

L'examen de 3 680 poissons issus de sept espèces de salmonidés (saumon chinook, saumon kéta, saumon coho, saumon rose, saumon rouge, truite arc-en-ciel et truite fardée [*O. clarkii*]) prélevés au large de l'Oregon et de Washington a révélé un taux d'infection inférieur à 4 % chez toutes les espèces sauf le saumon chinook, dont la prévalence de l'infection s'élevait à 11 % (Banner *et al.*, 1986). Seuls le saumon chinook (2,8 %) et le saumon coho (0,3 %) présentaient des signes manifestes de la maladie bactérienne du rein.

4.2.3 Mortalité liée à la maladie bactérienne du rein chez le saumon rouge sauvage

Étant donné le manque d'information sur les répercussions d'une infection par *R. salmoninarum* et de la maladie bactérienne dans les populations de saumons sauvages [examen dans Rhodes et Mimeault (2019)], les taux de mortalité dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la Colombie-Britannique ont été utilisés comme données de substitution dans le cadre de la présente évaluation du risque. La maladie bactérienne du rein est souvent considérée comme une maladie chronique qui entraîne des mortalités continuellement tout au long du cycle de vie, mais surtout après la première année et lorsque les poissons atteignent la taille commercialisable (BC Centre for Aquatic Health Sciences, 2010).

Il est raisonnable de présumer que les saumons rouges sont exposés à la bactérie *R. salmoninarum* provenant de fermes pendant des durées plus courtes et à des concentrations plus faibles que ne le sont les saumons atlantiques d'élevage pendant un événement lié à la santé des poissons (ESP). Par conséquent, il est raisonnable de supposer que l'issue de la maladie (c'est-à-dire la mortalité) pour le saumon rouge ne serait pas, dans le pire des cas, plus grave que celle des saumons atlantiques d'élevage non vaccinés. On reconnaît ici que le saumon rouge du fleuve Fraser fait face à des sources de stress supplémentaires, notamment la migration, les prédateurs à éviter et la concurrence pour les ressources. Ces facteurs ne peuvent toutefois pas être pris en compte dans l'état actuel des connaissances.

L'industrie de l'aquaculture a fourni des chiffres sur la mortalité quotidienne et les causes de décès avant, pendant et après les ESP attribuables à la maladie bactérienne du rein dans les fermes de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Au total, 10 ESP ont été attribués à la maladie bactérienne du rein depuis 2002 (annexe B). Les données n'étaient pas disponibles pour les ESP déclarés avant 2008. Des données ont été obtenues pour les quatre derniers ESP qui ont eu lieu entre 2008 et 2010 dans trois fermes. Pendant cette période, les mortalités attribuables à la maladie n'ont pas toujours été enregistrées dans une catégorie spécifiquement liée à la maladie. Par conséquent, lorsque cela s'est avéré nécessaire, toutes les mortalités signalées dans les catégories « morts récemment », « vieux », « moribond abattu » et « maladie » ont été attribuées à la maladie bactérienne du rein. L'analyse suivante des mortalités liées à la maladie bactérienne du rein, qui a été établie à partir de ces données (2008-2019), est donc considérée comme étant une surestimation.

La moyenne mobile sur 21 jours des mortalités attribuées à la maladie bactérienne du rein au niveau des fermes pendant les quatre ESP est restée inférieure à 0,04 % pour le saumon atlantique non vacciné, et même inférieure à 0,01 % dans certaines fermes. Bien que presque

tous les parcs en filet aient été traités pendant ces ESP, la moyenne mobile maximale sur 21 jours pour la mortalité attribuée à la maladie bactérienne du rein est restée inférieure à 0,02 % dans la plupart (83 %) des parcs en filet. La mortalité était légèrement élevée (atteignant un maximum de 0,04 % sur 21 jours) pendant une période d'un à deux mois et a diminué sur quatre à six semaines après le traitement. Toutes les fermes dans lesquelles un ESP attribué à la maladie bactérienne du rein a été signalé entre 2008 et 2010 ont été traitées aux antibiotiques. Le délai entre l'ensemencement en eau de mer et l'apparition des ESP susmentionnés a varié de 9 à 17 mois (moyenne de 12,5), tandis que les ESP signalés en 2005 sont survenus de 0 à 6 mois après le transfert (données sur la mortalité non disponibles).

Bien qu'il soit possible de détecter régulièrement la maladie bactérienne du rein dans les sites marins de cette région, il n'existe aucune preuve d'augmentation de la mortalité due à la maladie bactérienne du rein au niveau de la population dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la zone des îles Discovery entre 2011 et 2017 (il n'y a pas eu de diagnostics basés sur des vérifications au niveau des fermes, pas d'ESP et pas d'épisodes de mortalité liés à la maladie bactérienne du rein). En outre, bien que les détails sur les ESP attribués à la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon situées dans d'autres zones de santé des poissons de la Colombie-Britannique ne soient pas disponibles, à ce jour, aucun épisode de mortalité n'a été attribué à la maladie bactérienne du rein dans une ferme de saumon en Colombie-Britannique; il est donc raisonnable de conclure que la mortalité attribuable à la maladie bactérienne du rein n'a jamais atteint 2 % en un jour ou 5 % dans une période de cinq jours dans les fermes d'élevage de saumon de la Colombie-Britannique.

4.2.4 Infections subcliniques à *Renibacterium salmoninarum*

Rhodes et Mimeault (2019) ont passé en revue l'état des connaissances concernant les infections asymptomatiques et subcliniques à *R. salmoninarum*. Les infections subcliniques peuvent survenir aux premiers stades d'une infection aiguë, avant que les réactions de l'hôte ne se soient suscitées, ou peuvent découler de conditions moins qu'optimales propices au développement de la maladie aiguë. L'infection subclinique peut perdurer après le cycle de vie des poissons, par le frai et le transfert à la descendance (Rhodes et Mimeault, 2019).

Rhodes et Mimeault (2019) ont conclu qu'il est probable qu'il existe un certain degré d'immunosuppression chez les poissons atteints de maladies subcliniques. Cependant, les conséquences des infections subcliniques au niveau de la population sont inconnues.

4.2.5 Estimation de la densité du saumon rouge du fleuve Fraser

Après une infection par un agent pathogène, la propagation dans une population dépend, entre autres paramètres, de la densité de la population. Comme la présente évaluation du risque concerne la propagation potentielle d'une infection acquise à partir de fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, il n'est pas pertinent d'estimer la densité des juvéniles dans les rivières. Les densités dans la région des îles Discovery et en haute mer sont les plus pertinentes pour la présente évaluation.

4.2.5.1 Durant la dévalaison des juvéniles

Nous avons estimé les densités approximatives des saumons rouges juvéniles dans le détroit de Georgia à partir des données recueillies à la senne coulissante en mai et juin entre 2010 et 2012 (Neville *et al.*, 2013; Freshwater *et al.*, 2017). Ces études reposaient sur l'utilisation d'une senne coulissante longue de 280 m et profonde de 9 m (soit un volume cylindrique d'environ 56 000 m³). Les captures par unité d'effort (CPUE) moyennes les plus élevées déclarées des saumons rouges du fleuve Fraser s'établissaient à 1 534 et ont été enregistrées dans la région

des îles Discovery en juin 2012 (Neville *et al.*, 2013). Les CPUE moyennes enregistrées dans le détroit de Georgia en mai et en juin étaient inférieures d'au moins un ordre de grandeur (Neville *et al.*, 2013). En utilisant le même ensemble de données, Freshwater *et al.* (2017) ont indiqué des CPUE combinées pour les mois de mai et de juin de 49 ± 239 et 323 ± 780 (moyenne \pm ET) pour 2011 et 2012, respectivement.

D'après les CPUE moyennes les plus élevées (1 534) et en présumant que le volume d'eau échantillonné pour chaque ensemble était de $56\,000\text{ m}^3$, la densité moyenne estimée la plus élevée des saumons rouges juvéniles dans ce secteur devrait se situer à environ $0,03$ poisson/ m^3 . Il convient de noter que ces estimations reposent sur l'hypothèse que les poissons sont uniformément répartis dans la zone échantillonnée par le filet, et que tous les poissons présents dans la zone échantillonnée sont capturés (c.-à-d. qu'il n'y a pas de comportement d'évitement du filet ou de poissons qui s'en échappent). Ces estimations devront être révisées au fur et à mesure que les résultats des études en cours seront disponibles.

4.2.5.2 En haute mer

Il n'existe pas de données sur l'abondance ou la densité des saumons rouges en haute mer; c'est pourquoi, dans la présente évaluation du risque, nous avons utilisé des données de substitution.

À l'aide de méthodes hydroacoustiques, Nero et Huster (1996) ont estimé la densité moyenne des saumons (spp.) à 114 saumons/ km^2 dans le golfe d'Alaska (ce qui, selon eux, est comparable aux estimations historiques de 160 saumons/ km^2). Comme les saumons se trouvaient au maximum à 40 m sous la surface de la mer pendant la journée (Nero et Huster, 1996), leur densité moyenne est donc estimée à environ $2,9 \times 10^{-6}$ poissons/ m^3 . Si l'on présume que les saumons demeurent principalement dans les dix premiers mètres de la colonne d'eau, c'est là que devrait se trouver la plus grande concentration [Ware et McFarlane (1989); Groot et Margolis (1991) cités dans Nero et Huster (1996)] et leur densité devrait être d'environ $1,1 \times 10^{-5}$ poisson/ m^3 . Il convient de noter que Nero et Huster (1996) n'ont précisé ni les espèces de saumons, ni les tailles des poissons.

Comme la disposition spatiale des saumons donne à penser qu'à de petites échelles spatiales (2 - 200 m), les saumons sont uniformément répartis, tandis qu'à des échelles spatiales plus élevées (400 - $2\,000$ m), ils se regroupent (Nero et Huster, 1996), la densité aux petites échelles pourrait être supérieure aux estimations moyennes susmentionnées. Cependant, bien que les données soient limitées, il est raisonnable de prévoir que la densité du saumon rouge du fleuve Fraser devrait être moins importante en mer que durant la migration dans les chenaux de la région des îles Discovery.

4.2.6 Estimation de la proportion potentiellement exposée à des fermes contaminées

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

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 *R. salmoninarum* ou la maladie bactérienne du rein 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 *R. salmoninarum* 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.

4.2.6.1 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 *R. salmoninarum* 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, de 8 à 100 % (médiane = 62 % et moyenne = 57 %) des juvéniles auraient eu la possibilité d'être exposés à *R. salmoninarum* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery durant leur dévalaison (annexe D). 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 ces fermes se trouvent.

4.2.6.2 Adultes

Le saumon rouge remonte dans le fleuve Fraser soit par la route nord (détroit de Johnstone), soit par la route sud (détroit de Juan de Fuca) [examen dans Grant *et al.* (2018)]. Les taux de détournement vers le nord sont très variables, allant de 10 à 96 % par an entre 1980 et 2017 [Grant *et al.* (2018) et Pacific Salmon Commission (2017, 2018)]. En supposant que tous les saumons rouges en montaison qui empruntent la voie du nord traversent la région des îles Discovery, entre 10 et 96 % des adultes du fleuve Fraser en montaison pourraient être exposés à une ferme de saumon atlantique pendant leur migration.

Les saumons rouges du fleuve Fraser en montaison traversent la région des îles Discovery entre la fin du mois de juin et le début du mois d'octobre [examen dans Grant *et al.* (2018)]. La

montaison n'est toutefois pas répartie uniformément sur les cinq mois. D'après les données sur les captures en aval de Mission fournies par la Commission du saumon du Pacifique (voir l'annexe D), 0,3 %, 12,2 %, 79,7 %, 7,7 % et 0,1 % des adultes en montaison devraient être présents dans la région des îles Discovery en juin, juillet, août, septembre et octobre, respectivement.

Compte tenu de la distribution temporelle et du détournement vers le nord des adultes en montaison et en considérant uniquement les années avec infection, de 0 à 89 % (médiane = 14 % et moyenne = 26 %) des adultes auraient eu la possibilité d'être exposés à *R. salmoninarum* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery durant leur montaison (annexe D). 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 ces fermes se trouvent.

4.2.7 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 *R. salmoninarum* 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 E).

En moyenne, sur deux générations, les saumons rouges du fleuve Fraser juvéniles et adultes peuvent rencontrer des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *R. salmoninarum* situées dans la région des îles Discovery au cours de six et sept des huit années, respectivement. 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 16 % et de 32 % pour les saumons rouges juvéniles et adultes du fleuve Fraser, respectivement (voir l'annexe E).

Malgré l'exposition potentielle durant des années consécutives, l'évaluation de la probabilité a conclu qu'il était extrêmement improbable que le saumon rouge du fleuve Fraser soit contaminé par la bactérie *R. salmoninarum* rejetée à partir de fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans 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 du rein 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 contaminées.

4.4 AMPLEUR DES CONSÉQUENCES

La Figure 6 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 *R. salmoninarum*

disséminée par des saumons atlantiques contaminés d'une ferme de la région des îles Discovery.

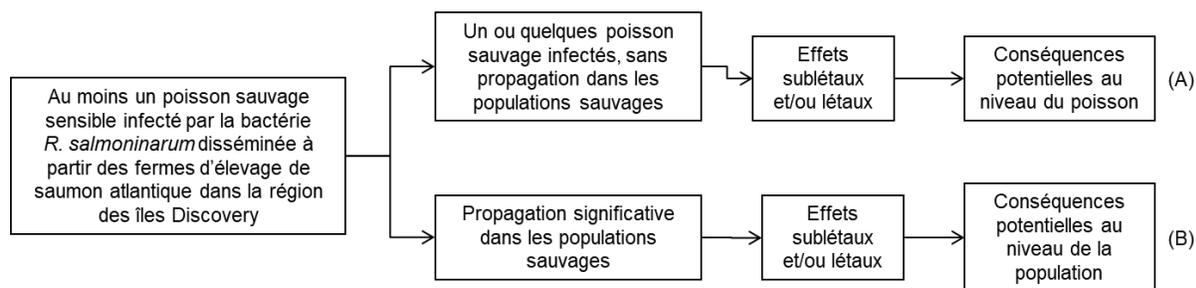


Figure 6. Résultats potentiels de l'infection d'au moins un poisson sauvage sensible par la bactérie *Renibacterium salmoninarum* disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery.

L'information qui précède a permis de conclure qu'aucun ou tout au plus très peu de saumons rouges du fleuve Fraser seront contaminés, ce qui aura des conséquences négligeables au niveau de la population. 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 sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser, juvénile et adulte, découlant de l'exposition à des saumons atlantiques contaminés par *R. salmoninarum* provenant quatre fermes. Les cotes ont été déterminées en fonction des définitions des conséquences sur l'abondance (Tableau 3), des conséquences sur la diversité (Tableau 4) et de l'incertitude (Tableau 5).

4.4.1 Saumon rouge juvénile du fleuve Fraser

On s'attend à ce que des saumons rouges du fleuve Fraser juvéniles se trouvent dans les environs de fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *R. salmoninarum* dans la région des îles Discovery durant leur dévalaison au cours de six années sur huit (Tableau 11). Il existe une probabilité d'environ 16 % d'exposition aux fermes contaminées, qui pourrait se produire pendant au moins quatre années consécutives, sur deux générations (voir la section 4.2.7). Les années où des infections sont présentes, les juvéniles peuvent être exposés à jusqu'à quatre fermes contaminées par *R. salmoninarum* au cours de leur migration.

Après avoir traversé la région des îles Discovery, les juvéniles poursuivront leur migration par le détroit de Johnstone, le détroit de la Reine-Charlotte et en pleine mer. Malgré l'exposition potentielle, l'évaluation de la probabilité a conclu qu'il était extrêmement improbable que le saumon rouge juvénile du fleuve Fraser soit contaminé par la bactérie *R. salmoninarum* rejetée à partir de fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques de gestion actuelles. Néanmoins, la possibilité qu'une infection théoriquement acquise dans la région des îles Discovery se propage à d'autres saumons rouges du fleuve Fraser juvéniles pendant la migration en mer a été examinée (Figure 6, résultat A).

La période de migration estimée entre la région des îles Discovery jusqu'au détroit de la Reine-Charlotte est d'environ 5 à 15 jours, d'après la vitesse de nage des juvéniles (10 à 30 km/jour), telle que résumée dans Grant *et al.* (2018). D'après des études de laboratoire en eau douce sur le saumon chinook, la période entre l'exposition à *R. salmoninarum* dans l'eau et la mortalité est d'environ 80 jours (Murray *et al.*, 1992), avec une concentration supérieure de quatre ordres de grandeur à la concentration estimée dans les parcs en filet. Il est donc probable qu'un saumon

rouge juvénile du fleuve Fraser contaminé ne développe les signes d'une infection à *R. salmoninarum* attribuable à une ferme qu'une fois en pleine mer.

La propagation de l'infection dans la population, de même que le taux et l'ampleur de la propagation, dépendent de la probabilité qu'un individu sensible réussisse à entrer en contact (menant à la transmission de l'infection) avec un individu infectieux de la même population. Cette probabilité dépend, entre autres paramètres, de la densité de la population (Reno, 1998).

Il n'existe pas de données expérimentales avec des densités de population variables lors des épidémies de maladie bactérienne du rein; cependant, la densité a été corrélée avec la prévalence de l'infection dans les populations de saumon chinook en liberté dans la baie Puget (Rhodes *et al.*, 2011). En tant qu'indicateur des répercussions de la maladie bactérienne du rein résultant de la propagation dans la population selon la densité de la ferme, la moyenne mobile sur 21 jours de la mortalité quotidienne a varié entre 0,01 et 0,04 % au niveau de la ferme sur une période de quelques mois avant et pendant les ESP attribués à la maladie bactérienne du rein dans les fermes de saumon atlantique de la région des îles Discovery; cela suppose une propagation limitée même à des densités plus élevées que celles qui sont estimées pour le saumon rouge en haute mer.

En conséquence, nous avons conclu qu'il n'est pas plausible qu'un saumon rouge du fleuve Fraser juvénile exposé aux concentrations estimées de *R. salmoninarum* rejetées à partir d'une ferme de saumon atlantique contaminée (voir la section 3.4.2.4) contracte une infection qui serait susceptible de se propager et de s'établir au sein d'une population. Cette conclusion repose principalement sur la biologie de *R. salmoninarum*. Nous avons donc conclu que l'ampleur potentielle des conséquences sur l'abondance ou la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser serait **négligeable**. Cette conclusion s'assortit d'une **incertitude raisonnable** étant donné l'utilisation de données de substitution, et le fait que les données disponibles ne peuvent être utilisées qu'avec certaines réserves. En outre, les effets intergénérationnels possibles sont reconnus, mais il n'existe pas à l'heure actuelle de données permettant d'évaluer leurs répercussions potentielles.

4.4.2 Saumon rouge adulte du fleuve Fraser

On s'attend à ce que des saumons rouges du fleuve Fraser adultes se trouvent dans les environs de fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *R. salmoninarum* dans la région des îles Discovery durant leur migration au cours de sept années sur huit. Il existe une probabilité d'environ 32 % d'exposition aux fermes contaminées, qui pourrait se produire pendant au moins quatre années consécutives, sur deux générations (voir la section 4.2.7). Les années où des infections sont présentes, les adultes peuvent être exposés à jusqu'à trois fermes contaminées au cours de leur migration.

Après avoir traversé la région des îles Discovery, les saumons rouges adultes du fleuve Fraser poursuivent leur migration par le détroit de Georgia et remontent le fleuve Fraser. Malgré l'exposition potentielle, l'évaluation de la probabilité a conclu qu'il était extrêmement improbable que le saumon rouge adulte du fleuve Fraser soit contaminé par la bactérie *R. salmoninarum* rejetée à partir de fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, compte tenu des pratiques de gestion actuelles. Néanmoins, nous avons pris en considération la possibilité qu'une infection théoriquement acquise dans la région des îles Discovery se propage à d'autres saumons rouges adultes du fleuve Fraser durant leur migration en eau douce ou dans les frayères (avant la réussite du frai).

Grant *et al.* (2018) ont estimé que les saumons rouges du fleuve Fraser en montaison peuvent franchir la distance entre la limite sud-est de la région des îles Discovery et Mission en trois à quatre jours environ. La distance entre les aires de frai et le détroit de Georgia va de 40 km

pour la population de Widgeon Slough, à 1 200 km pour la population de la montaison précoce de la rivière Stuart (Cohen, 2012b). Dans une étude sur la santé du poisson, il a fallu environ un mois aux saumons rouges de la Stuart à montaison précoce pour atteindre les frayères (Stoddard, 1993). Comme indiqué ci-dessus, Les études de laboratoire estiment à 80 jours le délai entre l'exposition et la mortalité pour le saumon chinook lorsqu'il est exposé à 3×10^4 cellules de *R. salmoninarum*/ml, ou 3×10^{10} cellules/m³ (Murray *et al.*, 1992), une concentration supérieure de plus de quatre ordres de grandeur à la concentration estimée dans les fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées dans la région des îles Discovery. Cette constatation est corroborée par la manière dont la maladie est souvent caractérisée, notamment par une prolifération bactérienne lente [voir Rhodes et Mimeault (2019)]. Par conséquent, le temps entre l'exposition à une faible concentration de *R. salmoninarum* provenant de fermes contaminées et le frai ne sera probablement pas suffisant pour permettre le développement de la maladie.

L'utilisation d'un modèle épidémiologique pour déterminer la propagation potentielle d'une infection par *R. salmoninarum* acquise dans la région des îles Discovery chez des adultes en montaison a été envisagée, mais jugée inutile étant donné le manque d'exemples d'éclosions de maladie dans la nature et la nature chronique des infections par *R. salmoninarum*.

Il a donc été conclu que l'ampleur potentielle des conséquences sur l'abondance ou la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant d'une infection par *R. salmoninarum* du saumon rouge adulte du fleuve Fraser attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery dans le cadre des pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons est **négligeable**. Cette conclusion s'assortit d'une **incertitude raisonnable** compte tenu de l'utilisation de données de substitution liées au temps d'incubation. En outre, les effets intergénérationnels possibles sont reconnus, mais il n'existe pas à l'heure actuelle de données permettant d'évaluer leurs répercussions potentielles.

4.4.3 Autres espèces sensibles de saumon du Pacifique

La conclusion a été que l'ampleur potentielle des conséquences indirectes sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant d'une infection d'autres espèces sensibles de saumon du Pacifique par *R. salmoninarum* attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles de gestion de la santé des poissons, serait **négligeable**, car l'ampleur directe des conséquences sur le saumon rouge du fleuve Fraser a été jugée négligeable et rien ne permet de penser que les conséquences indirectes seraient plus importantes que les conséquences directes. Cette conclusion s'assortit d'une **incertitude élevée** étant donné le manque de données sur les répercussions que les changements induits par *R. salmoninarum* chez les autres espèces sensibles de saumons du Pacifique pourraient avoir sur l'abondance et la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser.

5 ESTIMATION DU RISQUE

5.1 ABONDANCE

Le risque posé pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser par les infections par la bactérie *R. salmoninarum* 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 *Renibacterium salmoninarum* provenant des fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles de gestion des fermes.

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	Négligeables	Minime

Le risque pour l'abondance du saumon rouge du fleuve Fraser résultant des conséquences écologiques potentielles de l'infection par *R. salmoninarum* chez d'autres espèces sensibles de saumons du Pacifique attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery a également été examiné et s'est avéré **minime**.

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 *R. salmoninarum* 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 *R. salmoninarum* 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 la bactérie *Renibacterium salmoninarum* provenant des fermes de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery, selon les pratiques actuelles de gestion des fermes.

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	Négligeables	Minime

Le risque pour la diversité du saumon rouge du fleuve Fraser résultant des conséquences écologiques potentielles de l'infection par *R. salmoninarum* chez d'autres espèces sensibles de saumons du Pacifique attribuable aux fermes d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery a également été examiné et s'est avéré **minime**.

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 *R. salmoninarum* 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 non réductible par

d'autres mesures, et le manque de connaissances qui peut être réduit par l'obtention de données supplémentaires ou d'avis d'experts (Vose, 2008).

6.1 ÉVALUATION DE LA PROBABILITÉ

Les principales incertitudes liées à l'évaluation de la probabilité sont attribuables aux facteurs suivants :

- Le manque de renseignements sur la prévalence des saumons atlantiques contaminés par *R. salmoninarum* dans les fermes de la région des îles Discovery et le besoin qui en découle de s'appuyer sur l'avis d'experts.
- Le manque de renseignements sur les taux d'excrétion des saumons atlantiques d'élevage malades et contaminés par *R. salmoninarum*.
- Le manque de renseignements sur les doses infectieuses et létales minimales de *R. salmoninarum* chez le saumon rouge.
- Le manque de renseignements et la variabilité des données actuelles concernant les voies de migration des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser dans la région des îles Discovery.
- Le manque de données pour estimer précisément la proportion de la population qui serait exposée et contaminée par la bactérie *R. salmoninarum* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique dans la région des îles Discovery.

6.2 ÉVALUATION DES CONSÉQUENCES

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

- L'absence de données sur la mortalité liée à la maladie bactérienne du rein dans les populations de saumon du Pacifique sauvage, et l'utilisation subséquente de taux de mortalité par substitution calculés à partir des ESP dans les fermes d'élevage de saumon atlantique.
- Le manque de connaissances sur les conséquences pour les individus et les populations de saumon rouge résultant des infections sublétales par *R. salmoninarum*.
- Les conséquences liées à la présence de *R. salmoninarum* dans les populations reproductrices pour les générations suivantes.

7 CONCLUSIONS

L'évaluation a permis de conclure que la bactérie *R. salmoninarum* 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 des poissons sensibles soient contaminés par la bactérie *R. salmoninarum* disséminée à partir d'une ferme d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Ensuite, même dans le cas extrêmement improbable où un poisson sauvage sensible serait contaminé par la bactérie *R. salmoninarum* disséminée à partir des fermes 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.

Il existe des sources considérables d'incertitude associées à la détermination du risque pour le saumon rouge du fleuve Fraser posé par le transfert de *R. salmoninarum* à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique dans les îles Discovery. Les principales incertitudes sont liées aux évaluations : (1) de la probabilité d'infection des poissons sauvages, pour lesquels on manque d'information sur la prévalence de saumons atlantiques contaminés par *R. salmoninarum* dans les fermes de la région des îles Discovery, les taux d'excrétion chez les porteurs de *R. salmoninarum* et chez les saumons gravement contaminés et malades; les interactions des populations sauvages avec les fermes d'élevage de saumon atlantique; et la dose infectieuse et létale minimale de *R. salmoninarum* chez le saumon rouge et les autres espèces sensibles; (2) des conséquences, pour lesquelles il n'existe pas de données sur la mortalité due à la maladie bactérienne du rein chez les poissons sauvages sensibles, la propagation de l'infection dans les populations de poissons migrateurs et les conséquences au niveau de la population résultant des infections sublétales. Il conviendrait de revoir les conclusions de la présente évaluation du risque à mesure que les résultats de nouvelles recherches viendront combler des lacunes dans les connaissances ou si les conditions venaient à changer.

8 RÉFÉRENCES CITÉES

- Balfry, S. K., Albright, L. J. and Evelyn, T. P. T. 1996. Horizontal transfer of *Renibacterium salmoninarum* among farmed salmonids via the fecal-oral route. *Dis. Aquat. Org.* 25(1-2): 63-69.
- Banner, C. R., Long, J. J., Fryer, J. L. and Rohovec, J. S. 1986. Occurrence of salmonid fish infected with *Renibacterium salmoninarum* in the Pacific Ocean. *J. Fish Dis.* 9(3): 273-275.
- BC Centre for Aquatic Health Sciences. 2010. Evaluation of bacterial kidney disease (BKD) impacts on the Canadian salmon aquaculture industry: Final report. Campbell River, BC. 70 p.
- 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.
- Bell, G. R. 1961. Two epidemics of apparent kidney disease in cultured pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *J. Fish. Res. Board Can.* 18(4): 559-562.
- Bravender, B. A., Anderson, S. S. and Van Tine, J. 1999. Distribution and abundance of juvenile salmon in Discovery Harbour Marina and surrounding area, Campbell River, B.C., during 1996. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2292. 45 p.
- 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.
- Brown, T. J., McAllister, C. D. and Kotyk, M. 1987. A summary of the salmonid catch - Data from Campbell River Estuary and Discovery Passage for the years 1982 to 1986. *Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci.* 650. 99 p.
- Bruno, D. W. 1988. The relationship between auto-agglutination, cell surface hydrophobicity and virulence of the fish pathogen *Renibacterium salmoninarum*. *FEMS Microbiol. Lett.* 51(2-3): 135-139.

-
- Bullock, G. L., Stuckey, H. M. and Mulcahy, D. 1978. Corynebacterial kidney disease: egg transmission following iodophore disinfection. *Fish Health News* 7(2): 51-52.
- 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. 2012a. Recommendations, summary, process. *In* The uncertain future of Fraser River Sockeye. Minister of Public Works and Government Services Canada. Publishing and Depository Services, Ottawa, ON. Vol 3: 211 p.
- Cohen, B. I. 2012b. The sockeye fishery. The Uncertain Future of Fraser River Sockeye. Vol. 1. Minister of Public Works and Government Services Canada, Publishing and Depository Services, Ottawa, ON. 687 p.
- Cox, L. A. T. J. 2008. What's wrong with risk matrices? *Risk. Anal.* 28(2): 497-512.
- Cudmore, B., Mandrak, N. E., Dettmers, J., Chapman, D. C. and Kolar, C. S. 2012. [Binational Ecological Risk Assessment of Bigheaded Carps \(*Hypophthalmichthys* spp.\) for the Great Lakes Basin](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/114. vi + 57 p.
- Daly, J. G. and Stevenson, R. M. 1987. Hydrophobic and haemagglutinating properties of *Renibacterium salmoninarum*. *J. Gen. Microbiol.* 133: 3575-3580.
- Daly, J. G. and Stevenson, R. M. 1989. Agglutination of salmonid spermatozoa by *Renibacterium salmoninarum*. *J. Aquat. Anim. Health* 1(2): 163-164.
- Elliott, D. G. and Pascho, R. J. 1995. Juvenile fish transportation: impact of bacterial kidney disease on survival of spring/summer Chinook salmon stock. 1993 Annual Report for the U.S. Fish & Wildlife Service. U.S. Army Corps of Engineers. Walla Walla, WA, USA.
- Evelyn, T. P. T., Ketcheson, J. E. and Prospero-Porta, L. 1984. Further evidence for the presence of *Renibacterium salmoninarum* in salmonid eggs and for the failure of povidine-iodine to reduce the intra-ovum infection in water-hardened eggs. *J. Fish Dis.* 7(3): 173-182.
- Evelyn, T. P. T., Prospero-Porta, L. and Ketcheson, J. E. 1986. Experimental intra-ovum infection of salmonid eggs with *Renibacterium salmoninarum* and vertical transmission of the pathogen with such eggs despite their treatment with erythromycin. *Dis. Aquat. Org.* 1(3): 197-202.
- 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 Smal, 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.

-
- Freshwater, C., Trudel, M., Beacham, T. D., Grant, S. C. H., Johnson, S. C., Neville, C. E. M., Tucker, S. and Juanes, F. 2017. Effects of density during freshwater and early marine rearing on juvenile sockeye salmon size, growth, and migration. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 579: 97-110.
- 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.
- Griffiths, S. G., Melville, K. J. and Salonijs, K. 1998. Reduction of *Renibacterium salmoninarum* culture activity in Atlantic salmon following vaccination with avirulent strains. *Fish Shellfish Immunol.* 8(8): 607-619.
- 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.
- Groot, C. and Margolis, L. 1991. Pacific salmon life histories. University of British Columbia Press, Vancouver, B. C. 564 p.
- 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.
- Kent, M. L., Traxler, G. S., Kieser, D., Richard, J., Dawe, S. C., Shaw, R. W., Prospero-Porta, G., Ketcheson, J. and Evelyn, T. P. T. 1998. Survey of salmonid pathogens in ocean-caught fishes in British Columbia, Canada. *J. Aquat. Anim. Health* 10(2): 211-219.
- Laurin, E., Jaramillo, D., Vanderstichel, R., Ferguson, H., Kaukinen, K., Schulze, A. D., Keith, I., Gardner, I. and Miller, K. M. 2019. Histopathological and novel high-throughput molecular monitoring data from farmed salmon (*Salmo salar* and *Oncorhynchus* spp.) in British Columbia, Canada, from 2011-2013. *Aquaculture* 499: 220-234.
- 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.

-
- Mahony, A. M., Johnson, S. C., Neville, C. M., Thiess, M. E. and Jones, S. R. M. 2017. *Myxobolus arcticus* and *Parvicapsula minibicornis* infections in sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* following downstream migration in British Columbia. *Dis. Aquat. Org.* 126(2): 89-98.
- 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.
- Manzer, J. I. 1955. Pink and chum salmon tagging experiments in Johnstone Straits and Discovery Passage, 1953. Biological Station, Fisheries Research Board of Canada, Nanaimo, BC. 35 p.
- McKibben, C. L. and Pascho, R. J. 1999. Shedding of *Renibacterium salmoninarum* by infected Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Dis. Aquat. Org.* 38: 75-79.
- Mimeault, C., Aubry, P., Wan, D., Wade, J., Boily, F., Jones, S.R.M., Johnson, S., Foreman, M.G.G., Chandler, P. C., 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 *Aeromonas salmonicida* 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. 2019/017. xi + 73 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.
- Murray, A. G., Munro, A. L. S., Wallace, I. S., Peeler, E. J. and Thrush, M. A. 2011. Bacterial kidney disease: assessment of risk to Atlantic salmon farms from infection in trout farms and other sources. *In* Scottish Marine and Freshwater Science. Aberdeen, UK. 2: 84 p.
- Murray, A. G., Munro, L. A., Wallace, I. S., Allan, C. E. T., Peeler, E. J. and Thrush, M. A. 2012. Epidemiology of *Renibacterium salmoninarum* in Scotland and the potential for compartmentalised management of salmon and trout farming areas. *Aquaculture* 324: 1-13.
- Murray, C. B., Evelyn, T. P. T., Beacham, T. D., Barner, L. W., Ketcheson, J. E. and Prospero-Porta, L. 1992. Experimental induction of bacterial kidney disease in chinook salmon by immersion and cohabitation challenges. *Dis. Aquat. Org.* 12: 91-96.
- Nance, S. L., Riederer, M., Zubkowski, T., Trudel, M. and Rhodes, L. D. 2010. Interpreting dual ELISA and qPCR data for bacterial kidney disease of salmonids. *Dis. Aquat. Org.* 91(2): 113-119.
-

-
- Nero, R. W. and Huster, M. 1996. Low frequency acoustic imaging of Pacific salmon on the high seas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 2513-2523.
- 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.
- Pacific Salmon Commission. 2017. Report of the Fraser River Panel to the Pacific Salmon Commission on the 2016 Fraser River Sockeye Salmon fishing season. *In Annual Reports of the Fraser River Panel to Pacific Salmon Commission.* Vancouver, BC. 1-61 p.
- Pacific Salmon Commission. 2018. Report of the Fraser River Panel to the Pacific Salmon Commission on the 2017 Fraser River Sockeye and Pink Salmon fishing season. *In Annual Reports of the Fraser River Panel to the Pacific Salmon Commission.* Vancouver, BC. 1-79 p.
- Purcell, M. K., McKibben, C. L., Pearman-Gillman, S., Elliott, D. G. and Winton, J. R. 2016. Effects of temperature on *Renibacterium salmoninarum* infection and transmission potential in Chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). *J. Fish Dis.* 39(7): 787-798.
- 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.
- Reno, P. W. 1998. Factors involved in the dissemination of disease in fish populations. *J. Aquat. Anim. Health* 10(2): 160-171.
- Rhodes, L. D. and Mimeault, C. 2019. [Caractérisation de la bactérie *Renibacterium salmoninarum* et de la maladie bactérienne du rein pour informer les évaluations des risques de transfert d'agents pathogènes en Colombie-Britannique](#). *Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech.* 2019/018. vi + 51 p.
- Rhodes, L. D., Rice, C. A., Greene, C. M., Teel, D. J., Nance, S. L., Moran, P., Durkin, C. A. and Gezhegne, S. B. 2011. Nearshore ecosystem predictors of a bacterial infection in juvenile Chinook salmon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 432: 161-172.
- Rousseau, S., Gauthier, S., Johnson, S., Neville, C. and Trudel, M. 2017. Use of inverted echosounders to monitor the migration timing and abundance of juvenile salmon in the Discovery Islands, British Columbia. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3227. viii + 33 p.
- Salonius, K., Siderakis, C., MacKinnon, A. M. and Griffiths, S. G. 2005. Use of *Arthrobacter davidanieli* as a live vaccine against *Renibacterium salmoninarum* and *Piscirickettsia salmonis* in salmonids. *Dev. Biol. (Basel)* 121: 189-197.
- Stoddard, E. M. 1993. Fraser River sockeye health study 1993 field collection, and bacteriological, virological and histological analysis of data collected: final report. EMS Aquatic Services, Vancouver, B.C. 23 p.
-

-
- Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjorn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C. and Svasand, T. 2015. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES J. Mar. Sci.* 72(3): 997-1021.
- Vose, D. 2008. *Risk analysis: a quantitative guide*. 3rd ed. Wiley, Chichester, England. 735 p.
- Wade, J. 2017. [British Columbia farmed Atlantic Salmon health management practices](#). DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/072. vi + 55 p.
- Ware, D. M. and McFarlane, G. A. 1989. Fisheries production domains in the northeast Pacific ocean. *In* Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Beamish, R. J. and McFarlane, G. A. (eds.). *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 108: pp 359-379.
- Zetterberg, P. R. and Carter, E. W. 2010. Strait of Georgia sport fishery creel survey statistics for salmon and groundfish, 2008. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2929. xiv + 123 p.
- Zetterberg, P. R., Watson, N. M. and O'Brian, D. S. 2012. Strait of Georgia recreational fishery statistics for salmon and groundfish, 2009. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2979. xii + 104 p.

9 ANNEXES

9.1 ANNEXE A : PROGRAMME DE VÉRIFICATION ET DE SURVEILLANCE DE LA SANTÉ DU POISSON

La présente section résume les diagnostics de la maladie bactérienne du rein 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, Shaw Point).

Entre 2004 et 2016, 14 fermes ont été empoissonnées en moyenne par an, allant de 8 en 2013 à 18 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 total de 13 diagnostics de maladie bactérienne du rein au niveau de la ferme fondés sur des vérifications ont été signalés pour 6 fermes d'élevage de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery; les deux derniers cas se sont produits en 2009 (Tableau 17).

Tableau 17. Résumé des fermes d'élevage de saumon atlantique actives, du nombre de vérifications effectuées et de diagnostics de maladie bactérienne du rein (MBR) au niveau de la ferme fondés sur des vérifications dans les fermes 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 actives représente le nombre total de fermes 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 actives	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 MBR au niveau de la ferme	Nombre de fermes ayant fait l'objet d'une vérification et dans lesquelles on a enregistré des diagnostics de MBR au niveau de la ferme
2002	S. O.	3	3	S. O.	1	1
2003	S. O.	10	4	S. O.	0	0
2004	14	13	9	64	1	1
2005	15	18	11	73	4	3
2006	16	19	12	75	4	3
2007	16	24	13	81	1	1
2008	17	28	15	88	0	0
2009	18	23	14	78	2	2
2010	16	4	4	25	0	0
2011	17	13	8	47	0	0
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	---	---	13	6

La détection de *R. salmoninarum* ou d'organismes de type *Renibacterium*, en l'absence d'autres preuves de l'existence de la maladie, n'est pas suffisante pour donner lieu à un diagnostic de maladie bactérienne du rein au niveau de la ferme. Par conséquent, de faibles niveaux de *R. salmoninarum* peuvent être présents dans les populations d'élevage et 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 *R. salmoninarum*, sont résumées dans le Tableau 17.

Depuis 2002, il y a eu un total de 13 diagnostics de maladie bactérienne du rein au niveau de la ferme fondés sur des vérifications :

- En 2002 à Freddie Arm en octobre.
- En 2004 à Shaw Point en août.
- En 2005, dans trois fermes : Althorpe en juin, Chancellor en février et Philips Arm en mai et juillet.
- En 2006, dans trois fermes : Chancellor en janvier et mai; Lees Bay en mai et Shaw Point en septembre.
- En 2007, à Lees Bay en février.
- En 2009, dans deux fermes : Althorpe en janvier et Chancellor en avril.

Outre les diagnostics au niveau des fermes susmentionnés, 23 vérifications au total ont permis de confirmer la présence de *R. salmoninarum* ou de diagnostiquer la maladie bactérienne du rein par histologie :

- En 2002, des cas de *R. salmoninarum* ont été décelés par histopathologie à Raza lors d'une vérification effectuée en novembre (nombre de poissons non précisé).
- En 2003, *R. salmoninarum* et des signes possibles de maladie bactérienne du rein ont été décelés par un diagnostic histologique à Raza lors d'une vérification en février (nombre de poissons non précisé).
- En 2004, *R. salmoninarum* a été décelée par histopathologie dans deux fermes : Brent Island lors d'une vérification en juillet et Lees Bay lors d'une vérification en août (nombre de poissons non précisé).
- En 2006, *R. salmoninarum* a été décelée par histopathologie dans deux fermes : Althorpe lors d'une vérification en novembre (chez 1 des 7 poissons) et Lees Bay lors d'une vérification en mai (chez 14 des 15 poissons).
- En 2008, *R. salmoninarum* a été décelée par histopathologie dans trois fermes : Brougham lors d'une vérification en avril (chez 1 des 5 poissons), Cyrus Rocks lors d'une vérification en avril (chez le seul poisson échantillonné) et Farside lors d'une vérification en décembre (chez 1 des 7 poissons). En outre, on a diagnostiqué des cas de maladie bactérienne du rein par histopathologie dans trois fermes cette année-là : Freddie Arm lors d'une vérification en septembre (chez 1 des 6 poissons), Hardwicke lors des vérifications de janvier (chez 1 des 5 poissons) et d'avril (chez 3 des 4 poissons) et Sonora Pointe lors d'une vérification en juillet (chez 1 des 4 poissons).
- En 2009, *R. salmoninarum* a été décelée par histopathologie dans deux fermes : Brougham lors d'une vérification en janvier (nombre de poissons non précisé) et Freddie Arm lors d'une vérification en mars (chez 1 des 4 poissons).
- En 2012, des signes cliniques de maladie bactérienne du rein et des bactéries de type *Renibacterium* ont été décelés par diagnostic histologique dans quatre fermes : Althorpe en

juillet et octobre (chez 6 des 14 poissons), Cyrus Rocks lors d'une vérification en avril (chez 2 des 6 poissons), Sonora/Okisollo lors d'une vérification en juillet (chez 1 des 3 poissons) et Thurlow lors d'une vérification en janvier (chez 1 des 4 poissons).

- En 2013, des signes de maladie bactérienne du rein avec des bactéries de type *Renibacterium* ont été décelés par diagnostic histologique à Sonora/Okisollo lors d'une vérification réalisé en janvier (chez un des trois poissons).
- En 2014, des signes de maladie bactérienne du rein avec des bactéries de type *Renibacterium* ont été décelés par diagnostic histologique dans deux fermes : Hardwicke lors d'une vérification en avril (chez 1 des 3 échantillons) et Venture (mois non spécifié, chez 1 des 25 poissons).
- En 2016, des signes de maladie bactérienne du rein avec des bactéries de type *Renibacterium* ont été décelés par diagnostic histologique à Phillips Arm lors d'une vérification en août (chez 1 des 7 poissons).

Tous les diagnostics de maladie bactérienne du rein au niveau de la ferme de 2002 à 2016 ont eu lieu dans des installations situées dans le bras Frederick, le bras Phillips et les canaux du nord-ouest. *R. salmoninarum* n'a pas été détecté lors des vérifications des fermes de la baie Barnes ou de Bickley entre 2002 et 2016.

Tableau 18. Résultats du programme vérifications de la santé des poissons (PVSSP) [2002 à 2016] menées dans les fermes de saumon atlantique de la région des îles Discovery où l'on a détecté la présence de la bactérie *Renibacterium salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein (MBR). Des tests de dépistage de *R. salmoninarum* par histopathologie ont été effectués sur toutes les carcasses recueillies par le PVSSP (2011 à 2016). Pour les vérifications où le nombre de poissons avec un diagnostic histologique de MBR ou de *R. salmoninarum* n'a pas été clairement indiqué, ≥ 1 sert à indiquer un minimum d'une carcasse de poisson. L'astérisque (*) indique que les résultats ne mentionnent que *R. salmoninarum* dans le rapport d'histopathologie, sans mentionner la MBR. Source : Division de la gestion de l'aquaculture du MPO pour les vérifications provinciales de la santé du poisson (2002-2010) MPO (2018c) et pour les vérifications du MPO de la santé du poisson (2011-2016).

Année	Nom de l'installation	Nombre de vérifications de la santé du poisson	Nombre de carcasses évaluées	Nombre de poissons ayant fait l'objet d'un diagnostic histologique de MBR due à des bactéries de type <i>Renibacterium</i>	Diagnostics vétérinaires au niveau de la ferme
2002	Freddie Arm	1	20	≥ 1	MBR
	Raza	1	7	$\geq 1^*$	Ouvert
2003	Raza	2	11	≥ 1	Ouvert (vérification 1); prolifération d'algues (vérification 2)
2004	Brent Island	3	18	$\geq 1^*$	Péritonite post-vaccination (vérification 1); ouvert (vérifications 2 et 3)
	Lees Bay	2	17	$\geq 1^*$	Bactériémie (vérification 1); double diagnostic : ouvert et péritonite post-vaccination (vérification 2)
	Shaw Point	1	4	$\geq 1^*$	MBR
2005	Althorpe	1	6	$\geq 1^*$	MBR
	Chancellor	1	2	$\geq 1^*$	MBR
	Phillips Arm	2	15	$\geq 1^*$	MBR (vérifications 1 et 2)
2006	Althorpe	2	9	1*	Ouvert
	Chancellor	2	13	5*	MBR (vérifications 1 et 2)
	Lees Bay	3	30	15*	Ouvert (vérification 1); MBR (vérification 2); prolifération d'algues (vérification 3)
	Shaw Point	1	8	$\geq 1^*$	MBR
2007	Lees Bay	4	34	5*	MBR (vérification 1); ouvert (vérifications 2, 3 et 4)
2008	Brougham	2	7	1*	Ouvert – aucune cause connue/aucune lésion importante
	Cyrus Rocks	2	7	1*	Ouvert – aucune cause connue/aucune lésion importante (vérification 1); pourriture de la bouche (vérification 2)
	Farside	1	7	1*	Ouvert – aucune cause connue/aucune lésion importante
	Freddie Arm	3	13	1	Ouvert – aucune cause connue/aucune lésion importante

Année	Nom de l'installation	Nombre de vérifications de la santé du poisson	Nombre de carcasses évaluées	Nombre de poissons ayant fait l'objet d'un diagnostic histologique de MBR due à des bactéries de type <i>Renibacterium</i>	Diagnostics vétérinaires au niveau de la ferme
	Hardwicke	2	9	4	Ouvert – aucune cause connue/aucune lésion importante
	Sonora Point	2	5	1	Ouvert – aucune cause connue/aucune lésion importante
2009	Althorpe	2	13	≥ 1	MBR (vérification 1); ouvert – aucune cause connue/aucune lésion importante (vérification 2)
	Brougham	1	4	≥ 1*	Autres
	Chancellor	1	10	7	MBR
	Freddie Arm	1	4	1*	Ouvert – aucune cause connue/aucune lésion importante
2012	Althorpe	3	14	6	Aucune maladie importante présente au niveau de la population
	Cyrus Rocks	3	15	2	Aucune maladie importante présente au niveau de la population
	Sonora Island	3	7	1	Aucune maladie importante présente au niveau de la population
	Thurlow	1	4	1	Aucune maladie importante présente au niveau de la population
2013	Sonora Island	1	3	1	Aucune maladie importante présente au niveau de la population
2014	Hardwicke	1	3	1	Aucune maladie importante présente au niveau de la population
	Venture	3	25	1	Aucune maladie importante présente au niveau de la population
2016	Phillips Arm	2	12	1	Aucune maladie importante présente au niveau de la population

9.2 ANNEXE B : ÉVÉNEMENTS LIÉS À LA SANTÉ DES POISSONS

La présente section résume les ESP attribués à la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery.

Entre 2002 et 2017, 10 ESP attribués à la maladie bactérienne du rein ont été signalés par l'industrie dans des fermes de saumon atlantique dans la région des îles Discovery. Ils ont été signalés au cours des mois de février, mars, avril, juin et octobre, mais il n'est pas possible d'attribuer un caractère saisonnier à la maladie en raison du petit nombre d'ESP. En outre, bien que les ESP fournissent des renseignements sur la distribution des maladies, comme leur présence ou absence selon le temps (saison) et le lieu (zone), ils ne se prêtent pas à des traitements statistiques comme les analyses de tendances et doivent être interprétés avec prudence.

*Tableau 19. Nombre de fermes d'élevage de saumon atlantique actives dans la région des îles Discovery et d'événements liés à la santé des poissons (ESP) attribués à la maladie bactérienne du rein (MBR) de 2002 à 2017. Le nombre de fermes actives représente 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), Division de la gestion de l'aquaculture du MPO et BC Salmon Farmers Association (pour les ESP de 2013 à 2015). * 7 fermes uniques.*

Année	Nombre de fermes actives	Nombre d'ESP attribués à la MBR	Nombre de fermes ayant déclaré des ESP attribués à la MBR
2002	S. O.	0	0
2003	S. O.	0	0
2004	14	0	0
2005	15	6	5
2006	16	0	0
2007	16	0	0
2008	17	2	1
2009	18	1	1
2010	16	1	1
2011	17	0	0
2012	13	0	0
2013	8	0	0
2014	10	0	0
2015	10	0	0
2016	11	0	0
2017	12	0	0
Total	--	10	8*

9.3 ANNEXE C : SURVEILLANCE ET DÉTECTIONS PAR L'INDUSTRIE

Le Tableau 20 résume les observations faites par le personnel responsable de la santé des poissons lors des visites de sites et des prélèvements pour les tests diagnostiques de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein dans les fermes de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Les observations et les échantillonnages ont été effectués pour diverses raisons, notamment les contrôles sanitaires de routine, le dépistage des poissons (y compris pour les stocks de géniteurs élevés dans des parcs en filet), les enquêtes sur la mortalité élevée due à diverses causes, et les enquêtes sur la santé du poisson pour les projets de recherche qui comprennent le dépistage d'agents pathogènes ou de maladies.

Comme *R. salmoninarum* est endémique dans la région et que les signes cliniques et les lésions macroscopiques de la maladie bactérienne du rein sont facilement reconnaissables par un personnel formé, les cas de maladie bactérienne du rein observés sur le terrain dans une ferme ne sont pas tous confirmés par des tests de laboratoire. Par conséquent, les données et les observations de l'industrie concernant les mortalités ou les lésions causées par la maladie bactérienne du rein (y compris les cas suspectés) ont été résumées en plus des résultats des tests. Plus précisément, les commentaires du personnel responsable de la santé des poissons (y compris le vétérinaire de la ferme) qui concernent explicitement la présence d'un nombre quelconque de poissons avec la maladie bactérienne du rein ont été comptabilisés en tant que preuves de la maladie pour la ferme, même si le cas n'a pas été confirmé par des tests diagnostiques.

Tous les résultats des tests de laboratoire ciblant *R. salmoninarum* (ELISA, PCR) ou indiquant la présence de *R. salmoninarum* ou de maladie bactérienne du rein (histologie, empreintes de tissus) ont été comptabilisés. Les empreintes de tissus et les tests par histologie indiquant un résultat positif pour la détection de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein ont été considérés comme étant des preuves de maladie ou d'infection à *R. salmoninarum*. Les résultats de laboratoire non concluants (p. ex. « suspect » avec ELISA) ont été considérés comme étant négatifs.

L'industrie a détecté la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein dans les fermes d'élevage marines de saumon atlantique situées dans la région des îles Discovery chaque année entre 2011 et 2017 (Tableau 20). L'industrie a signalé la présence de l'agent pathogène ou de la maladie tout au long de l'année. La fréquence varie selon les fermes et les années, mais peut en partie refléter les différences dans les pratiques de production des sites et dans les pratiques de surveillance et de gestion de la santé du poisson. Une ferme n'a signalé aucun cas de maladie bactérienne du rein et aucune détection de *R. salmoninarum*, bien qu'elle ait effectué des dépistages de l'agent pathogène au cours de la période.

Tableau 20. Résumé des détections de la bactérie *Renibacterium salmoninarum* et des diagnostics de maladie bactérienne du rein (MBR) par l'industrie entre 2011 et 2017 dans les fermes d'élevage de saumon atlantique de la région des îles Discovery. Les données comprennent les observations effectuées par le personnel responsable de la santé des poissons qui signalent au moins un poisson présentant des lésions macroscopiques liées à la MBR lors d'une visite sur place et les résultats des diagnostics de *R. salmoninarum* ou de MBR des laboratoires. Les tests diagnostiques de laboratoire comprennent l'histologie, les empreintes de tissus, ELISA et la PCR.

Année	Nombre de visites de sites avec		Nombre de fermes avec	
	preuves de la présence de <i>R. salmoninarum</i> ou de MBR	tests de dépistage de <i>R. salmoninarum</i> ou de MBR	preuves de la présence de <i>R. salmoninarum</i> ou de MBR	tests de dépistage de <i>R. salmoninarum</i> ou de MBR
2011	18	72	11	14
2012	13	43	5	8
2013	7	15	3	7
2014	7	38	2	7
2015	3	29	2	7
2016	2	63	2	11
2017	11	48	4	10

9.4 ANNEXE D : PROPORTION DE LA POPULATION

La présente annexe détaille l'estimation de la proportion de la population de saumon rouge du fleuve Fraser, juvéniles et adultes, qui pourrait se trouver dans la région des îles Discovery pendant la même période que celle où les infections par *R. salmoninarum* ou les cas de maladie bactérienne du rein ont été signalés dans des fermes 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 *R. salmoninarum* ou la maladie bactérienne du rein ont été détectées dans une ou plusieurs fermes.

9.4.1 Juvéniles

La proportion de saumons rouges juvéniles qui pourraient être exposés à des fermes contaminées par *R. salmoninarum* 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 *R. salmoninarum* 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 21). Par exemple, en 2011, des fermes étaient contaminées en mai et juin, avec des pondérations respectives de 30 % et 62 %, mais il n'y a pas eu d'infection en juillet (zéro). La somme des trois mois pondérés a donc donné une estimation de 92 % de la proportion de juvéniles qui auraient pu se trouver dans la région des îles Discovery au moment d'une infection cette année-là.

Tableau 21. Estimation de la proportion de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser de type lacustre qui auraient pu être exposés à une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *Renibacterium salmoninarum* 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 tirées du Tableau 11. La présence/absence pondérée est la présence/absence multipliée par la distribution temporelle estimée des juvéniles dans la région 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	1	0,00	0,00	0,08	0,08
2005	1	1	1	0,30	0,62	0,08	1,00
2006	1	0	0	0,30	0,00	0,00	0,30
2007	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	0	0	1	0,00	0,00	0,08	0,08
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	1	0	0,30	0,62	0,00	0,92
2012	1	1	1	0,30	0,62	0,08	1,00
2013	1	0	1	0,30	0,00	0,08	0,38
2014	0	1	1	0,00	0,62	0,08	0,70
2015	1	1	0	0,30	0,62	0,00	0,92
2016	0	1	0	0,00	0,62	0,00	0,62
2017	1	0	0	0,30	0,00	0,00	0,30

Compte tenu des preuves de la présence de la bactérie *R. salmoninarum* dans des 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 auraient pu se trouver dans la région lorsque *R. salmoninarum* était disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique entre 2002 et 2017 (16 ans) variait entre 0 et 100 % (médiane = 30 % et moyenne = 39 %).

Toutefois, dans l'évaluation des conséquences, il faut omettre les années sans preuve de l'infection (cinq ans au total) étant donné l'hypothèse selon laquelle au moins un poisson migrateur a été contaminé par la bactérie *R. salmoninarum* disséminée à partir d'une ou plusieurs fermes contaminées. Lorsqu'on ne tient compte que des années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de l'infection au moment où les juvéniles traversent la région durant leur migration entre 2002 et 2017 (onze ans), la proportion de saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser qui auraient pu se trouver dans la région lorsque la bactérie *R. salmoninarum* était disséminée à partir des fermes d'élevage de saumon atlantique variait entre 8 et 100 % (médiane = 62 % et moyenne = 57 %). Ces estimations sont fondées sur les preuves de la présence de *R. salmoninarum*, résumées dans le Tableau 11.

9.4.2 Adultes

La proportion de saumons rouges adultes qui pourraient être exposés à des fermes contaminées par *R. salmoninarum* dans la région des îles Discovery durant leur montaison dans le fleuve Fraser a été estimée (Tableau 22) d'après les éléments suivants :

- Les taux de détournement vers le nord des saumons rouges adultes du fleuve Fraser en montaison, compris entre 10 et 96 % entre 2002 et 2017 [données de la Commission du saumon du Pacifique présentées dans Grant *et al.* (2018) et rapports de 2016 et 2017 du groupe d'experts sur le fleuve Fraser présentés à la Commission du saumon du Pacifique (Pacific Salmon Commission, 2017, 2018)].
- Le nombre pondéré de mois pour lesquels on dispose de preuves de l'infection par *R. salmoninarum* entre les mois de juin et d'octobre (lorsque les adultes se trouvent dans la région des îles Discovery) entre 2002 et 2017.

Les saumons rouges du fleuve Fraser en montaison traversent généralement la région des îles Discovery entre la fin du mois de juin et le début du mois d'octobre (Grant *et al.*, 2018). Les estimations de la distribution temporelle des adultes en montaison qui traversent la région des îles Discovery sont fondées sur des données fournies par la Commission du saumon du Pacifique. D'après cet ensemble de données, 0,3 %, 12,2 %, 79,7 %, 7,7 % et 0,1 % des adultes en montaison devraient être présents dans la région des îles Discovery en juin, juillet, août, septembre et octobre, respectivement. Voir Mimeault *et al.* (2020) pour obtenir plus de détails.

Ces cinq pourcentages ont ensuite été appliqués comme pondérations de la fréquence (c'est-à-dire multipliés) à chaque état d'infection mensuel correspondant au cours d'une année donnée entre 2002 et 2017 (Tableau 11). Par exemple, en 2014, des fermes étaient contaminées en juin, juillet et août, avec des pondérations respectives de 0,3 %, 12,2 % et 79,7 %, mais il n'y a pas eu d'infection en septembre et en octobre. Ainsi, la somme des cinq mois pondérés (92,2 %) multipliée par le taux de détournement vers le nord pour l'année correspondante (96 %) a donné lieu à une estimation de la proportion d'adultes qui peuvent avoir été exposés durant cette année de 89 % (Tableau 22).

La proportion de saumons rouges du fleuve Fraser adultes en montaison qui auraient pu être présents dans la région des îles Discovery au moment où la bactérie *R. salmoninarum* était disséminée à partir de fermes d'élevage de saumon atlantique entre 2002 et 2017 (16 ans) variait entre 0 et 89 % (médiane = 7 % et moyenne = 21 %).

Lorsqu'on ne tient compte que des 13 années pour lesquelles on dispose de preuves de la présence de l'infection dans les fermes au moment où les adultes traversent la région durant leur migration entre 2002 et 2017, la proportion de saumons rouges adultes du fleuve Fraser en montaison qui auraient pu se trouver dans la région lorsque la bactérie *R. salmoninarum* était disséminée par des fermes d'élevage de saumon atlantique variait environ entre 0 et 89 % (médiane = 14 % et moyenne = 26 %). Ces estimations sont fondées sur les preuves de la présence de *R. salmoninarum*, y compris les détections au niveau du poisson qui sont résumées dans le Tableau 11.

Tableau 22. Estimation de la proportion de saumons rouges adultes du fleuve Fraser qui auraient pu être exposés à une ou plusieurs fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *Renibacterium salmoninarum* lors de leur migration à travers la région des îles Discovery entre 2002 et 2017. Les taux de détournement vers le nord proviennent de données résumées dans Grant et al. (2018) et Commission du saumon du Pacifique Pacific Salmon Commission (2017, 2018). La présence (1) ou l'absence (0) d'infection dans les fermes sont la représentation binaire des données tirées du Tableau 11. La présence/absence pondérée est la présence/absence multipliée par la distribution temporelle des adultes en montaison qui traversent la région des îles Discovery (0,3 %, 12,2 %, 79,7 %, 7,7 % et 0,1 % de juin à octobre d'après toutes les prises effectuées en aval de Mission, compensée pour tenir compte du décalage temporel de la migration à partir de la région des îles Discovery). La proportion des adultes potentiellement exposés est la somme de la présence/absence pondérée (de juin à octobre) multipliée par le taux de détournement vers le nord.

Année	Présence (1)/absence (0)					Présence/absence pondérée					Somme de la présence / absence pondérée	Taux de détournement vers le nord	Proportion d'adultes potentiellement exposés
	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.			
2002	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,001	0,001	0,51	0,001
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,69	0
2004	0	1	1	0	0	0	0,122	0,797	0	0	0,919	0,64	0,59
2005	1	1	0	0	0	0,003	0,122	0	0	0	0,125	0,74	0,09
2006	0	0	0	1	0	0	0	0	0,077	0	0,077	0,65	0,05
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,44	0
2008	0	1	0	1	0	0	0,122	0	0,077	0	0,199	0,10	0,02
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,47	0
2010	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,001	0,001	0,73	0
2011	1	0	1	0	1	0,003	0	0,797	0	0,001	0,801	0,62	0,50
2012	1	1	1	0	1	0,003	0,122	0,797	0	0,001	0,923	0,18	0,17
2013	0	1	0	1	0	0	0,122	0	0,077	0	0,199	0,71	0,14
2014	1	1	1	0	0	0,003	0,122	0,797	0	0	0,922	0,96	0,89
2015	1	0	0	0	0	0,003	0	0	0	0	0,003	0,69	0,002
2016	1	0	1	0	0	0,003	0	0,797	0	0	0,8	0,50	0,40
2017	0	0	1	0	1	0	0	0,797	0	0,001	0,798	0,71	0,57

9.5 ANNEXE E : 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 *R. salmoninarum* sur deux générations (huit ans pour le saumon rouge du fleuve Fraser) pour explorer les possibles effets sur la diversité.

9.5.1 Approche du processus binomial

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 déterminé que sur les 16 années au cours desquelles des preuves de la présence de *R. salmoninarum* ou de la maladie bactérienne du rein ont été enregistrées dans les fermes entre 2002 et 2017, ces preuves ont été recueillies pendant 11 et 13 de ces années durant les mois où des saumons rouges du fleuve Fraser juvéniles et adultes, respectivement, devraient être présents 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 *R. salmoninarum* est, en moyenne, de 69 % (11/16). 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 *R. salmoninarum* est, en moyenne, de 81 % (13/16).

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) = 0,6875 pour les juvéniles et 0,8125 pour les adultes.
- Nombre d'essais (n) = 8 ans, représentant deux générations de saumon rouge du fleuve Fraser.

9.5.1.1 Juvéniles

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

- En moyenne, 5,5 années sur les huit années [moyenne = $n \times P = 8 \times (11/16) = 5,5$, avec $ET = \sqrt{n \times p \times (1 - p)} = 1,3$].
- La Figure 7 présente la distribution de probabilité cumulative complémentaire, à partir de laquelle la probabilité d'exposition au cours d'un nombre minimal d'années donné est illustrée. Par exemple, la probabilité que des juvéniles soient exposés au moins deux ans sur huit est de 99 %, alors que la probabilité qu'ils soient exposés au moins cinq ans sur huit est de 52 %, etc.
- Sur une génération (quatre ans), la probabilité d'exposition pendant quatre années consécutives est de 22 % ($P^4 = 0,6875^4 = 0,22$).
- 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 *R.*

salmoninarum 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 15,6 % (voir le Tableau 23).

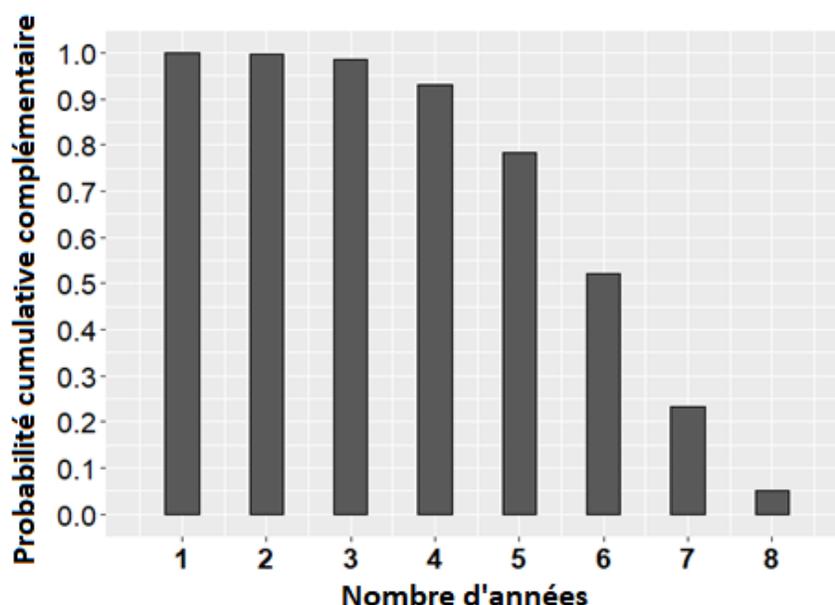


Figure 7. Distribution de probabilité cumulative complémentaire de l'exposition potentielle des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser à des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *Renibacterium salmoninarum* dans la région des îles Discovery sur une période de huit ans. La probabilité d'exposition repose sur un processus binomial qui suppose une probabilité de réussite (p) de 0,6875 et un nombre d'essais (n) de huit ans.

Tableau 23. Probabilité d'exposition des saumons rouges juvéniles du fleuve Fraser à la bactérie *Renibacterium salmoninarum* 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 0,6875 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 × d / e)
4	8	0,1491	5	70	0,0107
5	8	0,2625	4	56	0,0187
6	8	0,2887	3	28	0,0309
7	8	0,1815	2	8	0,0454
8	8	0,0499	1	1	0,0499
Probabilité d'au moins quatre années consécutives en deux générations (huit ans)					0,1556

* 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.

9.5.1.2 Adultes

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

- En moyenne, 6,5 années sur les 8 années (moyenne = $n \times P = 8 \times (13/16) = 6,5$, avec $ET = \sqrt{n \times p \times (1 - p)} = 1,1$).
- La Figure 8 présente la distribution de probabilité cumulative complémentaire, à partir de laquelle a probabilité d'exposition au cours d'un nombre minimal d'années donné est illustrée. Par exemple, la probabilité que des adultes soient exposés au moins deux ans sur huit est de 99 %, alors que la probabilité qu'ils soient exposés au moins cinq ans sur huit est de 82 %, etc.
- Sur une génération (quatre ans), la probabilité d'exposition pendant quatre années consécutives est de 44 % (moyenne⁴ = $0,8125^4 = 0,44$).
- Sur deux générations, la probabilité d'exposition au moins quatre années consécutives sur huit est déterminée comme ci-dessus pour les juvéniles. Ainsi, la probabilité que des adultes soient exposés à la bactérie *R. salmoninarum* 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 32 % (voir le Tableau 24).

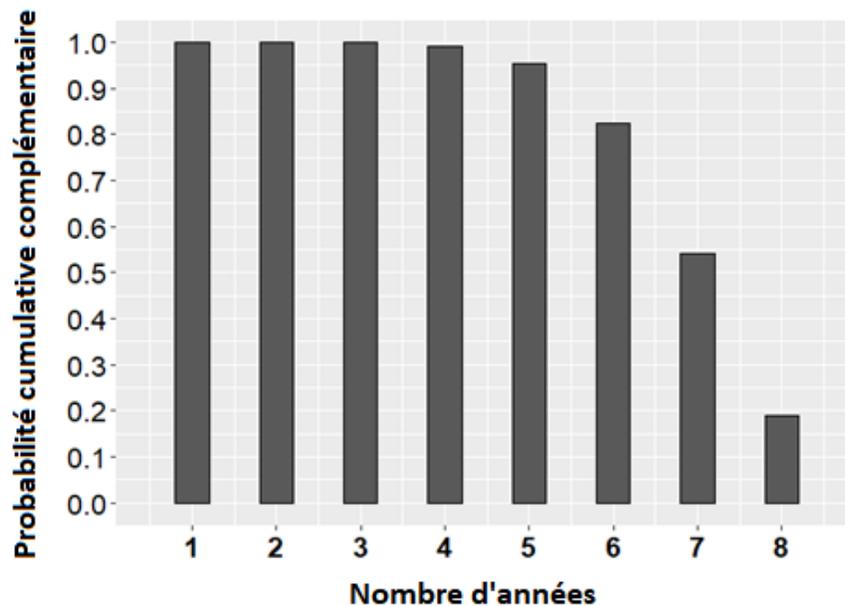


Figure 8. Distribution de probabilité cumulative complémentaire de l'exposition potentielle des saumons rouges adultes du fleuve Fraser à des fermes d'élevage de saumon atlantique contaminées par *Renibacterium salmoninarum* dans la région des îles Discovery sur une période de huit ans. La probabilité d'exposition repose sur un processus binomial qui suppose une probabilité de réussite (p) de 0,8125 et un nombre d'essais (n) de huit ans.

Tableau 24. Probabilité d'exposition des saumons rouges adultes du fleuve Fraser à la bactérie *Renibacterium salmoninarum* 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 0,8125 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	0,0377	5	70	0,0027
5	8	0,1307	4	56	0,0093
6	8	0,2832	3	28	0,0303
7	8	0,3506	2	8	0,0877
8	8	0,1899	1	1	0,1899
Probabilité d'au moins quatre années consécutives en deux générations (huit ans)					0,3200

* 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.

9.5.2 Méthode de simulation

Pour évaluer de façon plus poussée la fiabilité des estimations de l'exposition reposant sur le processus binomial, nous avons également appliqué une méthode de simulation. Pour ce faire, nous avons recouru à une stratégie d'échantillonnage avec auto-amorçage pour sélectionner au hasard huit années sur les 16 années de l'évaluation (0 : année sans infection, 1 : année avec infection) avec 1 000 et 10 000 itérations. Nous avons calculé la somme des années avec infection (par itération) pour estimer le nombre d'années durant lesquelles des juvéniles et des adultes devraient traverser la région des îles Discovery pendant leur migration au moment où au moins une ferme d'élevage de saumon atlantique est contaminée par *R. salmoninarum* ou présente des signes cliniques de la maladie bactérienne du rein.

Les distributions de fréquences qui en résultent sont comparées aux résultats du processus binomial (Tableau 25). Les deux méthodes ont donné des résultats très proches, ce qui démontre qu'elles sont fiables pour estimer l'exposition potentielle des saumons rouges du fleuve Fraser sur huit ans. Au fur et à mesure que le nombre d'itérations augmentait (p. ex. de 1 000 à 10 000), la distribution par auto-amorçage ressemblait à la distribution binomiale (voir Tableau 25 pour des exemples).

Tableau 25. Comparaison des estimations de l'exposition d'après le processus binomial et la méthode bootstrap (1 000 et 10 000 itérations). Chaque pourcentage représente la probabilité d'exposition de saumons rouges juvéniles ou adultes du fleuve Fraser sur au moins un nombre donné d'années (huit).

Années avec infection	Méthode	Juvéniles (%)	Adultes (%)
Au moins cinq	Processus binomial	78	95
	Bootstrap (1 000)	78	94
	Bootstrap (10 000)	78	95
Au moins six	Processus binomial	52	83
	Bootstrap (1 000)	52	82
	Bootstrap (10 000)	52	83