



AVIS POUR INFORMER L'ÉLABORATION D'UN PROGRAMME DE SURVEILLANCE APRÈS LE REJET DE MÉDICAMENTS ET DE PESTICIDES PAR LES SITES DE PISCICULTURE MARINE À L'APPUI DU *RÈGLEMENT SUR LES ACTIVITÉS D'AQUACULTURE*



Rejet d'un colorant vert à base de fluorescéine (lequel permet de suivre le transport et la dispersion de pesticides) depuis un parc en filet contenant des saumons atlantiques après un traitement contre le pou du poisson sous forme de bain au moyen d'une bâche (avec la permission de Fred Page, MPO, Station biologique de St. Andrews).

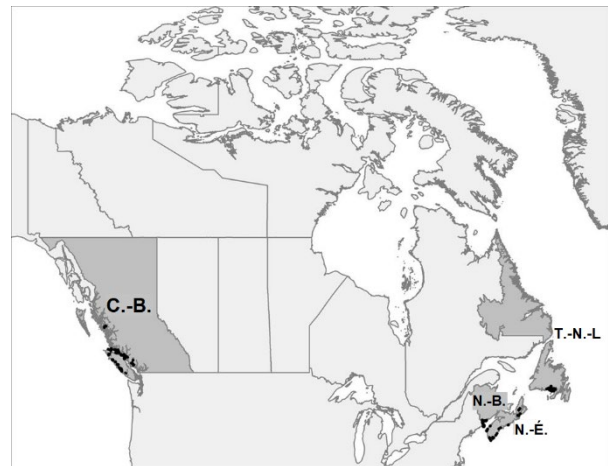


Figure 1. Emplacement des sites de pisciculture marine possédant un permis au Canada. Il s'agit des sites actives et inactives en Colombie-Britannique, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve-et-Labrador (Chang et al. 2021).

Contexte

Le présent avis scientifique découle de la réunion examen national par les pairs, « Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance de la pisciculture marine après le rejet des médicaments et des pesticides à l'appui du Règlement sur les Activités d'Aquaculture » qui s'est déroulée du 2 au 6 mars 2020. Les agents antisalissures, les désinfectants et les sédatifs n'ont pas été dans le cadre de cette revue scientifique.

Cet avis scientifique doit servir à informer l'établissement de mesures de surveillance, d'atténuation et de correction rentables et fondées sur les risques après le rejet de médicaments dont l'utilisation est autorisée en vertu de la Loi sur les aliments et drogues et de pesticides homologués en vertu de la Loi sur les produits antiparasitaires. Le programme de surveillance après rejet élaboré d'après cet avis informera la réglementation modifiée qui aidera le Canada à mieux répondre aux engagements internationaux pris au titre de la

convention de l'Organisation pour la conservation du saumon atlantique Nord pour protéger le saumon atlantique sauvage et dans le cadre de la prévention de la pollution marine en vertu du Protocole et de la Convention de Londres, deux traités de prévention de la pollution marine que le Canada a ratifiés (Protocole de 1996 à la Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières).

Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera devenue accessible, dans le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

SOMMAIRE

- Comme c'est le cas pour la plupart des animaux d'élevage, les poissons d'élevage sont touchés par des maladies et des parasites. La gestion intégrée efficace de la santé de ces poissons repose sur une série d'outils qui englobent les médicaments autorisés et les pesticides homologués ainsi que des méthodes autres que chimiques (physiques, biologiques ou de gestion du site et d'élevage). Environ les trois quarts des sites de pisciculture marine actifs au Canada ont administré au moins un médicament ou pesticide chaque année (de 2016 à 2018). Les médicaments et les pesticides utilisés varient d'un bout à l'autre du pays selon la réglementation (p. ex. en Colombie-Britannique, les seuils de contrôle du pou du poisson qui ne sont pas liés à la santé des poissons d'élevage sont imposés par les conditions de permis) et les pratiques de gestion, tout comme le sont la quantité de produits chimiques utilisés et le nombre et le moment des traitements.
- En vertu du *Règlement sur les activités d'aquaculture*, avant d'utiliser un médicament ou un pesticide, le propriétaire ou l'exploitant d'un site doit d'abord envisager des solutions de rechange. Ce domaine fait activement l'objet de recherches et donne lieu à un certain nombre de technologies nouvelles et émergentes. Certaines en sont à l'étape de la recherche et du développement et d'autres, largement exploitées à des fins commerciales, donnent lieu à une optimisation et à des améliorations continues. Des lacunes persistent sur le plan des connaissances, notamment en ce qui concerne l'efficacité, les interactions avec l'environnement et le bien-être des poissons.
- Les vétérinaires brevetés suivent des processus longs et complexes quand ils envisagent d'utiliser des médicaments autorisés ou des pesticides homologués pour gérer la santé de poissons. Ils tiennent compte notamment de renseignements propres au site au sujet de l'infection, des poissons, de l'environnement et de l'élevage ainsi que des commentaires des gestionnaires du site et de facteurs logistiques. En ce qui a trait à l'administration de médicaments ajoutés à la nourriture, les vétérinaires mettent à profit ces renseignements pour prescrire des traitements optimisés, lesquels peuvent inclure un usage non indiqué et des ingrédients actifs autres que ceux indiqués sur l'étiquette. Ils effectuent des analyses semblables lorsqu'ils envisagent d'utiliser des pesticides. Cependant, il faut utiliser ces produits conformément aux usages indiqués et aux exigences réglementaires provinciales.
- En vertu du *Règlement sur les activités d'aquaculture*, l'industrie canadienne de la pisciculture marine a déclaré avoir utilisé entre 2016 et 2018 dix médicaments autorisés par la Direction des médicaments vétérinaires de Santé Canada et deux pesticides homologués par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire de Santé Canada à des fins de contrôle ou de prise en charge de la santé des poissons qui comprenaient les ingrédients actifs suivants :

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

- antibiotiques ajoutés à la nourriture (oxytétracycline, florfenicol, érythromycine, ormétoprime et sulfadimétoxine, triméthoprim et poudre de sulfadiazine);
- médicaments antiparasitaires ajoutés à la nourriture (benzoate d'émamectine, ivermectine, praziquantel et lufénurone, sélamectine);
- pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain (azaméthiphos et peroxyde d'hydrogène).

Considérations relatives au programme de surveillance

- Avant de concevoir et de mettre en œuvre un programme de surveillance robuste et fondé sur les risques, il faut établir des objectifs clairs en matière de protection de l'environnement et de prévention de la pollution pour quantifier les résidus de médicaments et de pesticides en milieu marin après leur utilisation par l'industrie d'aquaculture. Il faut aussi établir des objectifs clairs et explicites pour le programme de surveillance après rejet dans les sites d'aquaculture; c'est pourquoi le présent avis scientifique est de nature générale.
- La conception d'un programme de surveillance procède d'un processus constitué de plusieurs étapes qui tient compte d'abord des risques (c.-à-d. la toxicité) et de l'exposition de l'environnement (c.-à-d. le devenir et le schéma d'utilisation) occasionnés par les médicaments et les pesticides utilisés. Ces renseignements aident à définir et à évaluer ce qu'il convient de mesurer en fonction des objectifs du programme (groupe des récepteurs), de la définition des seuils de changement et du niveau de confiance requis pour déterminer si les taux de changement établis au préalable ont été dépassés. Dans l'évaluation du concept général, la sécurité des travailleurs et la faisabilité technique doivent aussi être prises en compte. Le programme de surveillance peut s'améliorer à mesure que des renseignements supplémentaires deviennent accessibles.

Menaces et exposition de l'environnement

- À l'heure actuelle, les médicaments ajoutés à la nourriture qui sont utilisés par les sites de pisciculture marine pénètrent dans l'environnement par les matières fécales, les excréments et la nourriture non consommée. On s'attend à ce qu'ils soient surtout présents dans les sédiments et, dans une moindre mesure, dans l'eau ou dans l'interface eau-sédiments et dans le biote. Des médicaments et leurs métabolites ont été détectés dans les sédiments à la suite de périodes de traitement. Leur persistance varie cependant (en mois ou en années) et dépend de divers facteurs comme leurs propriétés chimiques, la température de l'eau et le type de sédiment.
- L'azaméthiphos et le peroxyde d'hydrogène, des pesticides, pénètrent dans le milieu marin après avoir été rejetés par des bâches ou des bateaux-viviers. Le traitement d'un site entier peut nécessiter un traitement séquentiel des parcs qui dure des jours. En se fondant uniquement sur les propriétés chimiques de leurs ingrédients actifs, on s'attend à ce que ces pesticides demeurent dans la colonne d'eau après leur rejet et se dispersent, ce qui complique l'échantillonnage. Ces pesticides ont été jugés non persistants.

Méthodes d'établissement des seuils relatifs aux résidus de médicaments et de pesticides dans l'environnement

- Les seuils réglementaires peuvent être établis par divers moyens, notamment en concordance avec les organismes de réglementation, qui sont cohérents avec l'élaboration de règlements et de normes de qualité de l'environnement.

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

- Conformément aux recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (1999; 2007) du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME), aux recommandations européennes en présence de données lacunaires (TGD 2018) et à l'approche considérant le poids global de la preuve, on doit envisager explicitement la quantité et la qualité des études pertinentes ainsi que les incertitudes relatives à la biologie, à l'environnement et aux données lors de l'élaboration de normes de qualité de l'environnement.
- Selon l'objectif de protection de l'environnement et le récepteur (eau, sédiment, biote), les normes de qualité de l'environnement peuvent être établies pour les expositions à court ou long terme. De telles normes applicables à l'eau peuvent se diviser en deux grandes catégories : l'une liée à l'exposition aiguë maximale aux produits chimiques et l'autre, à l'exposition chronique. Aucune norme de qualité de l'environnement à court terme ne s'applique aux sédiments étant donné que l'exposition des organismes benthiques est constante. Pour rendre compte des incertitudes sur les plans de la science et de la qualité ou de la quantité des données, un facteur de correction ou d'évaluation est appliqué.

Modélisation de l'exposition

- Pour prévoir les concentrations dans l'eau et les sédiments des médicaments ajoutés à la nourriture et des pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain, les modèles peuvent inclure divers éléments comme le rejet, le transport, la dispersion ainsi que le devenir et le comportement des produits chimiques. Les prévisions des modèles peuvent aider à déterminer les lieux et les périodes d'échantillonnage ainsi que la forme et l'emplacement des zones d'exposition et d'influence.
- Il existe divers modèles de transport, de dispersion et de sédimentation. Le choix de l'approche de modélisation doit donc tenir compte de l'objectif associé aux extraits du modèle. Les modèles qui intègrent quelques composantes simplifiées peuvent servir à estimer les concentrations dans des zones généralisées en fonction d'échelles de temps généralisées. Les modèles qui intègrent des composantes plus détaillées ou supplémentaires peuvent en revanche servir à forger des estimations à plus haute résolution.
- Peu importe le type de modèle, les améliorations apportées grâce aux données empiriques supplémentaires et les aspects propres au site peuvent contribuer à atteindre une plus grande exactitude. Les incertitudes sous-jacentes associées aux intrants et aux paramètres du modèle influent sur l'exactitude des prévisions.
- Les extraits issus de la modélisation devraient être validés par des données empiriques.

Échantillonnage et analyse

- L'échantillonnage probabiliste structuré (c.-à-d. fondé sur la sélection aléatoire des emplacements et des périodes d'échantillonnage possibles) fournit des estimations quantitatives en fonction de paramètres sélectionnés et des incertitudes qui leur sont associées. L'échantillonnage sur la base du jugement (fondé sur les connaissances existantes de la zone à échantillonner) ne permet pas de déduction statistique. Il peut être utile en vue de déterminer ce qu'il convient d'échantillonner (récepteur ou paramètre d'analyse) ou pour concevoir un programme d'échantillonnage aléatoire stratifié. L'échantillonnage en grille est indiqué pour capter l'empreinte tandis que l'échantillonnage

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

aléatoire est plus approprié pour déduire des changements à l'échelle d'une population. L'échantillonnage probabiliste ou sur la base du jugement est approprié et est fonction des objectifs de gestion et d'autres facteurs, y compris les incertitudes.

- L'échantillonnage doit tenir compte de l'intervalle de confiance imposé à l'évaluation des échantillons par rapport au seuil établi, des limites liées au prélèvement et à la manipulation des échantillons, de l'analyse des échantillons, etc. Toutes les estimations de concentration après rejet dépendent de la concentration initiale, laquelle peut varier. Par conséquent, lorsqu'on conçoit un modèle de surveillance après rejet, il convient d'envisager un échantillonnage de l'eau de bain avant le rejet ou de la nourriture médicamentée pour confirmer les concentrations liées au traitement et l'interprétation des résultats. Pour informer l'échantillonnage, il est recommandé de tenir compte des caractéristiques biologiques, physiques et chimiques du milieu benthique du site.
- En ce qui concerne l'analyse en laboratoire pour la quantification des médicaments et des pesticides, il faut tenir compte d'un certain nombre de facteurs et établir des exigences de rendement. Il s'agit notamment d'imposer des méthodes rigoureuses de collecte, d'entreposage et d'expédition des échantillons ainsi que des paramètres d'analyse prédéterminés (p. ex. analytes, matrices et niveaux de concentration à obtenir précisés par le client).
- Le laboratoire doit obligatoirement utiliser des méthodes validées. Son accréditation est souhaitable et peut servir à démontrer sa compétence. Une fois les seuils de surveillance établis, il faut s'assurer que les méthodes d'analyse sont adaptées à l'usage prévu. À l'heure actuelle, au Canada, la capacité d'effectuer ces analyses à l'aide de méthodes validées est limitée.
- La résistance aux antimicrobiens survient naturellement chez les bactéries. L'utilisation d'antibiotiques dans les sites d'aquaculture peut modifier l'abondance relative des gènes de résistance aux antibiotiques dans l'environnement. Les premières données empiriques montrent que les communautés bactériennes du milieu benthique changent en fonction de la distance par rapport au site de pisciculture marine, tout comme la fréquence relative des gènes de résistance aux antibiotiques.
- Une méthode d'évaluation à grande échelle de la résistance aux antimicrobiens consiste à mesurer les gènes de résistance aux antibiotiques dans les bactéries du milieu benthique détectées autour des sites de pisciculture marine. L'échantillonnage doit tenir compte d'autres facteurs dont les données sur l'utilisation d'antibiotiques, les niveaux naturels observés dans l'environnement et la persistance. On manque encore de connaissances sur les voies possibles, les organismes non visés, les interactions écologiques spatiales et temporelles des communautés bactériennes et la fréquence des gènes de résistance aux antibiotiques autour des sites de pisciculture marine. Si des gènes de résistance aux antibiotiques étaient trouvés, des essais secondaires pourraient être mis en œuvre, comme ceux basés sur des techniques fondées sur la culture, pour évaluer la résistance aux antimicrobiens.
- Le programme de surveillance après rejet produira des données supplémentaires qui, conjuguées à de nouvelles données scientifiques (dont des résultats sur la biologie), serviront à peaufiner le programme au fil du temps. La communication normalisée des données, la transparence des exigences et des normes de qualité ainsi que la gestion des données constituent des facteurs importants à prendre en compte pour assurer la robustesse du programme.

INTRODUCTION

Au Canada, la prise en charge de la santé des poissons et le contrôle réglementaire relèvent des gouvernements provinciaux et du gouvernement fédéral. Les vétérinaires titulaires d'un permis provincial travaillent en étroite collaboration avec les sites de pisciculture dans tous les aspects de la prise en charge de la santé des poissons. Ils contribuent à l'élaboration de bonnes pratiques en matière de biosécurité qui favorisent la prévention des maladies. Les vétérinaires sont responsables de l'élaboration et du suivi de programmes de surveillance de la santé des poissons ainsi que du diagnostic et du traitement des maladies, le cas échéant. De plus, les provinces ont mis sur pied des programmes de surveillance de la santé des poissons et des exigences réglementaires qui sont dirigés par leur vétérinaire responsable de l'aquaculture. Ces programmes de surveillance visent la détection et le contrôle précoces des agents pathogènes qui préoccupent l'industrie d'aquaculture. Les exigences réglementaires comprennent également la surveillance précise et opportune du nombre de poux du poisson dans toutes les sites de pisciculture. Les vétérinaires responsables de la santé des poissons d'élevage sont tenus de suivre ces programmes provinciaux en plus de leurs propres programmes indépendants. D'autres services de soutien, offerts notamment par des laboratoires de diagnostic de la santé des poissons, des chercheurs, des fabricants de nourriture et des experts-conseils en environnement, y participent également. D'autres organismes provinciaux participent aussi au contrôle réglementaire des pesticides et en régissent l'utilisation. Ces produits sont utilisés dans le cadre des soins vétérinaires et sur ordonnance pour combattre le pou du poisson.

En 2014, conformément à la proposition faite dans le *Résumé de l'étude d'impact de la réglementation* (Gazette du Canada 2014), laquelle a été réitérée par la suite dans le protocole d'entente interministériel en vertu de l'article 36 établi entre Environnement et Changement climatique Canada, Pêches et Océans Canada (MPO) et Santé Canada, le MPO s'est engagé à mettre au point des mesures de surveillance, d'atténuation et de correction après le rejet de médicaments et de pesticides qui soient rentables et fondées sur les risques en vue de leur intégration future au *Règlement sur les activités d'aquaculture*. L'intégration d'un programme de surveillance après rejet au *Règlement sur les activités d'aquaculture* aidera le Canada à mieux répondre aux engagements internationaux pris au titre de la convention de l'Organisation pour la conservation du saumon atlantique Nord pour protéger le saumon atlantique sauvage et dans le cadre de la prévention de la pollution marine en vertu du Protocole et de la Convention de Londres, deux traités de prévention de la pollution marine que le Canada a ratifiés (Protocole de 1996 à la Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières).

Dans le cadre du protocole d'entente interministériel, un plan de mise en œuvre des avis scientifiques a été établi pour élaborer un processus de recherche consultatif interministériel continu fondé sur la science afin d'informer l'élaboration d'un programme de surveillance après rejet. Le processus consultatif permettra également de déterminer les mesures qu'il est possible de prendre lorsque la surveillance indique que les médicaments et les pesticides utilisés en aquaculture ont des répercussions. Le plan de mise en œuvre des avis scientifiques se concentre sur les médicaments autorisés en vertu de la *Loi sur les aliments et drogues* et sur les pesticides homologués en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires*. Dans le contexte de la pisciculture marine au Canada, le terme « médicament » s'applique généralement à tout produit ajouté à la nourriture, y compris les agents antimicrobiens (p. ex. l'oxytétracycline) et les produits antiparasitaires (p. ex. SLICE^{MD}, dont l'ingrédient actif est le benzoate d'émamectine). Le terme « pesticide » désigne un produit de lutte antiparasitaire utilisé lors d'un traitement sous

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

forme de bain (p. ex. Salmosan^{MD}, dont l'ingrédient actif est l'azaméthiphos). Les désinfectants, les agents antisalissures et les sédatifs ne sont pas visés par cet examen scientifique.

Le présent avis scientifique résume l'avis consensuel formulé pendant la réunion d'examen par les pairs que le Secrétariat canadien de consultation scientifique a tenue du 2 au 6 mars 2020 et à laquelle ont participé des experts scientifiques nationaux et internationaux. Les participants à la réunion ont examiné les renseignements et les connaissances scientifiques actuelles qui étaient présentés dans des documents portant sur les sujets ci-dessous.

1. Examen à jour des dangers associés aux pesticides et aux médicaments utilisés par l'industrie de pisciculture au Canada
2. Aperçu de l'utilisation de pesticides et de médicaments par l'industrie d'aquaculture canadienne en 2016 et en 2017
3. Examen des gènes de résistance aux antibiotiques dans la salmoniculture et des données empiriques sur les tendances spatiales et saisonnières dans la baie de Fundy
4. Autres traitements contre le pou du poisson en salmoniculture
5. Examen des procédures de prescription et d'utilisation de médicaments et de pesticides au Canada
6. Techniques d'extraction chimique pour la détermination des médicaments, des pesticides et des antibiotiques employés par l'industrie d'aquaculture
7. Discussion sur les normes de qualité de l'environnement et leur élaboration pour la surveillance des répercussions de l'utilisation de pesticides et de médicaments dans les sites d'aquaculture marine
8. Modélisation et prévision de l'exposition des écosystèmes aux pesticides et aux médicaments ajoutés à la nourriture qui sont rejetés par les sites de pisciculture marine : Un premier aperçu
9. Modélisation et prévision de l'exposition des écosystèmes aux pesticides rejetés après des traitements sous forme de bain par les sites de pisciculture marine : Un premier aperçu
10. Considérations relatives aux méthodes d'échantillonnage pour un programme de surveillance après le rejet de pesticides et de médicaments par les sites de salmoniculture en parcs à filets ouverts

Les participants à la réunion ont utilisé ces renseignements pour formuler des avis scientifiques sur :

- les aspects de la surveillance et de la mesure des résidus de médicaments et de pesticides dans l'environnement immédiat des installations d'aquaculture (comment et où prélever des échantillons et comment interpréter les concentrations de résidus dans les sédiments);
- la façon d'établir des seuils réglementaires applicables qui sont fondés sur l'approche de précaution par l'élaboration de normes de qualité de l'environnement;
- la façon de modéliser la dispersion et la sédimentation potentielles de médicaments et de pesticides;
- la façon d'évaluer la résistance aux antimicrobiens en tant que répercussion de la présence d'antibiotiques dans les sédiments.

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Lorsque le présent avis a été préparé, les objectifs de gestion du programme de surveillance après rejet n'avaient pas encore été formulés. Par conséquent, les documents susmentionnés et l'avis scientifique issu de leur examen n'ont pas été adaptés à des objectifs de surveillance précis et sont de nature générale.

ANALYSE

Aperçu de la prise en charge de la santé des poissons d'élevage

Comme c'est le cas avec la plupart des organismes visés par la monoculture, les poissons d'élevage sont affectés par des maladies et des parasites qui nécessitent un traitement, sans quoi les maladies et les infestations de parasites entraînent non seulement des pertes de produit, mais aussi de graves problèmes de bien-être pour les poissons. La lutte antiparasitaire intégrée et la prise en charge de la santé des poissons élevés en milieu marin reposent à la fois sur l'utilisation de produits chimiques (médicaments, pesticides, antibiotiques, désinfectants, etc.) et de stratégies autres que chimiques (méthodes physiques, biologiques, de gestion des sites et d'élevage). Le *Règlement sur les activités d'aquaculture* exige que l'industrie envisage de mettre en œuvre des mesures non chimiques viables avant d'utiliser des médicaments et des pesticides.

Au Canada, seuls les produits homologués en vertu de la *Loi sur les produits antiparasitaires* et de la *Loi sur les aliments et drogues* et réglementés par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire et la Direction des médicaments vétérinaires de Santé Canada peuvent être utilisés pour préserver la santé et le bien-être des poissons d'élevage. Ces produits ne sont utilisés que sous l'autorité et la supervision d'un vétérinaire breveté. Afin d'établir l'ordonnance appropriée au maintien de la santé des poissons d'élevage, les vétérinaires tiennent compte de divers renseignements propres aux sites d'aquaculture dont le comportement des poissons, les conditions environnementales, les registres ainsi que les renseignements tirés des visites mensuelles sur place et des entretiens périodiques avec les gestionnaires des sites.

En ce qui concerne la prise en charge du pou du poisson, ectoparasite d'origine naturelle qui pose un défi global pour l'industrie de l'élevage du saumon atlantique, les sites en effectuent le dénombrement conformément aux conditions des permis dans la province où elles exercent leurs activités. Les sites d'aquaculture mettent également en place des pratiques de lutte intégrée qui comprennent l'administration de médicaments ajoutés à la nourriture et l'utilisation de pesticides dans des parcs bâchés ou des bateaux-viviers. Il faut utiliser les pesticides conformément aux renseignements figurant sur l'étiquette du produit homologué. La décision du vétérinaire traitant d'utiliser un traitement contre le pou du poisson est éclairée par les tendances du nombre de poux du poisson et les aspects propres au site en question (c.-à-d. le stade de vie du poisson d'élevage, les conditions environnementales, les traitements antérieurs et les conditions des permis).

L'utilisation et l'efficacité des traitements sont influencées ou modifiées par les conditions environnementales (p. ex. concentrations d'oxygène dissous, présence ou absence de proliférations d'algues), des problèmes mécaniques, des erreurs de calcul attribuables aux incertitudes quant au nombre et à la taille des poissons à traiter ou au volume à traiter, le temps nécessaire pour fabriquer et expédier la nourriture médicamentée, l'accès à l'infrastructure (les bateaux-viviers) et une foule d'autres facteurs. En outre, dans le cas des pesticides, il peut être difficile d'obtenir et de maintenir la concentration ciblée pour le traitement sous forme de bain dans un parc bâché. Or, dans certains cas, cette méthode représente la seule option possible.

**Avis pour informer l'élaboration d'un programme de
surveillance après le rejet de médicaments et de
pesticides par les sites de pisciculture marine**

Région de la capitale nationale

Les vétérinaires qui surveillent la santé des poissons d'élevage peuvent recourir à des mesures chimiques et non chimiques pour traiter les infections, les maladies et les parasites. En ce qui concerne le pou du poisson, par exemple, un certain progrès a été réalisé en matière de prise en charge et de traitement non chimiques. Certaines de ces méthodes sont encore en cours d'élaboration, tandis que d'autres sont largement utilisées à des fins commerciales. Il s'agit notamment de vaccins, de poissons-nettoyeurs, de pièges lumineux et de stratégies d'élevage différentes. À mesure que la recherche progresse et que l'expérience relative à l'utilisation de ces traitements différents augmente, la prise en charge du pou du poisson ainsi que les traitements non chimiques et chimiques s'améliorent et s'optimisent dans les sites d'aquaculture. De nombreuses incertitudes subsistent quant à l'efficacité de ces stratégies et technologies. Plus de données s'avèrent nécessaires pour caractériser les interactions avec l'environnement qui découlent de chacun de ces traitements.

Le MPO, les organismes de réglementation provinciaux et l'industrie ont tous mis en place des politiques exigeant la mise en œuvre de stratégies et d'outils appropriés de prise en charge de la santé des poissons. En Colombie-Britannique, le MPO est le principal organisme de réglementation de l'aquaculture (depuis 2010) en vertu du *Règlement du Pacifique sur l'aquaculture*; toutefois, l'utilisation des pesticides est également régie par la province. Dans d'autres provinces, l'industrie de la pisciculture marine est régie par le gouvernement provincial. Par conséquent, la quantité de produits chimiques utilisés, le nombre et le moment des traitements entrepris ou administrés varient d'un bout à l'autre du pays en fonction de la réglementation et des pratiques de prise en charge différentes.

Depuis 2015, le *Règlement sur les activités d'aquaculture* exige que tous les sites de pisciculture marine autorisés au Canada employant des parcs en filet déclarent tous les produits qu'ils rejettent dans le milieu aquatique pendant leurs activités courantes. Cela vise les antibiotiques et les médicaments antiparasitaires ajoutés à la nourriture ainsi que les pesticides utilisés lors des traitements sous forme de bain dans un parc bâché ou un bateau-vivier. Les résultats sont accessibles à partir de la page Données nationales sur l'information publique en aquaculture du portail Gouvernement ouvert (MPO 2020). La première année complète de données recueillies fait état de l'utilisation de médicaments et de pesticides en 2016. Notre examen a porté sur les données de 2016, de 2017 et de 2018. Cette période est insuffisante pour analyser les tendances. Ces rapports réglementaires sont établis sur une base annuelle plutôt que par cycle de production.

De 2016 à 2018, l'industrie canadienne de la pisciculture marine a déclaré avoir utilisé douze médicaments et pesticides différents à des fins de contrôle ou de prise en charge de la santé des poissons. Il s'agit de cinq antibiotiques et cinq produits antiparasitaires ajoutés à la nourriture et de deux pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain.

De 2016 à 2018, chaque année, il y avait 332 sites d'élevage commercial de poissons en parcs à filet qui possédaient un permis au Canada (figure 1). Environ les trois quarts (76 %) de ces sites ont déclaré avoir utilisé un ou plusieurs produits chimiques pour lutter contre des maladies ou des parasites pendant cette période (figure 2). Il est probable que la plupart ou la totalité des autres sites (24 %) étaient inactifs ou le sont devenus pendant cette période.

Le nombre et la sélection des traitements contre le pou du poisson reflètent les différences dans la taille de l'industrie, dans l'environnement et dans la réglementation entre les provinces. Les produits offerts varient d'une province à l'autre. En Colombie-Britannique, un règlement stipule qu'il faut dénombrer régulièrement les poux du poisson et en réduire le nombre si l'on trouve en moyenne trois poux mobiles ou plus par poisson d'élevage. Les facteurs environnementaux

**Avis pour informer l'élaboration d'un programme de
surveillance après le rejet de médicaments et de
pesticides par les sites de pisciculture marine**

Région de la capitale nationale

diffèrent aussi considérablement d'une province à l'autre, ce qui a une incidence sur le moment où les traitements sont entrepris. Par exemple, les données des trois années montrent clairement qu'en Colombie-Britannique, province où les températures de l'eau et le climat sont plus doux, les traitements ont eu lieu tout au long de l'année. Au Nouveau-Brunswick et à Terre-Neuve-et-Labrador, les traitements ont rarement eu lieu en hiver et au début du printemps. Et en Nouvelle-Écosse, les traitements n'ont été administrés qu'en août 2016.

Le *Règlement sur les activités d'aquaculture* exige que la fréquence des traitements et la quantité de médicaments et de pesticides utilisés soient déclarées. Les données soumises semblent prêter à des interprétations différentes de ce qui constitue un traitement, particulièrement en ce qui concerne l'utilisation de pesticides sur plusieurs jours dans un site. Des exigences plus claires au chapitre de l'information à fournir dans les rapports sur les traitements assureront une plus grande cohérence des données qui permettra de caractériser, avec fiabilité, le moment et l'emplacement des rejets de médicaments et de pesticides en milieu marin.

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

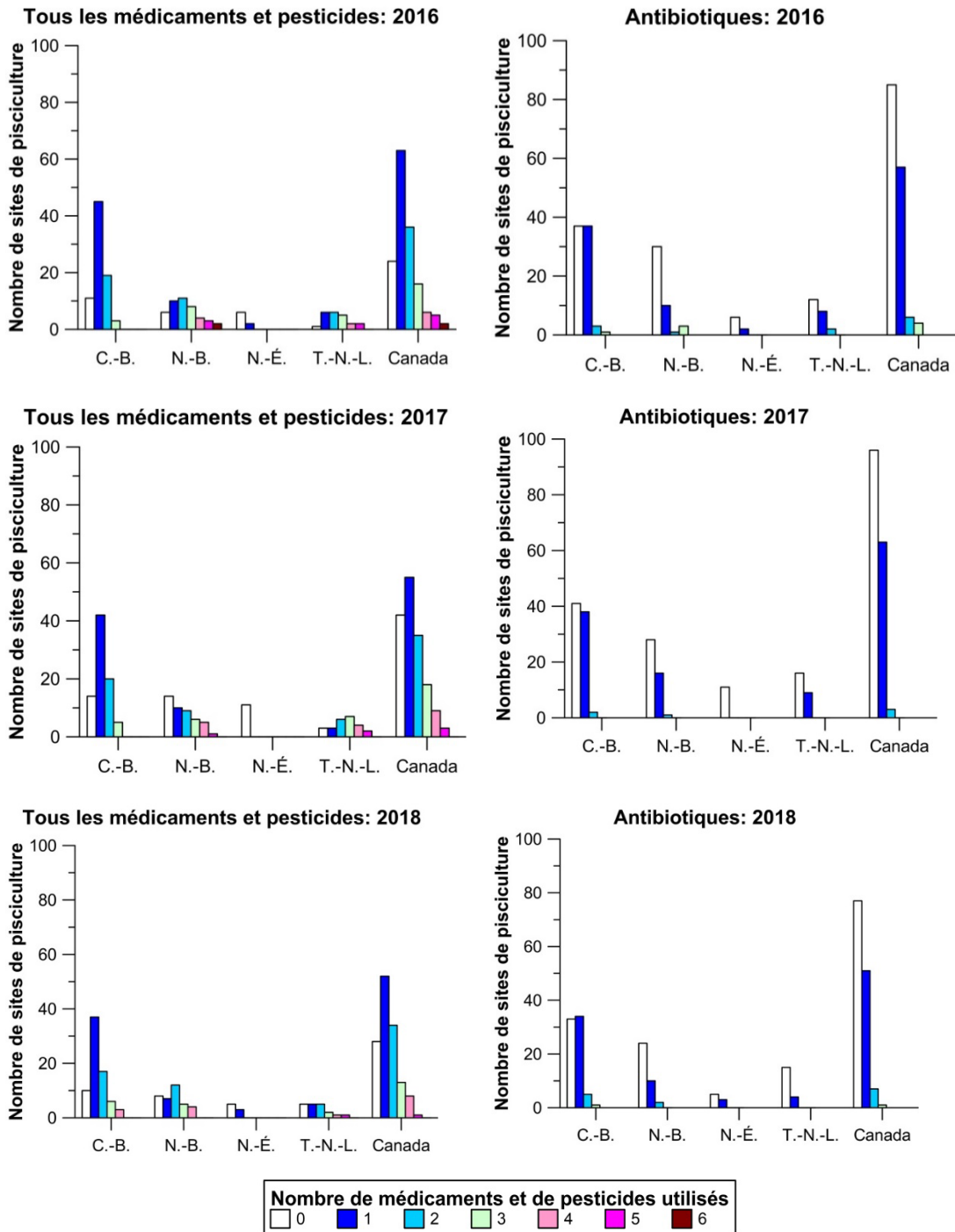


Figure 2. Nombre de sites de pisciculture marine au Canada ayant utilisé aucun, un ou plus d'un médicament et pesticide, par province, de 2016 à 2018 : tous les médicaments et pesticides (à gauche); antibiotiques (à droite). Source des données : Données nationales sur l'information publique en aquaculture — Données sur les poissons marins (MPO 2020).

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

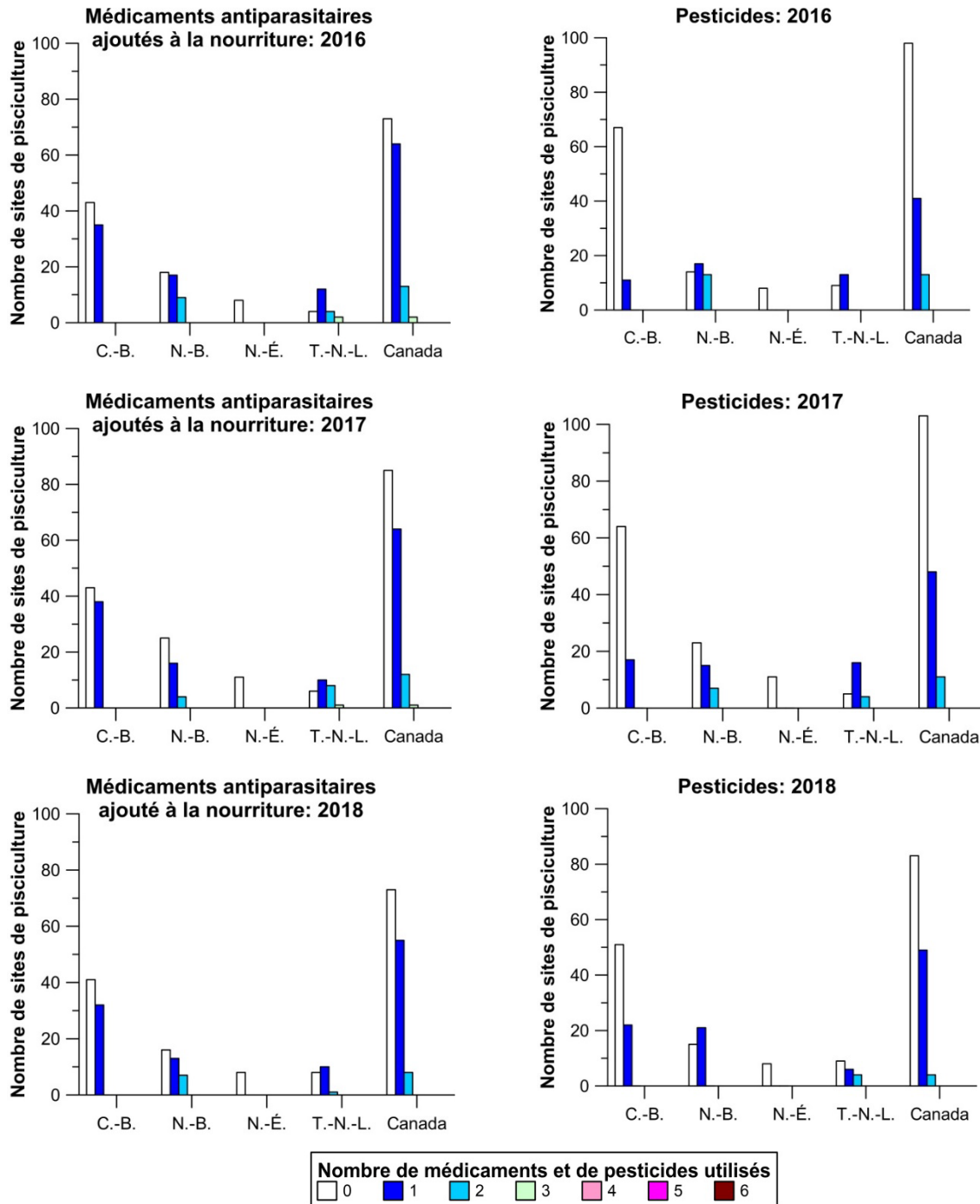


Figure 2 (suite). Nombre de sites de pisciculture marine au Canada ayant utilisé aucun, un ou plus d'un médicament et pesticide, par province, de 2016 à 2018 : médicaments antiparasitaires ajoutés à la nourriture (gauche); pesticides (droite).

Résumé du devenir et des répercussions des médicaments et des pesticides employés par les sites de pisciculture marine au Canada

Le risque associé aux médicaments et aux pesticides employés par les sites de pisciculture marine au Canada dépend, en partie, de l'exposition potentielle de l'environnement découlant de leur utilisation. Les produits chimiques sont transportés dans le milieu aquatique par les matières fécales et autres excréments des poissons traités ou par la nourriture médicamentée non ingérée se déposant dans les sédiments. Ils sont aussi dilués dans l'eau de mer après avoir été rejetés par des bâches et des bateaux-viviers. Les différences environnementales entre les régions et les sites d'aquaculture dans les régions ont une grande incidence sur le devenir et les répercussions de ces médicaments et pesticides.

En ce qui concerne l'approche fondée sur les risques, la quantité d'ingrédients actifs qui pénètre dans l'environnement est un intrant important. Elle est déterminée selon la concentration du médicament ou du pesticide utilisé, la taille des poissons et leur nombre, la méthode de traitement et les conditions environnementales. Dans le cas des médicaments ajoutés à la nourriture, la quantité administrée diffère de celle qui est excrétée après métabolisation. Par conséquent, l'estimation de la quantité d'ingrédients actifs rejetés ou non ingérés dans les sédiments nécessite des renseignements supplémentaires sur la façon dont le médicament est métabolisé, celle-ci étant fonction des conditions environnementales au moment du traitement.

Les médicaments ajoutés à la nourriture qui pénètrent dans le milieu marin par les matières fécales ou la nourriture non ingérée devraient être présents dans les sédiments, à l'interface eau-sédiments ou dans le biote local. La persistance des médicaments ou de leurs métabolites varie grandement selon leurs caractéristiques particulières, la température de l'eau, la composition des sédiments et divers autres facteurs.

Compte tenu de leurs propriétés chimiques, les pesticides actuellement homologués qui proviennent des bâches et des bateaux-viviers après un traitement devraient demeurer dans la colonne d'eau. La période de préservation des pesticides dans la colonne d'eau dépend de leur demi-vie et de leurs caractéristiques d'adsorption. De plus, en raison de la dynamique de l'eau, les pesticides se dispersent avec le temps dans l'espace, ce qui modifie d'autant plus leur emplacement et leur concentration.

Les tableaux ci-dessous présentent un résumé des différents antibiotiques ajoutés à la nourriture (tableau 1), médicaments antiparasitaires ajoutés à la nourriture (tableau 2) et pesticides (tableau 3) dont l'utilisation est approuvée dans l'industrie canadienne de la pisciculture marine. Ils présentent l'objectif déclaré de l'utilisation de chaque médicament et pesticide et ce que l'on sait de son devenir dans l'environnement (c.-à-d. dans les sédiments, l'eau ou le biote) et de ses répercussions biologiques. Pour de plus amples renseignements sur les modes d'utilisation, voir le document de Chang *et al.* (2021) qui a été présenté dans le cadre de ce processus.

Tableau 1 : Antibiotiques ajoutés à la nourriture qui sont utilisés par les sites de pisciculture marine au Canada, utilisation déclarée et renseignements sur leur devenir dans l'environnement et leur toxicité pour les organismes non visés.

Antibiotiques ajoutés à la nourriture	Utilisation déclarée	Répercussions et devenir dans l'environnement
Oxytétracycline	Antibiotique à large spectre actif contre les infections de	L'oxytétracycline est administrée au saumon dans des granules

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Antibiotiques ajoutés à la nourriture	Utilisation déclarée	Répercussions et devenir dans l'environnement
	<p>furonculose, de <i>Vibrio</i>, de piscirickettsiose des salmonidés et de maladie bactérienne du rein.</p> <p>Chaque année, l'oxytétracycline a été le médicament antibiotique le plus couramment utilisé, en quantité variable selon les régions.</p>	<p>de nourriture. Cette substance se lie aux sédiments et peut persister dans l'environnement en présentant une diminution de son activité antibactérienne (Armstrong <i>et al.</i> 2005). Une fois liée aux sédiments, l'oxytétracycline a une demi-vie de 150 jours (Brooks <i>et al.</i> 2008). Elle est peu toxique pour les crustacés, car elle est utilisée pour traiter en toute sécurité les infections bactériennes chez les homards (Bayer et Daniel 1987).</p>
Florfénicol	<p>Antibiotique à large spectre utilisé pour traiter le saumon contre les infections de furunculose et la maladie de la bouche jaune. D'année en année, le florfénicol est l'antibiotique le plus fréquemment prescrit.</p>	<p>Le florfénicol se dégrade dans les sédiments et a une demi-vie de 4,5 jours (Armstrong <i>et al.</i> 2005). Des études indiquent que la toxicité du florfénicol est généralement faible (p. ex. Florêncio <i>et al.</i> 2014, Basti <i>et al.</i> 2011).</p>
Érythromycine	<p>Antibiotique macrolide utilisé pour traiter les bactéries à gram positif et à gram négatif non entériques. L'érythromycine sert à traiter la maladie bactérienne du rein. Administrée par injection aux géniteurs non destinés à la consommation humaine seulement, elle est utilisée dans les installations terrestres. En Colombie-Britannique, l'érythromycine ne peut être administrée qu'en tant que médicament d'urgence avec l'autorisation de la Direction des médicaments vétérinaires de Santé Canada.</p>	<p>L'érythromycine est peu toxique pour les poissons, mais elle s'accumule dans les sédiments et les organismes. Elle s'avère aussi préoccupante sur le plan de la résistance aux antibiotiques (Armstrong <i>et al.</i> 2005).</p>
Sulfamides (sulfadiméthoxyne et ormétoprime; sulphonamide et triméthoprimé)	<p>Agents antibactériens à large spectre utilisés pour traiter les saumons infectés par des bactéries à gram négatif comme celles du genre <i>Vibrio</i> et la furunculose.</p>	<p>Les répercussions environnementales de l'utilisation des sulfonamides sont inconnues. Toutefois, compte tenu de leur activité à large spectre et de leur dégradation lente, leur présence dans les sédiments peut entraîner le développement</p>

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Antibiotiques ajoutés à la nourriture	Utilisation déclarée	Répercussions et devenir dans l'environnement
		d'une résistance aux antibiotiques (Armstrong <i>et al.</i> 2005).

De 2016 à 2018, les avermectines sont les produits antiparasitaires ajoutés à la nourriture qui ont été les plus utilisés. Ils permettent de contrôler efficacement les parasites internes et externes chez une vaste gamme d'espèces hôtes. Les renseignements sur les différents produits, leur utilisation déclarée ainsi que leur devenir et leurs répercussions dans l'environnement, s'ils sont connus, sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Médicaments antiparasitaires ajoutés à la nourriture qui sont utilisés par les sites de pisciculture marine au Canada, utilisation déclarée et renseignements sur leur devenir dans l'environnement et leur toxicité pour les organismes non visés.

Médicaments antiparasitaires ajoutés à la nourriture	Utilisation déclarée	Répercussions et devenir dans l'environnement
Benzoate d'émamectine (avermectine)	Le benzoate d'émamectine élimine efficacement le pou du poisson à tous les stades de développement. Il s'agit du produit antiparasitaire ajouté à la nourriture qui est le plus utilisé.	Le benzoate d'émamectine a le potentiel de former un adsorbat avec les matières particulaires et est étroitement lié aux sédiments marins ayant peu ou pas de mobilité (SEPA 1999). Des quantités mesurables (ppb) de benzoate d'émamectine ont été détectées dans les sédiments prélevés directement sous un site d'aquaculture de la Colombie-Britannique plus d'un an et demi après la dernière application (MPO 2012). L'action chimique n'est pas ciblée et peut toucher d'autres invertébrés non visés lorsqu'elle atteint l'environnement (Willis et Ling 2003). Des études indiquent une forte toxicité du benzoate d'émamectine pour les crustacés marins non visés (Willis et Ling 2003).
Ivermectine (avermectine)	L'ivermectine est couramment utilisée dans les provinces de l'Atlantique comme traitement du pou du poisson la première année seulement où les poissons sont dans les parcs. Elle est utilisée « en dérogation des directives de l'étiquette »	L'ivermectine est peu soluble dans l'eau et présente une forte affinité avec les lipides, le sol et la matière organique (Tomlin 1997). Par conséquent, dans l'environnement marin, on s'attend à ce qu'elle s'associe aux sédiments et aux particules

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Médicaments antiparasitaires ajoutés à la nourriture	Utilisation déclarée	Répercussions et devenir dans l'environnement
	comme produit antiparasitaire sous ordonnance vétérinaire.	et qu'elle présente une faible mobilité (Davies <i>et al.</i> 1998). Son action chimique n'est pas ciblée et elle peut toucher d'autres invertébrés non ciblés lorsqu'elle atteint l'environnement (Garric <i>et al.</i> 2007). Des études indiquent une forte toxicité de l'ivermectine pour les invertébrés marins non ciblés (Garric <i>et al.</i> 2007).
Sélamectine et abamectine (avermectines)	Application similaire à l'ivermectine (aussi de la famille des avermectines); identifiées comme ingrédients actifs dans les composés de lutte contre le pou du poisson. La sélamectine a été utilisée dans le cadre d'un essai au Nouveau-Brunswick en 2017.	Elles sont administrées par la nourriture et peuvent donc pénétrer dans le milieu marin, par la nourriture non ingérée ou les excréments (Samuelson <i>et al.</i> 1992, Kim-Kang <i>et al.</i> 2004). Il existe peu de données sur la toxicité de la sélamectine et de l'abamectine pour les espèces marines non visées.
Lufénurone (inhibiteur de la mue)	La lufénurone est un inhibiteur de synthèse de la chitine classé parmi les régulateurs de croissance des animaux ayant un exosquelette chitineux dont elle empêche la mue. Par conséquent, elle devrait empêcher le pou du poisson d'atteindre l'âge adulte. Utilisée dans les écloséries avant le transfert des saumoneaux dans le cadre du Programme de distribution de médicaments d'urgence (MPO 2018), mais non autorisée pour les traitements en milieu marin.	Après le transfert des saumoneaux dans des parcs en filet, la lufénurone pénètre dans le milieu marin par les excréments des poissons traités (McHenery 2016). La lufénurone montre un potentiel de persistance et de bioaccumulation. Avec les matières particulaires, elle forme un adsorbat sur les surfaces et se lie étroitement aux sédiments marins ayant peu ou pas de mobilité. De même, ce produit devrait être étroitement lié au tissu adipeux du saumon (FDA 2016). Il existe peu de données sur la toxicité de la lufénurone pour les espèces marines non visées.
Praziquantel (antiparasitaire)	Le praziquantel est un agent anthelminthique hétérocyclique synthétique à large spectre.	Le praziquantel est rapidement métabolisé par les vertébrés. Le composé d'origine se dégrade rapidement dans l'eau de mer (Frohberg 1984).

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Médicaments antiparasitaires ajoutés à la nourriture	Utilisation déclarée	Répercussions et devenir dans l'environnement
	Chez le poisson, il est habituellement utilisé pour traiter les infestations de cestodes.	Il existe peu de données sur la toxicité du praziquantel pour les espèces marines non visées.

Au Canada, deux pesticides sont homologués pour la lutte contre les infestations de pou du poisson chez le saumon atlantique : le peroxyde d'hydrogène dans les produits Interox^{MD}, Paramove 50^{MD} ou Aquaparox^{MD} et l'azaméthiphos dans le produit Salmosan^{MD}. Des renseignements supplémentaires sur ces deux pesticides sont résumés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain par les sites de pisciculture marine au Canada, utilisation déclarée et renseignements sur leur devenir dans l'environnement et leur toxicité pour les organismes non visés.

Pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain	Utilisation déclarée et mode d'action	Répercussions et devenir dans l'environnement
Peroxyde d'hydrogène	<p>Utilisé pour traiter les infestations de <i>Lepeophtheirus salmonis</i> et de <i>Caligus elongates</i> à des concentrations de 1,5 g/L.</p> <p>Provoque une paralysie mécanique en raison de bulles qui se forment dans l'intestin et l'hémolymphe qui force le pou du poisson à se libérer puis à flotter à la surface (Bruno et Raynard 1994).</p> <p>En tant que médicament, le peroxyde d'hydrogène est également autorisé pour le traitement des infections fongiques des poissons et de leurs œufs dans les écloséries.</p>	<p>Le peroxyde d'hydrogène est entièrement miscible dans l'eau et demeure en phase aqueuse lorsqu'il entre dans l'environnement. Il est peu probable qu'il s'accumule dans les tissus et les sédiments (ECHA 2003).</p> <p>Sa demi-vie dans l'eau de mer est d'environ sept jours ou plus et il se dégrade en tant qu'oxygène et eau (Haya <i>et al.</i> 2005, Lyons <i>et al.</i> 2014). Le peroxyde d'hydrogène est pratiquement non toxique pour les invertébrés marins et les poissons; cependant, il est très toxique pour les algues marines (ARLA 2014, Kavanagh 1992).</p>
Azaméthiphos	<p>Insecticide organophosphoré.</p> <p>Action neurotoxique; il agit comme inhibiteur de l'acétylcholinestérase. En l'absence d'activité de l'acétylcholinestérase, les nerfs envoient des décharges à répétition et les organismes touchés finissent par mourir.</p> <p>Efficace seulement contre le pou du poisson aux stades préadulte et adulte et sans effet aux stades larvaires.</p>	<p>L'azaméthiphos est susceptible de demeurer dans la phase aqueuse lorsqu'il pénètre dans l'environnement et il est peu probable qu'il s'accumule dans des tissus et des sédiments (SEPA 1997).</p> <p>Il se décompose par hydrolyse dans l'eau et a une demi-vie de 8,9 jours. Les études sur la dispersion indiquent qu'après le rejet à l'occasion d'un traitement expérimental (200 µg L⁻¹ de Salmosan^{MD}), la concentration</p>

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain	Utilisation déclarée et mode d'action	Répercussions et devenir dans l'environnement
	<p>La sensibilité du pou du poisson à l'azaméthiphos varie et certaines populations réagissent davantage à ce composé que d'autres. Les parcs sont donc traités à répétition dans les périodes de forte infestation.</p> <p>Le développement d'une résistance aux organophosphates est courant et a été démontré pour l'azaméthiphos.</p>	<p>d'azaméthiphos était inférieure à la détection (0,1 µg L⁻¹) dans une courte période (SEPA 1997). Page et Burridge (2014) ont également signalé une dispersion de l'azaméthiphos à des concentrations inférieures aux effets toxiques, de l'ordre de minutes à une heure et sur une échelle spatiale de 100 mètres à un kilomètre.</p> <p>L'azaméthiphos est très toxique pour les invertébrés marins (par exposition aiguë et chronique), moyennement à fortement toxique pour les poissons marins (par exposition aiguë) et pose un risque négligeable pour les mammifères marins et les algues (ARLA 2016).</p>

Avant de pouvoir interpréter les rapports réglementaires sur les traitements, ou d'être en mesure d'analyser ou de prédire les tendances, il faut disposer de données sur les aspects suivants :

- l'utilisation de médicaments et de pesticides par cycle de production;
- le moment de l'empoisonnement des parcs et la biomasse par rapport aux dates de traitement;
- le recours aux traitements pour l'ensemble ou une partie d'un site (c.-à-d. que les traitements multiples déclarés peuvent refléter des restrictions réglementaires sur le nombre de parcs qui peuvent être traités par jour);
- la taille et la configuration des sites, car elles peuvent influencer sur le nombre de traitements.

Méthodes d'établissement des seuils relatifs aux résidus de médicaments et de pesticides dans l'environnement

Diverses méthodes permettent d'établir des seuils qui sont en phase avec les objectifs de protection de l'environnement d'un règlement. Pour un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides, une méthode consiste à harmoniser les seuils avec ceux utilisés dans le processus d'approbation réglementaire.

Les seuils peuvent également être fixés en fonction de normes de qualité de l'environnement qui intègrent des données sur la toxicité et les répercussions de la matière active, tout en tenant explicitement compte des incertitudes scientifiques associées à la fois à la qualité et à la quantité des données sur la toxicité. Cette approche a été retenue et mise en œuvre par la

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Scottish Environmental Protection Agency (SEPA) pour la prise en charge et la surveillance des produits chimiques employés par les sites de pisciculture marine.

Pour déterminer les valeurs des normes de qualité de l'environnement, il faut tenir compte de toutes les données accessibles et éviter de se référer à des paramètres de toxicité uniques qui ne reflètent pas nécessairement la réalité. Néanmoins, la fiabilité et la pertinence des données sont évaluées par des experts. La fiabilité signifie que la qualité inhérente de la méthode utilisée pour effectuer le test est élevée et que tous les détails pertinents qui permettent de juger le rendement et les résultats des essais sont décrits. La pertinence désigne la mesure dans laquelle un test est approprié pour donner un aperçu d'une question particulière abordée. En présence de données lacunaires, une approche déterministe plutôt que probabiliste est recommandée. Elle fait intervenir des seuils de normes de qualité de l'environnement basés sur les données de toxicité les plus faibles et crédibles ainsi qu'un facteur d'évaluation ou de sécurité (de 1 à 10 000) établi en fonction du type de seuil (c.-à-d. exposition chronique ou aiguë) et du nombre et du type de données accessibles sur la toxicité (c.-à-d. le nombre de niveaux trophiques et la durée des études de toxicité). Le CCME utilise une approche déterministe pour établir des lignes directrices sur la qualité de l'eau.

Seules des données fiables et pertinentes doivent être considérées comme valides lors de l'établissement de normes de qualité. De plus, conformément aux pratiques exemplaires (c.-à-d. les recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement du CCME, les recommandations européennes en présence de données lacunaires [TGD 2018] et l'approche considérant le poids global de la preuve), les incertitudes relatives à la biologie, à l'environnement et aux données doivent être explicitement prises en compte.

Selon les propriétés chimiques d'un médicament ou de l'ingrédient actif d'un pesticide, il peut être approprié de déterminer différents seuils d'exposition chronique ou aiguë et des normes de qualité de l'environnement visant l'eau, les sédiments et le biote. En Écosse, les normes de qualité de l'environnement applicables aux concentrations aiguës et chroniques dans l'eau visent à protéger la structure et la fonction des écosystèmes aquatiques contre les répercussions des substances chimiques. Si un produit chimique semble s'accumuler dans les sédiments, on détermine un seuil ou une norme de qualité de l'environnement concernant les sédiments pour chaque médicament et pesticide, car les organismes benthiques y sont constamment exposés. Lorsque l'échantillonnage des sédiments n'est pas possible, des normes de qualité de l'environnement régissant la bioaccumulation de substances chimiques dans le biote peuvent se révéler plus appropriées. De même, des seuils ou des normes visant la concentration de substances dans le biote sont superflus quand les propriétés physiques et chimiques de l'ingrédient actif, ainsi que toute autre information, laissent supposer que cet ingrédient actif ne restera probablement pas dans les tissus des organismes.

Les substances très hydrophiles ayant une courte demi-vie ne se prêtent pas à une surveillance environnementale (que ce soit dans l'eau ou les sédiments).

Dans le contexte canadien, la détermination des seuils ou des valeurs des normes de qualité de l'environnement doit s'appliquer à l'éventail des milieux marins où se pratique la pisciculture marine, particulièrement en ce qui concerne les sédiments et le type de substrat. Par conséquent, les seuils réglementaires (eau, sédiments, biote) doivent s'harmoniser aux objectifs de protection de l'environnement et à la capacité d'évaluer ces seuils dans les différents milieux. Au moment d'établir des seuils ou des normes de qualité de l'environnement pour le biote, l'absence de résultats sur la toxicité pour les principales espèces au Canada peut occasionner d'autres incertitudes.

Modélisation de l'exposition

Après avoir établi les seuils de concentration admissible des composés des traitements détectables dans les sites de pisciculture marine, il convient de concevoir les méthodes d'échantillonnage pour assurer le respect de ces seuils.

La modélisation peut servir à délimiter le périmètre et l'emplacement probables des zones de dilution, d'exposition et de répercussion potentielle faisant suite à l'utilisation de médicaments et de pesticides. Elle peut ensuite servir à déterminer le moment et l'emplacement du prélèvement d'échantillons appropriés après le début des traitements. Tous les modèles reposent sur des hypothèses simplifiées; la mesure dans laquelle un modèle donné représente une situation particulière dépend du caractère raisonnable de ces hypothèses. La précision requise du modèle et l'utilisation prévue des résultats guident sa sélection.

Toute une gamme de modèles de transport, de dispersion et de sédimentation permet de prévoir les concentrations de médicaments et de pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain dans l'environnement benthique et la colonne d'eau. Chaque modèle exige des intrants précis définis grâce à un éventail de paramètres liés aux médicaments ou aux pesticides, notamment leur quantité et leurs propriétés chimiques particulières (y compris le devenir et les effets) ainsi que les conditions océanographiques.

Les modèles simples fournissent des estimations de l'ordre de grandeur des concentrations prévues, des zones de sédimentation et des emplacements basées sur un nombre restreint d'intrants. Les modèles complexes intègrent davantage de processus et de variabilité spatiale et temporelle.

Des incertitudes sont associées à tous les intrants. Cependant, comme les modèles complexes comportent à la fois plus d'intrants et d'hypothèses que les modèles simples, ils génèrent plus d'incertitudes et une propagation accrue des erreurs en ce qui a trait aux prévisions. Les modèles complexes actuels de prévision de la dispersion, de la dilution et de la sédimentation des médicaments et des pesticides comportent encore beaucoup d'incertitudes et nécessitent une évaluation et une validation plus poussées.

Peu de modèles sont conçus pour prévoir les rejets de médicaments ajoutés à la nourriture et de pesticides dans les sites de pisciculture. Toutefois, les modèles de suivi du dépôt sédimentation des particules d'aliments et des matières fécales peuvent servir à estimer les zones d'exposition aux médicaments ajoutés à la nourriture. Les modèles de sédimentation simples proposent souvent un ordre de grandeur raisonnable des estimations de l'échelle de sédimentation à proximité de l'exploitation. L'utilisation de modèles de sédimentation pour prédire les zones d'exposition et les concentrations de médicaments ajoutés à la nourriture comporte de nombreuses incertitudes, notamment sur la proportion relative de médicaments rejetés sous forme de nourriture gaspillée, de matières fécales ou d'excrétions. Par ailleurs, on ignore dans quelle mesure ces modèles peuvent estimer la sédimentation à distance des sites.

Les processus de transport et de dispersion autour des sites de pisciculture sont généralement complexes en ce sens qu'ils varient dans l'espace et dans le temps et qu'il est difficile d'évaluer l'exactitude de la plupart des modèles d'exposition hydrodynamique. L'hypothèse sous-jacente de la plupart des modèles hydrodynamiques suppose que les pesticides rejetés se sédimentent dans un endroit circonscrit qui prend de l'expansion et évolue. Les modèles simples prévoient que la zone d'exposition, la concentration et l'emplacement de cette aire dépendent des courants ambiants, de la concentration et du volume du traitement ainsi que du temps écoulé depuis le rejet. Le modèle Okubo et le modèle Okubo modifié ont été validés pour fournir une

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

estimation des rejets en provenance des baches et des bateaux-viviers, voir Page *et al.* (2015). Les modèles hydrodynamiques n'intègrent pas encore étroitement l'influence des parcs sur la circulation à proximité de celles-ci, de sorte que leur meilleure utilisation est réservée aux prévisions à distance des parcs. Ils n'ont pas non plus été largement étalonnés ni validés.

L'exactitude des prévisions d'un modèle dépend de l'information qu'il contient. Cela comprend des renseignements sur les stratégies de dosage du traitement, la pharmacocinétique des différents médicaments et pesticides, les taux de décantation, de sédimentation, de dégradation et de biodisponibilité des pesticides et des médicaments dans le milieu marin ainsi que le devenir des médicaments et des pesticides dans le milieu marin. Les modèles et la façon dont ils intègrent différents processus marins comme la stratification, le mélange vertical, les événements causés par le vent (dont les tempêtes), la remise en suspension et la redistribution de particules de différentes tailles (p. ex. nourriture, matières fécales et floes) ainsi que la dynamique de désagrégation et d'agrégation comportent aussi des incertitudes. Lorsque les incertitudes au sujet des intrants d'un modèle et des paramètres sont élevées, la précision des extraits en subit les contrecoups.

Compte tenu des incertitudes qui subsistent pour tous les types de modèles et des hypothèses qui doivent être formulées à ce moment-ci quant à leur utilisation, des données empiriques et des paramètres propres aux sites s'avèrent nécessaires pour peaufiner ces modèles et améliorer l'exactitude de leurs extraits.

Avant qu'un modèle soit utilisé dans la conception d'un programme de surveillance, il doit être correctement validé pour cette utilisation. Bien que des incertitudes mentionnées associées aux extraits des modèles demeurent, l'utilisation des extraits dans la conception d'un programme d'échantillonnage aux fins de surveillance doit être limitée.

Échantillonnage et analyse

Deux approches différentes permettent de concevoir une méthode d'échantillonnage dans l'environnement. On les choisit en fonction des objectifs de l'échantillonnage. L'échantillonnage probabiliste fait intervenir la sélection aléatoire des emplacements et des périodes d'échantillonnage possibles, permettant ainsi une analyse quantitative et la caractérisation de l'incertitude. L'échantillonnage sur la base du jugement fait appel à la connaissance existante de la zone d'intérêt par des personnes expérimentées et qualifiées qui choisissent les lieux d'échantillonnage. Cette méthode rend impossible toute inférence statistique, bien qu'elle soit utile pour le dépistage initial et la détermination de la portée ainsi que pour déceler la présence ou l'absence de matières. L'échantillonnage sur la base du jugement n'est pas idéal pour appuyer la prise de décisions et la conformité, car les intervalles de confiance quantitatifs (c.-à-d. les incertitudes) ne peuvent pas être associés aux résultats; par ailleurs, les résultats ne peuvent pas être extrapolés par inférence statistique à l'ensemble de la population ou à la population cible (US EPA 2002). L'échantillonnage probabiliste est l'approche privilégiée pour appuyer les décisions et à des fins de conformité.

L'échantillonnage probabiliste en grille pourrait se prêter à un programme de surveillance de l'aquaculture. Cette méthode consiste à prélever des échantillons en fonction d'un schéma spatial ou temporel précis. Elle assure la représentation complète et uniforme de la population cible et la prise en compte de l'empreinte complète de l'exposition. Elle convient bien à l'exploration des corrélations entre les mesures effectuées sur chacun des échantillons. Avec ce type d'échantillonnage, les échantillons sont prélevés soit en choisissant aléatoirement l'emplacement initial de la grille, soit en choisissant aléatoirement l'emplacement des

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

échantillons dans chaque cellule de la grille. L'échantillonnage en grille convient à la détection de zones à forte sédimentation, à l'estimation de la taille des éléments ou lorsque les relevés sont corrélés ou présentent un schéma spatial ou temporel.

Le choix du plan d'échantillonnage dépend du but de ce dernier (informer les décisions, vérifier la conformité, déterminer la présence ou l'absence de produits chimiques, etc.), des limites acceptables d'incertitude et des ressources nécessaires pour effectuer les prélèvements. Les considérations relatives aux ressources, soit le personnel, le temps et les ressources financières, constituent les principaux facteurs qui orientent le choix de la méthode. Ensemble, ces facteurs peuvent mener à l'examen d'un modèle semi-probabiliste qui fait intervenir des points d'échantillonnage probabilistes et des considérations sur la base du jugement.

En plus de reposer sur une méthode de sélection des stations de prélèvement appropriée, le choix de la période et de l'emplacement des prélèvements après un rejet doit tenir compte de facteurs comme les voies de rejet des médicaments ou des pesticides dans l'environnement, leur persistance et leur devenir.

La sélection d'une méthode d'échantillonnage appropriée des rejets de pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain doit tenir compte des processus hydrographiques locaux par lesquels des panaches de pesticides changent d'emplacement et de forme, augmentent en taille et diminuent en concentration en quelques heures. Les méthodes d'échantillonnage servant à détecter et caractériser l'emplacement, la forme et la taille des pesticides dans les zones où l'exposition et les répercussions changent rapidement posent des difficultés et sont mal établies. Des traceurs visibles (comme les colorants) peuvent être utilisés pour marquer les pesticides utilisés et permettent d'effectuer un échantillonnage ciblé dans les quelques heures (de 0 à 5 heures) suivant le traitement sous forme de bain.

La méthode d'échantillonnage des rejets de médicaments ajoutés à la nourriture doit tenir compte de la capacité de prélever des échantillons, du schéma de distribution, de la dégradation temporelle et du devenir des ingrédients actifs et des métabolites. Les méthodes d'échantillonnage établies détectant la présence de médicaments et de pesticides dans l'environnement benthique permettent d'analyser seulement l'eau échantillonnée, les fonds meubles (p. ex. sable, limon et boue) et les organismes benthiques recueillis au moyen d'échantillons ponctuels ou de carottes de sédiments et par des plongeurs. Si le fond marin n'est pas constitué d'un substrat approprié, par exemple de roches et de cailloux, il est peu probable qu'une méthode d'échantillonnage exigeant des prélèvements ponctuels et des carottes de sédiments donne de bons résultats. La profondeur des sédiments prélevés (soit 1, 2 ou 5 cm) est un facteur déterminant bien que l'on ne sache pas avec certitude quelle profondeur permet de détecter efficacement les produits chimiques, d'interpréter les résultats et de comprendre l'incidence d'événements ponctuels comme les tempêtes sur cette profondeur. La connaissance de ces facteurs aura une incidence sur les stratégies d'échantillonnage employées dans le cadre d'un programme de surveillance. L'accès à des données de référence sur les caractéristiques physiques et chimiques de l'environnement benthique permettra de mieux comprendre la zone entourant les sites de pisciculture marine et informera la méthode d'échantillonnage.

Le choix des méthodes appropriées de collecte, de manipulation et d'analyse des échantillons doit tenir compte des éléments suivants :

- les produits chimiques à mesurer (c.-à-d. les ingrédients actifs, les métabolites ou les produits de dégradation);

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

- les seuils réglementaires et les intervalles de confiance connexes;
- les conditions environnementales;
- les substrats échantillonnés;
- les limites de l'analyse (ou les exigences de rendement analytique) — le choix approprié des analytes dépend des propriétés chimiques des médicaments et des pesticides en question et de leur devenir dans l'environnement.

Il faut choisir des méthodes appropriées de manipulation des échantillons, notamment d'entreposage et d'expédition, pour s'assurer que les composés ne se dégradent pas.

L'établissement des critères de la démarche analytique, entre autres les exigences de rendement, pour les différents composés et matrices est essentiel à la cohérence analytique. Bien qu'il existe un certain nombre de méthodes d'analyse servant à quantifier les ingrédients actifs des médicaments ajoutés à la nourriture et des pesticides, leur application à des échantillons de milieu marin et à des composés de classes multiples est limitée. Le fait d'avoir établi des critères d'analyse rend possibles la validation et l'adoption subséquente de méthodes novatrices, dans la mesure où elles servent l'objectif.

Il faut également assurer le respect de la chaîne de procédures (visant le déplacement et la manipulation des échantillons ainsi que leur consignation de la collecte à l'analyse) par le personnel qui prélève les échantillons et par le personnel de laboratoire qui reçoit les échantillons, tout en évitant la contamination accidentelle et la dégradation des échantillons ou des résultats d'analyse. Les exigences relatives à la documentation et à la chaîne de procédures doivent également être incluses dans les procédures normales d'exploitation relatives à l'échantillonnage et à l'analyse.

Peu importe les techniques employées pour soutenir pour la prise de décisions réglementaires et pour appliquer la loi, il est essentiel de démontrer que la méthode d'analyse des échantillons produit des données exactes. Par conséquent, il faut valider les méthodes et, idéalement, effectuer les analyses dans des laboratoires agréés (p. ex. selon la norme ISO/IEC 17025) pour donner au client l'assurance que les procédures utilisées par le laboratoire respectent systématiquement un ensemble de lignes directrices strictes.

Évaluation de la résistance aux antimicrobiens

La possibilité de développer une résistance aux antimicrobiens ou aux antibiotiques est associée à l'utilisation d'antibiotiques. L'augmentation de la résistance aux antibiotiques (ou aux antimicrobiens) survient naturellement chez les bactéries en raison de la propagation de gènes de résistance aux antibiotiques ou de gènes qui produisent une protéine ou une fonction qui confèrent une résistance à un antibiotique ou à une catégorie d'antibiotiques. Les premières études empiriques ont montré que les gènes de résistance aux antibiotiques sont présents dans presque toutes les populations bactériennes échantillonnées. Les sites de pisciculture marine et d'autres points d'accumulation de matières organiques, comme les sites de traitement des eaux usées, créent un grand nombre de bactéries benthiques, lesquelles prolifèrent et évoluent rapidement. L'abondance et la diversité des bactéries benthiques et la fréquence relative des gènes de résistance aux antibiotiques varient selon la distance par rapport à ces sources ponctuelles de propagation des antibiotiques dans l'environnement.

Comme c'est le cas lorsqu'on élabore des stratégies d'échantillonnage pour détecter des médicaments ou des pesticides dans l'environnement après leur utilisation par l'industrie

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

d'aquaculture, il faut tenir compte des antécédents d'utilisation d'antibiotiques sur le site et de la persistance prévue de ces antibiotiques dans le milieu marin. De plus, comme la résistance aux antimicrobiens survient naturellement dans les communautés bactériennes benthiques, les niveaux naturels de communautés bactériennes benthiques observées dans l'environnement et de leurs gènes de résistance aux antibiotiques constituent des renseignements contextuels importants. La résistance aux antimicrobiens peut être détectée par l'analyse des gènes de résistance aux antibiotiques assortie d'essais secondaires qui détectent la présence et mesurent le niveau de résistance aux antimicrobiens dans les bactéries échantillonnées. D'importantes lacunes subsistent quant aux connaissances sur les répercussions écologiques de l'utilisation d'antibiotiques dans les sites d'aquaculture, aux voies et aux réservoirs potentiels de développement d'une résistance aux antimicrobiens, à leur impact sur les organismes non visés par l'administration d'antibiotiques et à la résistance aux antimicrobiens qui en résulte, aux interactions écologiques spatiales et temporelles des communautés bactériennes et à la fréquence naturelle des gènes de résistance aux antibiotiques autour des sites de pisciculture marine.

Considérations relatives au programme de surveillance

Comme nous l'avons expliqué plus haut, le choix des modèles utilisés ainsi que des méthodes d'échantillonnage et d'analyse dépend entièrement des objectifs fixés. Des objectifs clairs en matière de protection de l'environnement et de prévention de la pollution doivent impérativement être établis par les gestionnaires compétents avant la mise en place d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides conçu pour atteindre ces objectifs. Cela s'avère essentiel pour s'assurer que les données recueillies correspondent à une échelle spatiale et temporelle appropriée, qu'elles sont pertinentes et robustes et qu'elles appuient les décisions sur la gestion des risques pour l'environnement.

Bien que l'on nous ait demandé de formuler un avis pour informer l'élaboration d'un programme fondé sur une modélisation prédictive et qui fait intervenir une atténuation obligatoire ainsi que la vérification et la surveillance des effets cumulés, nous ne pouvons que formuler un avis général jusqu'à ce que tous les objectifs d'un tel programme aient été déterminés et formulés.

Une fois ces objectifs établis, le processus de conception du programme en plusieurs étapes pourra commencer. Dans le cadre de ce processus, il est essentiel de tenir compte de l'utilisation des données résultantes dans les décisions de gestion et des intervalles de confiance associés afin de sélectionner les méthodes d'échantillonnage et d'analyse. Les étapes comprennent l'analyse des éléments suivants : 1) les risques ou la toxicité associés aux médicaments et aux pesticides utilisés en tant que traitement dans les sites de pisciculture marine; 2) leur devenir dans l'environnement; 3) les schémas d'utilisation des médicaments et des pesticides par l'industrie au fil du temps; 4) les limites de l'analyse et la variabilité connexe des échantillons et des paramètres de mesure associés aux médicaments et pesticides dans différentes matrices marines (sédiments, eau, biote); 5) la faisabilité du prélèvement d'échantillons (tant du point de vue technique que du point de vue de la sécurité du personnel). Ces renseignements aident à déterminer les paramètres de mesure conformes aux objectifs du programme de surveillance et à jauger l'évolution des changements mesurables associés, contribuant ainsi à l'établissement de seuils de changement pour le programme. La modélisation peut ainsi informer les méthodes d'échantillonnage en prédisant la forme et l'emplacement probables des zones de dilution ou des zones d'influence résultant de l'utilisation de médicaments et de pesticides.

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Les seuils peuvent être établis en vue de protéger les écosystèmes en limitant le rejet de produits chimiques particuliers à un niveau qui n'entraîne pas de dommages irréparables ou qui n'est pas toxique pour les espèces aquatiques sensibles. Le dépassement des seuils réglementaires indique la présence de répercussions biologiques potentielles, laquelle est confirmée seulement par un suivi biologique direct. En définitive, les indicateurs biologiques sont les signes avant-coureurs de dommages potentiels dans une population.

Une fois les méthodes de modélisation, d'échantillonnage et d'analyse sélectionnées, le programme de surveillance après rejet peut être mis en œuvre et des données peuvent être générées. Il importe d'avoir recours aux données de surveillance, de même qu'aux progrès scientifiques et aux données provenant d'ailleurs, pour peaufiner le programme par la suite, soit dans des délais fixés d'avance ou à l'occasion d'avancements majeurs. Pour veiller à ce que le programme et ses extrants soient robustes et informatifs, il est essentiel que les exigences du programme et les normes de qualité soient accessibles et transparentes. Il faut également imposer des exigences normalisées en matière de déclaration des données et leur gestion doit être examinée à fond et mise en œuvre par le programme.

Sources d'incertitude

Diverses sources d'incertitude sont associées aux données et aux renseignements auxquels on a accès, aux modèles et aux lacunes connues en matière de connaissances. Ces changements ont des répercussions différentes sur les différentes étapes de l'élaboration ou de la mise en œuvre d'un programme de surveillance après rejet.

Les incertitudes liées aux médicaments et aux pesticides sont les suivantes :

- le manque d'uniformité des données sur l'utilisation et le rejet de médicaments et de pesticides engendré par l'imprécision des exigences en matière de renseignements sur les traitements à déclarer imposées par le *Règlement sur les activités d'aquaculture*;
- l'influence des formulations de médicaments et de pesticides sur leurs répercussions et leur devenir dans l'environnement;
- la pharmacocinétique des médicaments ajoutés à la nourriture, laquelle entraîne des erreurs dans l'estimation des schémas de pénétration dans l'environnement par excrétion et sur les quantités;
- le transport, la remise en suspension et la redistribution, entre autres, des médicaments et des pesticides dans l'environnement et leur incidence sur l'emplacement et la profondeur des prélèvements de sédiments;
- le caractère représentatif des données de toxicité accessibles pour chacun des médicaments et pesticides par rapport aux espèces pertinentes, pour les matrices appropriées et pour les durées d'exposition pertinentes.

Les échelles temporelles et spatiales de la résistance microbienne aux antibiotiques (soit des gènes de résistance aux antibiotiques) comportent des incertitudes considérables dans le milieu de la salmoniculture en ce qui concerne les niveaux naturels dans l'environnement. Les données canadiennes actuelles sont limitées à quelques sites du Nouveau-Brunswick. Les répercussions de la consommation sur la santé humaine sont inconnues.

Des incertitudes analytiques demeurent quant aux méthodes convenant aux diverses matrices (eau, sédiments, biote), aux substances chimiques cibles (composé d'origine, produit de dégradation et métabolites) et aux caractéristiques de rendement requises par les méthodes

d'analyse. De plus, les protocoles d'échantillonnage et la manipulation des échantillons (transport, stabilité et entreposage des échantillons pour toutes les matrices concernées) peuvent entraîner des erreurs ou générer d'autres incertitudes.

La robustesse des seuils dépend de la méthodologie choisie, de la robustesse des données accessibles ainsi que de leur applicabilité à l'espèce et à l'environnement où ils seront appliqués.

On ignore si des normes de qualité de l'environnement appliquées aux produits chimiques protégeront la structure des communautés à proximité ou à distance des sites d'aquaculture. Des normes appliquées aux communautés ou à la biologie conjuguées à des normes sur les produits chimiques nous renseigneraient sur cette relation.

Les modèles de sédimentation des médicaments ajoutés à la nourriture et de dilution ou de dispersion des pesticides dont nous disposons comportent de nombreuses hypothèses et incertitudes inhérentes. Ils pourraient nécessiter une validation plus poussée. Voici quelques-unes des principales incertitudes qui peuvent entraîner des erreurs dans les extraits des modèles :

- la représentativité spatiale et temporelle des données provenant du courantomètre;
- la représentativité des résultats dérivés d'analyses en laboratoire par rapport à la réaction des produits chimiques dans les matrices et les conditions environnementales présentes dans le milieu marin;
- l'influence des tempêtes sur la remise en suspension des particules et, par conséquent, sur les lieux d'échantillonnage.

CONCLUSIONS ET AVIS

Pour concevoir efficacement un programme de surveillance approprié, il est essentiel d'établir des objectifs clairs de gestion des risques pour l'environnement. Une fois les objectifs de gestion du programme de surveillance établis, diverses stratégies de surveillance possibles peuvent être retenues en vue d'une évaluation, d'une sélection et d'une validation plus poussées. La conception d'un programme de surveillance est un processus composé de plusieurs étapes qui tient compte des risques (p. ex. la toxicité chimique) et de l'exposition de l'environnement (p. ex. le devenir et le mode d'utilisation) occasionnés par les médicaments et les pesticides concernés. Cela contribue à définir et à évaluer : 1) ce qu'il convient de mesurer en fonction des objectifs du programme; 2) les seuils; 3) l'intervalle de confiance requis pour évaluer le dépassement des seuils. Les seuils peuvent être établis de diverses façons, notamment en concordance avec les organismes de réglementation, conformément à l'élaboration de repères ou de normes de qualité de l'environnement. En présence de données lacunaires, il est toujours possible d'établir des seuils à l'aide de pratiques exemplaires, de lignes directrices et d'une approche fondée sur le poids global de la preuve. Pour rendre compte des incertitudes scientifiques et de la qualité et de la quantité des données, un facteur de correction ou d'évaluation peut être appliqué.

La sélection de modèles appropriés éclairant la conception doit tenir compte de la qualité, de la quantité et de l'applicabilité des données accessibles. Des méthodes normalisées d'échantillonnage, d'analyse, de déclaration et de gestion des données sont nécessaires pour assurer l'uniformité des données et rendre possible leur interprétation.

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Étant donné que les médicaments ajoutés à la nourriture (antiparasitaires et antibiotiques) qui sont utilisés en aquaculture sont principalement présents dans les sédiments et, dans une moindre mesure, dans l'eau ou l'interface eau-sédiments et le biote, un programme de surveillance des sédiments et du biote est plus approprié. L'ingrédient actif de ces médicaments et leurs métabolites peuvent persister dans les sédiments, mais leur durée varie (en mois ou en années). La sédimentation des médicaments dans l'environnement est propre au site et les modèles de sédimentation peuvent fournir des estimations de la concentration et de l'emplacement des médicaments qui aident à déterminer les postes de prélèvement potentiels.

Les répercussions des antibiotiques sur les communautés bactériennes marines associées à l'aquaculture, en ce qui a trait au développement et aux effets de la résistance aux antimicrobiens, nécessitent plus d'études.

À l'inverse, les pesticides utilisés lors de traitements sous forme de bain pénètrent dans le milieu marin après leur rejet en provenance de bûches ou de bateaux-viviers. Les pesticides actuellement homologués se retrouvent principalement dans la colonne d'eau et se dispersent et se diluent à distance de l'emplacement du traitement sous forme de bain. Ce phénomène doit être pris en compte lors de l'évaluation des méthodes d'échantillonnage des pesticides. La modélisation de la dispersion propre aux sites peut fournir une estimation de la dispersion et de la dilution au fil du temps.

Un programme de surveillance après rejet produira des données supplémentaires qui, conjuguées à de nouvelles données scientifiques dont des résultats sur la biologie, serviront à peaufiner le programme au fil du temps.

En vertu du *Règlement sur les activités d'aquaculture*, le propriétaire ou l'exploitant d'un site d'aquaculture doit d'abord envisager le recours à des solutions autres que les médicaments et pesticides. Ce domaine fait activement l'objet de recherches et donne lieu à des technologies émergentes. Certaines technologies en sont à l'étape de la recherche et du développement et d'autres, largement exploitées à des fins commerciales, donnent lieu à une optimisation et à des améliorations continues. Des lacunes persistent sur le plan des connaissances, de l'efficacité, des interactions avec l'environnement et du bien-être des poissons.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Dans la pratique, le programme de surveillance après rejet doit tenir compte des diverses conditions locales. Ces conditions sont variables et sujettes à des conditions climatiques changeantes. En raison de cette grande variabilité, il faut faire preuve de souplesse dans l'application du programme de surveillance après rejet.

L'examen périodique des résultats du programme et de ses éléments doit être planifié à la lumière des progrès technologiques, de l'adoption de nouveaux médicaments et pesticides par l'industrie, des nouveaux résultats de recherche, des résultats de la surveillance et de l'évolution des approches de gestion d'aquaculture.

Bon nombre d'organismes et de ministères ont produit des données, et l'analyse et l'évaluation en collaboration de ces données informera davantage l'élaboration, la mise en œuvre et l'amélioration du programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides ainsi que notre compréhension de celui-ci.

L'élaboration d'un programme de surveillance après rejet doit tenir compte d'autres programmes de surveillance environnementale existants au Canada (nationaux, régionaux et provinciaux) et des possibilités d'intégration ou d'harmonisation.

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

D'autres produits chimiques (comme les désinfectants, les agents antisalissures et les sédatifs) sont utilisés dans les installations d'aquaculture en eau salée et en eau douce. Il faut dans un premier temps examiner les schémas d'utilisation de ces produits pour déterminer s'ils doivent faire l'objet d'une surveillance. Dans certaines régions, les données sur ces produits chimiques sont déjà recueillies et déclarées.

Pendant ce processus, nous n'avons pas examiné de mesures d'assainissement visant à atténuer ou à éliminer les répercussions de la sédimentation des pesticides et des médicaments sur l'écosystème marin ni formulé d'avis à ce sujet.

Il faudrait recueillir des données sur l'emploi de méthodes de recharge et de mesures d'atténuation ainsi que sur leur efficacité et les schémas d'utilisation des médicaments et des pesticides.

L'amélioration des procédures opérationnelles et les prochains développements technologiques contribueront à atténuer les répercussions des médicaments et des pesticides ainsi qu'à réduire leur utilisation. Cette voie devrait être encouragée et bénéficier d'une plus grande collaboration entre toutes les parties concernées.

LISTE DES PARTICIPANTS DE LA RÉUNION

Nom	Organisme d'appartenance
Bannister, Raymond	Agence de la protection de l'environnement de Tasmanie, Australie
Beattie, Mike	GIS Gas Infusion Systems Inc.
Best, Jennifer	Agence de protection de l'environnement d'Écosse
Blais, David	Santé Canada
Burgetz, Ingrid	Pêches et Océans Canada
Burridge, Les	Burridge Consulting Inc.
Chang, Blythe	Pêches et Océans Canada
Corkum, Jeffrey	Environnement et Changement climatique Canada
Ernst, Bill	Expert-conseil indépendant
Gheorghe, Tricia	Pêches et Océans Canada
Haigh, Susan	Pêches et Océans Canada
Hamoutene, Dounia	Pêches et Océans Canada
Jackman, Paula	Environnement et Changement climatique Canada
Kniffen, Tim	Merck, Santé animale
Laflamme, Mark	Pêches et Océans Canada
MacDougall, Robert	Pêches et Océans Canada
Martell, John	Pêches et Océans Canada
McGeachy, Sandi	Gouvernement du Nouveau-Brunswick
Mckindsey, Chris	Pêches et Océans Canada
Miller, Christine	Santé Canada
Opala, Richard	Mowi Canada West
Page, Fred	Pêches et Océans Canada

Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine

Région de la capitale nationale

Nom	Organisme d'appartenance
Parsons, Jay	Pêches et Océans Canada
Porebski, Linda	Environnement et Changement climatique Canada
Ratzlaff, Deborah	Santé Canada
Robinson, Shawn	Pêches et Océans Canada
Ryall, Emily	Pêches et Océans Canada
Salvo, Flora	Pêches et Océans Canada
Smith, Jamey	CoastalSmith Inc.
Struthers, Alistair	Pêches et Océans Canada
Sullivan, Mike	Pêches et Océans Canada
Villeneuve, Janice	Santé Canada
Whittaker, Patrick	Grieg Seafood, C.-B.
Wickens, Kevin	Santé Canada
Wilding, Tom	L'association pour les sciences marines d'Écosse
Wong, David	Pêches et Océans Canada

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de l'examen national par les pairs du 2 au 6 mars 2020 sur l'Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance de la pisciculture marine après le rejet des médicaments et des pesticides à l'appui du *Règlement sur les activités d'aquaculture*. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. 2014. [Projet de décision d'homologation Peroxyde d'hydrogène](#). (accédé le 9 mars March 9, 2019.)

Armstrong, S. M, Hargrave, B. T., Haya, K. 2005 Antibiotic use in finfish aquaculture: Modes of action, environmental fate and microbial resistance. In: Handbook of Environmental Chemistry. Vol. 5, Part M (B. T. Hargrave, ed.). pp. 341-357.

Basti, D., Bouchard, D., Lichtenwalner, A. 2011. Safety of florfenicol in the adult lobster (*Homarus americanus*). J. of Zoo. Wild. Med. 42(1):131-133.

Bayer, R. C., Daniel, P. C. 1987. Safety and efficacy of oxytetracycline for control of gaffkemia in the American lobster (*Homarus americanus*). Fish. Res. 5(1):71-81.

Brooks, B. W., Maul, J. D., Belden, J. B. 2008. Antibiotics in Aquatic and Terrestrial Ecosystems. In: Encyclopedia of Ecology. pp. 210-217.

Canadian Council of Ministers of the Environment. 1995. Protocol for the derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. In CCME EPC-98E. Prepared by Environment Canada, Guidelines Division, Technical Secretariat of the CCME Task Group on Water Quality Guidelines, Ottawa.

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME). 2007. A protocol for the derivation of water quality guidelines for the protection of aquatic life 2007. In Canadian environmental quality guidelines, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, 1999, Winnipeg.

**Avis pour informer l'élaboration d'un programme de
surveillance après le rejet de médicaments et de
pesticides par les sites de pisciculture marine**

Région de la capitale nationale

- Chang, B. D., Page, F. H., Hamoutene, D. H. 2021. Utilisation de médicaments et de pesticides par l'industrie canadienne de l'aquaculture des poissons marins en 2016-2018. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2021/037. En presse.
- Davies, I. M., Gillibrand, P. A., McHenery, J. G., Rae, G. H. 1998. Environmental risk of ivermectin to sediment dwelling organisms. *Aquaculture* 163:29-46.
- ECHA (European Commission European Chemicals Agency). 2003. European Union Risk Assessment Report: Hydrogen Peroxide. Volume 38. European Chemical Bureau, Finland. EUR 20844.
- FDA (U.S. Food and Drug Administration). 2016. [Lufenuron for Salmonids: Environmental Assessment in Support of an Import Tolerance Request](#). Prepared by Elanco Animal Health. pp. 1-25. (Accessed February, 2021.)
- Florêncio, T., Carrasci, S. P., da Cruz, C., da Silva, A. F., Marques, A. M., Pitelli, R. A. 2014. Neotropical bioindicators of ecotoxicity and environmental risk of drugs with aquaculture interest. *Boletim Do Instituto de Pesca* 40(4):569-576.
- Frohberg, H. 1984. Results of toxicological studies on praziquantel. *Arzneimittelforschung* 34:1137-1144.
- Garric, J., Vollat, B., Duis, K., Péry, A., Junker, T., Ramil, M., Fink, G., and Ternes, T.A. 2007. Effects of the parasiticide ivermectin on the cladoceran *Daphnia magna* and the green alga *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Chemosphere* 69(6): 903–910.
- Gazette du Canada. 2014. [Règlement sur les activités d'aquaculture Vol. 148, No. 34](#). (Accédé Janvier 2020.)
- Haya, K., Burridge, L. E., Davies, I. M., Ervik, A. 2005. A review and assessment of environmental risk of chemicals used for the treatment of sea lice infestations of cultured salmon. *Environ. Chem.* 5(M):305-340.
- Kavanagh, N. A. (1992). Hydrogen Peroxide as a growth inhibitor for Blue-Green Algae. Solvay Interlox.
- Kim-Kang, H., Bova, B., Crouch, L. S., Wislocki, P. G., Robinson, R. A., Wu, T. 2004. Tissue distribution, metabolism, and residue depletion study in Atlantic salmon following oral administration of [3H] emamectin benzoate. *J. Agric. Food Chem.* 52 (7):2108-2118.
- Lyons, M. C., Wong, D. K. H., Page, F. H. 2014. Degradation of hydrogen peroxide in seawater using the anti-sea louse formulation Interlox® Paramove™50. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 3080: v + 15p.
- McHenery, J. G. 2016. Lufenuron for salmonids - environmental assessment in support of an import tolerance request. Elanco Animal Health – Lufenuron - US Import Tolerance EA. 25 p.
- MPO. 2012. Évaluation du devenir du Benzoate d'Émamectine, l'ingrédient actif du SLICE®, près des installations d'aquaculture en Colombie-Britannique et de ses effets sur la crevette tachetée du Pacifique (*Pandalus Platyceros*). Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/082.
- MPO. 2018. [La production de rapports publics sur l'aquaculture: Glossaire des substances](#). (accédé Janvier 2020).

**Avis pour informer l'élaboration d'un programme de
surveillance après le rejet de médicaments et de
pesticides par les sites de pisciculture marine**

Région de la capitale nationale

- MPO. 2020. [Données nationales sur l'information publique en aquaculture données sur les poissons marins](#). (accédé Janvier 2020).
- Page, F. H., BurrIDGE, L. 2014. Estimations des effets sur des organismes non ciblés des agents thérapeutiques chimiques contre le pou du poisson en provenance de déversements ou de rejets des bains thérapeutiques de cages en filets munis de bâches et de bateaux viviers : document de travail. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2014/103. v + 36 p.
- Page, F. H., Losier, R., Haigh, S., Bakker, J., Chang, B. D., McCurdy, P., Beattie, M., Haughn, K., Thorpe, B., Fife, J., Scouten, S., Greenberg, D., Ernst, W., Wong, D., Bartlett, G. 2015. Transport et dispersion des agents thérapeutiques des bains contre le pou du poisson à partir des parcs en filet et des bateaux viviers des installations salmonicoles. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2015/064. xviii +148 p.
- PMRA (Pest Management Regulatory Agency). 2016. Proposed Registration Decision PRD2016-25- Azamethiphos. Products Consultation Document. Pest Management Regulatory Agency, Health Canada, Canada.
- Samuelson, O. B., Lunestad, B. T., Husevag, B., Holleland, T., Ervik, A. 1992. Residues of oxolinic acid in wild fauna following medication in fish farms. Dis. Aquat. Org. 12:111-119.
- SEPA (Scottish Environment Protection Agency). 1997. Risk Assessment of Azamethiphos: A review of ecotoxicity and current policy. Fish Farming Advisory Group. BEC/1/2/97.
- SEPA (Scottish Environment Protection Agency, Fish Farm Advisory Group). 1999. Emamectin Benzoate, An Environmental Risk Assessment. 23 p.
- [TGD \(Technical Guidance Document\) For Deriving Environmental Quality Standards](#). 2018. Document endorsed by EU Water Directors at their meeting in Sofia on 11-12 June 2018.
- Tomlin, C. D. S. 1997. The Pesticide Manual – A World Compendium. British Crop Protection Council, Surrey, UK. 1606 p.
- US EPA. 2002. Guidance on Choosing a Sampling Design for Environmental Data Collection for Use in Developing a Quality Assurance Project Plan. Washington, DC 20460: United States Environmental Protection Agency, Office of Environmental Information, EPA/240/R-02/005, EPA QA/G-.
- Willis, K. J., Ling, N. 2003. The toxicity of emamectin benzoate, an aquaculture pesticide, to planktonic marine copepods. Aquaculture 221(1–4):289-297.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS)
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200, rue Kent (Ottawa) ON K1A 0E6
Téléphone : 613-990-0293
Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

ISBN 978-0-660-38357-6 N° cat. Fs70-6/2021-013F-PDF

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2021



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2021. Avis pour informer l'élaboration d'un programme de surveillance après le rejet de médicaments et de pesticides par les sites de pisciculture marine à l'appui du *Règlement sur les activités d'aquaculture*. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Avis sci. 2021/013.

Also available in English:

DFO. 2021. *Advice to Inform the Development of a Drug and Pesticide Post-Deposit Marine Finfish Aquaculture Monitoring Program in Support of the Aquaculture Activities Regulations*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2021/013.